



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN

**“DISEÑO DE UN ENLACE REDUNDANTE DE FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO LA
TECNOLOGIA XG-PON PARA INTERCONECTAR LA SUCURSAL DE IBARRA CON
CAYAMBE DE LA EMPRESA INNO FIBER INFI CIA.LTDA.”**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN**

AUTOR: JESSICA NATALY MONTENEGRO VALENCIA

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

ASESOR: MSC. CARLOS ALBERTO VASQUEZ AYALA

Ibarra-Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presentetrabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040169855-0		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Montenegro Valencia Jessica Nataly		
DIRECCIÓN:	Luis Cabezas Borja 3-23 y Pedro Moncayo		
EMAIL:	jnmontenegrov@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0968305534

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño de un enlace redundante de fibra óptica utilizando la tecnología XG-PON para interconectar la sucursal de Ibarra con Cayambe de la empresa INNO FIBER INFI CIA.LTDA.
AUTOR (ES):	Montenegro Valencia Jessica Nataly
FECHA: DD/MM/AAAA	05/03/2023
PROGRAMA:	Pregrado
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Electrónica y Redes de Comunicación

ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Jaime Roberto Michilena Calderón, MsC.
--------------------------	---

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de abril del 2023

EL AUTOR



.....
Jessica Nataly Montenegro Valencia

CI: 040169855-0

CERTIFICACION DEL DIRECTOR

MAGISTER JAIME MICHILENA, DIRECTOR DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA:

Que, el presente trabajo de Titulación “DISEÑO DE UN ENLACE REDUNDANTE DE FIBRA ÓPTICA UTILIZANDO LA TECNOLOGIA XG-PON PARA INTERCONECTAR LA SUCURSAL DE IBARRA CON CAYAMBE DE LA EMPRESA INNON FIBER INFI CIA.LTDA.” Ha sido desarrollado por la señorita Jessica Nataly Montenegro Valencia bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor de la verdad.



Ing. Jaime Roberto Michilena Calderón, MSc.

100219843-8

DIRECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a:

Mis padres, son ellos quienes cada día se esforzaron para poder guiarme y apoyarme incondicionalmente en cada paso que di para cumplir este objetivo, me inculcaron valores y principios que conllevan al éxito, este triunfo es suyo, porque son la luz de mi camino, que siempre me guían para ser la persona que soy.

A mis hermanos, que a pesar de la distancia, son mi fuerza y guía constante para tomar decisiones firmes y no rendirme, logrando afirmar que nada es imposible con esfuerzo y dedicación.

A mi angelito en el cielo, mi abuelita, que estoy segura que todas las bendiciones que recibí y todas las personas que conocí a lo largo de mi camino fueron ángeles que ella me mando para poder seguir mis sueños y no rendirme jamás.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a:

Dios y a mi ángel en el cielo, por las bendiciones recibidas que me fortalecieron y me ayudaron a no renunciar en ningún momento, mantener mi fe y darme fortaleza para lograr la culminación de este proyecto.

A mi familia, mis padres, mis hermanos, mis sobrinos, quienes día a día se esforzaron arduamente, me forjaron con valores y me enseñaron que para ser un gran profesional primero se debe ser un buen ser humano.

A la persona que estuvo conmigo desde un inicio, quien disfruto de mis momentos de alegría, pero también me acompañó en mis momentos más tristes y difíciles, quien no me dejó rendir y supo apoyarme y aconsejarme, enseñándome que para cumplir con éxito las metas propuestas se debe disfrutar cada proceso de la vida.

A mis Ingenieros, que a lo largo de la carrera nos han formado profesionalmente, y de manera especial a al Ing. Jaime Michilena, que con su paciencia, amor y pasión a su profesión supo guiarme y motivarme día a día en cada paso de este trabajo de titulación, su firmeza y profesionalismo inspiran a los estudiantes a seguir en un aprendizaje continuo y jamás abandonar las metas propuestas.

A mis amigos, tanto de la universidad, como a los amigos que conocí a lo largo de este trayecto, quienes me enseñaron el valor de cada segundo compartido más allá de lo académico y lo laboral, con quienes sacamos varias sonrisas y fueron parte fundamental para lograr la culminación de este trabajo de titulación.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA	I
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	
TÉCNICA DEL NORTE.....	I
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	I
CONSTANCIAS.....	III
CERTIFICACION DEL DIRECTOR.....	IV
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Tema	1
1.2. Problema	1
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Alcance.....	3
1.5. Justificación.....	6
2. MARCO TEORICO	8
2.1. Fibra óptica	8
2.1.1. Tipos de cable de fibra óptica	10
2.1.2. Pérdidas en la Fibra Óptica	12
2.2. Redes Ópticas Pasivas (PON)	15

2.2.1. Estructura de una red PON.....	15
2.2.2. Tipos de redes PON.....	16
2.3. 10-Gigabit-capable passive optical networks	20
2.3.1. Características de XG-PON	20
2.3.2. Elementos de la Red XG-PON.....	21
2.3.3. Arquitectura XG-PON.....	29
2.3.4. Estándares para XG-PON.....	32
2.4. Metodologías para el diseño de proyectos	35
2.4.1. Waterfall (Cascada).....	35
2.4.2. Espiral.....	36
2.4.3. Modelo Iterativo.....	38
2.4.4. Elección de la metodología	39
3. SITUACION ACTUAL Y DISEÑO DE RED.....	40
3.1. Situación Actual.....	40
3.1.1. Evaluación de la Oferta y la Demanda.....	41
3.2. Población y Territorio	43
3.2.1. Análisis geográfico del Cantón Ibarra.....	44
3.2.2. Análisis geográfico del Cantón Otavalo.....	45
3.2.3. Análisis geográfico del Cantón Antonio Ante	45

3.2.4. Vías y carreteras	46
3.2.5. Análisis de Población con cuentas de Internet	47
3.3. Requerimientos de diseño de Red	53
3.3.1. Zona de cobertura.....	53
3.3.2. Especificaciones de la tecnología XG-PON.....	56
3.3.3. Arquitectura de red FTTH.....	57
3.3.4. Topología de splitteo a utilizar.....	58
3.3.5. Hilos de fibra óptica requeridos	60
3.3.6. Tipos de Cables de Fibra Óptica que se utilizaran	62
3.4. Diseño Físico de la red Óptica Pasiva.....	67
3.4.1. Software para el diseño de la red	67
3.4.2. Criterio de Ubicación de la OLT	68
3.4.3. Enlaces principales o de tipo troncal.....	74
3.4.4. Red de distribución óptica ODN	83
3.5. Diseño de planos estructurales.....	102
3.6. Análisis de los equipos y materiales	103
3.6.1. OLT´s	103
3.6.2. Módulos ópticos	108
3.6.3. ODF´s.....	110

3.7. Presupuesto de perdida óptica y de potencia	111
3.7.1. Parámetros físicos de una ODN	112
3.7.2. Parámetros de interfaces ópticas OLT y ONU.....	113
3.7.3. Cálculos de presupuesto de potencia óptico.....	114
3.7.4. Cálculo de perdida de potencia óptica.....	115
4. ANALISIS COSTO BENEFICIO	126
4.1. Estudio de mercado	127
4.2. Egresos del Proyecto	128
4.2.1. Costos Operacionales y Terminales	128
4.2.2. Gastos Administrativos y de mercadeo.....	130
4.2.3. Proyección de Costos y Gastos	132
4.3. Plan de Inversión	133
4.3.1. Inversión en movilización	133
4.3.2. Inversión en Muebles y enseres	134
4.3.3. Inversión Equipo de Computo	135
4.3.4. Inversión en Materiales de construcción.....	136
4.4. Ingresos	138
4.5. Flujo de Caja	139
4.6. Valor Neto Actual (VAN)	141

4.7. Tasa interna de retorno (TIR)	142
4.8. Beneficios de la empresa.....	144
4.8.1. Beneficios para la sociedad	144
4.8.2. Beneficios para la empresa.....	145
5. CONCLUSIONES.....	146
6. RECOMENDACIONES	147
Bibliografía.....	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	9
Figura 2	13
Figura 3	15
Figura 4	17
Figura 5	19
Figura 6	23
Figura 7	24
Figura 8	26
Figura 9	27
Figura 10	28
Figura 11	30
Figura 12	36
Figura 13	37
Figura 14	38
Figura 15.	41
Figura 16.	42
Figura 17.	43
Figura 18.	54
Figura 19.	55
Figura 20.	56
Figura 21.	58
Figura 22	59

Figura 23.	68
Figura 24.	70
Figura 25.	71
Figura 26.	72
Figura 27.	73
Figura 28.	74
Figura 29	76
Figura 30	77
Figura 31	78
Figura 32	79
Figura 33	80
Figura 34	81
Figura 35	82
Figura 36	83
Figura 37	85
Figura 38.	87
Figura 39	89
Figura 40	91
Figura 41	93
Figura 42	95
Figura 43	97
Figura 44	98
Figura 45	100

Figura 46 102

Figura 47 104

Figura 48 107

Figura 49 117

Figura 50 118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....10

Tabla 2.....21

Tabla 3.....25

Tabla 4.....44

Tabla 5.....45

Tabla 6.....46

Tabla 7.....47

Tabla 8.....48

Tabla 9.....49

Tabla 10.....50

Tabla 11.....51

Tabla 12.....52

Tabla 13.....56

Tabla 14.....60

Tabla 15.....64

Tabla 16.....66

Tabla 17.....84

Tabla 18.....84

Tabla 19.....86

Tabla 20.....88

Tabla 21.....88

Tabla 22	89
Tabla 23	92
Tabla 24	92
Tabla 25	93
Tabla 26	96
Tabla 27	96
Tabla 28	97
Tabla 29	99
Tabla 30	99
Tabla 31	100
Tabla 32	105
Tabla 33	108
Tabla 34	109
Tabla 35	109
Tabla 36	110
Tabla 37	112
Tabla 38	113
Tabla 39	120
Tabla 40	121
Tabla 41	122
Tabla 40	127
Tabla 41	129
Tabla 42	130

Tabla 43	130
Tabla 44	131
Tabla 45	131
Tabla 46	132
Tabla 47	133
Tabla 48	134
Tabla 49	134
Tabla 50	135
Tabla 51	136
Tabla 52	137
Tabla 47	138
Tabla 54	139
Tabla 55	143

RESUMEN

El presente proyecto muestra el diseño de un enlace de fibra óptica que utiliza tecnología XG-PON y su arquitectura FTTH, para interconectar dos sucursales de la empresa de Internet INNO FIBER INFI CIA LTDA, siendo los cantones de Ibarra, Antonio Ante y Otavalo en la provincia de Imbabura que se enlazan con la matriz principal ubicada en la ciudad de Cayambe.

El objetivo principal de esta investigación es la interconexión del servicio entre la provincia de Imbabura y la provincia de Pichincha diseñando este enlace de red XG-PON mediante la recomendación de la ITU-T G.987, entre sus características se toma las velocidades de transmisión de subida como de bajada, la relación de splitteo, en la cual tenemos dos niveles con splitteo 1x8, la distancia máxima del enlace y los rangos de atenuación máximos permitidos en los componentes pasivos para un usuario más crítico, en la cual para nuestro cliente más lejano se tiene una potencia de recepción de -29dB.

El presente trabajo se encuentra distribuido en diferentes etapas, donde se utilizó el método iterativo que a través de sus iteraciones se estudió los requerimientos y requisitos necesarios para este diseño, expandiendo la cobertura de la empresa y satisfaciendo las necesidades de los abonados que utilizan el servicio de Internet.

Por lo tanto, el resultado obtenido de este diseño es que en comunidades como Rumipamba - La Esperanza, San Pablo, Eugenio Espejo, ya se brinda Internet con fibra óptica, en la que tiene un ancho de banda de 100Mbps a un costo de 25\$ como un plan básico.

Finalmente, para implementar este proyecto se debe invertir \$108531,20, en el cual el Valor Actual Neto (VAN) arroja un valor mayor a cero lo que significa que este proyecto es viable, por lo tanto, su periodo de recuperación de la inversión está en menos de los 5 años.

ABSTRACT

The present project shows the design of an optical fiber link that uses XG-PON technology and FTTH architecture to interconnect two branches of the Internet company INNO FIBER INFI CIA LTDA. The cantons of Ibarra, Antonio Ante, and Otavalo in the province of Imbabura are linked to the main headquarters located in the city of Cayambe.

The main objective of this research is to interconnect the service between the province of Imbabura and the province of Pichincha by designing this XG-PON network link based on the ITU-T G.987 recommendation. Among its characteristics, the transmission speeds for both upstream and downstream are taken into account, as well as the splitting ratio, which has two levels with a 1x8 splitting ratio, the maximum distance of the link, and the maximum attenuation ranges allowed in the passive components for a more critical user. For our farthest customer, a reception power of -29dB is achieved.

The present work is distributed in different stages, where the iterative method was used to study the necessary requirements and prerequisites for this design through its iterations, expanding the coverage of the company and meeting the needs of subscribers who use the internet service. Therefore, the result obtained from this design is that in communities such as Rumipamba - La Esperanza, San Pablo, Eugenio Espejo, internet is already provided with fiber optics, which has a bandwidth of 100Mbps at a cost of \$25 as a basic plan.

Finally, to implement this project, an investment of \$108,531.20 is required, in which the Net Present Value (NPV) yields a value greater than zero, which means that this project is viable, therefore its investment recovery period is less than 5 years.

1. ANTECEDENTES

En el presente capítulo se explica el problema que se ha encontrado para plantear el tema en desarrollo, encontrando la justificación para la implementación y delimitando el alcance hasta donde se va a realizar el proyecto.

1.1. Tema

Diseño de un enlace redundante de fibra óptica utilizando la tecnología XG-PON para interconectar la sucursal de Ibarra con Cayambe de la empresa INNO FIBER INFI CIA.LTDA.

1.2. Problema

El crecimiento tecnológico ha sido notable en los últimos tiempos y más aun con la situación actual que se vive a nivel mundial. La pandemia COVID-19 ha contribuido que gran parte de la población se intercomunique de manera virtual, lo que conlleva hacer uso de Internet (teletrabajo, clases en línea o bien el uso de redes sociales para dar a conocer emprendimientos que se han creado para la comercialización de algún producto o servicio) (El Comercio, 2020), a raíz de esto, se constató que el servicio ofertado por proveedores existentes no satisface la demanda actual de datos, además, la cobertura que tienen los ISP no llegan a cubrir áreas alejadas del centro de las ciudades, causando niveles de insatisfacción en la población.

Inno Fiber INFI CIA.LTDA. Es una empresa proveedora de Internet a través de una red de fibra óptica FTTH (Fiber to the Home), que utiliza tecnología XG-PON (10-Gigabit-capable passive optical network systems). En la actualidad, opera en la ciudad de Cayambe, y recientemente tiene su primera sucursal en la ciudad de Ibarra, trabajando mediante puntos de salida independientes; ofreciendo anchos de banda dependiendo del volumen de datos que genera el usuario basándose en las necesidades, cantidad de personas en el hogar y los tipos de dispositivos que utilizan, logrando brindar un servicio de calidad y accesible para cualquier tipo

de familia, consiguiendo satisfacer las actividades diarias que se les presenta sin tener ningún inconveniente con la conexión a Internet.

Para lograr el objetivo de prestar un servicio de calidad y extender la cobertura a áreas alejadas de los cantones intermedios que unen Imbabura y Pichincha , INNO FIBER INFINIA.LTDA necesita un diseño de un enlace de fibra óptica utilizando una tecnología avanzada que permita interconectar la ciudad de Ibarra con la de Cayambe, centralizando el servicio en la ciudad de Cayambe que es la oficina principal, analizando estratégicamente la ubicación de los nodos en todo el enlace para lograr beneficiar con esta tecnología a todos los habitantes de los cantones que comprenden dicha área, además, llegar a cada unidad de red óptica (ONU) con una pérdida mínima de potencia para brindar velocidades altas que satisfagan las tareas diarias del usuario final.

Con la expansión de fibra óptica entre las ciudades que comprenden este enlace se logra ofertar los nuevos servicios que requieren Internet, con velocidades altas, prometiendo una comunicación de buena calidad, un servicio eficiente, y con un costo accesible, esto, gracias a la propuesta de diseño que implementa la tecnología de Red Óptica Paiva, ofreciendo nuevas características de transmisión en cierta cantidad de tiempo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un enlace redundante de fibra óptica utilizando la tecnología XG-PON para interconectar la sucursal de Ibarra con Cayambe y ampliar la cobertura del servicio de la empresa INNO FIBER INFI CIA.LTDA.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar los parámetros fundamentales de la tecnología XG-PON tanto para redes troncales, redes de alimentación y redes de distribución, así como los protocolos y componentes que intervienen al utilizar fibra óptica.
- Identificar las rutas posibles para el tendido de la fibra óptica y el sitio donde se ubicarán cada uno de los nodos delimitando el alcance de cobertura en base a la postería existente de la empresa pública EMELNORTE.
- Presentar el diseño de la red troncal principal y secundaria, red de alimentación y la red de distribución tomando en cuenta los requerimientos de la empresa.
- Efectuar un análisis costo-beneficio del proyecto para determinar la rentabilidad que genera tanto para la empresa como a los habitantes de cada cantón.

1.4. Alcance

En el presente proyecto se desea diseñar un enlace de red de fibra óptica que sea confiable, escalable, con proyección a futuro y que permita llegar a los cantones ubicadas entre la ciudad de Ibarra y Cayambe. Para cumplir con los objetivos planteados se utilizará la metodología de iteraciones que se divide en diferentes fases que se ejecutan una sola vez para cumplir con los objetivos propuestos en el proyecto.

Para el diseño de una red con tecnología XG-PON (10-Gigabit-capable passive optical network systems) especificada en la Recomendación ITU-T G.987 se debe comprender de manera adecuada los conceptos involucrados en el desarrollo del mismo; para lo cual se estudiará las Redes Ópticas Pasivas (PON) y el estándar a utilizar XG-PON para entender el propósito de su creación y las ventajas que tiene para transmisión de datos a grandes velocidades; además, se debe conocer sobre Redes de Carrier, Fidder y de Distribución, tomando en consideración las diferentes arquitecturas de la tecnología FTTX que son con las que se puede llegar con el servicio a los usuarios finales, basándose también en sus potencias de transmisión, de la misma manera, se debe conocer y comprender el funcionamiento de todos los elementos que conforman una Red de Distribución Óptica (ODN) y los protocolos que se utiliza para la transmisión.

Para la identificación de posibles rutas se analizará estratégicamente el camino por donde pasara el enlace de fibra óptica que interconecta la ciudad de Ibarra con Cayambe, y, debido a que este tipo de proyectos se los realiza bajo un contrato de arrendamiento de los postes por donde pasaran las fibras principales, se analizará la base de datos cartográfica nacional de la empresa pública EMELNORTE, que detalla la ubicación de los postes de alumbrado público existentes; consecutivamente, se analizará la ubicación de los nodos intermedios que se ubicaran en el trayecto del enlace, considerando la zona de cobertura que se desea cubrir en cada cantón, llegando a lugares donde no poseen actualmente con este servicio, para ello, la distancia entre nodos no presenta un obstáculo en vista de que en el mercado existen módulos SFP (small form-factor pluggable transceptor) que pueden ser conectados a los routers principales de cada nodo logrando distancias de hasta 100km y velocidades de transmisión hasta 10Gbps (Mita et al., 2017), sin embargo, para la zona de cobertura que representa cada nodo, la distancia entre el equipo terminal de línea óptica (OLT) y el usuario final debe ser menos de 20km según lo

especificado en la recomendación ITU-T G.987. Tomando en cuenta estas consideraciones, para lograr esta meta se utilizará las herramientas Google Earth que identifica la zona geográfica en donde se dibujará el diseño de la red y ArGIS para identificar la posteria que existe en cada sector.

Para el desarrollo del diseño de la red de distribución óptica se toma en consideración la tecnología XG-PON que indica que cada puerto PON permite máximo 128 abonado finales, por lo tanto, mediante un esquema con arquitectura distribuida en la que los niveles de spliteo o llamados niveles de fidder a implementarse serán únicamente dos con una relación de 1:8 en cada uno de ellos, es decir, cada uno tendrán 8 niveles de distribución, con esta consideración el rango de potencia que debe presentar en el cliente final debe estar dentro de los -14dB_i a -29dB_i, por las diferentes perdidas (splitteo, distancia, etc.) que se generan en el enlace hacia el cliente final; en cuanto a la redundancia, se aplicara en todos los nodos intermedios que unen Ibarra y Cayambe, evitando que falle el servicio y garantizando la conexión a Internet.

Para evidenciar las ventajas que tiene la implementación del diseño del enlace de red de fibra óptica se efectuara un análisis Costo-Beneficio, tomando en cuenta a los indicadores de rentabilidad que determinan si el proyecto es factible, además, se realizará una comparación entre los costos previstos que involucra costos de instalación de fibra óptica, equipos activos, costo de mantenimiento de red, entre otros; y los beneficios esperados que se generan al definir si la red de fibra óptica es óptima para los habitantes pertenecientes a cada cantón, es decir, analizar el número de clientes que se lograrían conectar a este enlace, aumentando las cifras del momento y también determinando la factibilidad del enlace redundante el cual mantendrá y garantizara la continuidad de la conexión, logrando medir el grado de desarrollo y bienestar generado en una comunidad.

1.5. Justificación

Para mejorar el desempeño de la empresa y ofrecer un servicio de calidad, logrando cumplir los derechos del abonado/cliente que es disponer y recibir los servicios de telecomunicaciones contratados de forma continua, regular, eficiente, con calidad y eficacia que se especifica en el reglamento de la Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones (ARCOTEL, n.d.), Inno Fiber INFI CIA.LTDA requiere implementar una red de fibra óptica redundante utilizando tecnología de punta XG-PON que debido a sus características y ventajas, es la más óptima para brindar el servicio de Internet, brindando altas velocidades de transmisión; es decir, con estas características se logra llegar directamente a los hogares, edificios u oficinas con una excelente potencia, garantizando una conexión eficiente (Unión Internacinal de Telecomunicaciones, 2012).

Este diseño de enlace redundante también tiene como objetivo ofrecer el servicio a todos los habitantes que se encuentran en los cantones cercanos que unen la provincia de Imbabura y la de Pichincha (Ibarra, Antoni Ante, Otavalo, Cayambe), incluso llegar a sectores que la población no se ve beneficiada por esta tecnología que es el Internet por medio de fibra óptica, conjuntamente, se debe instalar equipos de calidad y planes con Ancho de Banda adecuados que puedan garantizar el consumo diario de los usuarios, más aún en esta época de pandemia en la que la movilidad está restringida y nos obliga a adaptarnos a las nuevas medidas de bioseguridad, entre ellas esta recibir clases en línea, trabajar mediante teletrabajo, realizar compras online y mantener comunicación por medio de Internet, es decir, ahora para realizar las tareas diarias se necesita un servicio que no tenga caídas ni fallas en la transmisión de los datos (El Comercio, 2020).

Por otro lado, con la ejecución del proyecto los beneficios no solo son para los usuarios

que obtendrán el servicio de Internet a mayor velocidad, sino también para la población ya que según el Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador en su macro-objetivo 3 menciona que “La inclusión de las MiPyMEs en el mundo de las TIC cobra importancia a la luz de papel preponderante que éstas juegan en la economía ecuatoriana, representando cerca del 99% de las empresas del Ecuador y generando cerca del 80% del empleo en el país (MINTEL, 2016). De igual manera, Inno Fiber al ampliar la zona de cobertura con una tecnología de calidad, cumplirá con el objetivo de incrementar el número de usuarios consolidándose en 5 años como una de las mejores empresas Provedoras de Internet.

2. MARCO TEORICO

En el siguiente capítulo se aborda conocimientos teóricos sobre redes que utilizan como medio de transmisión la fibra óptica; se define las principales características, la evolución de las redes ópticas pasivas (PON), la tecnología XG-PON, siendo esta la que se utilizará para el desarrollo del diseño del presente proyecto, en donde, se indicará las características que debe cumplir una red XG-PON, los elementos pasivos y activos que la conforman, las arquitecturas que se pueden presentar al momento de utilizar XG-PON y finalmente, los estándares implementados y aprobados por la Unión Internacional de Telecomunicaciones para el desarrollo de esta tecnología.

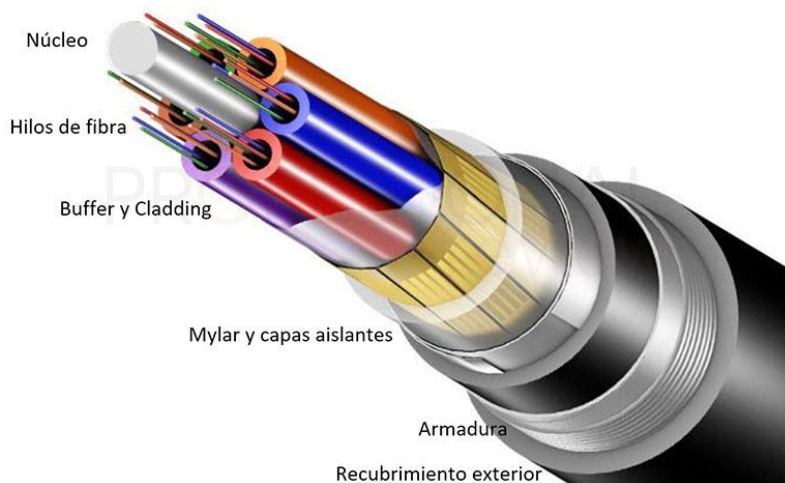
2.1. Fibra óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión de datos compuesta por cristales naturales o cristales artificiales de plástico que forman un hilo muy fino de vidrio. Este hilo permite la propagación de rayos de luz emitidos por LED o Laser en uno de sus extremos y mediante sucesivas reflexiones en el interior de esta llegan a su extremo opuesto, cabe mencionar que los hilos por si solos no poseen características de resistencia, por lo tanto, están recubiertos por diferentes capas formando un cable de fibra óptica.

Un cable de fibra óptica (conformada por uno o varios hilos de fibra, cada una con su revestimiento) es un conjunto de elementos colocados de forma concéntrica, que su única función es proteger los hilos de fibra contenidos en su interior. En la figura 1 se puede observar desde el centro hacia el exterior el núcleo, el revestimiento, la cubierta y una chaqueta exterior.

Figura 1

Hilo de Fibra Óptica



Fuente: (Castillo, 2019)

- Núcleo: Es el medio físico compuesto por un solo hilo de fibra continuo de plástico o de vidrio de diámetro muy pequeño que cumple la función de atrapar las ondas de luz y transportarlas en su interior hasta el dispositivo de recepción (en telecomunicaciones el material que más se utiliza son las fibras de núcleo de vidrio) (Calvo et al., 2002).
- Revestimiento: el revestimiento es una capa delgada que cubre al núcleo central con un índice de refracción más bajo. Su función es lograr que las ondas de luz que intentan escapar del núcleo sean reflejadas y queden encerradas en el núcleo permitiendo que los datos viajen a través del segmento de la fibra.
- Recubrimiento: es la capa protectora de la fibra óptica, es decir, es aquella que absorbe todos los golpes, evitando que la fibra se rompa y brindando protección contra la humedad y ataques químicos que pueden dañar al revestimiento y al núcleo.

Sin embargo, los componentes de un cable de fibra óptica pueden variar; por ejemplo, si

depende de la capacidad de transmisión, se puede tener uno o varios hilos de fibra que pueden estar al desnudo o distribuidos en buffers, si depende de las propiedades de los materiales empleados en la elaboración, la fibra puede ser de aramida que simulan un relleno, puede tener elementos de PVC, puede tener klevax o gel protector para contrarrestar los efectos de agua en el caso de que los buffer sean dañados por un tipo de corte, por lo tanto, en el mercado se encuentra variedad de cables de fibra óptica que dependen del fabricante y de la utilización que se le va a dar, es decir, si será instalado en ductos, suspendido en postes, sumergido en postes, etc.

En definitiva, el uso de este medio de transmisión proporciona mayores ventajas con respecto a los medios de transmisión tradicionales como el STP (par trenzado blindado), UTP (par trenzado no blindado) o el cable coaxial; la fibra óptica es capaz de transportar señales ópticas a mayores distancias y más velocidad.

2.1.1. Tipos de cable de fibra óptica

Dependiendo de las características de la fibra óptica pueden existir varios tipos, en este apartado se estudiará las fibras ópticas dependiendo de los modos de propagación, que pueden ser monomodo o multimodo. Las dimensiones y del índice de refracción del material utilizado. En la tabla 1 se muestra las principales dimensiones utilizadas en la fibra para telecomunicaciones.

Tabla 1

Tipos de Cable de Fibra Óptica

Tipo	Núcleo(μm)	Revestimiento(μm)	Recubrimiento(μm)	
1	4 a 10	125	250 a 500	Monomodo
2	50	125	250 a 500	Multimodo
3	62,5	125	250 a 500	Multimodo
4	80	125	250 a 500	Multimodo
5	100	140	250 a 500	Multimodo

- Tipo 1: Las fibras de 4/125 a 10/125 son tipo monomodo. Se utilizan para aplicaciones de transmisión de datos de alta velocidad y a grandes distancias debido a que soportan un ancho de banda más elevado y manejan baja atenuación y dispersión, sin embargo, son de difícil manipulación y se necesitan conectores de gran precisión (Grazzini, 2020).
- Tipo 2: Las fibras 50/125 son de tipo multimodo. En este tipo de fibra la relación que existe entre la potencia que se acopla a la fibra y la que emite la fuente es muy reducida, debido a que la apertura numérica es pequeña, sin embargo, en comparación con otros tipos de fibra multimodo son las que proveen mayor ancho de banda (Grazzini, 2020).
- Tipo 3: Las fibras 62,5/125 es un tipo de fibra multimodo con un ancho de banda ligeramente menor que las del Tipo 2, sin embargo, su apertura numérica es mayor lo que permite un mejor acoplamiento de las fuentes, además, una característica es que las pérdidas por micro curvaturas son menores (Grazzini, 2020).
- Tipo 4: Las fibras 80/125 son fibras multimodo con características similares a las del tipo 2, con la diferencia que este tipo de fibras son utilizadas en Europa (Grazzini, 2020).

- Tipo 5: Las fibras 100/140 son fibras multimodo que acoplan la mayor cantidad de luz, tienen un ancho de banda reducido en comparación a los otros tipos y es menos sensibles a la tolerancia de los conectores. Debido a las características que presenta su uso se basa en sistemas de comunicación de corta longitud en los cuales no se requiera elevada velocidad de transferencia de datos (Grazzini, 2020).

2.1.2. Pérdidas en la Fibra Óptica

Las pérdidas en fibra óptica representan un factor limitante porque reducen la potencia de la señal o se atenúan, y se distorsiona al llegar al receptor, por lo tanto, en esta sección se estudiará los parámetros que producen degradación de la señal propagada (Govind, 2002).

2.1.2.1. Atenuación

La atenuación indica la disminución o pérdida exponencial de potencia de la señal óptica que sufre a lo largo del enlace. De este modo, la potencia óptica transversal a lo largo de la fibra, esta expresada por la siguiente función exponencial:

$$P_{out} = P_{in} \exp(-\alpha L);$$

Donde α es el coeficiente de atenuación P_{in} es la potencia introducida en el extremo inicial de una fibra de longitud L. Sin embargo, si la atenuación la expresamos en dB/km, la función vendría dada por:

$$\alpha \left(\frac{dB}{km} \right) = -\frac{10}{L} \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)$$

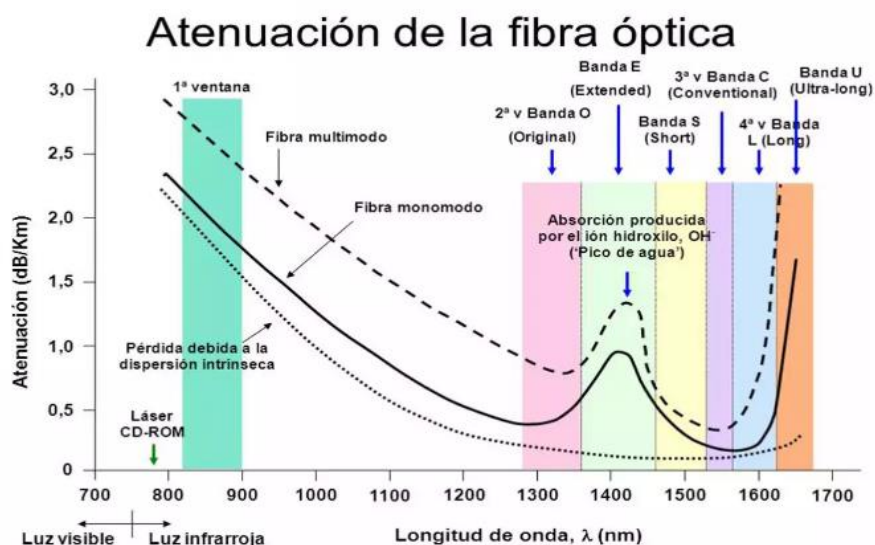
Con relación a esta explicación, los principales parámetros de atenuación son la composición y purificación del material con el que está compuesto la fibra. Estas pérdidas se pueden clasificar en 3 grupos:

- Absorción: se basa en que el propio material del que está compuesto la fibra absorbe cierta parte de la potencia transmitida. Puede ser una absorción intrínseca o extrínseca.
- Scattering rayleigh: las pérdidas de este tipo se producen cuando los pulsos de luz chocan con ciertas partículas comparables con la longitud de onda, produciendo que la luz se disperse en varias direcciones (Díaz Pérez, 2014).
- Otras pérdidas: existen también pérdidas generadas por las curvaturas a lo largo de la fibra, por el uso de conectores y por los empalmes que se realizan (Díaz Pérez, 2014).

Estos 3 grupos generan pérdidas en la fibra y dependiendo en la ventana que se trabaje afectaran con mayor o menor intensidad a cada uno. En la figura 2 se puede observar un ejemplo de cómo se presentan estas atenuaciones.

Figura 2

Atenuaciones en la Fibra



Fuente: (Díaz Pérez, 2014)

Nota. La atenuación obtenida en un enlace de fibra óptica es menor a enlaces inalámbricos o de

cobre. Imagen obtenida de: (Montañana, n.d.)

2.1.2.2. *Dispersión*

La dispersión es un proceso en el que se produce una deformación en el ancho del pulso luminoso en un solo modo o en varios de ellos. Para el cálculo de la dispersión se tiene dos tipos: la dispersión intermodal y la dispersión intramodal.

- Dispersión intermodal: Esta dispersión se origina principalmente en las fibras multimodo debido a las diferentes velocidades que se tiene en cada modo de propagación, es decir, al tener diferentes velocidades en los modos, no todos llegarán al mismo tiempo al final de la fibra, unos llegarán antes y otros después, provocando el ensanchamiento del pulso, además, ya que todos los nodos entran con un ángulo distinto algunos tendrán más reflexiones que otros, ocasionando más camino que recorrer (Díaz Pérez, 2014).

- Dispersión intramodal: Se estudia en un solo nodo, para ello existes 2 tipos de dispersiones: la cromática de guía y de material y la dispersión de polarización.

- Dispersión cromática de guía: se da debido a la no linealidad de la constante de propagación con respecto de la pulsación, es decir, los índices de refracción tanto en el núcleo como en el revestimiento son constantes y al depender la constante de propagación de la pulsación el grado de confinamiento del núcleo es mayor (Díaz Pérez, 2014).

- Dispersión cromática de material: se da debido a que el índice de refracción no es contante lo largo de la fibra, si no que depende de la pulsación causando una no linealidad en la constante de propagación (Díaz Pérez, 2014).

- Dispersión de polarización: La dispersión viene asociada a los campos electromagnéticos propagados en el interior. En una fibra monomodo perfecta, el modo

fundamental son dos modos ortogonales degenerados. Esta dispersión siempre es inferior a las demás, por lo que no suele ser muy contabilizada en los cálculos (Díaz Pérez, 2014).

2.2. Redes Ópticas Pasivas (PON)

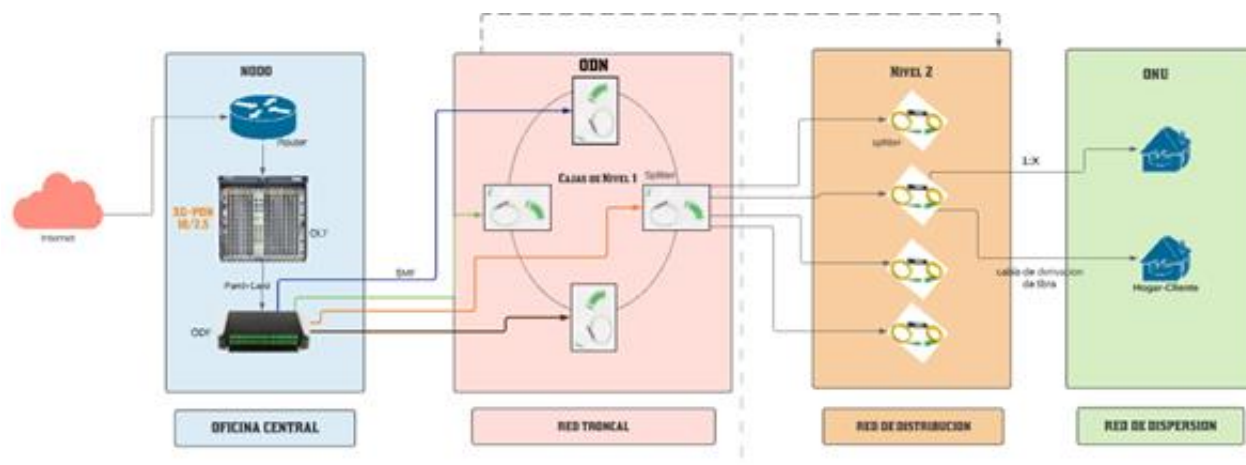
Una red óptica pasiva es una red que tiene como medio físico de transmisión cable de fibra óptica y todos los componentes que van desde el nodo central hasta el usuario final son elementos pasivos, es decir, no requieren energía eléctrica para su funcionamiento. Uno de los principales elementos que tiene la red PON es el splitter, el cual es un dispositivo divisor óptico que se encarga de dividir y encaminar el tráfico hacia el cliente. (Villacís Valencia, 2013).

2.2.1. Estructura de una red PON

Una red óptica pasiva se conforma de 4 partes fundamentales: Nodo central, Red troncal, Red de distribución, Red de dispersión. En la figura. 3. Se muestra la estructura de una red PON.

Figura 3

Estructura de una Red G-Pon



Fuente: Elaboración propia

Nota. El grafico representa la conexión de una red GPON desde el nodo central hasta el cliente

final. Fuente propia.

- **Nodo central o sala de equipos:** La oficina central es donde se encuentra los equipos activos, en especial la OLT (terminación óptica de línea), esta es la que proporciona potencia a los clientes finales a través de los hilos de fibra óptica.
- **Red óptica troncal o Feeder:** Esta red troncal comprende los cables de fibra óptica que pueden contener desde 48 hilos hasta 288 hilos, los cuales están canalizados y salen de la OLT hasta el ODF (Distribuidor de fibra óptica) (ITU-T, 2005).
- **Red óptica de distribución:** la red de distribución es aquella que une el ODF con los gabinetes de NAP los cuales están formados por divisores ópticos (splitter) que ayudan a la distribución de hilos de fibra óptica. Esta red utiliza componentes ópticos pasivos (ITU-T, 2005).
- **Red de dispersión:** esta red es identificada ya que corresponde a la partida de cable de fibra desde las cajas NAP que es el gabinete de distribución óptica hasta la roseta óptica, esta unión generalmente se la realiza con un cable de fibra óptica denominado DROP (ITU-T, 2005).

2.2.2. Tipos de redes PON

Las redes ópticas pasivas han ido evolucionando de a poco, es por ello, que La Unión Internacional de Telecomunicaciones se ha encargado de definir varios tipos de redes PON y estandarizarlos, entre ellos se tiene: APON, BPON, EPON, GPON y XG-PON.

2.2.2.1. APON

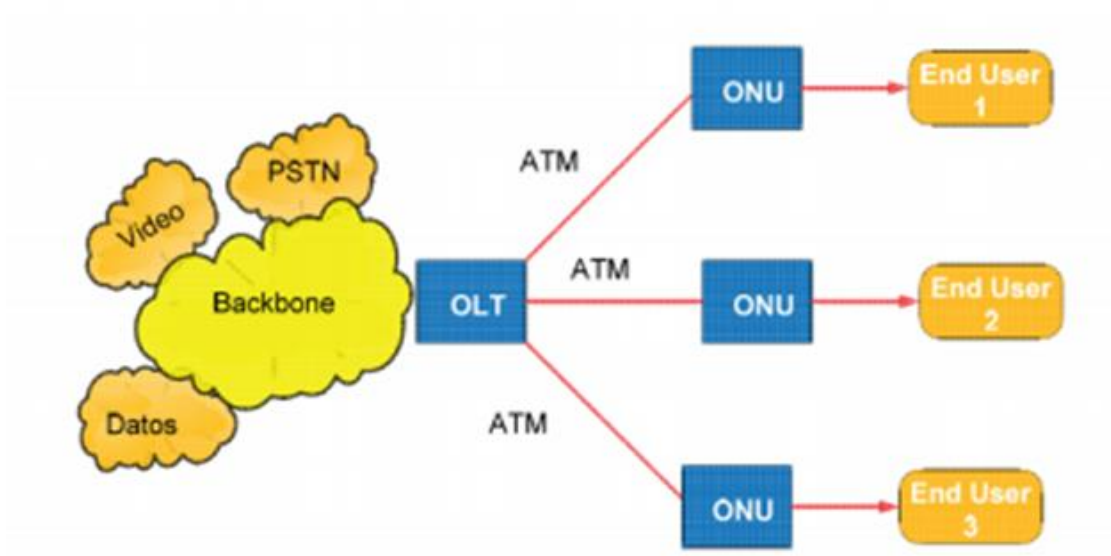
A-PON o ATM-PON (ATM Passive Óptica Network) fue el primer estándar desarrollado para las redes ópticas pasivas. APON está definida en la recomendación ITU-T G.983 en la cual

indica que utiliza ATM (Asynchronous Transfer Mode) como protocolo de señalización en la capa 2. Este tipo de redes se adecua a distintas arquitecturas de redes de acceso como es FTTH (Fibra hasta el hogar), FTTB/C (Fibra hasta el edificio/acera), FTTCab (Fibra hasta el gabinete). En la figura 4 se puede observar la topología de una red APON usando el protocolo ATM como portador (Guevara, 2010).

La transmisión de datos para el canal de bajada es a través de ráfagas de celdas ATM de un tamaño de 53 bytes en el que cada uno cuenta con 3 bytes para identificar el equipo generador ONU, cada ráfaga va a una tasa de bits de 155 Mbps que se reparten entre el número de usuarios que estén conectados al nodo óptico (Ruiz Lovato, 2015).

Figura 4

Topología de una Red APON



Fuente: (Guevara, 2010)

2.2.2.2. BPON

BPON (Broadband Passive Optica Network) surge como una mejora a la tecnología APON con el objetivo de integrar y acceder a más servicios como es la distribución de video, Ethernet y multiplexación por longitud de onda, logrando con esto obtener un mayor ancho de banda, además, con la actualización del estándar se puede transportar datos independientes con respecto a la trama de enlace de datos, es decir, no solo se transporta ATM nativo, sino también tramas ETHERNET, HDLC, entre otras (ITU-T, 2014a).

BPON está definida en las recomendaciones ITU-T G.983.1 hasta la G.983.8, en un principio el estándar fue definido para un tráfico simétrico, es decir, la velocidad para la transmisión de datos tanto de bajada como de subida es de 155 Mbps, sin embargo, el estándar fue modificado para proporcionar un tráfico asimétrico en el que en el canal descendente la velocidad de transmisión es de 622 Mbps y en el canal ascendente de 155 Mbps.

2.2.2.3. EPON

Ethernet-PON (Ethernet Passive Optica Network) es una tecnología desarrollada por un grupo de estudio de la IEE denominado EFM (Ethernet en la última milla). EPON se basa en el transporte de tráfico nativo Ethernet en vez del transporte a través de celdas ATM, por lo tanto trabaja directamente a velocidades de Gigabit Ethernet y el máximo ancho de banda que ofrecerá al usuario final dependerá del número de ONU's que se conecten a cada OLT. Una ventaja de esta tecnología es que ofrece calidad de Servicio (QoS) para los 2 canales (de subida y de bajada), además, la gestión y administración de la red es basada en el protocolo SNMP, reduciendo la complejidad de los sistemas de gestión (Ruiz Lovato, 2015).

2.2.2.4. GPON

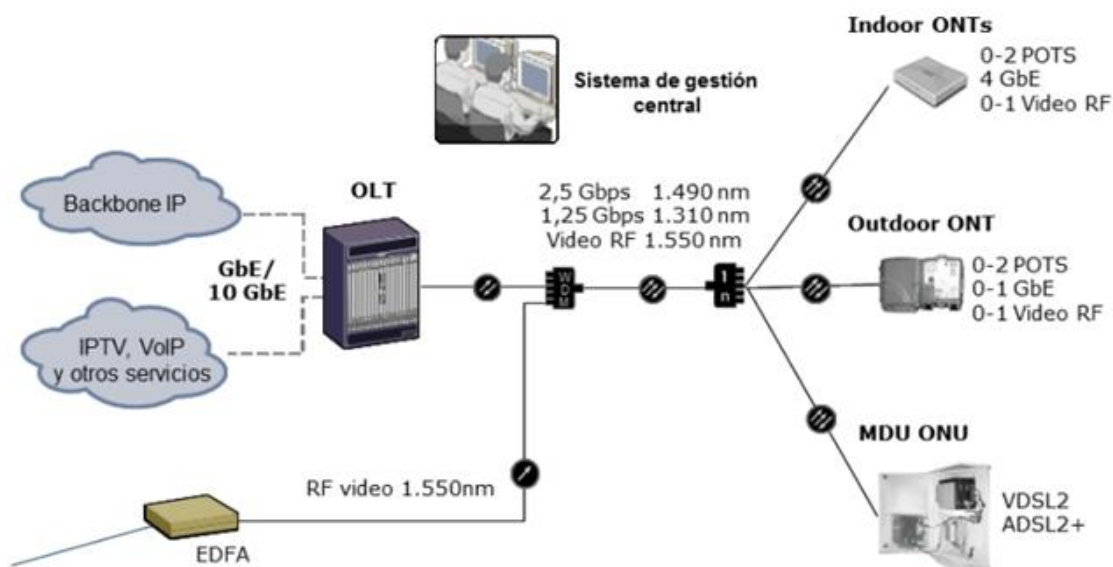
GPON (Gigabit Passive Optical Network) es un estándar aprobado por la ITU-T en el año

2004 y ha sido normalizado en las recomendaciones G.984.1 hasta G.984.7. El principal objetivo de una red GPON es ofrecer un mayor ancho de banda y lograr mayor eficiencia para el transporte de servicios. GPON es una mejora de la tecnología BPON por lo tanto, permite sobre el mismo sistema la transmisión de celdas ATM y de paquetes Ethernet, manejando tasas de transferencia de hasta 2.48 Gbps en downstream y 1.24 Gbps para upstream, además, permite el aumento de ONT hasta 64 por cada puerto GPON y aumenta la distancia. (Henao, 2010)

GPON usa su propio método de encapsulamiento (GEM- Método de encapsulamiento GPON) el cual permite brindar todo tipo de servicios convergentes sin tener que cambiar los equipos para que sean compatibles con esta tecnología. En la figura.5 se muestra la arquitectura de una red GPON.

Figura 5

Arquitectura GPON



Fuente: (Millán, 2007)

2.2.2.5. XG-PON

10-Gigabit-capable passive optical networks o XG-PON es un sistema PON que soporta velocidades de transmisión nominales del orden de 10 Gbit / s en al menos una dirección y que implementa el conjunto de protocolos especificados en las Recomendaciones de la serie ITU-T G.987. En el ítem 2.3 se explicará detalladamente las características y funcionamiento de esta tecnología.

2.3. *10-Gigabit-capable passive optical networks*

Debido al avance de la tecnología, en la actualidad se manejan nuevos servicios que requieren altas velocidades de transmisión, es por ello por lo que los grupos que estudian las tecnologías en redes de acceso tienen como uno de sus objetivos aumentar la velocidad, logrando una evolución en las redes PON.

XG-PON o más conocida como 10G-PON (10 Gigabit Capable Passive Optical Network) es un estándar definido en la Recomendación ITU-T G.987. XG-PON está basada en la tecnología GPON, por lo que para evitar costos muy elevados en su aplicación ofrece nuevos servicios reutilizando estructuras y dispositivos.

2.3.1. *Características de XG-PON*

Según la Recomendación G.987 para tener un sistema red óptica pasiva con capacidad de 10 Gbps (XG-PON) se deben tener las capacidades de transmisión expuestas en la tabla 2:

Tabla 2*Capacidad de transmisión en XG-PON*

Nombre	Requerimiento	Observación
Velocidad ascendente	2.5 Gbit/s en XG-PON1	En un estudio futuro se espera operar 10 Gbit/s en XG-PON2
Velocidad descendente	10 Gbit/s	
Método de multiplexación	TDMA (subida) TDM (bajada)	
Presupuesto de pérdidas	29 dB a 31 dB (clase nominal)	Clase extendida 33dB en estudio
Relación de spliteo	1:64 (1: 256 en la capa lógica)	
Distancia de fibra	20 km (60 km en la capa lógica)	Para un mayor alcance con extensores aún se encuentra en estudio.
Coexistencia	Con G-PON (1310/1490 nm), con RF-video (1550 nm)	

2.3.2. Elementos de la Red XG-PON

Una red XG-PON se caracteriza por formarse con equipo ópticos pasivos, es decir no

requieren de una fuente eléctrica para su funcionamiento, sin embargo, también se utilizan equipos activos que cumplen una función importante en el desarrollo de la red. A continuación, se describe las características de cada uno de ellos.

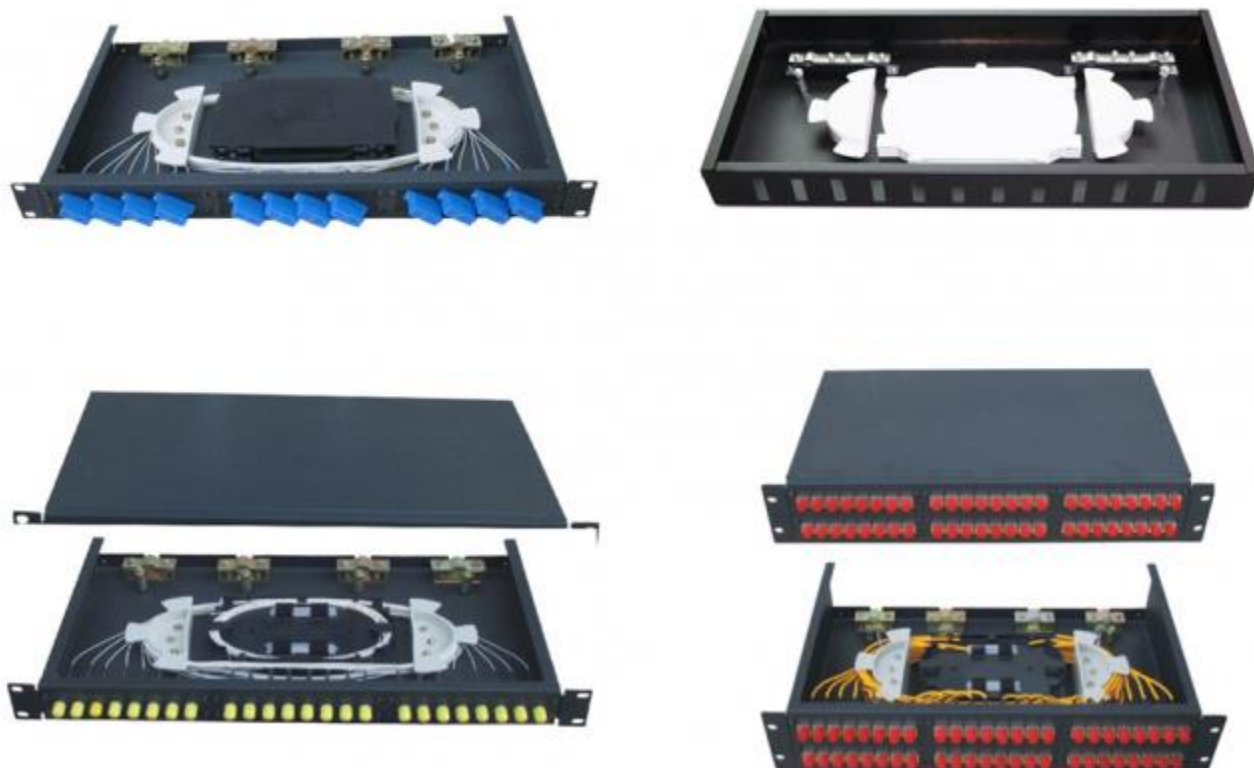
2.3.2.1. Equipos ópticos pasivos

Los elementos ópticos pasivos no requieren de energía eléctrica para cumplir la función designada, se encuentran ubicados entre el nodo central y las premisas de usuario para guiar las señales de tráfico, y en este trayecto no existe en lugar de estos se utilizan elementos pasivos como son:

2.3.2.1.1. Armario de distribución óptica u ODF. Es el encargado de gestionar, centralizar e interconectar el cableado de fibra óptica. Opera como empalme y terminación de cable de salida de la OLT. Dependiendo el uso existen ODFs de montaje de pared, ODFs de montaje de suelo y ODFs de montaje en rack y según la cantidad de fibra que se vaya a utilizar pueden ser de 24 puertos hasta 144 puertos o existen proveedores que manejan ODFs personalizados según el requerimiento del cliente. En l Figura 6 se puede visualizar una muestra de ODF(Sheldon, 2021).

Figura 6

ODF de fibra óptica montable en un rack de telecomunicaciones



Fuente: (TTIFIBER, 2016)

2.3.2.1.2. Punto de acceso a la red o NAP. Es el encargado de la derivación de los hilos de fibra que se utilizarán para la instalación de cada hogar que adquiera el servicio. Existen diferentes tipos de NAP como las IP 65 utilizadas para armar el segundo nivel de splitteo o las IP 68 que se utilizan generalmente en el primer nivel de splitteo. En la Figura 7 se observa una caja NAP IP65.

Figura 7

Caja de distribución y acceso NAP IP65



Fuente: (ODERTEK, 2019)

2.3.2.1.3. Splitter o Divisor Óptico. El splitter es considerado el elemento más importante de la red, se encuentra situado a lo largo del tramo entre la OLT y la ONT, teniendo como función la división de la luz incidente proveniente del láser añadiendo pérdidas dependiendo de la relación de división de este. Es decir, la señal óptica entrante se divide en partes iguales en cada una de las ramificaciones, por ejemplo, un divisor óptico 1x2 tiene 2 ramificaciones que soportan una pérdida de 3dB, es decir, el 50% de luz en cada ruta (Rodríguez, 2013). En el

mercado existen splitter 1x2, 1x4, 1x8, 1x16, 1x32, por lo tanto, en la tabla 3 se puede observar el valor de las pérdidas que se puede producir en el splitter según el número de puertos.

Tabla 3

Valores de Perdida dB

Numero de puertos	Perdida de divisor (dB)
2	3
4	6
8	9
16	12
32	15
64	18

Fuente: (Rodriguez, 2013)

2.3.2.1.4. Roseta Terminal. La roseta terminal de fibra óptica es utilizada para la conexión final del cliente, es decir, en instalaciones FTTH sirve para llegar con el cable DROP y realizar la conexión con la ONU, además, se utilizan para realizar reparaciones cuando el cable DROP sufre algún daño. Una roseta puede contener hasta 4 fibras terminales. En la Figura 8 se puede observar la estructura de una roseta terminal.

Figura 8

Roseta de fibra óptica

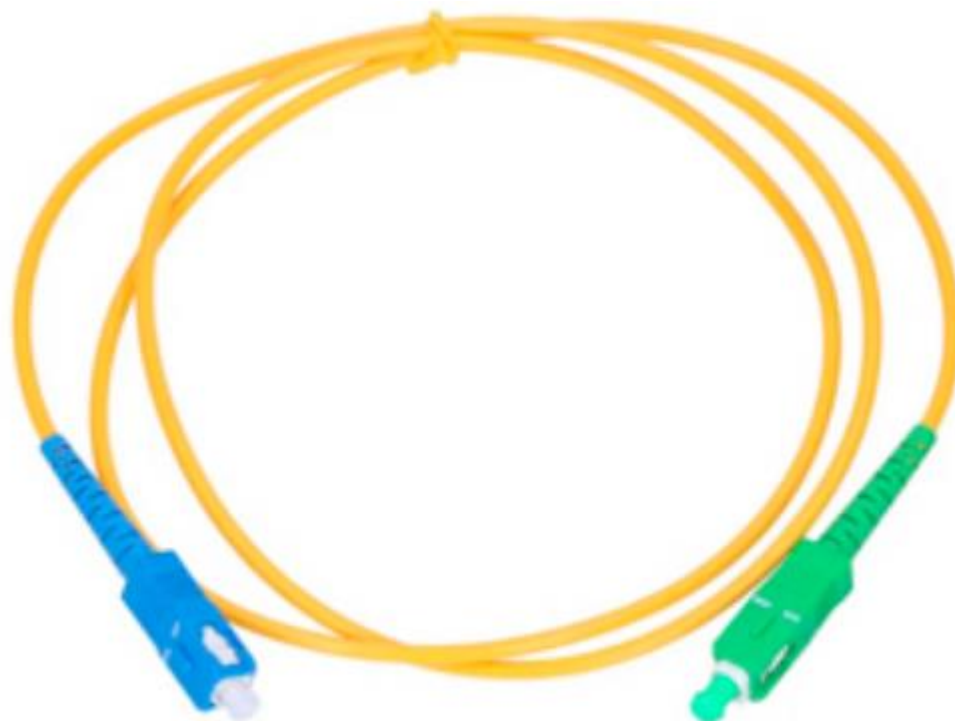


Fuente: Propia

2.3.2.1.5. Patch Cord. Es un cable de conexión óptica que se utilizan para la conexión de la OLT con el ODF en el nodo central y también para la conexión desde la roseta terminal hasta la ONU del cliente, aunque también se puede utilizar un pigtail, ya que es un cable de fibra óptica que en un extremo tiene un conector instalado de fábrica y el otro extremo está sin terminar, con el objetivo de que este extremo se les integre a los cables de fibra óptica a través de una fusión.

Figura 9

Patch-Cord tipo SC/APC – SC/UPC



Fuente: Propia

2.3.2.2. Equipos ópticos Activos

Los elementos activos requieren estar conectados a la energía eléctrica o utilizar baterías para que se enciendan

- OLT: Terminación de línea óptica u OLT es el elemento activo situado en el nodo central del proveedor. Su función principal es controlar la información transmitida en ambas direcciones a través de la ODN (Red de distribución óptica). La OLT cuenta con un módulo de control de conmutación, las tarjetas PON, protección de redundancia, módulos de fuente de

alimentación de menos de 48v CC o un módulo de fuente de alimentación de 110/220 V CA y ventiladores. Aquí, la tarjeta PON y la fuente de alimentación admiten el intercambio en caliente. En la Figura 10 se visualiza una OLT de marca ZTE, sin embargo, en el mercado existes diferentes tipos, dependiendo la utilidad que el proveedor requiera.

Figura 10

OLT modelo ZTE C300 GPON



Fuente: Propia

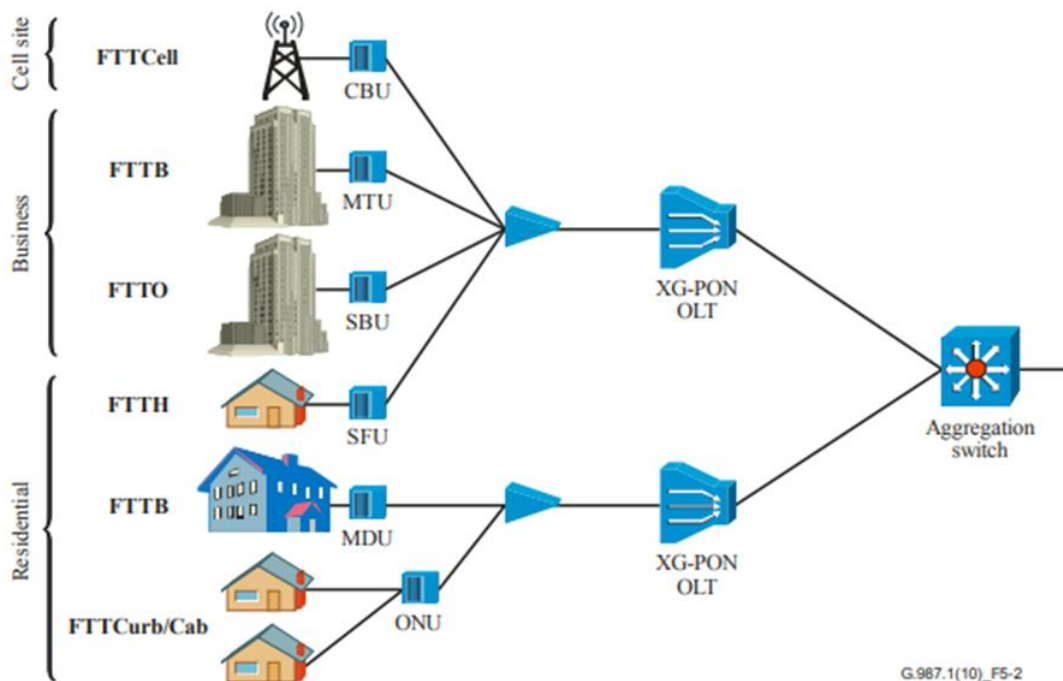
- ONU: Unidad de red óptica (ONU) tiene como objetivo principal de convertir las señales ópticas transmitidas a señales eléctricas. Las ONUs ofrecen distintas tecnologías de acceso para el usuario final, como FTTB, FTTCab, etc.
- ONT: La terminal de red óptica (ONT) cumple la misma función que la ONU, sin embargo, se diferencian por la ubicación, es decir, la ONT está situada en las instalaciones del cliente, cuando se utiliza un entorno FTTH.

2.3.3. Arquitectura XG-PON

XG-PON es un estándar para transmisiones de banda ancha capaz de entregar velocidades de 10Gbps en redes PON, y, debido a XG-PON es la evolución de la tecnología GPON esta puede soportar varios escenarios de arquitectura FTTx (Figura.6), como son aplicaciones FTTH, FTTCcell, FTTB, FTTC y FTTO.

Figura 11

Escenarios de XG-PON



Fuente: (ITU-T, 2016)

2.3.3.1. FTTB

Fiber to the building o fibra hasta el edificio se divide en dos escenarios, uno para unidades de viviendas múltiples (MDU) y otro para entornos mixtos o empresas que es el de unidades de inquilinos múltiples (MTU). Cada escenario presenta las siguientes características:

- FTTB para usuarios residenciales atendidos por MDU

Presenta servicios de banda ancha asimétrica (IPTV, servicios de transmisión digital, video a pedido (VoD), descarga de archivos, etc.); Servicios de banda ancha simétricos (difusión de contenido, correo electrónico, intercambio de archivos, aprendizaje a distancia, telemedicina, juegos en línea, etc.); y, POTS: la red de acceso debe poder proporcionar, de manera flexible,

servicios telefónicos de banda estrecha mediante emulación (replicación completa de un servicio heredado) o simulación (proporcionando un servicio que es casi el mismo que el servicio heredado) (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2016a).

- FTTB para usuarios comerciales con servicio MTU

Para servicios de banda ancha simétricos (software de grupo, transmisión de contenido, correo electrónico, intercambio de archivos, etc.); POTS: la red de acceso debe poder proporcionar, de manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha mediante emulación (replicación completa de un servicio heredado) o simulación (proporcionando un servicio que es casi el mismo que el servicio heredado); Línea privada: la red de acceso debe poder proporcionar, de manera flexible, servicios de línea privada a varias tarifas (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2016a).

2.3.3.2. FTTCurb y FTTCab

Este escenario se define como fibra hasta la acera o la vereda, el cual tiene como objetivo compartir el tendido de fibra y la ONU con varios usuarios, esta se encontrará ubicada en el acceso a un área residencial o pequeña extensión teniendo como distancia máxima del usuario final 300 metros. Para la conexión entre la ONU y el cliente generalmente se utiliza cable de cobre (Ruiz Lovato, 2015).

Dentro de este escenario se han considerado los siguientes servicios:

- Servicios de banda ancha asimétrica (IPTV, servicios de transmisión digital, VoD, descarga de archivos, juegos en línea, etc.); Servicios de banda ancha simétricos (difusión de contenido, correo electrónico, intercambio de archivos, aprendizaje a distancia, telemedicina, etc.); POTS: la red de acceso debe poder proporcionar, de manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha mediante emulación (replicación completa de un servicio heredado) o

simulación (proporcionando un servicio que es casi el mismo que el servicio heredado), y; Backhaul xDSL (Unión Internacinal de Telecomunicaciones, 2016a).

2.3.3.3. FTTH

Fiber to the home o fibra hasta el hogar tiene como objetivo principal brindar un enlace con fibra óptica desde el nodo central donde se encuentra la OLT hasta la ONT que se ubica en el hogar del cliente final, considerando una distancia máxima entre los dos de 20km según recomendaciones de la ITU. Además, para lograr dimensionar una red FTTH se debe considerar parámetros como: tipo de fibra, atenuación por conector, atenuación por empalme, reflexión máxima, tipo de conectores y distancia máxima de transmisión (Díaz Pérez, 2014).

2.3.3.4. FTTO

Fiber to the Office (FTTO) se dirige a la ONU empresarial dedicada a un cliente de pequeña empresa. Este escenario ofrece Línea privada, es decir, la red de acceso debe poder proporcionar, de manera flexible, servicios de línea privada a varias tarifas (Unión Internacinal de Telecomunicaciones, 2016a).

2.3.4. Estándares para XG-PON

2.3.4.1. ITU-T G.987.1

La Recomendación UIT-T G.987.1 indica los requerimientos generales de los sistemas de red óptica pasiva (XG-PON) con capacidad de 10 Gbps. Fue aprobada por primera vez en el año 2010, sin embargo, su última actualización fue en el año 2016. Esta recomendación tiene como objetivo guiar las especificaciones de la capa física y la capa de convergencia de transmisión, es decir, incluye ejemplos de servicios, interfaces de red de usuario (UNI), interfaces de nodo de

servicio (SIN) y las principales configuraciones de implementación que requieren los operadores de red. Además, esta recomendación incluye los requerimientos del sistema y operativos para satisfacer las necesidades de soporte de distintas aplicaciones comerciales y residenciales (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2016).

2.3.4.2. ITU-T G.987.2

La Recomendación ITU-T G.987.2 indica las especificaciones y requerimientos de la capa física para la capa dependiente de los medios físicos (PMD) en XG-PON. Esta recomendación describe una red de acceso flexible de fibra óptica capaz de soportar la demanda de ancho de banda en los servicios comerciales y residenciales. Fue aprobada por primera vez en el año 2010 y su última actualización se realizó en el 2016. Debido a que la serie de estándares G.987 permite múltiples velocidades ascendente y descendente, la G.987.2 se basa en un sistema de red óptica pasiva de 10 Gbps con velocidad de línea asimétrica que ofrece 9.95328 Gbps en sentido descendente y 2.48832 Gbps en sentido ascendente, manteniendo los requisitos de la recomendación ITU.T G.984.1 para asegurar la continuidad máxima con los sistemas existentes y la infraestructura de fibra óptica (ITU-T, 2016).

2.3.4.3. ITU-T G.987.3

La Recomendación ITU-T G.987.3 describe la capa de convergencia de transmisión para sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gbps (XG-PON), ya que se tiene un sistema de red de acceso que funciona sobre infraestructura de acceso óptico de punto a multipunto con una velocidad de datos de 10 Gbps en al menos en dirección descendente, además proporciona una amplia gama de anchos de banda y servicios de banda estrecha para usuarios finales. Por lo tanto, esta recomendación especifica los siguientes puntos:

- La estructura en capas de la capa de convergencia de transmisión en XG-PON;

- La funcionalidad de la subcapa de adaptación del servicio, con su método de encapsulación XG-PON (XGEM), delimitación de la trama XGEM y la fragmentación de la unidad de datos de servicio (SDU);
- La funcionalidad de la subcapa de entramado con la especificación de la trama XG-PON para sentido descendente y los formatos de ráfaga en sentido ascendente;
- Método de activación de la unidad de red óptica (ONU);
- Aspectos de temporización del funcionamiento punto a multipunto y de la comunicación horaria;
- Mecanismos de criptografía para autenticación, verificación de integridad, aislamiento de canales y protección de datos, incluido los protocolos de intercambio de claves asociadas;
- Mecanismos y protocolos de señalización para soportar el ahorro de energía de la ONU (ITU-T, 2014b).

2.3.4.4. ITU-T G.987.4

La Recomendación UIT-T G.987.4 indica la arquitectura y los parámetros de interfaz para sistemas de red óptica pasiva (XG PON) con capacidad de 10 Gigabits con alcance extendido que utilizan un dispositivo de extensión del alcance de la capa física, como un regenerador o un amplificador óptico en el enlace de fibra entre la terminación de línea óptica (OLT) y unidad de red óptica (ONU). También se describen los extensores de alcance de conversión de longitud de onda, modo continuo, 1: N y de tipo combinado. El alcance máximo es de hasta 60 km, pudiendo alcanzarse presupuestos de pérdidas superiores a 28,5 dB en ambos tramos (ITU-T, 2012).

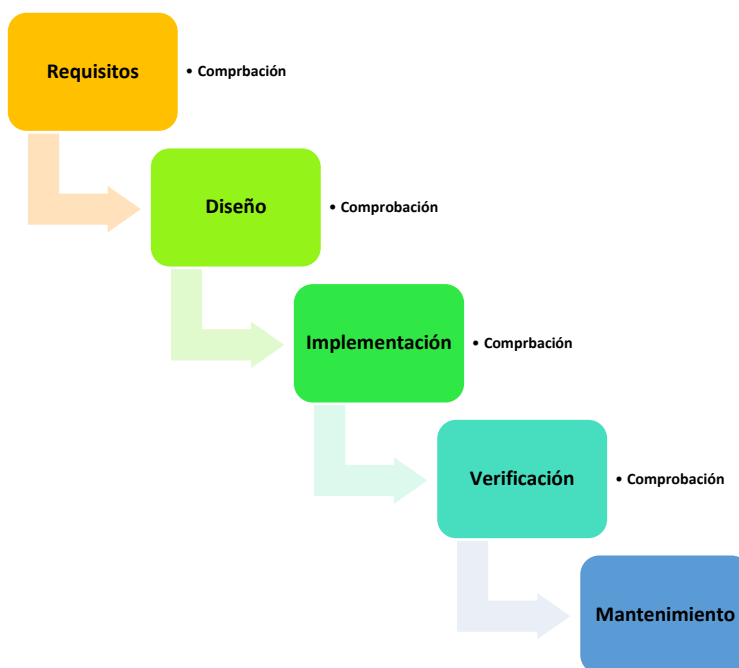
2.4. Metodologías para el diseño de proyectos

La metodología de gestión de proyectos implica la sistematización, es decir, seguir una serie de pasos, los cuales ayudaran a la ejecución de un proyecto determinado. La metodología ayuda a trabajar de manera ordenada optimizando el tiempo de ejecución del mismo y lo más importante teniendo éxito en ellos. En su mayoría, los beneficios de la adopción de una metodología es que permite seguir y aplicar una variedad de ideas objetivas a las decisiones que se debe tomar eliminando las subjetividades (UNIR, 2020). Existen metodologías clásicas y metodologías ágiles, a continuación, estudiaremos un poco de ellas.

2.4.1. *Waterfall (Cascada)*

La metodología en cascada es denominada así por las fases en el desarrollo que parecen caer en cascada fase por fase. Esta metodología es aquella en la cual se requiere obligatoriamente terminar una fase para empezar la siguiente, y al finalizar una etapa se debe llevar a cabo una revisión final para determinar si el proyecto debe continuar a la siguiente etapa.

Este modelo fue diseñado desde 1966 hasta 1970, es el primero en originarse y es la base de todos los modelos de ciclo de vida. En la Figura 12 se puede observar cómo es el diseño del proceso de esta metodología (Maida & Placinenzia, 2015).

Figura 12*Fases metodología en cascada*

Fuente: (Maida & Placinenzia, 2015)

Una de las desventajas principales es que muy rara vez se sigue el orden secuencial que propone esta metodología, por lo que se crean problemas en la aplicación del paradigma, además, es difícil establecer los requisitos en un principio, y tener un error no detectado hasta que el proyecto concluya puede causar el fracaso del mismo (Maida & Placinenzia, 2015).

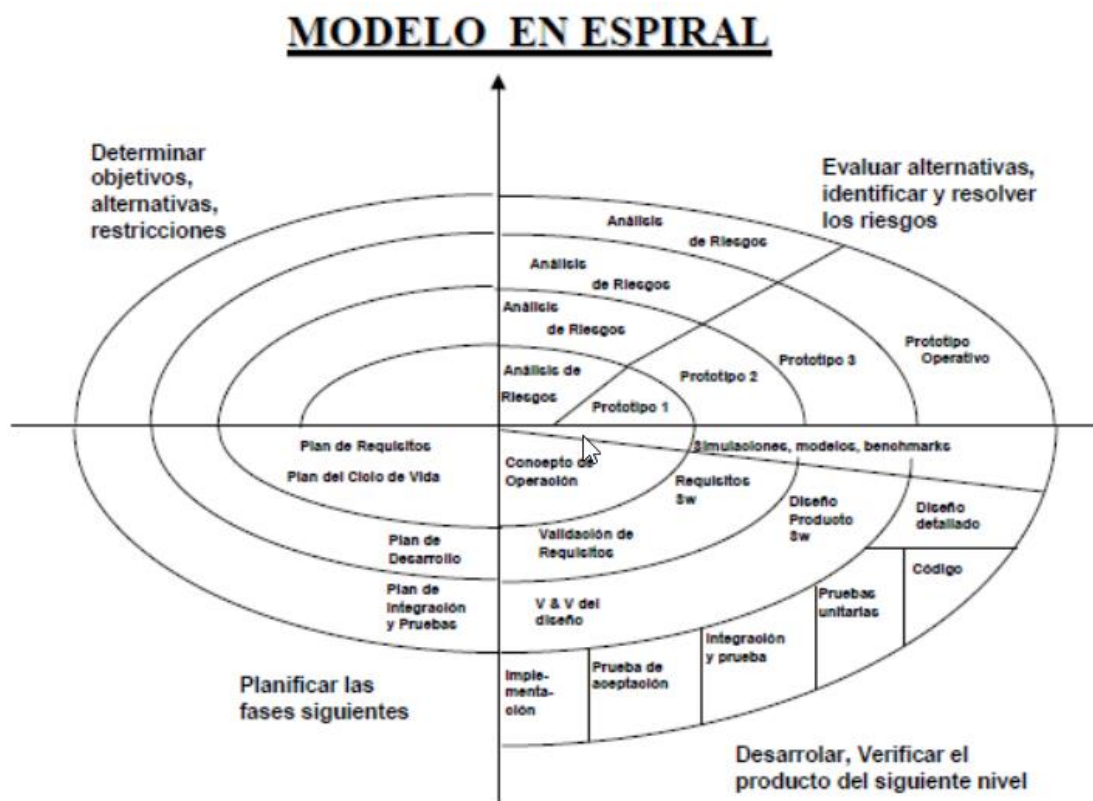
2.4.2. Espiral

La metodología espiral fue presentada por Barry Boehm en 1983, y es diseñada en base al modelo en cascada, añadiéndole el concepto de análisis de riesgos, este es un modelo que permite analizar a profundidad cada etapa del desarrollo y los requerimientos deben ser conocidos mucho antes de la implementación.

Esta metodología es una de las más importantes para brindar soporte en la gestión de riesgos ya que las etapas de este modelo están distribuidas en ciclos, cabe recalcar que no existe un número definido de ciclos y varía dependiendo el proyecto que se vaya a realizar. En la figura 13 se puede observar un ejemplo de cómo se ejecuta esta metodología en espiral (Prieto Alvarez, 2015).

Figura 13

Fases metodología en espiral



Una de las desventajas de esta metodología es que no funciona en proyectos pequeños, de igual manera al momento de evaluar los riesgos del proyecto se requiere una experiencia muy específica por lo que puede disparar el costo por lo que este valor es más elevado al costo que

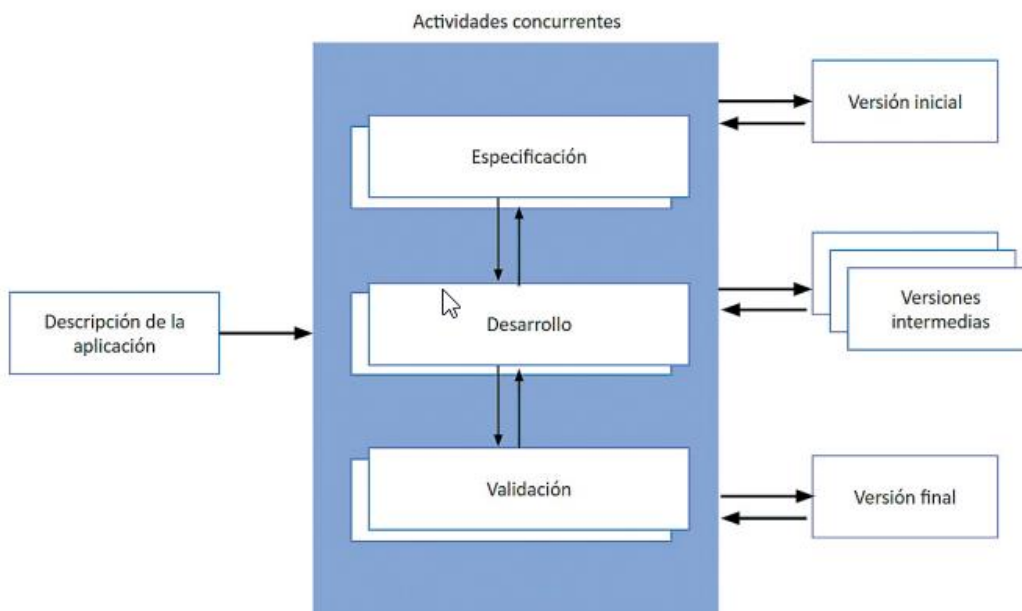
tendría la construcción del sistema.

2.4.3. Modelo Iterativo

El modelo iterativo permite elaborar un proyecto en bloques que van incrementando funcionalidad al bloque anterior, por ende, la solución va mejorando de manera progresiva a través de sus diversas iteraciones, obteniendo un mejor entendimiento del problema y de la solución por medio de refinamientos sucesivos. Estas iteraciones permiten hacer cambios a corto plazo como por ejemplo cuando cambian las condiciones del mercado, además permite obtener resultados importantes desde la primera iteración. En la figura 14, se muestra un diagrama de cómo son las etapas en esta metodología (Basili & Larman, 2003).

Figura 14

Fases método Iterativo



Fuente: (Solano & Porras, 2020)

Una de las desventajas de este método es que no funciona en proyectos pequeños, y para su implementación requiere alta planeación administrativa como técnica, sin embargo, los riesgos del proyecto pueden no determinarse ni al culminar la última etapa.

2.4.4. Elección de la metodología

Para el desarrollo e implementación de un proyecto se necesita un cronograma con una serie de actividades o instrucciones que ayuden a culminar el proyecto obteniendo resultados favorables y garantizando el éxito del mismo, por lo tanto, escoger una metodología que nos enseñe a dirigir los procesos de forma eficaz y eficiente es una de las partes importantes en este diseño. Una vez estudiadas y analizadas algunas metodologías, se consideró el método Iterativo ya que sus iteraciones se consideran como mini proyectos que repiten un proceso de trabajo similar y en cada etapa se obtiene una evolución que finalmente proporcionan un resultado completo y exitoso.

3. SITUACION ACTUAL Y DISEÑO DE RED

La situación del servicio de internet en las zonas indicadas debe tener un análisis detallado y actual de los diferentes puntos que intervienen en el proceso, los cuales se identifican como: La oferta del servicio que existe por las diferentes empresas competidoras, la demanda de la población teniendo en cuenta sus diferentes necesidades para lograr así un adecuado diseño de red de fibra óptica en el sector.

Para el diseño de la red óptica pasiva se debe conocer la tecnología y la arquitectura que se va a utilizar, en este caso, la arquitectura FTTH con tecnología XG-PON, los requerimientos y criterios básicos que se debe considerar para lograr un buen diseño de red donde se pueda cumplir con las necesidades de la población y lograr un crecimiento a futuro.

3.1. Situación Actual

El presente estudio está dirigido a la empresa proveedora de servicio de Internet INNO FIBER INFI CIA LTDA que de aquí en adelante se le nombrara como INNO FIBER. Esta empresa se encuentra en funcionamiento desde el 2018, ubicando su matriz en la ciudad de Cayambe brindando el servicio de internet a través de una infraestructura completamente de fibra óptica y enfocándose en llegar a los sectores más alejados de la ciudad. Debido a la calidad del servicio ofertado y a su cobertura, la empresa ha sido considerable en los últimos años, de tal forma que se abrió una nueva sucursal en la ciudad de Ibarra, enfocándose en llegar a zonas alejadas donde no se ofrece el servicio de internet por fibra óptica.

INNO FIBER actualmente en la ciudad de Ibarra cuenta con 100 clientes, sin embargo, el administrador de la red menciona que no se realizó un estudio de la zona de cobertura, por lo tanto, no tienen un diseño de red que les permita seguir expandiéndose, adicional, cabe

mencionar que no existe conexión con la ciudad de Cayambe, por lo tanto, se requiere la interconexión entre la sucursal de Ibarra y la matriz Cayambe.

Figura 15.

Inno Fiber - Cayambe



Fuente: (Turismo Cayambe, 2016)

3.1.1. Evaluación de la Oferta y la Demanda

Con el fin de evaluar las condiciones económicas sobre la producción y consumo de un bien o servicio existen diferentes herramientas, para tener un producto que sea accesible a la población y rentable para la empresa se debe analizar el funcionamiento de las curvas de oferta y demanda que son herramientas de análisis.

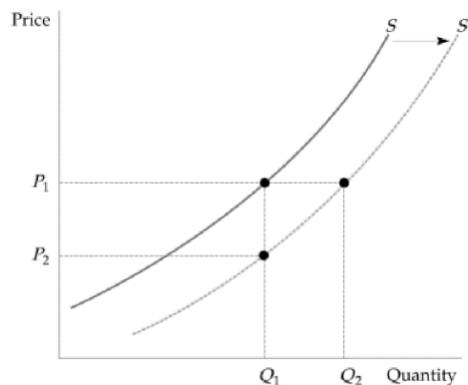
La curva de Oferta es la relación existente entre la cantidad de bienes o servicios que los productores (La empresa INNO FIBER proveedora de internet) están dispuestos a ofrecer y el precio por el cual se vende dicho bien o servicio (Julio, 2017). Como se observa en la Figura 12 el análisis da como resultado que cuando el precio del bien o servicio P_1 aumenta, la oferta Q_2 también aumenta, teniendo así que si el precio P_2 disminuye la oferta Q_1 igualmente disminuirá, observando así un desplazamiento representado por S^1 (Julio, 2017). En resumen, la curva de la oferta es la relación que existe ente la cantidad de bienes o servicios producidos y el precio a

pagar, que se puede expresar en la siguiente ecuación:

$$Q_s = Q_s(P)$$

Figura 16.

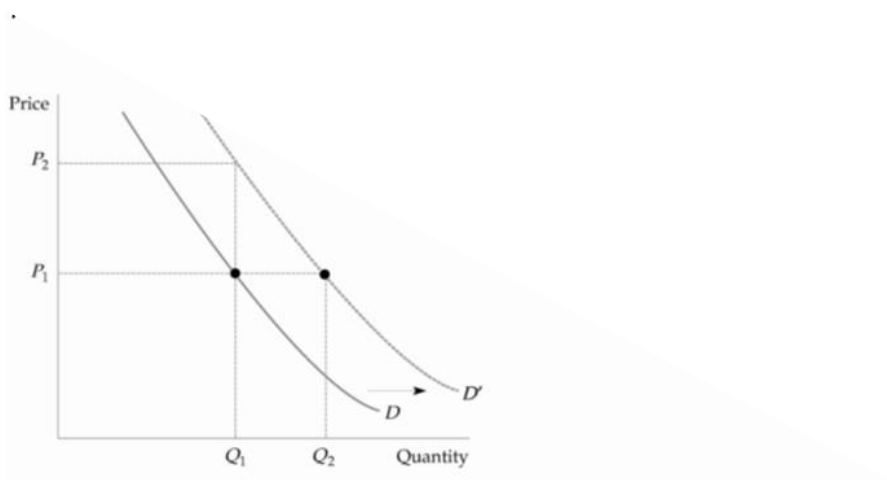
Curva de la Oferta



Fuente: (Julio, 2021)

La curva de la Demanda se define como la relación entre la cantidad de un bien o servicio que los consumidores están dispuestos a adquirir y su precio. En la Figura 13 se observa que la pendiente es negativa teniendo un análisis donde el precio P_2 aumenta y la demanda del bien o servicio Q_1 es menor, por el contrario, si el precio P_1 es menor la demanda Q_2 aumenta, teniendo un desplazamiento representado por D^1 (Julio, 2017). La curva de la demanda y su relación que existe entre la cantidad de un producto y su precio se representa con la siguiente ecuación:

$$Q_D = Q_D(P)$$

Figura 17.*Curva de la Demanda*

Fuente: (Julio, 2021)

Dado a conocer lo útil de las herramientas de la oferta y demanda otro aspecto importante a explicar es la distribución de la población y territorio del sector donde se realizará el diseño de red de fibra óptica.

3.2. Población y Territorio

Para explicar la situación actual de la población en los cantones donde se realizará el diseño de fibra óptica: Otavalo, Antonio Ante, Ibarra se realiza un análisis del incremento de cuentas de Internet adquiridas en un lapso de 5 años, y lograr tener un estimado de residentes y futuros usuarios del servicio brindado por la empresa en el año 2026. Es muy relevante conocer a que cantón, ciudad, parroquia o comunidad pertenece el área donde se va a desplegar la red de fibra óptica, no solo por identificar las zonas de cobertura que ofrece la empresa sino también para los procesos pertinentes a permisos de arrendamiento de postes y de funcionamiento ante la

ARCOTEL.

3.2.1. *Análisis geográfico del Cantón Ibarra*

El cantón Ibarra ubicado en la provincia de Imbabura cuenta con una superficie de 1093 km², está conformado por 5 parroquias urbanas y 7 parroquias rurales, en la Tabla 4 se muestra las parroquias del cantón Ibarra. (INEC, 2014)

Tabla 4.

Parroquias del cantón Ibarra

CANTON	PARROQUIAS
Ibarra	Alpachaca
	Caranqui
	Sagrario
	Priorato
	San Antonio
	San Francisco
	Angochagua
	Carolina
	Ambuquí
	Lita
La Esperanza	
Salinas	

Fuente: Elaboración Propia con datos del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)

3.2.2. Análisis geográfico del Cantón Otavalo

El cantón Otavalo está ubicado en la provincia de Imbabura, región norte del Ecuador, tiene una superficie de 528 kilómetros cuadrados. El cantón Otavalo está integrado por la ciudad del mismo nombre y por 11 parroquias: dos urbanas y nueve rurales detalladas en la Tabla 5.

Tabla 5.

Parroquias del Cantón Otavalo

CANTON	PARROQUIAS
Otavalo	San Luis
	Jordán
	Eugenio espejo
	San Pablo
	Gonzales Suarez
	San Rafael
	San Juan de Ilumán
	Dr. Miguel Egas
	Quichinche
	Pataquí
	Selva Alegre

Fuente: Elaboración Propia con datos del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)

3.2.3. Análisis geográfico del Cantón Antonio Ante

Antonio Ante está ubicado en la provincia de Imbabura, Atuntaqui, es la cabecera cantonal de Antonio Ante, tiene una superficie de 81 km² kilómetros cuadrados.

El cantón Antonio Ante está conformado por seis parroquias: dos urbanas y cuatro rurales: detalladas en la Tabla 6.

Tabla 6.

Parroquias del Cantón Antonio Ante

CANTON	PARROQUIAS
	Andrade Marín
	Atuntaqui
Antonio Ante	Imbaya
	Chaltura
	San Roque

Fuente: Elaboración Propia con datos del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)

3.2.4. Vías y carreteras

Como se mencionó hay que considerar cada una de las vías o carreteras que interconectan la red de cada ciudad o comunidad. Para la red troncal hay que tomar en cuenta las vías que presenten una densidad poblacional considerable en sus alrededores, es decir, que existan como mínimo un 80% de sitios poblados.

La tabla 7 muestra las diferentes carreteras y caminos que se toman en consideración para realizar la conexión entre Cayambe e Ibarra, tomando en cuenta una primera distribución de los

enlaces y que las distancias están de acuerdo con la medida de Google Maps.

Tabla 7

Conexión Cayambe-Ibarra

ENLACE	Calle o carretera	Distancia
Ibarra-Atuntaqui	Panamericana Norte	10.8 km
Ibarra-Atuntaqui	Vía Chaltura	13.4km
Atuntaqui-Otavalo	Panamericana Norte	14.7 km
Atuntaqui-Otavalo	Antigua vía Otavalo	16.2 km
Otavalo-San Pablo	Panamericana Norte	17.3 km
Otavalo-San Pablo	Calle 18 de febrero sector san pablo	14.6 km
San Pablo Cayambe	Panamericana Norte	23.8 km

Fuente: Elaboración Propia con datos de (Google Earth, 2021)

Al realizar un análisis detallado de la situación actual de los 3 cantones más grandes donde se proyecta realizar la Red de fibra óptica incluyendo las vías y carreteras que interconectan la red con cada ciudad y comunidad se tiene pleno conocimiento del territorio y población en la cual la Empresa INNO FIBER va a trabajar.

3.2.5. Análisis de Población con cuentas de Internet

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones ARCOTEL, es la encargada de tener un control del avance de las Telecomunicaciones en el país. Los proveedores de servicios de Internet públicos y privados presentan un reporte trimestral de cómo va creciendo su empresa tanto en abonados como en infraestructura. En base a estos reportes la ARCOTEL

presenta un informe donde reporta el incremento de cuentas durante esos 3 meses.

Por lo tanto, para este análisis, se toma el reporte del tercer trimestre del año 2021, es decir, el incremento de cuentas en la provincia de Imbabura en los meses de Julio 2021, agosto 2021 y septiembre 2021, además, para tener una referencia de la población nos basamos en el último censo del INEC realizado en el año 2010 para tener un aproximado de la población actual. En la tabla 8 se visualiza los datos totales de la provincia de Imbabura.

Tabla 8

Incremento de cuentas de Internet en el tercer trimestre del año 2021

ANALISIS DE CUENTAS				
Cantón	Hab. Censo 2010	Jul-21	Ago-21	Sep-21
Imbabura	398.244	66.453	67.226	68.162
Ibarra	181.175	30.232	30.583	31.009
Otavaló	104.874	17.500	17.703	17.950
Antonio Ante	43.518	7.262	7.346	7.448
Otros cantones	68.677	11.460	11.593	11.755

Fuente: Elaboración Propia con datos del INEC y ARCOTEL

En la Tabla 8 se puede observar un análisis de toda la provincia de Imbabura, sin embargo, la empresa tiene como objetivo expandirse únicamente en los cantones de Ibarra, Antonio Ante y Otavaló, por lo tanto, se toma en consideración los datos expuestos en la Tabla 9 para explicar la densidad de cuentas en los cantones donde se realizará el diseño de fibra óptica.

Tabla 9

Cuentas de Internet en el tercer trimestre del año 2021 en el canto Ibarra, Otavalo y Antoni Ante

CANTON	Cuentas Totales Jul-2021	Cuentas Totales Ago-2021	Cuentas Totales Sep-2021
Ibarra	30.232	30.583	31.009
Otavalo	17.500	17.703	17.950
Antonio Ante	7.262	7.262	7.448
Total	54.993	55.548	56.407

Fuente: Elaboración Propia con datos del INEC y ARCOTEL

Para determinar la proyección en aproximadamente 5 años se utiliza la fórmula matemática que sigue un crecimiento geométrico,

Ecuación 1

$$P_t = P_0(1 + r)^t$$

Donde;

P_t = Población en el año t que se va a estimar

P₀ = población en el año base ya conocida

r = Tasa de crecimiento anual

t = Número de años entre el año base y el año t, 5 años.

3.2.5.1. Cantón Ibarra

Para obtener la tasa de crecimiento que se ha obtenido en las cuentas de Internet, se toma los datos reflejados en la Tabla 9, por lo cual se tiene un crecimiento mensual de 0,0281%

mensual y anual el 0,337%, por lo tanto, calculamos la proyección para un lapso de 5 años, donde;

$$Pt = P_0(1 + r)^t$$

$$Pt = 31009(1 + 0,337)^5$$

$$Pt = 132512,79$$

Tabla 10.

Incremento de cuentas en el cantón Ibarra para un lapso de 5 años

AÑO	TOTAL CUENTAS	INCREMENTO EN CUENTAS
2021	31.009,26	-
2022	41461,47	10452
2023	55436,77	13975
2024	74122,70	18686
2025	99107,04	24984
2026	132512,79	33406

Fuente: Elaboración Propia

El objetivo de realizar un análisis juntamente con el ordenamiento y distribución de viviendas incluyendo este último punto de un análisis de proyección poblacional, permite comprender de una forma clara la región en la cual la empresa va a realizar una red de fibra óptica para conocer el nivel de crecimiento y nuevos usuarios que estimara en un lapso de 5 años, entiendo así la oferta y demanda del cantón.

3.2.5.2. Antonio Ante

Para obtener la tasa de crecimiento que se ha obtenido en las cuentas de Internet en este cantón se toma los datos reflejados en la Tabla 11, por lo cual se tiene un crecimiento mensual de 0,0281% mensual y anual el 0,337%, por lo tanto, calculamos la proyección para un lapso de 5 años, donde:

:

$$Pt = P_0(1 + r)^t$$

$$Pt = 7.448,38(1 + 0,337)^5$$

$$Pt = 31829,40$$

Tabla 11.

Incremento de cuentas en el cantón Antonio Ante para un lapso de 5 años

AÑO	TOTAL CUENTAS	INCREMENTO EN CUENTAS
2021	7448,38	
2022	9958,99	2511
2023	13315,84	3357
2024	17804,18	4488
2025	23805,38	6001
2026	31829,40	8024

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5.3. Cantón Otavalo

Para obtener la tasa de crecimiento que se ha obtenido en las cuentas de Internet en este

cantón se toma los datos reflejados en la Tabla 12, por lo cual se tiene un crecimiento mensual de 0,0281% mensual y anual el 0,337%, por lo tanto, calculamos la proyección para un lapso de 5 años, donde:

$$Pt = P_0(1 + r)^t$$

$$Pt = 17.949,85(1 + 0,337)^5$$

$$Pt = 76705,65$$

Tabla 12.

Incremento de cuentas en el cantón Otavalo para un lapso de 5 años

AÑO	TOTAL CUENTAS	INCREMENTO EN CUENTAS
2021	17.949,85	
2022	24000,16	6050
2023	32089,84	8090
2024	42906,27	10816
2025	57368,58	14462
2026	76705,65	19337

Fuente: Elaboración Propia

3.2.6. Consideraciones

Una vez realizado el análisis de población con respecto al número de viviendas en cada parroquia, se debe considerar los objetivos de la empresa, en los cuales se enfoca principalmente en cubrir las zonas rurales de cada cantón ya que por esos sectores no llega el servicio de internet

u ofrecen con otros medios de transmisión que la conectividad no es tan buena.

3.3. Requerimientos de diseño de Red

Para realizar un correcto diseño de red se debe tener en cuenta los requerimientos necesarios: Zona que se quiere dar cobertura delimitada, tecnología que se va a utilizar para el diseño de red, tipo de red, elementos que la conforman y el ancho de banda que se va a necesitar para poder brindar el servicio a los clientes finales.

En el apartado 3.2 (Población y territorio) se explicó a detalle las zonas en que se dará cobertura, las cuales son: Cantón Ibarra, Antonio Ante y Otavalo, siendo este último la conexión directa hacia la matriz ubicada en la ciudad de Cayambe logrando interconectar Ibarra con Cayambe.

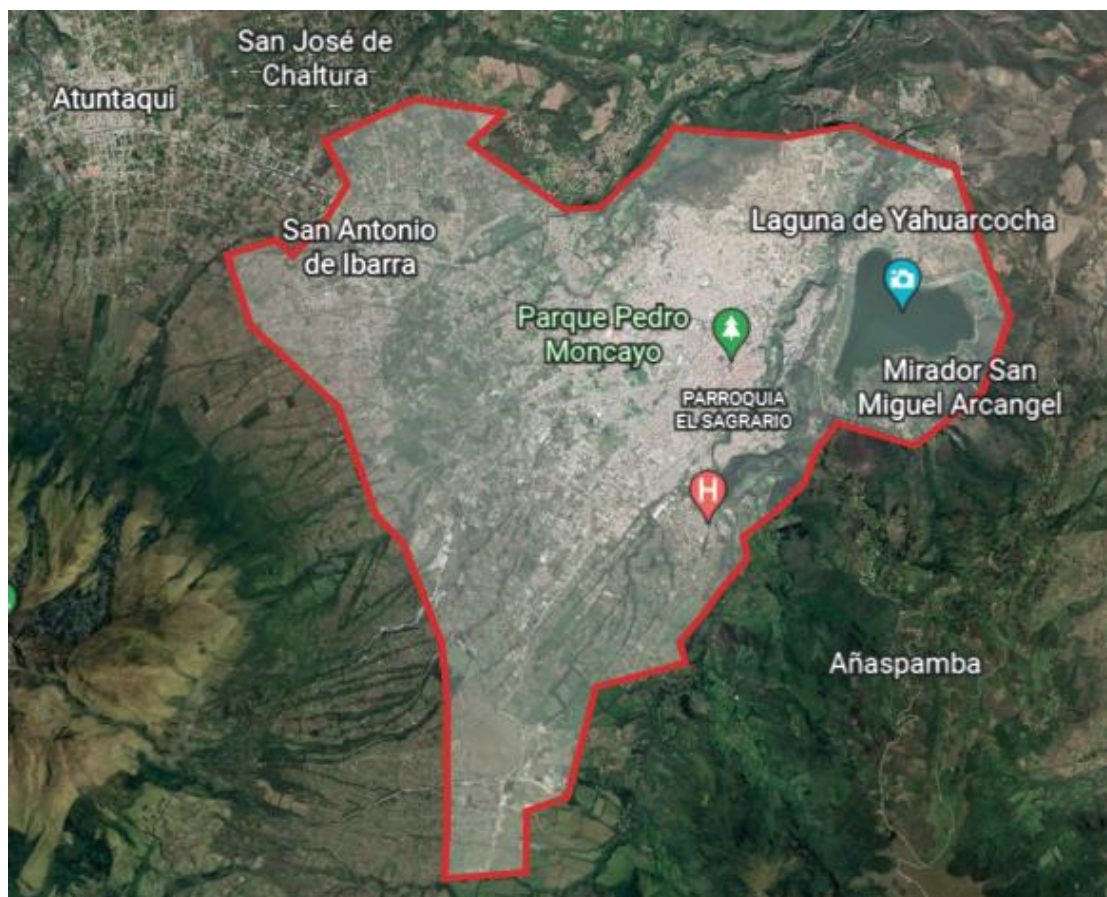
3.3.1. Zona de cobertura

Para el cantón Ibarra los barrios involucrados para realizar el diseño de red se encuentran delimitados en la Figura 17, obtenida de Google Earth indicando el perímetro donde se desplegará la red de fibra.

En este perímetro se encuentran las parroquias Sagrario, Priorato, Caranqui, Alpachaca, San Francisco, La Esperanza y San Antonio, cubriendo aproximadamente el 90%. Las parroquias restantes se excluyen porque están más alejadas de la población, en el cual para llegar a la parroquia existen tramos largos, vacíos, sin ninguna vivienda en el camino.

Figura 18.

Zona de cobertura cantón Ibarra

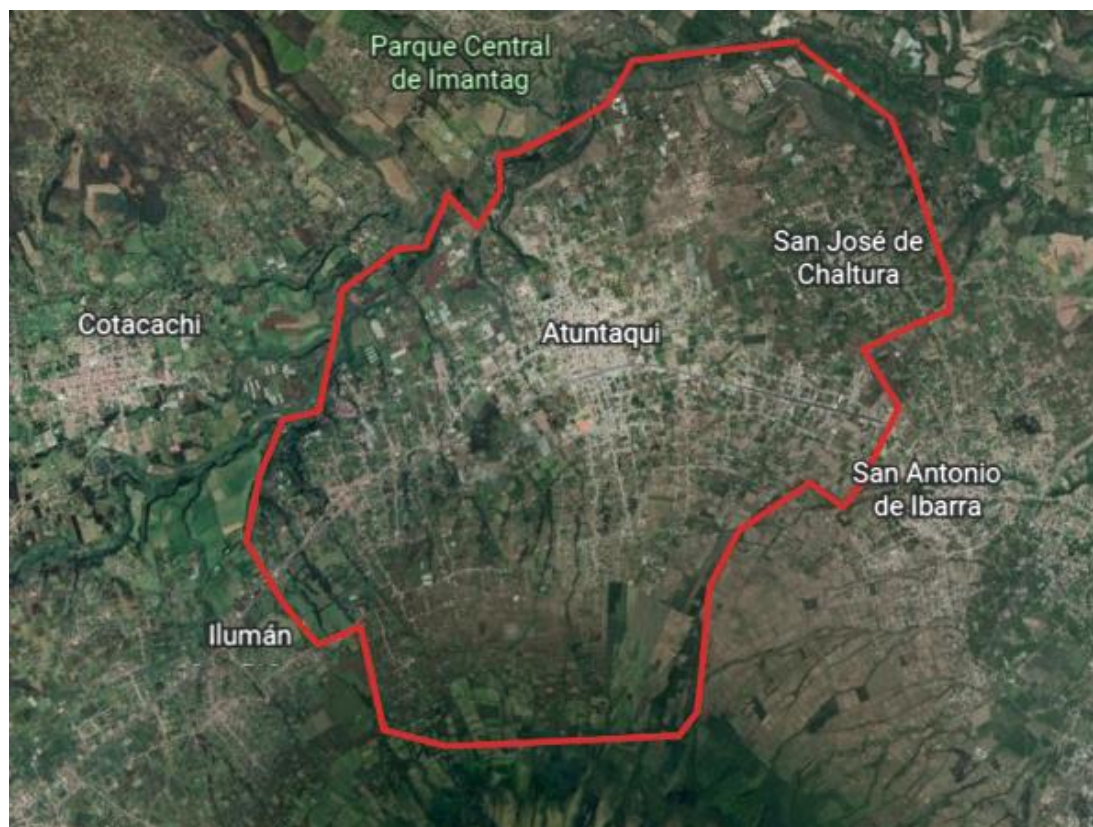


Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor.

La zona delimitada para el cantón Antonio Ante se muestra en la Figura 18, en la cual su perímetro cubre todas sus parroquias y en un 95% los lotes de cada una de ellas.

Figura 19.

Zona de cobertura cantón Antonio Ante

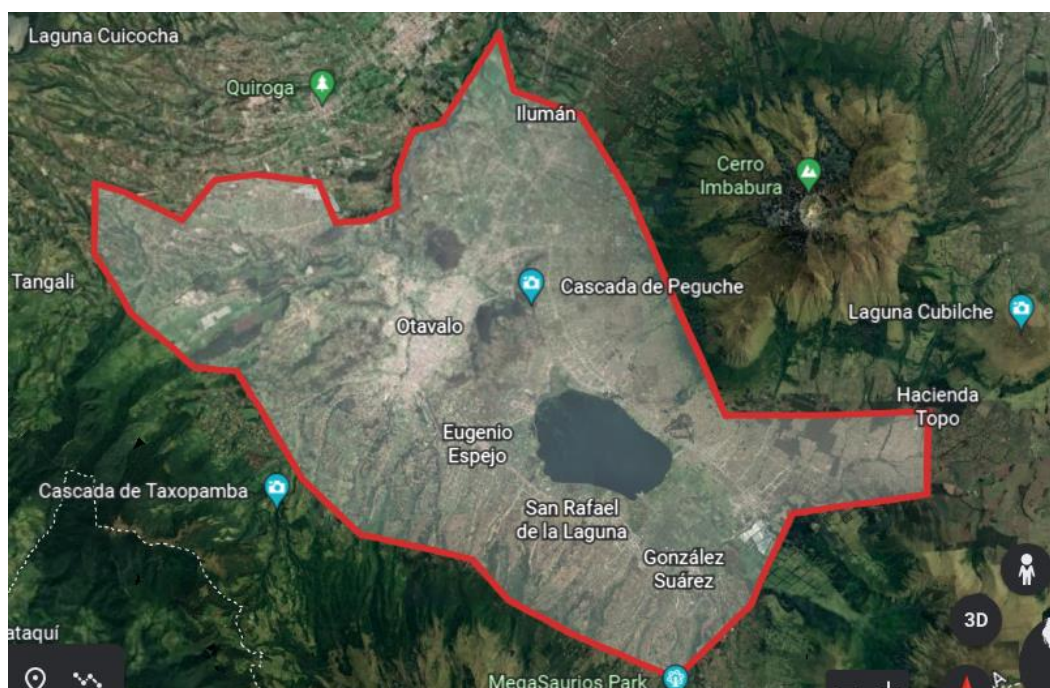


Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor.

La zona de cobertura del cantón Otavalo se puede observar en la Figura 19. Este cantón como el cantón Atuntaqui presenta características de mayor crecimiento, debido a que la zona de cobertura abarca comunidades cuyo territorio rural sobrepasa en gran medida a la zona urbana.

Figura 20.

Zona de cobertura cantón Otavalo



Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor.

3.3.2. Especificaciones de la tecnología XG-PON

La tecnología por usar para el diseño de Red es la tecnología XG-PON, estudiada en el apartado 2.3, para aplicar dicha tecnología se requiere el cumplimiento de algunas especificaciones como velocidad, distancia, relación, etc. detalladas en la tabla 13.

Tabla 13

Especificaciones de tecnología XG-PON

Nombre	Requerimiento
Estándar	ITU-T G.987

Velocidad máxima	10 Gbps subida 2,5 Gbps bajada
Método de multiplexación	TDMA (subida) TDM (bajada)
Presupuesto de pérdidas	29 dB a 31 dB (clase nominal)
Relación de splitteo	1:64 (1: 256 en la capa lógica)
Distancia de fibra	20 km (60 km en la capa lógica)

Fuente: (Unión Internacinal de Telecomunicaciones, 2016a)

3.3.3. *Arquitectura de red FTTH*

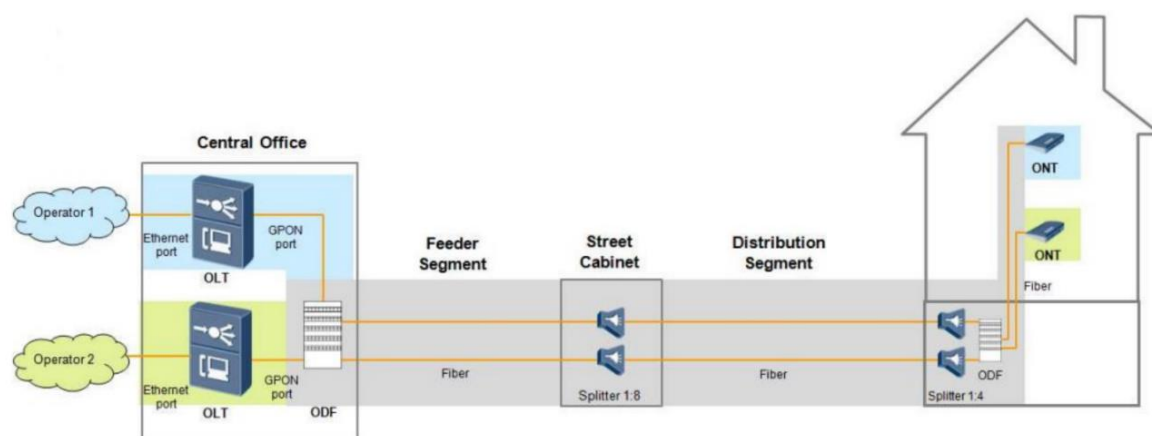
La Arquitectura FTTH se define como Fiber to the Home o Fibra hasta el hogar, por lo tanto, está compuesta por dos tipos de componentes importantes: elementos activos y elementos pasivos.

Elementos activos: Son aquellos elementos que necesitan energía eléctrica para su funcionamiento, como se observa en la Figura 20, están ubicados al inicio y al final de la red óptica pasiva, entre ellos están: la OLT (Línea de terminal óptica) y ONU (Unidad de Red Óptica).

Elementos pasivos: Son aquellos equipos que interconectan la OLT y la ONU, en el transcurso de la red óptica pasiva, no requieren energía eléctrica para su funcionamiento, entre ellos están: ODF (distribuidor de fibra óptica), Splitter, NAP, Rosetas, Patch- cords o pigtail, Cable de fibra óptica.

Figura 21.

Red de fibra con la arquitectura FTTH - XG - PON



Fuente: (Rendor Schneir & xiong, 2014)

3.3.4. Topología de splitteo a utilizar

De acuerdo con la Recomendación ITU-T G.987.1 se puede tener varios niveles de splitteo, tomando en cuenta que dichos niveles deben proporcionar un servicio flexible y eficiente, además, tener en cuenta la proyección a futuro y la rentabilidad que se genera, entonces, de un puerto PON de la OLT, se comparte la señal entre múltiples usuarios.

En el capítulo 2 se especifica dos tipos de splitteo; división óptica centralizada con un nivel de splitteo único y división óptica distribuida con 2 niveles de splitteo, uno principal y el segundo de distribución como su nombre lo indica. Para seleccionar el tipo de división óptica se tomó los siguientes requerimientos:

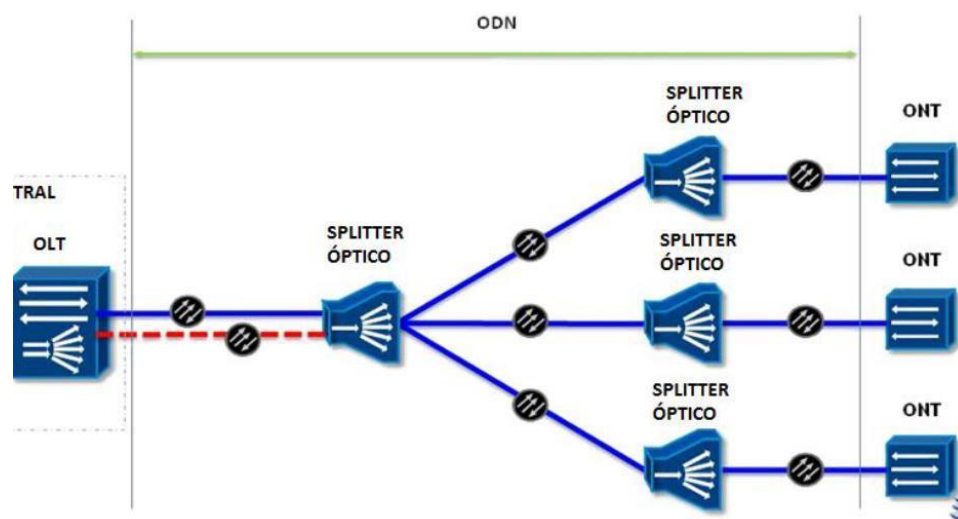
1. Zona de cobertura que se desea llegar: En algunas zonas rurales no se ofrece este servicio.
2. La proyección a futuro que tiene la empresa.

3. La cantidad de clientes que se tiene.

Por lo tanto, en este diseño se ha optado por utilizar 2 niveles de splitteo ya que se debe llegar al usuario final. Estos dos niveles de splitteo optimizan costes en la implementación ya que se lo considero basándose en los usuarios proyectados y en la Recomendación UIT-T G.987.1 (2020). En la figura 21 se visualiza la topología con 2 niveles de splitteo, dependiendo de los hilos de fibra que se utilice en la OLT por cada caja de splitteo, recalcando que en la tecnología XG-PON se puede tener más de 64 clientes como se especifica en la tabla 13.

Figura 22

Arquitectura con 2 niveles ópticos



Fuente: (Copa, 2016)

Esta estructura de splitteo se verifica en la recomendación ITU-T G.987.2, esta indica que en arquitecturas donde no existen niveles de división óptica se dan pérdidas de potencia no mayores a 5dB, entonces se necesitan atenuadores ópticos que garanticen una mínima pérdida de energía logrando evitar que los receptores ópticos se dañen por las altas potencias. De este modo, en el primer nivel se utilizará un splitter 1:8, el cual abastece a un segundo nivel o nivel de

distribución con el mismo número de splitteo, por cada hilo que salga de la OLT se puede brindar el servicio a 64 clientes que es la mínima cantidad de abonados que nos especifica la tecnología XG-PON en la recomendación ITU-T G.987.1.

Una parte importante es la cantidad de hilos de fibra óptica que se va a utilizar en la OLT con los niveles de splitteo mencionados anteriormente, es por ello que se tiene una cantidad de clientes proyectados en cada uno de los cantones.

3.3.5. Hilos de fibra óptica requeridos

Una vez realizada la proyección de cuentas de Internet en un lapso de 5 años en el apartado 3.2.5 se procede a calcular el número de hilos necesarios para cubrir el número de clientes, sin embargo, se toma en cuenta que existen en el mercado otros proveedores de servicios de Internet, por lo tanto, el objetivo de la empresa es cubrir aproximadamente el 15% de las cuentas que se van a incrementar. En la tabla 14, se reflejan los datos del número de cuentas totales que se incrementaran en cada cantón, es decir, es la sumatoria del incremento de cuentas de cada año calculado en el apartado 3.2.5.

Tabla 14

Total incremento de cuentas en un lapso de 5 años

Número total de cuentas	
Cantón	Total
Ibarra	101504
Antonio Ante	24381
Otavaló	58756

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido el número total de cuentas, se procede a calcular el número de cuentas que la empresa INNO FIBER desea cubrir, para ello utilizaremos la siguiente ecuación:

Donde,

Cf: Cuentas finales, es el número total de abonados que la empresa va a cubrir de las nuevas cuentas que se incrementan en el lapso de 5 años.

Pc: es el porcentaje que desea cubrir la empresa del número total de cuentas nuevas

Ct: es el total de cuentas nuevas que van a existir en el lapso de 5 años

Ecuación 2

$$Cf = \frac{Pc * Ct}{100\%}$$

Por lo tanto, El número de cuentas que se desea cubrir en el Cantón Ibarra es:

$$Cf = \frac{15\% * 101504}{100\%}$$

$$Cf = 15226$$

El número de cuentas que se desea cubrir en el Cantón Antonio Ante es:

$$Cf = \frac{15\% * 24381}{100\%}$$

$$Cf = 3657$$

El número de cuentas que se desea cubrir en el Cantón Otavalo es:

$$Cf = \frac{15\% * 58756}{100\%}$$

$$Cf = 8813$$

Finalmente, en la Ecuación 3, se obtiene el número de hilos exactos que deben conectarse a los puertos PON de la OLT, para lo cual utilizamos el número de cuentas totales a cubrir encontradas anteriormente y el mínimo de líneas ópticas que se puede cubrir desde un puerto PON.

Ecuación 3

$$\text{numero de hilos de FO} = \frac{\text{total de clientes proyectados}}{\text{minimo de lineas opticas}}$$

Para Ibarra el total de número de líneas de fibra Óptica es:

$$\text{numero de hilos de FO Ibarra} = \frac{15226}{64}$$

$$\text{numero de hilos de FO Ibarra} = 238$$

Para Antonio Ante el total de número de líneas de fibra Óptica es:

$$\text{numero de hilos de FO Antonio Ante} = \frac{3657}{64}$$

$$\text{numero de hilos de FO Antoni Ante} = 58$$

Para Otavalo el total de número de líneas de fibra Óptica es:

$$\text{numero de hilos de FO Otavalo} = \frac{8813}{64}$$

$$\text{numero de hilos de FO Otavalo} = 138$$

3.3.6. Tipos de Cables de Fibra Óptica que se utilizaran

Una vez comprendida la arquitectura de red FTTH se evaluará los tipos de cables de fibra óptica comprendiendo así el tercer criterio de diseño de la red, los tipos de cable se refieren a la variedad que existen, y que según las normativas de la UIT-T es recomendable utilizar, la arquitectura FTTH maneja tres tipos de fibra durante su trayectoria (OLT-ONT) por lo que se debe considerar la colocación de los cables de sus tres niveles de acuerdo a los equipos de red pasivos y la OLT que es el equipo activo.

De acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones, recomendación UIT-T G.987.2 (2020) explica que para los parámetros PMD de XG-PON se debe utilizar tipos de fibra de la normativa UIT-T G.652 y de la normativa UIT-T G.657, INNO FIBER empresa encargada de desarrollar este proyecto utiliza fibra UIT-T G.657 en redes FTTH.

La recomendación UIT-T G.657 establece dos categorías de fibra óptica; G.657.A y G.657.B, a la vez estas categorías se dividen en dos subcategorías; G.657.A1, G.657.A2, y G.657.B1, G.657.B2.

En el siguiente apartado se evaluará detalladamente dos categorías de recomendaciones de cables de fibra óptica generalmente usados con sus respectivas especificaciones técnicas.

3.3.6.1. Características de la Fibra Óptica de UIT-T G.652.D

Este tipo de cables son usados por las longitudes de onda ya que su rango va de 1260nm a 1625nm, normalmente se usa en redes troncales como la presentada en este proyecto y más no en acometidas o finalización de redes ópticas, la Tabla 15 contiene las especificaciones técnicas para el cableado de fibra.

Tabla 15.*Características de la fibra Óptica de UIT-T G.652.D*

Especificaciones de fibra Óptica UIT-T G.652			
Característica	Detalle	Valor	Unidad
	Longitud de Onda	1310	nm
Diámetro del campo modal	Rango de valores nominales	8,6 – 9,2	um
	Tolerancia	-0.4	um
Diámetro del revestimiento	Nominal	125,0	um
	Tolerancia	-0,7	um
Error de concentricidad del núcleo	Máximo	0,6	um
No circularidad del revestimiento	Máximo	1,0	%
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260	nm
Pérdida de macro flexión	Radio	30	mm
	Numero de vueltas	100	
	Máximo a 1625 nm	0,1	dB
Tensión de Prueba	Mínimo	0,69	GPa
	0min	1300	nm
Parámetro de Dispersión cromática	0max	1324	nm
ajuste Sellmeier de 3 periodos (1260 nm a 1460 nm)	S0min	0.073	ps / (nm x km)
	S0max	0.092	ps / (nm x km)
Ajuste Lineal de (1460 a 1625 nm)	Mínimo a 1550 nm	13,3	ps / (nm x km)
	Máximo a 1550 nm	18,6	ps / (nm x km)

	Mínimo a 1625 nm	17,2	ps / (nm x km)
	Máximo a 1625 nm	23,7	ps / (nm x km)
Características del Cable			
Atributo	Detalle	Valor	Unidad
	Máximo de 1310nm a 1625nm	0,40	dB / Km
	Máximo a 1383nm a -3 nm		
Coeficiente de atenuación	Después del envejecimiento con hidrogeno	0,40	dB / Km
	Máximo de 1530nm a 1565nm	0,30	dB / Km
	METRO	20	Cables
Coeficiente de PMD	Q	0,01	%
	PMD máximo Q	0,20	ps / Km

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones – Recomendación UIT-T G.652.D, 2016)

Según la Fuente la longitud de onda podría ampliarse a 1260 nm, añadiendo una pérdida de Rayleigh de 0,07 dB/Km al valor de atenuación a 1310nm.

3.3.6.2. Características de la Fibra Óptica de UIT-T G.657.A

Admite instalaciones de redes de acceso optimizadas y redes de transporte con respecto a pérdidas por macro flexión, la mayoría de los valores dentro del rango de la recomendación UIT-T G.652.D permanecen aquí, en la Tabla 16 se detallará los valores que cambian.

Tabla 16.*Características cambiantes de la fibra óptica UIT-T G.657.A*

Especificaciones de fibra Óptica UIT-T G.657.A							
Característica	Detalle	Valor			Unidad		
		ITU-T		ITU-T G.657.A2			
		G.657.A1					
Perdida de							
macro flexión de	Radio	15	10	15	10	7,5	nm
fibra sin tapar	Numero de	10	1	10	1	1	
	vueltas						
	Máximo a 1550	0,25	0,75	0,03	0,1	0,5	dB
	nm						
	Máximo a 1625	1,0	1.5	0,1	0,2	1,0	dB
	nm						

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones – Recomendación UIT-T G.657, 2016)

Para tener claro el tercer criterio de diseño, el tipo de fibra seleccionado para usarse en el diseño de red va a ser la recomendación UIT-T G.652 y UIT-T G.657 con las subcategorías UIT-T G.652.D y UIT-T G.652.A2. Para la red Feeder se usará la recomendación UIT-T G.652 con la subcategoría UIT-T G.652.D y para las redes de distribución y dispersión se usará la recomendación UIT-T G.657 con la subcategoría UIT-T G.657.A2.

3.4. Diseño Físico de la red Óptica Pasiva

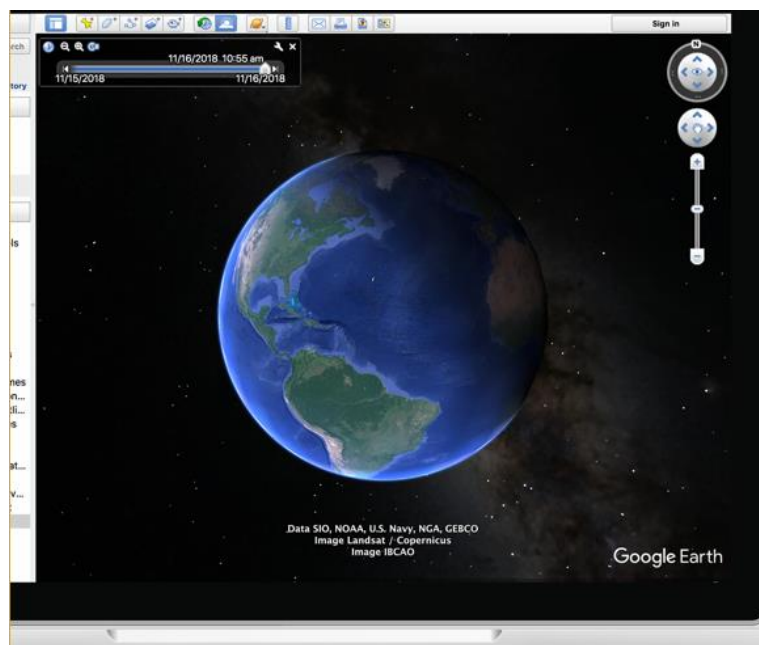
Una vez especificados los requerimientos y criterios de diseño en el apartado 3.3, se procede a realizar la propuesta de diseño para el despliegue de la red FTTH con todos sus componentes, es decir, indicar los elementos que se van a utilizar para el correcto funcionamiento.

3.4.1. Software para el diseño de la red

El software Google Earth Pro para ordenadores permite crear mapas con herramientas avanzadas, como importar y exportar datos o usar imágenes para hacer retrospectiva (Google Earth, n.d.). Es un software gratuito y permite agregar elementos que dependiendo del criterio del diseñador puede renombrarlos a conveniencia propia. Además, por requerimientos del administrador de red de INNO FIBER se escoge este software ya que los diseños de red del cantón Cayambe y Pedro Moncayo están realizados en este software, y se desea tener un mismo formato.

Figura 23.

Software Google Earth Pro para ordenadores



Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor.

3.4.2. Criterio de Ubicación de la OLT

La OLT es el equipo principal dentro de la red XG-PON, como se mencionó anteriormente es la que permite enviar señales ópticas hacia la ONT, generalmente, se ubica en un lugar denominado “nodo”, donde encontraremos un rack para colocar este equipo. La ubicación se ha determinado luego de realizar un estudio de campo en cada una de las zonas a brindar el servicio, y dependiendo de la cobertura que se quiere llegar a dar. Se debe mencionar que las OLT están colocadas en un cuarto de arriendo donde la empresa INNO FIBER paga una mensualidad según lo establezca el propietario del lugar, además, se debe tomar en cuenta lo requerimientos de la empresa, para lo cual se ha solicitado que exista una segmentación de 5 nodos distribuidos de la

siguiente manera: dos para el cantón Ibarra, uno para el cantón Antonio Ante y dos para el cantón Otavalo.

3.4.2.1.Ibarra nodo Ceibos

En el cantón Ibarra y en los demás cantones, el principal enfoque es llegar con el servicio a la zona rural donde la población no tiene acceso a este servicio y también cubrir la zona urbana, por lo tanto, basándose en las especificaciones de la tecnología XG-PON, indica que la máxima distancia entre la OLT y la ONU es de 20km, pero se toma de referencia 15km como umbral, para no tener pérdidas, es así que en la ciudad de Ibarra se tiene 2 nodos; uno principal y uno secundario.

El lugar más adecuado para colocar el nodo principal es en la parroquia San Francisco en las calles Rio Quinindé y Rio Curaray, su ubicación geográfica son Latitud: 0.335162 y Longitud: -78,118033. Este es el nodo principal de la ciudad de Ibarra en el cual se encuentran los equipos que se interconectan con los otros nodos para llegar a la matriz Cayambe.

Figura 24.*Ubicación nodo principal Ibarra-Ceibos*

Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor.

Este nodo dado su ubicación cubre las parroquias de Priorato, San Francisco, El Sagrario, San Francisco del Tejar, Caranqui, La Esperanza, Rumipamba, así como también San Antonio y sus alrededores.

3.4.2.2. Ibarra Nodo Alpachaca

Este nodo se encuentra ubicado en la parroquia Guayaquil de Alpachaca de la ciudad de Ibarra en las calles Zamora y Riobamba su ubicación geográfica son Latitud: 0.364112 y Longitud: -78.129419. En este nodo solo se encuentra la OLT y los ODF para la distribución de fibras.

Figura 25.

Ubicación nodo secundario Ibarra-Alpachaca



Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor.

Dada su ubicación el nodo cubre la totalidad de la parroquia Guayaquil de Alpachaca además de los sectores de Imbaya, Milagro y los Soles.

3.4.2.3. Atuntaqui Nodo Atuntaqui

En Atuntaqui el único nodo del cantón recibe el servicio directamente del nodo de Ibarra-Alpachaca y en este se encuentra la OLT y los ODF de distribución de la fibra, OLT ubicada en la zona urbana del cantón, en la Calle Bolívar y Rocafuerte, latitud: 0.328556 y longitud: -78.220404. La ubicación de este nodo presenta una cobertura casi en su totalidad de toda la extensión de Atuntaqui y sus diferentes barrios

Figura 26.

Ubicación nodo Atuntaqui



Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor.

3.4.2.4. Otavalo Nodo Otavalo

En el cantón Otavalo de igual manera, se propone dos nodos. El primero nodo será ubicado en la ciudad de Otavalo en la entrada a la vía Selva Alegre, su latitud es 0.242500 y longitud -78.256097, en este nodo se encuentra tanto la OLT como los ODF. Este nodo tiene como finalidad cubrir tanto con el centro de la ciudad de Otavalo, así como también de las comunidades que se encuentran a su alrededor.

Figura 27.

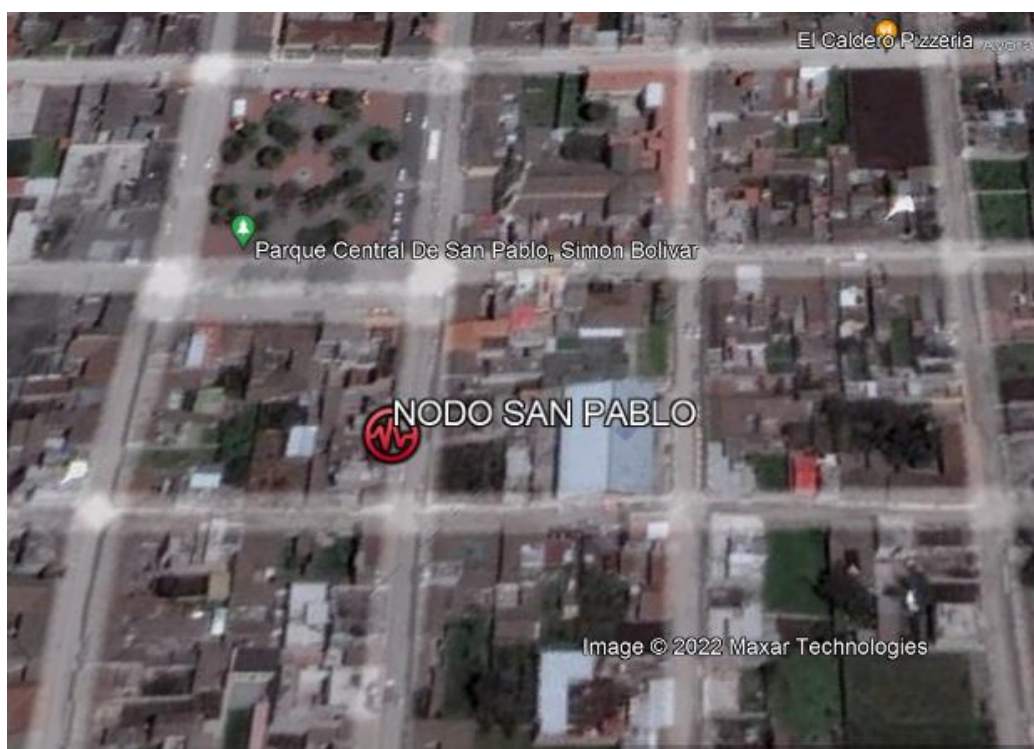
Ubicación Otavalo Nodo Otavalo



Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor.

3.4.2.5. Otavalo Nodo San Pablo

El nodo San Pablo se plantea que sea ubicado la ciudad de San Pablo, específicamente en la Av. Mariscal Sucre y Federico Páez, longitud: 0.195931 y latitud: -78.190036. En este nodo se encuentran los equipos que se encargan de brindar el servicio de internet para todo el cantón de Otavalo incluida la ciudad de Cotacachi. La ubicación de este nodo permite brindar una cobertura desde el centro de la ciudad de San Pablo, así como también de los barrios y comunidades que se encuentran a sus alrededores.

Figura 28.*Ubicación Otavalo Nodo San Pablo*

Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor.

3.4.3. Enlaces principales o de tipo troncal

La red troncal es la red principal, es aquella que se encargara de dar potencia a las cajas NAP de primero nivel. Esta red parte desde el nodo u oficina central donde se encuentra los racks con la OLT y la ODF y llega hasta las derivaciones de primer nivel. Para lograr este diseño se hizo un estudio de sitio, logrando el levantamiento de información tanto de las rutas posibles como de la portería existente.

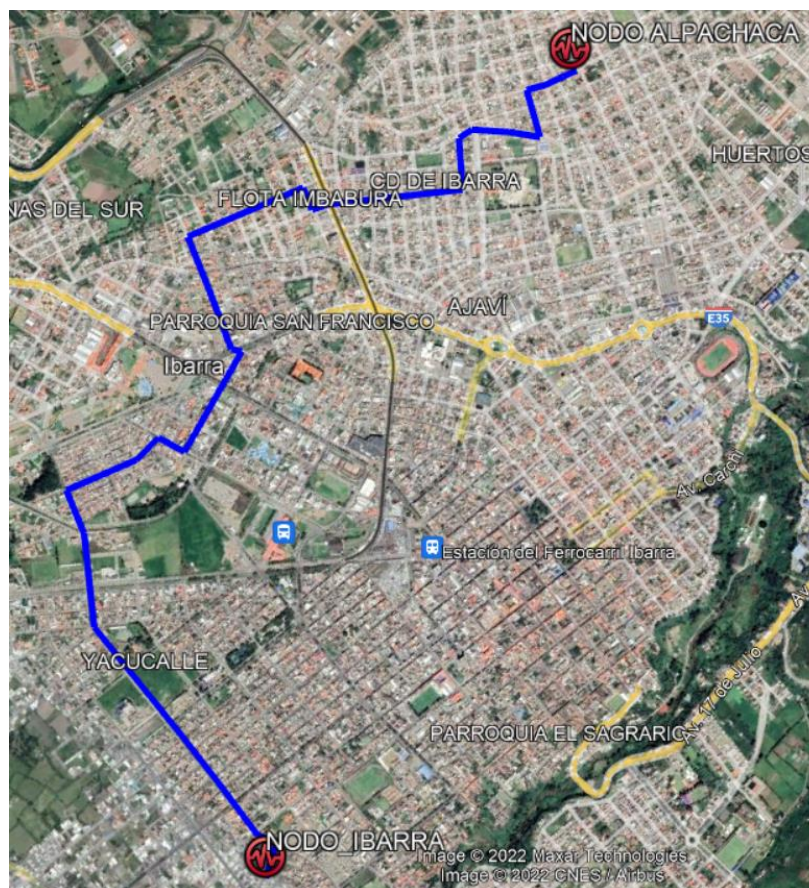
3.4.3.1. Enlace Ceibos Alpachaca

Descripción:

Este enlace se encargará de tres puntos principales, el primero es brindar el servicio hacia la OLT de Alpachaca, el segundo es ser la red de alimentación hacia cada uno de los niveles de la red de distribución en los sectores del centro de Ibarra y tercero utiliza un par de hilos para poder conectar con la fibra que lleva hacia el nodo de Atuntaqui.

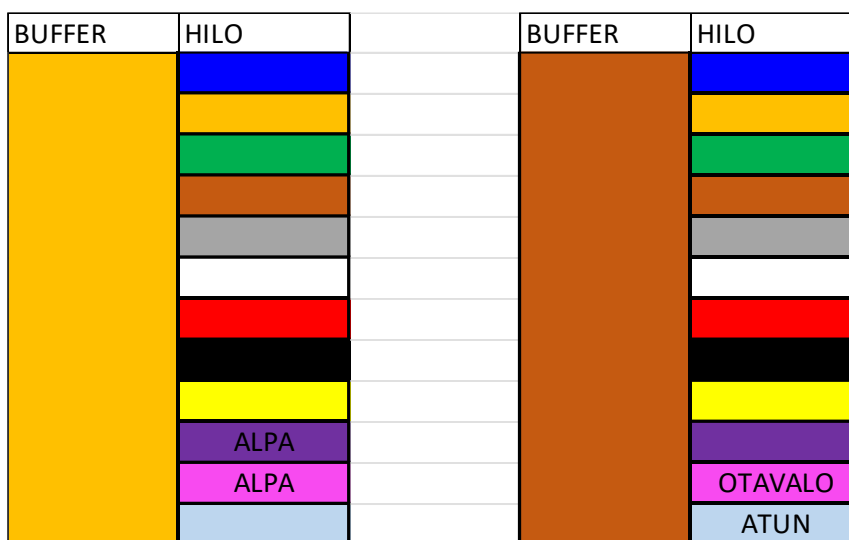
Características:

El enlace será de una fibra ADSS de 48 hilos tiene una distancia aproximada de 5.5 km, luego de realizar un recorrido por las posibles rutas para este enlace se designó la siguiente ruta: Una vez que la fibra sale del nodo sigue por la Av. Ricardo Sánchez hasta el sector de Pilanqui para luego pasar a la calle Juan de la Roca, pasa hacia la calle Fray Bartolomé de las Casas hasta cruzar hacia la calle Monseñor Jorge Eduardo Villacis, cruza hacia la Salvador Dalí para luego pasar hacia la calle Brasil del sector de las Palmas, luego cruza a la calle Argentina para luego seguir por la calle Zumba hacia el sector de Azaya y finalmente cruza a la calle Zamora y así llegar al nodo de Alpachaca..

Figura 29*Enlace Principal Ceibos-Alpachaca*

Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor

3.4.3.1.1. Distribución de hilos principales. Se seleccionaron dos buffers para el paso de las conexiones principales las cuales son una para la conexión con la OLT de Alpachaca, la otra para la conexión hacia el nodo de Atuntaqui y finalmente la que conecta con el nodo de Otavalo. A continuación, se muestra la figura 34 con el hilo que distribuye cada una de estas conexiones.

Figura 30*Distribución de hilos*

Fuente: Propia

La imagen nos indica que de la fibra de 48 hilos del buffer tomate se utiliza los hilos violeta y rosado para la conexión hacia la OLT de Alpachaca debido a que se utiliza un conector de tipo DUPLEX. Luego nos muestra que del buffer café el hilo rosado es el que se utiliza para la conexión hacia Otavalo y que el hilo celeste hacia la conexión a Atuntaqui.

3.4.3.2. Enlace Ibarra - Atuntaqui

Descripción:

Este enlace parte de una derivación del enlace Ceibos Alpachaca, aquí se encuentra tanto el hilo que va al nodo de Atuntaqui como el que va al nodo de Otavalo, de igual forma tiene una sección de la red de alimentación del nodo Alpachaca y del nodo Atuntaqui.

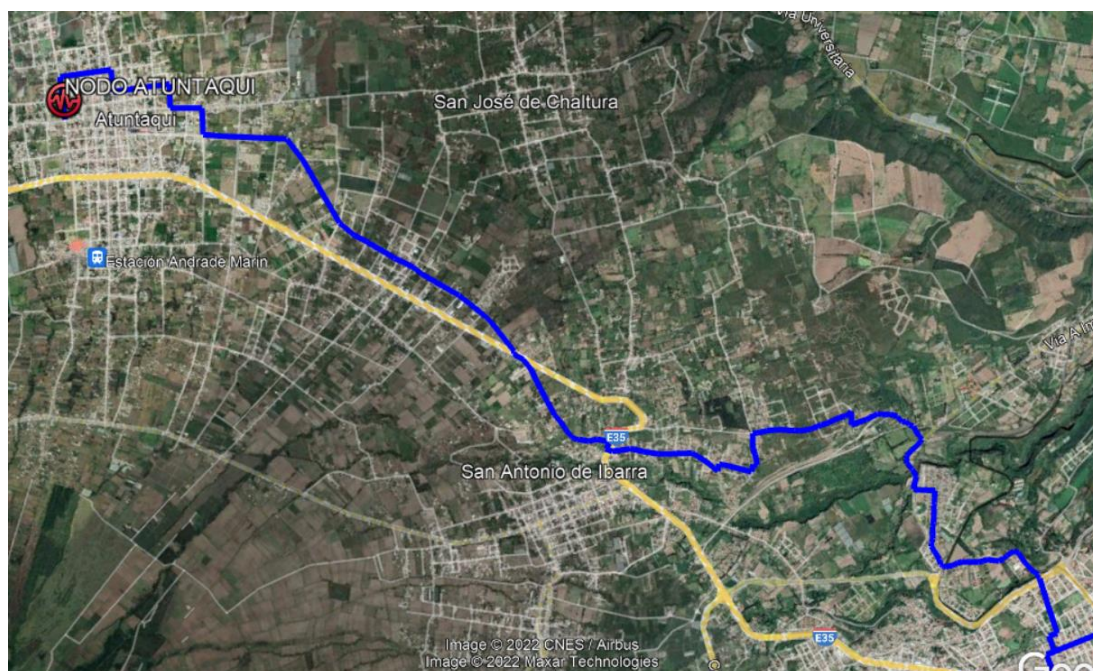
Características:

Es un enlace con una fibra ADSS de 48 hilos, tiene una distancia de alrededor de 13,5 km

que recorren diferentes barrios tanto de Ibarra como de Atuntaqui. Una vez realizado el análisis para la ruta de este enlace se optó por lo siguiente: inicia en el sector del jardín de paz para luego dirigirse hacia el barrio Cananvalle por la calle Jorge Dávila Meza, luego por la vía Imbaya se dirige hacia el sector del Milagro, continua por esta vía hasta llegar al cruce con la vía a los soles donde se dirige por los barrios Los Soles y Bellavista de San Antonio. En el puente peatonal del sector de los soles se realiza un cruce de la Panamericana para continuar hacia la calle Mariano Beltrán, a la altura de la entrada a Natabuela se realiza un nuevo cruce de la Panamericana para continuar por la calle Velasco Ibarra hasta la calle Luis Humberto Gordillo, por último, continua por las calles Bolívar, Arturo Pérez, Río Amazonas, Alejandro Andrade y Rocafuerte para así llegar al nodo Atuntaqui.

Figura 31

Enlace Ibarra - Atuntaqui



Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor

3.4.3.2.1. Distribución de hilos principales. Para tener continuidad en los colores se utilizó los mismos hilos del enlace Ceibos-Alpachaca para que pase el servicio hacia Atuntaqui y se tenga la conexión a Otavalo. Esto se muestra en la Figura 28.

Figura 32

Distribución de hilos enlace Atuntaqui



Fuente: Propia

3.4.3.3. Enlace Atuntaqui Otavalo

Descripción:

Este enlace se usa tanto para conectar el Nodo de Otavalo con el de Atuntaqui y a su vez los hilos para brindar el servicio al nodo de Cotacachi siendo este un posible nodo futuro que tiene la empresa, sin embargo, no es un nodo objetivo para este diseño. También se lo utiliza para la red de alimentación de Atuntaqui, hacia el sector de San Roque y de Otavalo.

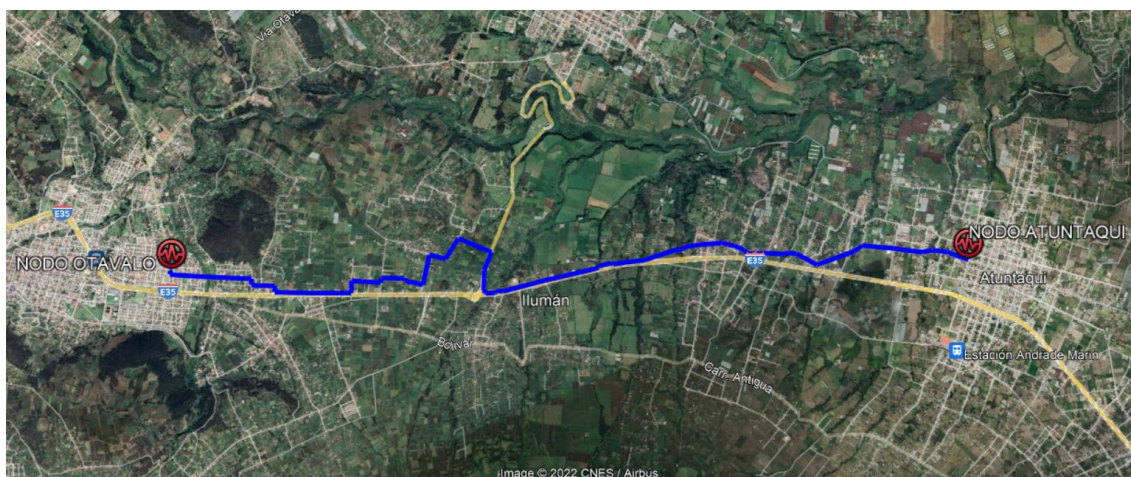
Características:

Es un enlace con una fibra ADSS de 48 hilos, tiene una distancia de alrededor de 12,5 km

que recorren diferentes barrios tanto de Atuntaqui como comunidades que están al ingreso de Otavalo. Una vez realizado el análisis para la ruta de este enlace se optó por lo siguiente: el enlace sale desde el nodo Atuntaqui hacia la calle Bolívar hasta la intersección con la Panamericana a la altura del peaje, continua por la Panamericana hasta la entrada a Cotacachi donde se desvía en la entrada al barrio Carabuela, continua por este barrio para luego salir nuevamente a la Panamericana a la altura del estadio municipal de Otavalo, ingresa por la calle de Los Sauces para luego pasar a la calle Esteban Peralta y finalmente cruzar a la vía a Selva Alegre y así llegar al nodo Otavalo.

Figura 33

Enlace Atuntaqui- Otavalo



Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor

3.4.3.3.1. Distribución de hilos principales. Este enlace hace uso del buffer café para realizar la conexión desde el nodo Otavalo hacia el nodo Atuntaqui y Hacia el nodo Cotacachi. Los hilos para utilizar son el hilo Azul y Tomate para la conexión hacia Cotacachi, y los hilos verde y café hacia Atuntaqui, como se muestra en la figura 30.

Figura 34*Distribución de hilos enlace Atuntaqui-Otavallo*

Fuente: Propia

3.4.3.4. Enlace Otavalo San Pablo**Descripción:**

Este enlace permite la conexión entre los nodos Otavalo y San Pablo y a su vez contiene la red de distribución del nodo San Pablo que brinda el servicio a comunidades como Agato, Araque, La compañía entre otras. Sobre este enlace se encuentra el hilo que realiza la conexión desde Cayambe hacia Ibarra.

Características:

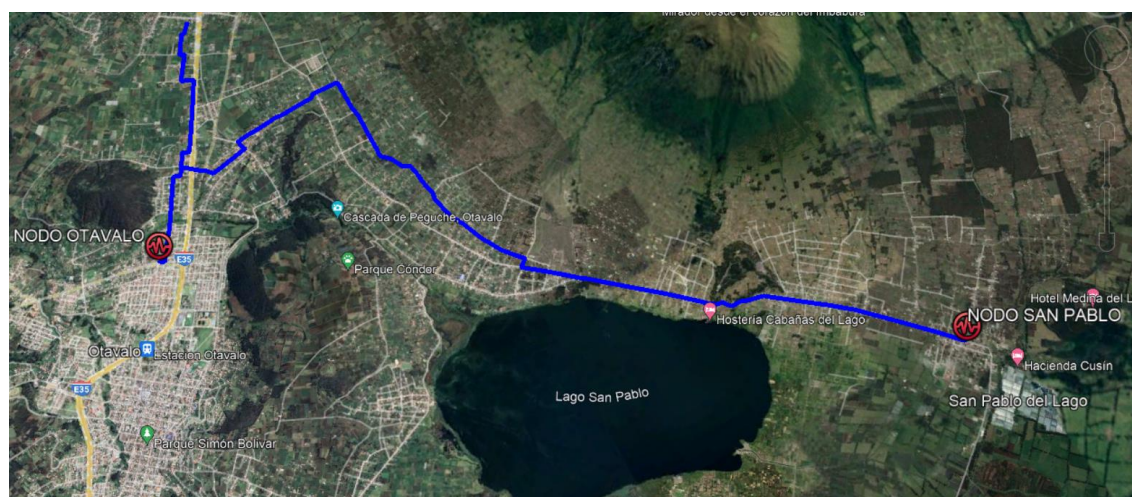
Se hace uso de una fibra ADSS de 48 hilos cuya distancia es de aproximadamente 12km, cuya ruta luego del análisis es la siguiente: Inicia en una derivación de la fibra de 48 hilos del

enlace Otavalo-Atuntaqui a la altura de la entrada a Peguche donde se realiza el cruce de la Panamericana y así seguir por la calle Inti Raymi, posteriormente pasa por las comunidades de Quinchuqui, Agato, La compañía, La Unión, Camuendo, Araque, y finalmente llega a San Pablo por la calle Mariscal sucre y así llegar al nodo San Pablo.

Figura 35

Enlace Otavalo – San Pablo

G

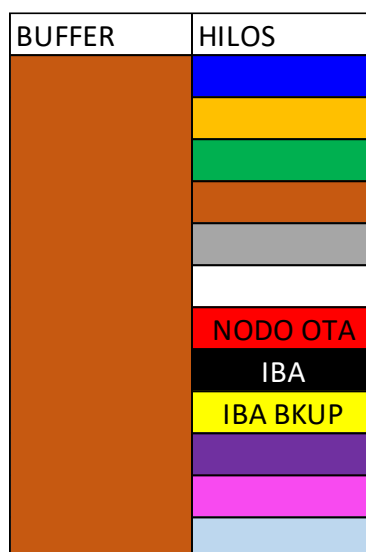


Fuente: (Google Earth, 2021). Modificado por: el autor

3.4.3.4.1. Distribución de hilos principales. Como se mencionó este enlace se utiliza para las conexiones entre los nodos San Pablo y Otavalo, así como también de la conexión hacia Ibarra, para esto se hace uso del buffer café con los hilos Rojo, Negro y Amarillo siendo el primero para la conexión entre nodos y los dos últimos para la conexión a Ibarra como se muestra en la figura 32.

Figura 36

Distribución de hilos enlace Otavalo-San Pablo



Fuente: Propia

3.4.4. Red de distribución óptica ODN

En esta sección se plantea una red de distribución para brindar el servicio en las ciudades de Ibarra, Atuntaqui y Otavalo, no se realiza de la ciudad de Cayambe ya que la empresa ya realizó la implementación de la red y se encuentra funcionando en su totalidad. En los siguientes puntos se analiza la red de cada nodo que está presente en cada ciudad con cada una de sus características

3.4.4.1. Red Ibarra Nodo Ceibos

Nomenclatura:

Antes de identificar las redes de alimentación y distribución hay que definir una nomenclatura con la cual se identificaran cada una de las NAPS o cajas de distribución de las cuales se brindara el servicio hacia los clientes.

La nomenclatura de esta red se plantea de la siguiente forma IBA 1-1 donde:

Tabla 17

Nomenclatura de red ODN

IBA	Identificación del nodo Ceibos
1	Identificación del nivel
1	Identificación de la caja de distribución NAP

Fuente: Propia

Red de alimentación:

La ODN del nodo Ceibos presenta diferentes enlaces que se utilizan como Red de alimentación hacia los diferentes sectores que se encuentran alrededor de dicho nodo, estos enlaces son los siguientes:

Tabla 18

Enlaces de red de alimentación nodo Ceibos

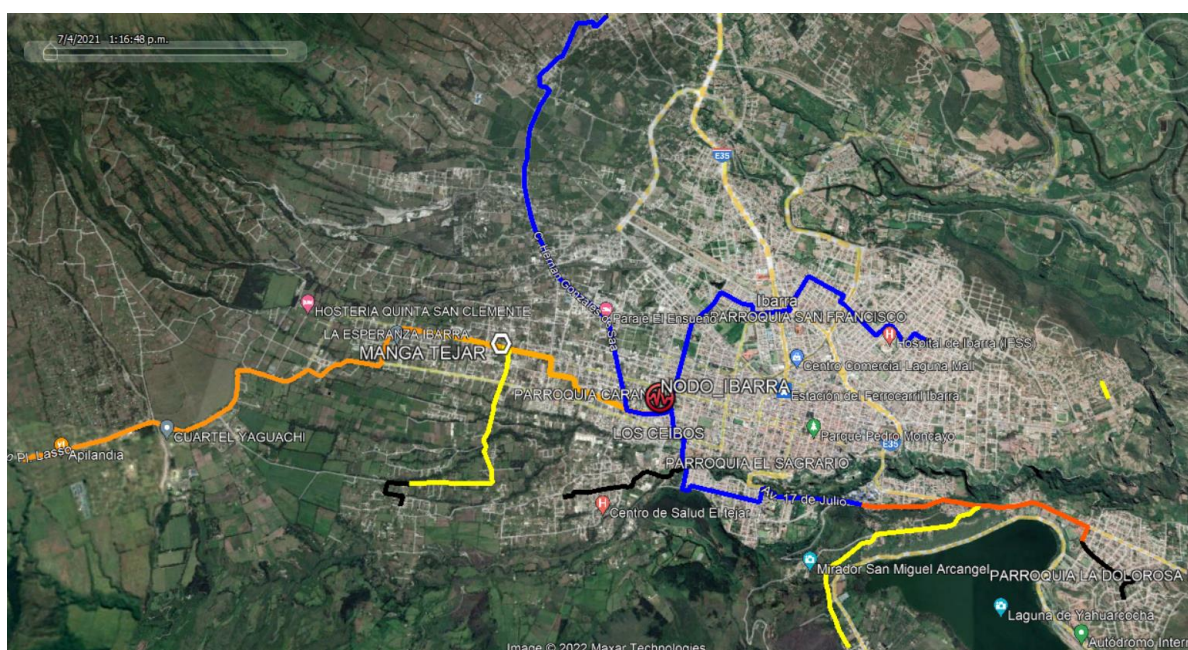
ENLACES	DISTANCIA	FIBRA
Enlace Ceibos-San Antonio	6.88km	ADDS 48 hilos
Enlace Ceibos-La Esperanza	8km	ADSS 24 hilos
Enlace Caranqui-El Tejar	2.77km	GIPHTY 8hilos
Enlace Ceibos-Victoria	3.6km	ADSS 48 hilos
Enlace Victoria-priorato	2.95km	ADSS 24 hilos
Enlace Victoria-Yahuarcocha	3km	GIPHTY 8hilos
Enlace Ceibos-Alpachaca	2.65km	ADSS 48 hilos

Fuente: Propia

El recorrido de cada enlace se lo realiza primero con un replanteo, tomando en cuenta el lugar al cual se quiere llegar, la portería disponible y las calles principales de ese sector, juntos todos los enlaces se muestran en la figura 33.

Figura 37

Red de Alimentación en nodo Ceibos



Fuente: Propia

Red de distribución:

Cada uno de los enlaces de alimentación tienen diferentes niveles donde se encuentra un primer nivel de SPLITER de 1:8 que se utilizan para llegar a cada una de las cajas de distribución o NAPS donde se encuentra el segundo nivel de SPLITER 1:8 para llegar hacia cada cliente. Tomando en cuenta esto por cada nivel se obtendría un total de 8 cajas de distribución hacia clientes, la siguiente tabla nos muestra dicha información.

Tabla 19*Red de distribución nodo Ceibos*

ENLACES	NIVELES	NAPS
Enlace Ceibos-San Antonio	Desde IBA 81 a IBA 107	208
Enlace Ceibos-La Esperanza	Desde IBA 26 a IBA 29 Desde IBA 60 a IBA 66	88
Enlace Caranqui-El Tejar	Desde IBA 54 a IBA 58	40
Enlace Ceibos-Victoria	Desde IBA 1 a IBA 13	104
Enlace Victoria-priorato	IBA 30 Desde IBA 38 a IBA 44	56
Enlace Victoria-Yahuarcocha	IBA 36, IBA 37	16
Enlace Ceibos-Alpachaca	Desde IBA 70 a IBA 80	80

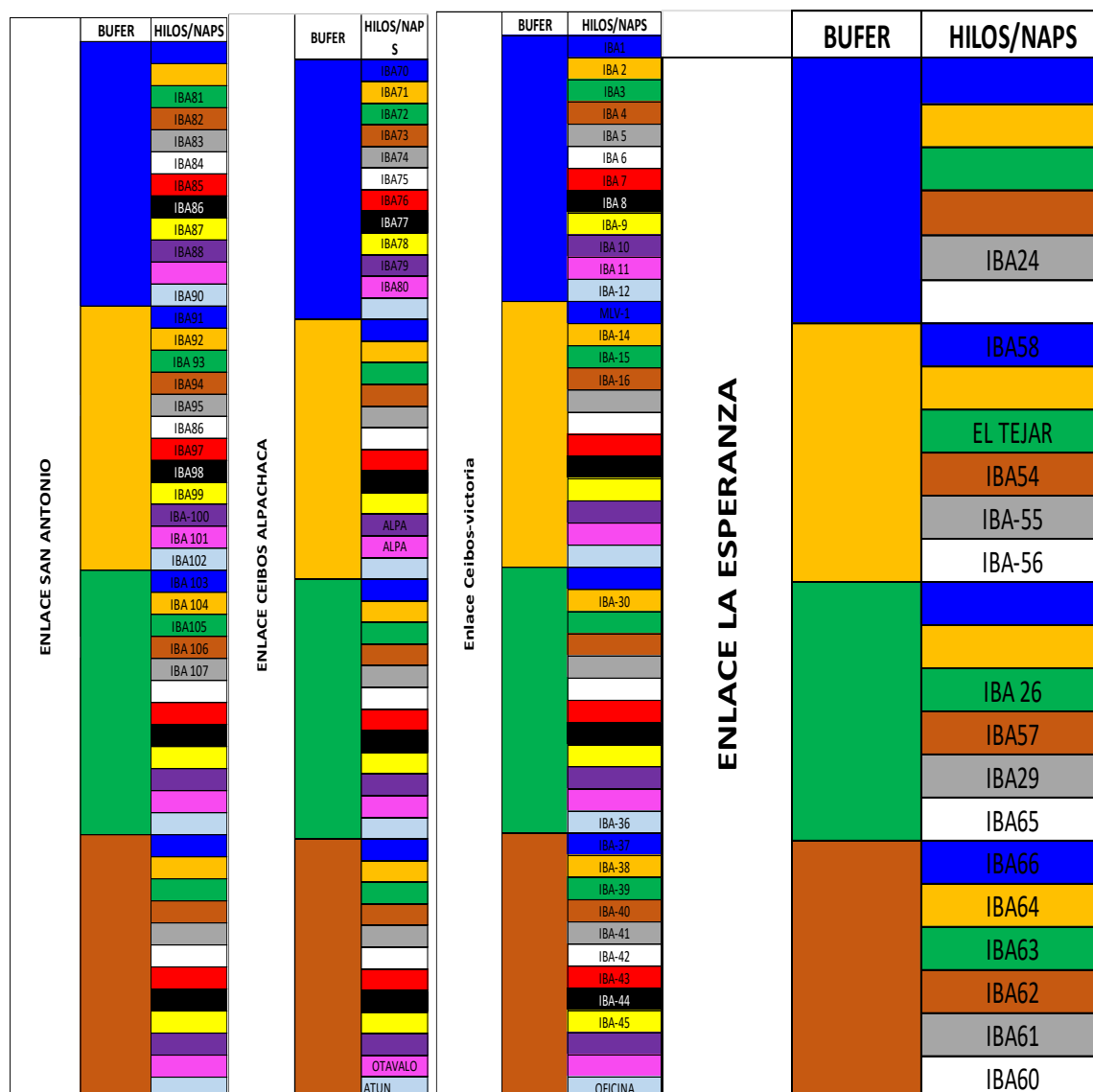
Fuente: Propia

Distribución de hilos para la ODN

De acuerdo con el número de hilos de cada enlace se asigna hacia cada nivel que alimenta el Nodo Ceibos, a continuación, se muestran diferentes imágenes donde se aprecia los diferentes hilos que se encargan de enviar la potencia óptica hacia cada nivel.

Figura 38.

Distribución de hilos ODN nodo Ceibos



Fuente: Propia

3.4.4.2. Red Ibarra Nodo Alpachaca

Nomenclatura:

La nomenclatura de esta red se plantea de la siguiente forma ALPA 1-1 donde:

Tabla 20*Nomenclatura del diseño*

ALPA	Identificación del nodo Alpachaca
1	Identificación del nivel
1	Identificación de la caja de distribución NAP

Fuente: Propia

Red de alimentación:

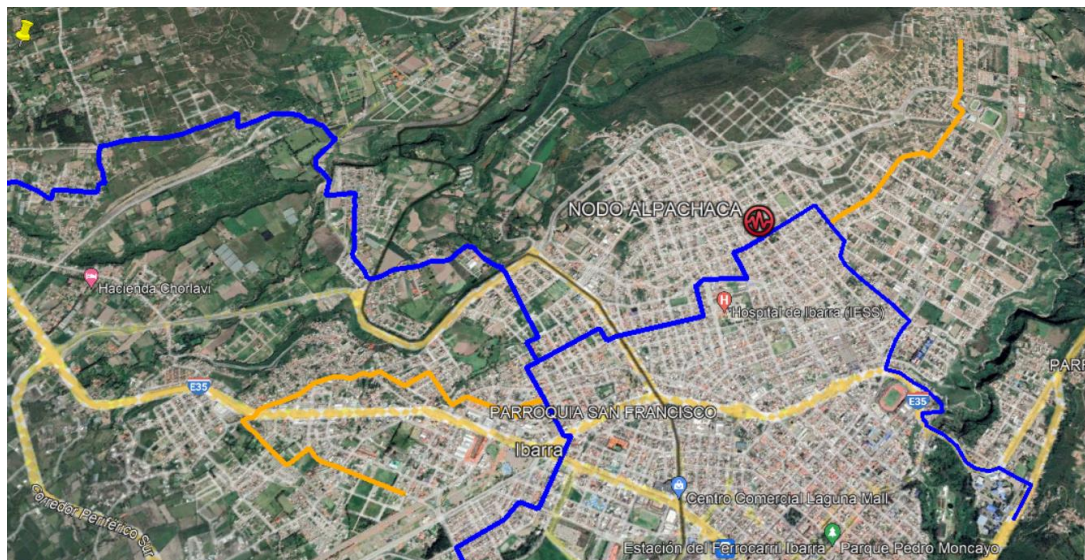
La ODN del nodo Alpachaca presenta diferentes enlaces que se utilizan como Red de alimentación hacia los diferentes sectores que se encuentran alrededor de dicho nodo, estos enlaces son los siguientes:

Tabla 21*Enlaces para la red de alimentación de nodo Alpachaca*

ENLACES	DISTANCIA	FIBRA
Enlace Alpachaca-Ceibos	2.6km	ADDS 48 hilos
Enlace Los soles	6.15km	ADSS 48 hilos
Enlace Alpachaca-UTN	3.8km	ADSS 48 hilos
Enlace Huertos Familiares	2km	ADSS 24 hilos
Enlace Pugacho - Galeanos	3.31km	ADSS 24 hilos

Fuente: Propia

El recorrido de cada enlace se lo realiza primero con un replanteo, juntos todos los enlaces se muestran en la figura 35.

Figura 39*Recorrido de enlaces de nodo Alpachaca*

Fuente: Propia

Red de distribución:

Se utiliza el mismo principio de la red anterior para la distribución de niveles y NAPS

Tabla 22*Niveles de la red de distribución de nodo Alpachaca*

ENLACES	NIVELES	NAPS
Enlace Alpachaca-Ceibos	Desde ALPA 1 a ALPA 16	128
Enlace Los soles	Desde ALPA 70 a ALPA 76	48
Enlace Alpachaca-UTN	Desde ALPA 32 a ALPA 35	64
	ALPA 39, ALPA 40, ALPA 42, ALPA	

Enlace Huertos Familiares	ALPA 36, ALPA 37, ALPA 38 ALPA 45, ALPA 46 ALPA 50, ALPA 51	56
Enlace Pugacho - Galeanos	Desde ALPA 17 a ALPA 31	112

Fuente: Propia

Distribución de hilos para la ODN

De acuerdo con el número de hilos de cada enlace se asigna hacia cada nivel que alimenta el Nodo Alpachaca, a continuación, se muestran diferentes imágenes donde se aprecia los diferentes hilos que se encargan de enviar la potencia óptica hacia cada nivel.

Tabla 23*Nomenclatura Nodo Atuntaqui*

ATUN	Identificación del nodo Atuntaqui
1	Identificación del nivel
1	Identificación de la caja de distribución NAP

Fuente: Propia

Red de alimentación:

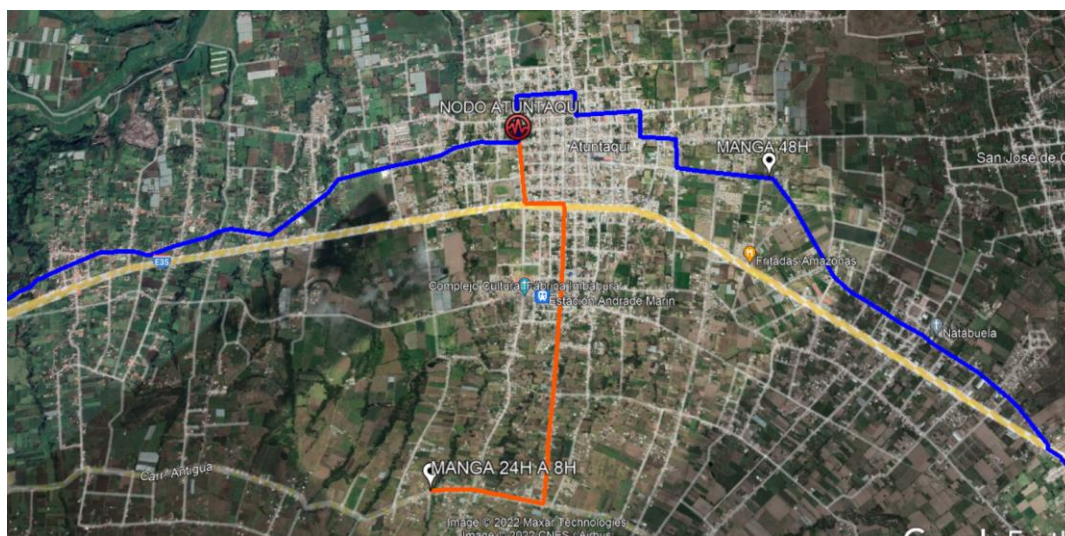
La ODN del nodo Atuntaqui presenta diferentes enlaces que se utilizan como Red de alimentación hacia los diferentes sectores que se encuentran alrededor de dicho nodo, estos enlaces son los siguientes:

Tabla 24*Enlaces de red de alimentación*

ENLACES	DISTANCIA	FIBRA
Enlace Atuntaqui-Ibarra	6.42km	ADDS 48 hilos
Enlace Atuntaqui-Otavallo	4.3km	ADSS 48 hilos
Enlace Andrade Marín	3.8km	ADSS 24 hilos

Fuente: Propia

El recorrido de cada enlace se lo realiza primero con un replanteo, juntos todos los enlaces se muestran en la figura 37.

Figura 41*Recorrido de enlaces nodo Atuntaqui*

Fuente: propia.

Red de distribución:

Se utiliza el mismo principio de la red anterior para la distribución de niveles y NAPS

Tabla 25*Niveles de enlaces de nodo Atuntaqui*

ENLACES	NIVELES	NAPS
Enlace Atuntaqui-Ibarra	Desde ATUN 33 a ATUN 47	112
Enlace Atuntaqui-Otavaló	Desde ATUN 23 a ATUN 32	80
Enlace Andrade Marín	Desde ATUN 1 a ATUN 22	176

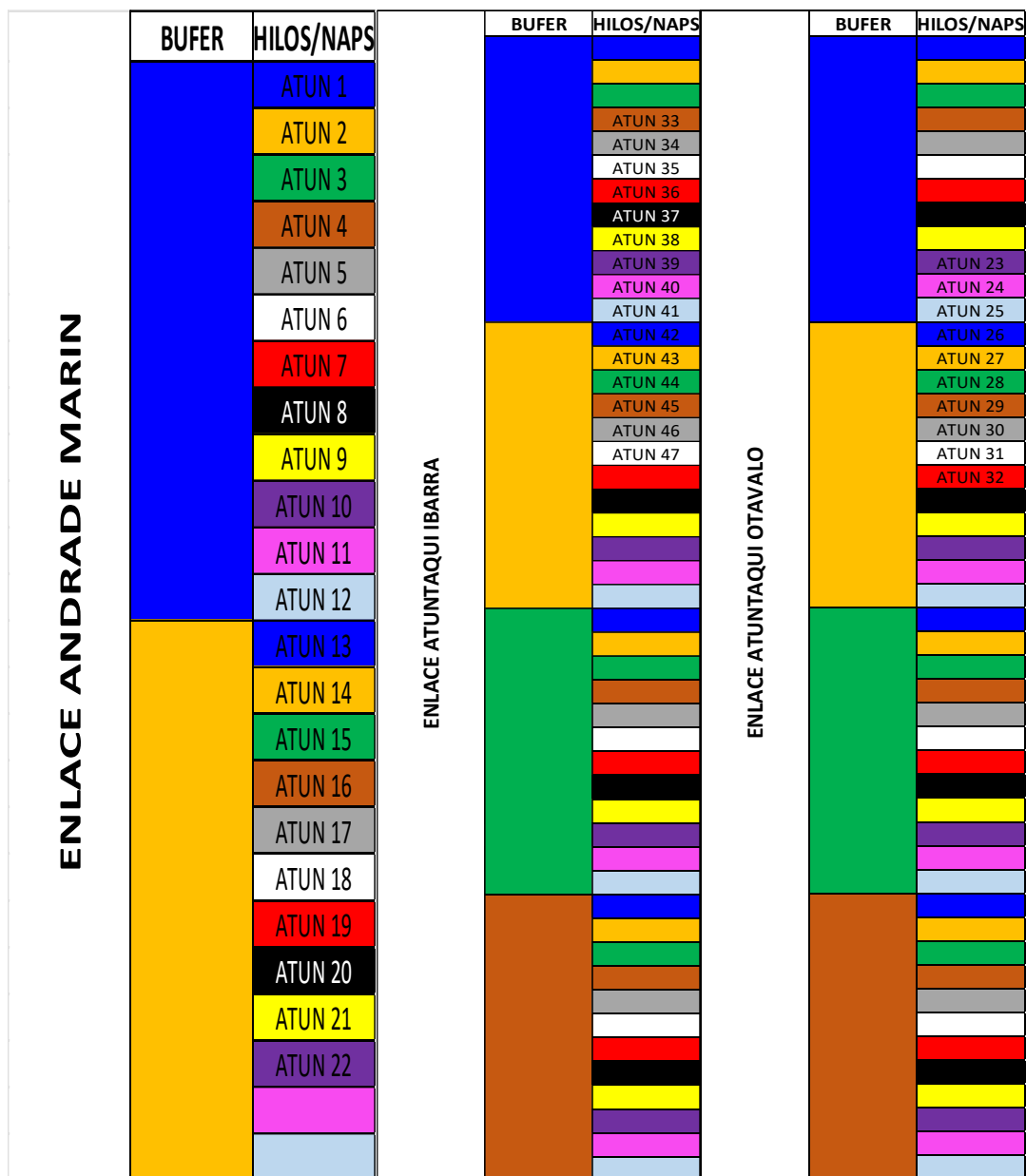
Fuente: Propia

Distribución de hilos para la ODN

De acuerdo con el número de hilos de cada enlace se asigna hacia cada nivel que alimenta el Nodo Atuntaqui, a continuación, se muestran diferentes imágenes donde se aprecia los diferentes hilos que se encargan de enviar la potencia óptica hacia cada nivel.

Figura 42

Distribución de hilos para nodo Atuntaqui



Fuente: propia

3.4.4.4. Red Otavalo Nodo Otavalo

Nomenclatura:

La nomenclatura de esta red se plantea de la siguiente forma OTA 1-1 donde:

Tabla 26

Nomenclatura nodo Otavalo

OTA	Identificación del nodo Otavalo
1	Identificación del nivel
1	Identificación de la caja de distribución NAP

Fuente: Propia

Red de alimentación:

La ODN del nodo Otavalo presenta diferentes enlaces que se utilizan como Red de alimentación hacia los diferentes sectores que se encuentran alrededor de dicho nodo, estos enlaces son los siguientes:

Tabla 27

Enlaces de red de alimentación nodo Otavalo

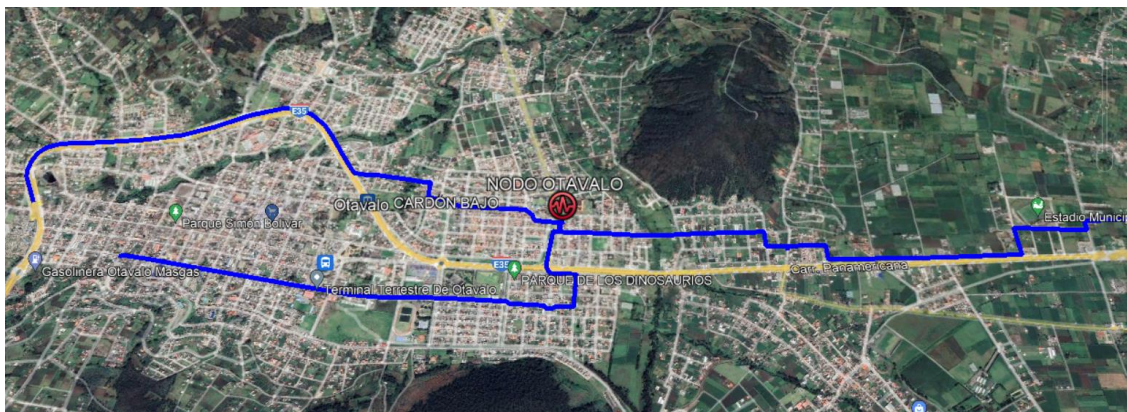
ENLACES	DISTANCIA	FIBRA
Enlace Otavalo Centro	3km	ADDS 48 hilos
Enlace Otavalo-Atuntaqui	3.72km	ADSS 48 hilos
Enlace Otavalo-San	3.61km	ADSS 48 hilos

Fuente: Propia

El recorrido de cada enlace se lo realiza primero con un replanteo, juntos todos los enlaces se muestran en la Figura 39.

Figura 43

Recorrido de enlaces de nodo Otavalo



Fuente: propia

Red de distribución:

Se utiliza el mismo principio de la red anterior para la distribución de niveles y NAPS

Tabla 28

Niveles de enlaces de nodo Otavalo

ENLACES	NIVELES	NAPS
Enlace Otavalo Centro	Desde OTA 49 a OTA 58	72
Enlace Otavalo-Atuntaqui	Desde OTA 25 a OTA 48	184
Enlace Otavalo-San	Desde OTA 1 a OTA 24	192

Fuente: Propia

Distribución de hilos para la ODN

De acuerdo con el número de hilos de cada enlace se asigna hacia cada nivel que alimenta el Nodo Otavalo, a continuación, se muestran la Figura 40 donde se aprecia los diferentes hilos

3.4.4.5. Red Otavalo Nodo San Pablo

Nomenclatura:

La nomenclatura de esta red se plantea de la siguiente forma SAN 1-1 donde:

Tabla 29

Nomenclatura nodo San Pablo

SAN	Identificación del nodo San Pablo
1	Identificación del nivel
1	Identificación de la caja de distribución NAP

Fuente: Propia

Red de alimentación:

La ODN del nodo San Pablo presenta diferentes enlaces que se utilizan como Red de alimentación hacia los diferentes sectores que se encuentran alrededor de dicho nodo, estos enlaces son los siguientes:

Tabla 30

Enlaces de red de alimentación nodo San Pablo

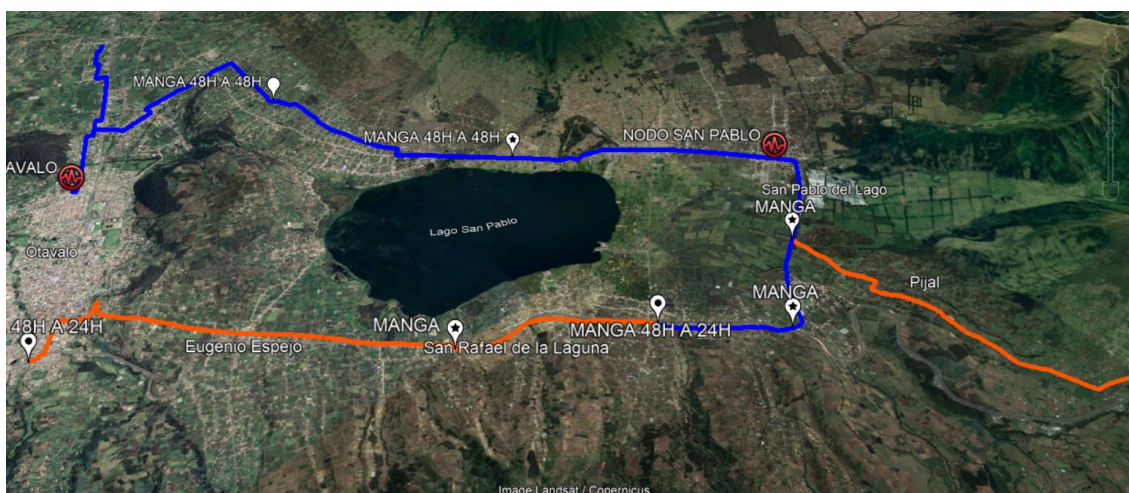
ENLACES	DISTANCIA	FIBRA
Enlace San Pablo-Otavalo	12km	ADDS 48 hilos
Enlace San Pablo-Gonzales	1.5km	ADSS 48 hilos
Enlace Eugenio Espejo	7.6km	ADSS 24hilos
Enlace Pijal	4.2km	ADSS 24 hilos

Fuente: Propia

El recorrido de cada enlace se lo realiza primero con un replanteo, juntos todos los enlaces se muestran en la Figura 41.

Figura 45

Recorrido de enlaces de nodo San Pablo



Fuente: propia

Red de distribución:

Se utiliza el mismo principio de la red anterior para la distribución de niveles y NAPS

Tabla 31

Niveles de enlaces nodo San Pablo

ENLACES	NIVELES	NAPS
Enlace San Pablo-Otavaló	Desde SAN1 a SAN 11	280
	Desde SAN 40 a SAN 54	
Enlace San Pablo-Gonzales	Desde SAN 12 a SAN 26	112

Enlace Eugenio Espejo	Desde SAN 27 a SAN 39	96
Enlace Pijal	Desde SAN 55 a SAN 58	36

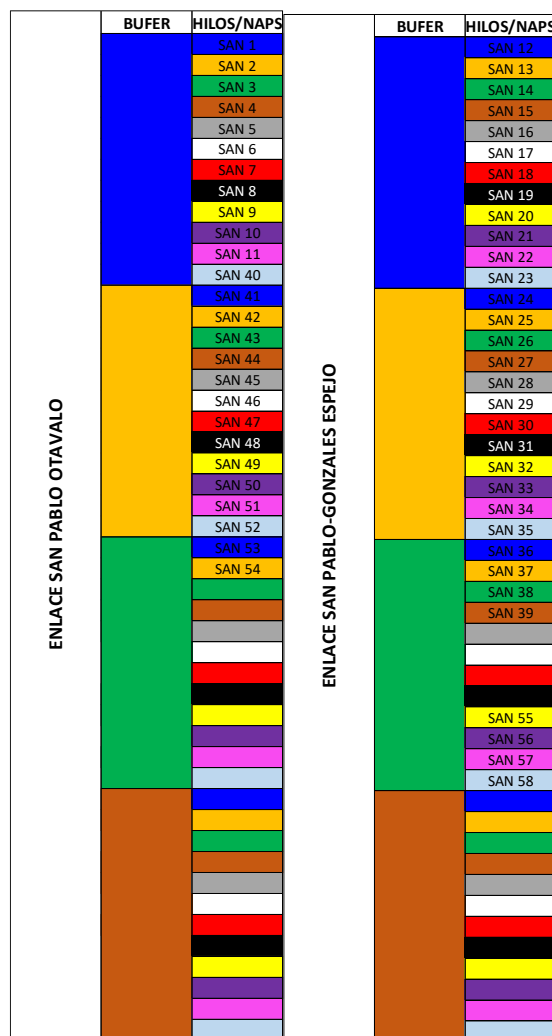
Fuente: Propia

Distribución de hilos para la ODN

De acuerdo con el número de hilos de cada enlace se asigna hacia cada nivel que alimenta el Nodo San Pablo, a continuación, se muestran diferentes imágenes donde se aprecia los diferentes hilos que se encargan de enviar la potencia óptica hacia cada nivel.

Figura 46

Distribución de hilos nodo San Pablo



Fuente: propia.

3.5. Diseño de planos estructurales

Estos planos son elaborados en el software ARCGIS ya que son un requisito para obtener el permiso de arrendamiento de postes de la empresa EMELNORTE. En este software se encuentra

la base de datos cartográfica y de ubicación de los postes que se encuentran en todo el norte del país, con esto se realiza los planos con diferentes capas donde debe constar lo siguiente:

- Recorrido de la red
- Equipos activos
- Equipos pasivos
- Posteria a utilizar

La capa de recorrido de la red es por donde pasan las fibras de los enlaces principales, los equipos activos no se los realiza ya que la empresa no utiliza ningún equipo de este tipo en la Posteria, los equipos pasivos son las cajas de distribución o NAPS que son coladas en los postes las cuales no se las puede coloran en postes que tengan un transformador instalado, y finalmente la Posteria a utilizar es la capa de todos los postes por los cuales se ubica la fibra.

Los planos estructurales se los puede encontrar en el anexo N° A

3.6. Análisis de los equipos y materiales

Para la implementación de la red FTTH, son necesarios equipos y materiales que cumplan con los requerimientos de la tecnología XG-PON, es decir, se debe seleccionar los equipos correctos para lograr una máxima eficiencia de la red óptica, tal y como se establece en la Recomendación UIT-T G.987.2 de Unión Internacional de Telecomunicaciones.

3.6.1. OLT's

Luego de analizar las áreas de cobertura y los niveles que existen en cada una de ellas es necesario que la OLT sea lo suficientemente robusta para soportar todas las conexiones y que a su vez tenga escalabilidad para más. INNO FIBER en la ciudad de Cayambe utiliza la OLT ZTE

C300 que permite una mayor cantidad de clientes, así como también un gran escalamiento, por lo tanto, como requerimiento, se utilizara el mismo modelo que lo podemos visualizar en la figura 43.

Figura 47

Modelo OLT ZTE C300 GPON



Fuente: propia.

La OLT ZTE C300 GPON es utilizada en todos los nodos de la red que cubre Cayambe, manteniendo un correcto funcionamiento. Las características de este equipo se dan a conocer en la tabla 32.

Tabla 32*Características OLT ZTE C300 GPON*

Marca	ZTE
Modelo	GTGH
Puerto GPON	16-Puerto GPON
Escribe	Módulo C++: Módulo óptico bidireccional de fibra única, Clase C++
Longitud de onda operativa	Tx: 1490 Nuevo Méjico, Rx: 1310 Nuevo Méjico
Tipo de encapsulación	SFP
Tasa de puerto	Tx: 2.488 Gbit/s, Rx: 1.244 Gbit/s
Potencia óptica de salida mínima	Módulo C++ : 4.50 dBm
Potencia óptica de salida máxima	Módulo C++ : 8.00 dBm
Sensibilidad máxima del receptor	Módulo C++ : -30 dBm @10E-10 -32 dBm @10E-10
Tipo de conector óptico	SC/PC
Tipo de fibra óptica	Modo singular
Alcanzar	20.00 kilómetros
Sobrecarga de potencia óptica	Módulo C++ : -12.0 dBm
Relación de extinción	8.2 dB
Peso	1kg

Dimensiones (ancho x profundidad x 22.86 mm x 237.00 mm x 395.40
alto) milímetro

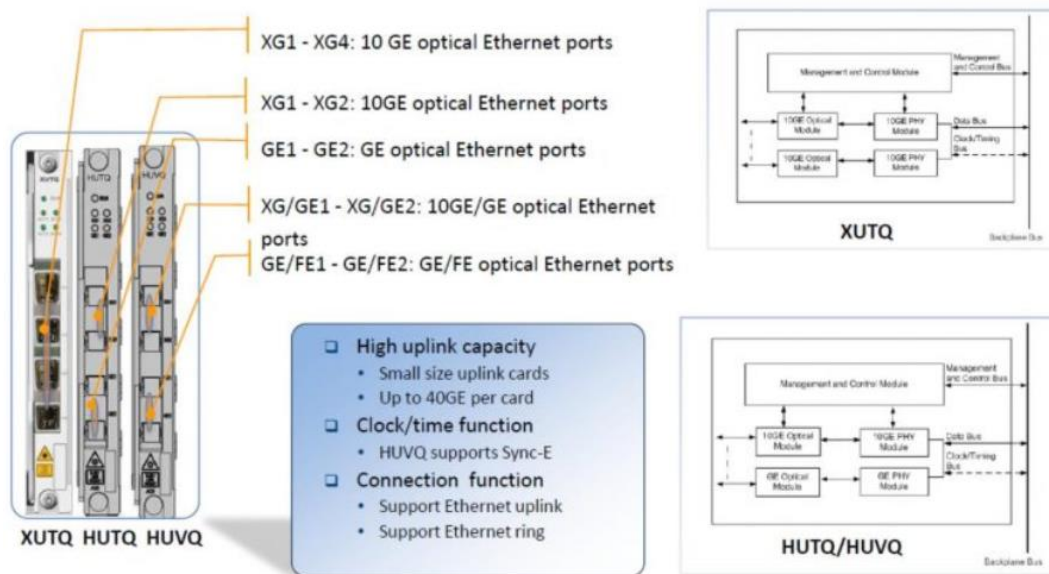
Esta OLT cuenta con tarjetas que desempeñan un papel específico como es la administración, suministro de energía, y las tarjetas GPON. A continuación, se detalla cada una de estas tarjetas.

- **SCXN:** La OLT posee dos de estas tarjetas las cuales presentan 4 interfaces de enlace ascendente de 10GE, y 2 interfaces de gestión. Esta tarjeta se encarga de cargar la configuración de la OLT y se tiene un respaldo en la tarjeta secundaria en caso de cualquier tipo de falla.
- **HUTQ:** De igual forma posee dos de estas tarjetas que presentan 4 puertos SFP dos con capacidad de 10GE/FE y dos GE/FE. Estos puertos se utilizan para conectar la OLT hacia la red (Router) o también para conectar más OLT's.

Figura 48

Características de OLT ZTE C300

Ethernet Uplink Cards – XUTQ/HUTQ/HUVQ



Fuente: (ZTE, n.d.)

- PWR: Posee dos tarjetas de fuente que se alimentan con -48V. estas tarjetas reciben la energía desde una fuente externa diseñada específicamente para este modelo de OLT.
- GTGH: Estas son las tarjetas GPON que cuentan con 16 puertos cada una, la OLT puede contener hasta 15 de estas tarjetas, cada una de estas tarjetas presentan un nivel de división de 1:128. Cada puerto de esta tarjeta soporta un Módulo óptico bidireccional de fibra única, Clase C++.

3.6.2. Módulos ópticos

Los módulos ópticos son los encargados de establecer la comunicación entre ambos extremos de los enlaces, en este caso tenemos dos tipos de enlaces, los enlaces principales y los que pertenecen a la red de alimentación de la ODN.

Enlaces principales:

Para los enlaces principales tenemos módulos de tecnología SFP+ y QSFP los cuales se usan en pares para cada enlace y su elección depende de la distancia a la cual se van a utilizar. En la siguiente tabla se muestra algunas características generales de estos módulos, cave recalcar que dichas características varían de acuerdo con la distancia y la velocidad para la cual este diseñado el módulo.

Tabla 33

Características módulos ópticos para enlaces principales

	SFP +	QSFP
Encapsulamiento	SFP	QSFP
Interfaz	LC / LC dúplex / SC	LC / LC dúplex
Velocidad de transmisión	Hasta 10G	Hasta 100G
Distancias	Hasta 100km	Hasta 100km
Potencia TX	Hasta +6 dBm	Hasta +12.5 dBm
Longitud de Onda	1300,1550nm	1300,1550nm

Fuente:(ZTE, n.d.)

Los módulos para utilizar en cada uno de los enlaces principales son:

Tabla 34*Módulos para utilizar en cada enlace del diseño*

ENLACE	Distancia	MODULO
OLT CEIB - OLT ALPA	7,5 km	10G SFP+ 10km
OLT CEIB – OLT ATUN	19.8 km	10G SFP+ 20km
OTAVALO-IBARRA	24.7 km	40G QSFP 40km
OLT OTAV - OLT COTA	12.1 km	10G SFP+ 20km
OLT SAN – OLT OTAV	14.6 km	10G SFP+ 20km
CAYAMBE-OTAVALO	38.4 km	40G QSFP 40km

Fuente: Propia

Red de alimentación:

Los módulos para utilizar en la alimentación de cada uno de los niveles de la red son los ZTE SFP GPON OLT C+, estos vienen incluidos en la tarjeta GTGH y sus características son las siguientes:

Tabla 35*Característica modulo a utilizar en red de alimentación*

Marca	ZTE
Modelo	SFP C+
Usar	OLT GPON
Aplicación	Fibra hasta el hogar, Red óptica pasiva
Estilo	cableado (óptico)

Distancia de transmisión	20 kilómetros
Encapsulamiento	SFP
Método de transmisión	fibra monomodo
Certificación	ESTA, FCC, RoHS
Longitud de onda	1310Nuevo Méjico
Tipo de interfaz	SC
Potencia de transmisión	+6.5 dBm

Fuente: (ZTE, n.d.)

3.6.3. ODF's

Los distribuidores de fibra óptica (ODF) se utilizan de acuerdo con el número de hilos de cada una de las fibras que ingresan hacia los nodos, los cuales pueden ser de 24 o 48 puertos.

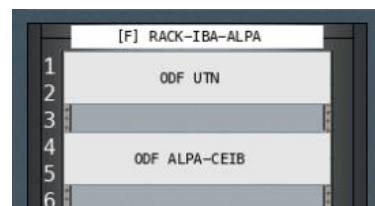
Una vez realizado el estudio, para este diseño se debe tener los ODF de la siguiente forma:

Tabla 36.

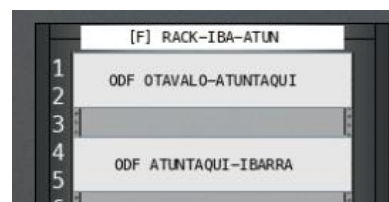
Características de ODFs para cada nodo

NODOS	ODF	DETALLE
CEIBOS	<ul style="list-style-type: none"> • ODF VICTORIA 48 PUERTOS • ODF LA ESPERANZA 24 PUERTOS • ODF CEIBOS ALPA 48 PUERTOS • ODF SAN ANTONIO 48 PUERTOS 	

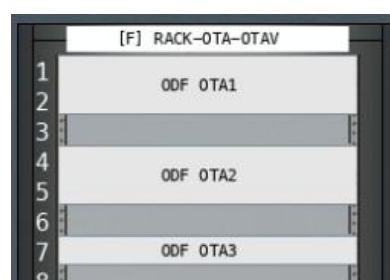
- ALPACHACA**
- ODF UTN 48 PUERTOS
 - ODF ALPA-CEIB 48 PUERTOS



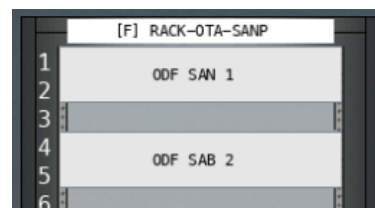
- ATUNTAQUI**
- ODF OTAVALO-ATUNTAQUI 48 PUERTOS
 - ODF ATUNTAQUI-IBARRA 48 PUERTOS



- OTAVALO**
- ODF OTA1 48 PUERTOS
 - ODF OTA2 48 PUERTOS
 - ODF OTA3 24 PUERTOS



- SAN PABLO**
- ODF SAN1 48 PUERTOS
 - ODF SAN2 48 PUERTOS



Fuente: Propia

Por lo tanto, para este diseño se requiere 11 ODF de 48 hilos y 4 ODF de 24 hilos

3.7. Presupuesto de pérdida óptica y de potencia

El presupuesto de potencia y de pérdida óptica son cálculos fundamentales que se debe tener en cuenta a la hora de realizar el diseño de la red, para ello, se toma la Recomendación ITU-T G.987.2 que nos indica los requerimientos en el segmento de la PMD, dándonos valores máximos y mínimos que nos permitirá un cálculo matemático y el análisis de potencia que se

emite desde la OLT hacia la ONU, con el único objetivo de garantizar el funcionamiento de la red.

3.7.1. *Parámetros físicos de una ODN*

Los parámetros definidos son los rangos de atenuación para la pérdida de potencia óptica que recomienda la ITU dependiendo de la tecnología que se vaya a utilizar, en este caso, se va a trabajar con la tecnología XG-PON por lo que, en la tabla 37 se puede observar los distintos rangos de atenuación que se utilizan para esta tecnología, siendo estos similares a los que se estudia en las redes G-PON.

Para la tecnología XG-PON se tiene 4 clases de rango y se identifican dependiendo el ancho de banda, es decir, si se utiliza XG-PON1 donde su velocidad es asimétrica se toma en cuenta los dos primeros rangos, pero, si se utiliza la XG-PON2 que tiene velocidad simétrica sus parámetros son los dos últimos rangos, haciendo referencia a subcategorías de XG-PON, donde se diferencian por el margen de atenuación para redes más extensas.

Tabla 37

Clases de pérdida de trayecto óptico definidas para XGPON

	Perdida mínima	Perdida Máxima	Unidad
Clase Nominal 1	14	29	dB
Clase Nominal 2	16	31	dB
Clase extendida	18	33	dB
1			
Clase extendida	20	35	dB
2			

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2016)

3.7.2. *Parámetros de interfaces ópticas OLT y ONU*

En este apartado se explica los parámetros de los rangos de potencias que se utilizan en las interfaces ópticas tanto de la OLT que es la que emite, como la ONU que es la que recibe. Estos rangos de atenuación dependen de la clase en la que se encuentre la tecnología XG-PON, es decir, así se puede determinar las potencias máximas y mínimas de cada equipo. En la tabla 38 se puede observar las potencias máximas y mínimas de cada clase según la recomendación ITU-T G.987.2.

Tabla 38

Parámetros de potencias transmitidas de OLT y recibidas de ONU

Potencias transmitidas de OLT y recibidas de ONU								
Equipo	Parámetro	N1	N2		E1	E2		Unidad
		-	N2a	N2b	-	E2a	E2b	
Transmisor	Potencia mínima	+2.0	+4.0	+10.5	+6	+8.0	+14.5	dB
Óptico OLT	Potencia máxima	+6.0	+8.0	+12.5	+10	+12	+16.5	dB
Receptor Óptico	Sensibilidad mínima	-28.0	-28.0	-21.5	-28.0	-28.0	-21.5	dB
ONU	Sobrecarga mínima	-8.0	-8.0	-3.5	-8.0	-8.0	-3.5	dB

Fuente: (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2016)

Una vez expuestos los rangos de operación de la atenuación, la emisión y recepción de la

potencia óptica, estamos listos para realizar el cálculo matemático para nuestra red entre la OLT y la ONU basándonos en la Recomendación de la ITU-T G.987.2

En este estudio se utiliza la subcategoría XG-PON1 que nos indica la Recomendación ITU-T G.987.2, es decir, que se toman los rangos de atenuación conforme a la clase N1, donde el umbral máximo de pérdida es de 23dB y la mínima pérdida es de 14dB, la potencia máxima en emisión óptica es de +6.0 dB por lo que para la potencia mínima de recepción óptica está en -28 dB. Cabe recalcar que estos valores límites se dan tomando en cuenta todas las pérdidas que se pueden dar por los componentes existentes entre la OLT y la ONU.

Una vez realizado el estudio de valores mínimos y máximos ya podemos realizar los cálculos de presupuesto de potencia y pérdida teniendo como referencia los rangos límites incluyendo las pérdidas que se pueden dar por los componentes que se utilizan entre la OLT y la ONU, es decir, por los conectores, empalmes, equipos pasivos, atenuadores ópticos.

3.7.3. Cálculos de presupuesto de potencia óptico

El cálculo matemático de presupuesto de potencia óptica se calcula mediante la diferencia entre la potencia máxima de emisión que se da a través de la OLT y el nivel mínimo de sensibilidad del receptor que llega a la ONU. En la Ecuación 4 se expresa la fórmula utilizada para cálculo del presupuesto óptico,

Ecuación 4

$$PP = P_{maxTX} - S_{rx}$$

Donde,

PP = Presupuesto de potencia óptico

P_{maxTX} = Potencia máxima de transmisión en el transmisor

S_{nx} = Potencia mínima o sensibilidad del receptor

Por lo tanto, se toma los valores expresados en la tabla 37 y tabla 38, sumando la potencia máxima de emisión y la sensibilidad del receptor, dando como resultado un valor de 3dB.

$$PP = P_{maxTX} - S_{nx}$$

$$PP = 6 \text{ dBm} - (-28\text{dBm})$$

$$PP = 34\text{dB}$$

3.7.4. *Cálculo de pérdida de potencia óptica*

Para el cálculo matemático de pérdida de potencia óptica, la Unión Internacional de Telecomunicaciones en la Recomendación UIT-T G.652, menciona que se la puede obtener mediante la Ecuación 5.

Ecuación 5

$$A = \alpha * L * \alpha_s * x + \alpha_c * y * + \alpha_n * z$$

Donde,

- A = Atenuación total
- α = Coeficiente de atenuación de la fibra óptica
- L = Longitud de fibra óptica
- α_s = Pérdida por empalme
- x = Número de empalmes
- α_c = Pérdida por conector
- y = Número de conectores

- α_n = Pérdida por splitter según el nivel de división
- z = Número de splitter según el nivel de división

En la formula expresa en la Ecuación X, se puede visualizar que la atenuación total es la suma de las atenuaciones y perdidas de potencia que se tiene en la trayectoria de la luz que se tiene desde la OLT a la ONU, es decir, los empalmes, conectores, splitter y la distancia.

3.7.4.1. Atenuación por longitud de fibra

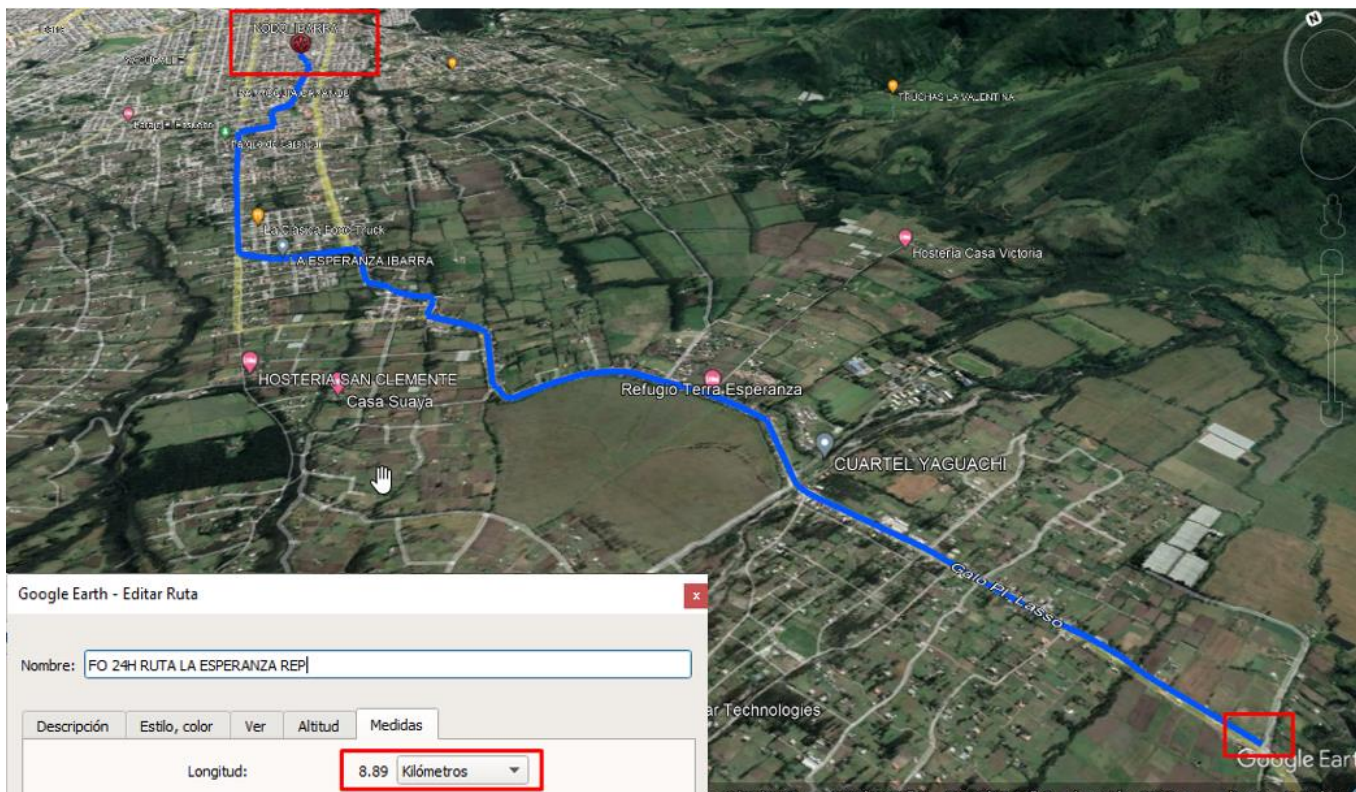
La atenuación por longitud de fibra se refiere específicamente a la perdida que se da por la distancia que recorre la fibra óptica desde la OLT hasta la ONU, por lo tanto, para este estudio se debe tomar en cuenta los puntos más lejanos desde la OLT a la ONU.

En el apartado 3.4.2 se puede visualizar la ubicación de las OLT y en el apartado 3.3.1 la cobertura que se desea llegar, por lo tanto, se realiza un análisis de los puntos más alejados en cada OLT, por lo que para el cálculo se va a tomar el punto más alejado entre todas las rutas.

El cantón Ibarra por ser uno de los más extensos en relación a cobertura, presenta el punto más alejado con referencia a la OLT. En la figura 45 tiene su punto más alejado con dirección a la parroquia la Esperanza, de igual manera, en la Figura 46 se muestra otro de los puntos más lejanos y este es el que cubre la ruta para San Antonio.

Figura 49

Distancia posiblemente más lejana desde la OLT al cliente sector la Esperanza

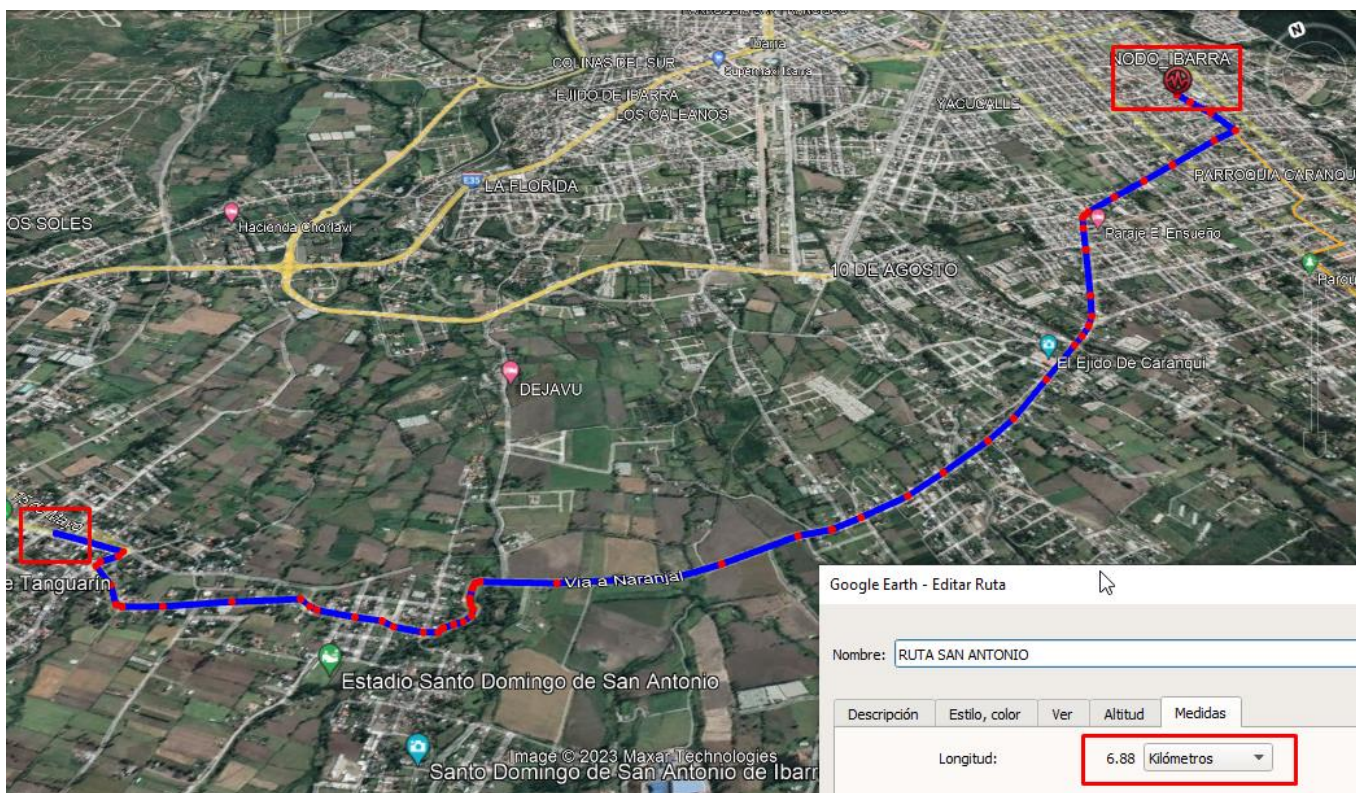


Fuente: Autoría propia

En la Figura 45 se puede visualizar que en la ruta a la parroquia la Esperanza se encuentra el posible cliente más lejano, que se encuentra a una distancia de 8,89 Km desde la OLT. Ahora buscamos otro de los clientes más alejados.

Figura 50

Distancia posiblemente más lejana desde la OLT al cliente sector San Antonio



Fuente: Autoría propia

En la Figura 46 se visualiza otro posible cliente lejano que se encuentra en la ruta que cubre la parroquia de San Antonio, por lo que al mediar se tiene que se encuentra a 6,88 Km de distancia desde la OLT.

Concluido este proceso, se tiene que nuestro cliente más lejano con referencia a la OLT se encuentra a 8,89Km y el cliente más cercano está a 0,01 Km, con estos valores procedemos a calcular la atenuación de por distancia que se produce en el cable de fibra óptica. Como nos indica la Ecuación X, el cálculo de esta atenuación es el resultado de multiplicar el coeficiente de atenuación por la distancia de la fibra óptica. En este caso se va a utilizar el cable de fibra

subcategoría G.652.D en el cual se tiene un valor de 0,47 dB/km. Por lo tanto, usando la Ecuación 6, se tiene que:

La atenuación para el cliente más lejano con una distancia de 8,89 Km.

Ecuación 6

$$Ad = \alpha * L_{cliente_lejano}$$

$$Ad = 0,47 \frac{dB}{Km} * 8,89 Km$$

$$Ad = 4,178dB$$

La atenuación para el cliente más lejano con una distancia de 0,01 Km

$$Ad = \alpha * L_{cliente_cercano}$$

$$Ad = 0,47 \frac{dB}{Km} * 0,01 Km$$

$$Ad = 0,0047dB$$

3.7.4.2. Atenuación por conexión de empalmes

Para completar el enlace desde la OLT hasta la ONU, existen diferentes fusiones en los hilos del cable de fibra óptica las cuales producen atenuaciones ya sea en el patch-cord, en el pigtail, entre otros. Estos valores de atenuación según la Unión Internacional de Telecomunicaciones en la ITU (ITU-T L.12, 2008), nos dice que tiene rangos medios o máximos dependiendo de la longitud de onda que va desde los 1260 nm hasta los 1625 nm, estos valores los podemos ver en la tabla 39.

Tabla 39*Rangos de atenuación de empalmes de fibra óptica*

Perdida	Longitud de Onda	Valor	Unidad
Inserción	1260 nm a 1625 nm	≤ 0.1 promedio ≤ 0.2 máx.	dB

Fuente: (ITU-T L.12, 2008)

Una vez obtenido los valores de atenuación que se dan por empalmes, realizamos un análisis de nuestro diseño verificando la estructura de nuestra red de fibra óptica, considerando que se tiene 6 empalmes de fusiones entre la red. Por lo tanto, en la Ecuación 7, nos indica que el cálculo de atenuación por empalmes es la multiplicación de la atenuación del empalme por el número total de los mismos dando como resultado la siguiente ecuación donde A_e representa la atenuación por empalme.

Ecuación 7

$$A_e = x * \alpha_s$$

$$A_e = 0,2dB * 4$$

$$A_e = 0,8dB$$

3.7.4.3. Atenuación por conexión de conectores

Esta atenuación se conoce como pérdida de inserción de elemento pasivo según la Unión Internacional de Telecomunicaciones Recomendación UIT-T L.36 (2015), en donde, de forma teórica indica los valores de atenuación dependiendo los requerimientos ópticos, estas pérdidas se clasifican por rangos de atenuación mínimos a máximos, donde se considera el grado A como

ideal y el grado D como pésimo.

Esta recomendación nos indica que el grado A aún no está definido, sin embargo, el grado que más se utiliza es el C en el cual nos indica una atenuación máxima de 0,5dB. En la tabla 40 se puede visualizar los grados correspondientes y sus respectivas atenuaciones.

Tabla 40

Rangos de atenuación por conectores

Grados de atenuación de conectores de fibra óptica		
Grado de atenuación	Atenuación	Unidad
Grado A	No definido	
Grado B	≤ 0.12 media	dB
	≤ 0.25 máx.	dB
Grado C	≤ 0.25 media	dB
	≤ 0.5 máx.	dB
Grado D	≤ 0.5 máx.	dB
	≤ 1 máx.	dB

Fuente: (ITU-T L.36, 2015)

En el diseño de la red se puede verificar que se van a utilizar 8 conexiones por conectores dentro de la red, por lo que para su cálculo utilizamos la ecuación X, en la cual nos indica que la atenuación por conectores A_c es el producto de la atenuación del conector por la cantidad de conectores a utilizar.

$$A_c = y * \alpha_s$$

$$A_c = 0,5dB * 8$$

$$A_c = 4 \text{ dB}$$

3.7.4.4. Atenuación por splitter

El último parámetro que se tiene para el cálculo de atenuación total, es la pérdida por splitteo, es decir, las divisiones o ramificaciones de las líneas de la fibra óptica que se tiene.

Según la Unión

Internacional de Telecomunicaciones - Recomendación UIT-T G.671 (2019) cada salida debe cumplir con la condición de $X=2^n$, donde n es el número que va de 1 a 6 y X es el número de puertos de entrada, lo que como resultado de X se puede tener 2, 4, 8, 16, 32, 6.

Como se mencionó en el apartado 3.3.4 siendo uno de los criterios del diseño, en la red se va a utilizar dos niveles de splitteo, el primer nivel consta de 8 splitter con una división 1:8 y el segundo nivel de igual manera consta de 8 splitter con una división de 1:8. Por lo tanto, la atenuación que representan estas divisiones está definidas en la norma ITU (ITU-T G.671, 2019), la cual nos indica los valores reflejados en la tabla 41.

Tabla 41

Rangos de atenuación por conectores

Pérdidas por inserción en divisores ópticos				
N (entradas)	X (salidas)	Perdida Mínima	Perdida Máxima	Unidades
1	2	2,8	3,9	dB
1	4	5,4	7,4	dB
1	8	8,2	10,6	dB
1	16	10,8	14,1	dB

1	32	13,3	17,5	dB
1	64	16,1	20,9	dB
2	2	2,6	4,2	dB
2	4	5,1	7,7	dB
2	8	7,6	11,2	dB
2	16	10,1	14,7	dB
2	32	12,7	18,2	dB
2	64	15,2	21,7	dB

Fuente: (ITU-T G.671, 2019)

Una vez estudiados los valores de atenuación por splitteo, en la Ecuación X nos indica que para calcular matemáticamente la atenuación por splitteo se multiplica la cantidad de splitter y el nivel del divisor óptico que parte desde la OLT hacia la ONU.

$$As = \alpha_n * z$$

$$As = \alpha_{1:8} * 1 + \alpha_{1:8} * 1$$

$$As = 9,4dB + 9,4 dB$$

$$As = 18,8 dB$$

3.7.4.5. Margen de atenuación o Margen de Guarda

El margen de atenuación o margen de guarda es aquel que protege el deterioro o malgaste de la fibra óptica por las condiciones ambientales o el pasar del tiempo, este valor está establecido en la Asociación de fibra óptica y es de 3Db que se resta obteniendo el presupuesto total de pérdida óptica para el enlace de fibra óptica.

3.7.4.6. Calculo Total de Atenuación en ODN

Como se ha explicado en el apartado 3.7.4 para la obtención del margen de atenuación se utiliza la Ecuación X, donde se debe sumar todas las pérdidas que se ha tenido dentro de la red, como es la atenuación por empalmes, la atenuación por conectores, la atenuación por splitteo y la atenuación de la fibra óptica.

Con estos valores, se procede a calcular la atenuación total que se va a tener en la red, tanto para el cliente más lejano como para el cliente más cercano, una vez realizada la sumatoria de todas las atenuaciones se debe tener un valor menor a 29 dB, esto es debido a que esa es la atenuación máxima que se permite en una red con tecnología XG-PON.

En la siguiente Ecuación tenemos el cálculo del cliente más cercano en el cual se puede ver el resultado y cumple con el requisito mencionado anteriormente, que debe ser menos a 29dB.

$$A_{\text{cercano}} = \alpha L + A_e + A_c + A_s$$

$$A_{\text{cercano}} = 0,0047dB + 1,2dB + 5dB + 18,8dB$$

$$A_{\text{cercano}} = 25,0047dB \leq 29 \text{ dB}$$

Ahora en la siguiente Ecuación se indica la atenuación total calculada para el cliente más Lejano

$$A_{\text{lejano}} = \alpha L + A_e + A_c + A_s$$

$$A_{\text{lejano}} = 4,1dB + 1,2dB + 5dB + 18,8dB$$

$$A_{\text{lejano}} = 29dB \leq 29 \text{ dB}$$

Una vez realizado los cálculos tanto del cliente más cercano como del cliente más lejano sumando todas las atenuaciones y verificando que este valor de atenuación total es menor o igual

a los 29 dB, se procede a sumar el margen de pérdida o margen de guarda que como lo explicamos en el apartado 3.7.6.5 el valor es de 3dB. Esta suma debe cumplir que es menor al presupuesto de potencia óptico, el valor es 34 dB como máximo.

En la Ecuación se procede a calcular el valor del cliente mar cercano en el cual tomamos el valor de la atenuación total del cliente más cercano y le sumamos 3dB

$$Acercano + margen = 25,00047 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

$$Acercano + margen = 28,0047 \text{ dB} \leq 34 \text{ dB}$$

En la ecuación se procede a calcular el valor del cliente mar lejano en el cual tomamos el valor de la atenuación total del cliente más lejano y le sumamos 3dB

$$Alejano + margen = 29 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

$$Alejano + margen = 33 \text{ dB} \leq 34 \text{ dB}$$

3.7.4.7. Potencia recibida en el Receptor óptico

Para que el receptor óptico en este caso la ONU funcione correctamente, la potencia que le llega desde la OLT debe ser la adecuada. Por lo tanto, se debe calcular la potencia que va a recibir la ONU de la OLT, este cálculo se lo realiza utilizando los valores calculados anteriormente, además, la potencia recibida debe calcularse para el cliente más cercano como para el cliente más lejano, cabe recalcar que la normativa UIT-T G.987.2 indica que el presupuesto de potencia óptica es igual a la diferencia de potencia máxima emitida en la OLT y la potencia mínima recibida en la ONU

Cálculo cliente más lejano → 33 dB

$$SRX = PmaxTX - 33 \text{ dB}$$

$$SRX = 6 \text{ dBm} - 33 \text{ dB}$$

$$SRX = -27 \text{ dBm}$$

Y para nuestro cliente más cercano se tiene la potencia de recepción de:

Cálculo cliente más cercano → 25,0047 dB

$$SRX = PmaxTX - 25,0047 \text{ dB}$$

$$SRX = 6 \text{ dBm} - 25,0047 \text{ dB}$$

$$SRX = -19,0047 \text{ dBm}$$

Una vez realizado el cálculo se puede concluir que la potencia que recibe el receptor óptico en su punto más cercano y su punto más lejano está en el rango adecuado para enlazar una comunicación entre la OLT y la ONU, esto se debe a que el rango que se encuentra los umbrales va desde -8 dBm hasta -28 dBm en la tecnología XG.PON1.

4. ANALISIS COSTO BENEFICIO

En este capítulo de Costo Beneficio se elabora un análisis de la factibilidad económica que tiene el presente proyecto, para ayudar a tomar decisiones que no comprometan la solvencia y que logren aumentar la rentabilidad del mismo, teniendo en cuenta que es un estudio de una empresa privada. De este modo, se debe definir un periodo en el cual se va a recuperar la inversión inicial y empezar a generar ganancias. Por lo tanto, la proyección que se tiene es un lapso de 5 años.

Para el desarrollo de este análisis se maneja parámetros como es la proyección de la demanda, un presupuesto referencial del diseño en el que se debe tomar en cuenta la inversión y

los gastos que se efectúan para el diseño propuesto y finalmente, para la viabilidad del proyecto se utilizara como método de evaluación indicadores de rentabilidad como el VAN, y PRI.

4.1. Estudio de mercado

El estudio de mercado tiene como objetivo presentar el dimensionamiento de la demanda futura en base al comportamiento presente y las expectativas que se tiene como empresa.

Actualmente, INNO FIBER tiene vigente 3 planes que oferta al público en la ciudad de Cayambe y por requerimiento del Gerente General, se mantendrán esos 3 planes vigentes y se hará la proyección en base a esos.

En la tabla 40 se presentan el porcentaje y numero de cuentas que se espera conseguir en cada año proyectado.

Tabla 42.

Planes de Internet ofertados al público

NUMERO DE CUENTAS PROYECTADAS POR PLAN								
AÑO	PLAN 100 MEGAS	%	PLAN 150 MEGAS	%	PLAN 200 MEGAS	%	PLAN LOPAM	%
1	1968	69	513	18	368	12,9	6	0,2
2	2479	65	839	22	488	12,8	8	0,2
3	3365	66	1173	23	551	12,8	10	0,2
4	4090	60	1500	22	1213	12,8	14	0,2
5	5287	58	2096	23	1714	12,8	18	0,2

Fuente: Propia

4.2. Egresos del Proyecto

Los egresos que se tienen dentro del proyecto son: Los costos operacionales, Costos de terminales o equipos, Gastos administrativos, Gasto de Mercadeo y ventas, en cada uno de estos vamos a estar haciendo el análisis y la sumatoria para conocer la inversión total de los egresos para el proyecto

4.2.1. Costos Operacionales y Terminales

Los costos corresponden a los costos operacionales que se asocian directamente a la generación de la prestación de servicio como es la operación y mantenimiento de equipos, instalaciones de equipos, remuneraciones del personal operativo, el costo por el ancho de banda requerido, para estos cálculos hay que tener en cuenta el porcentaje de inflación que, según el reporte para este año, se tiene el 1,07% de inflación.

4.2.1.1 Remuneraciones personal Operativo. Para que el proyecto funcione de la mejor manera, se requiere personal operativo y administrativo que ayude a la correcta prestación del servicio y el crecimiento en el tiempo proyectado, es decir, se debe tener una proyección de presupuesto para las remuneraciones del personal operativo y administrativo. Para estos costos se debe tomar en cuenta la suma de todo lo que se estima pagar al empleado en un año, es decir, mínimo el salario básico unificado, aportes al IESS, Décimo tercer sueldo, Décimo cuarto sueldo, Vacaciones, Fondos de reservan en los años posteriores y todos los derechos de la ley. Adicional, para calcular el salario anual se toma en cuenta la tasa de incremento salarial por año, en la cual basada en los años 2016 a 2021 la tasa de incremento salarial es aproximadamente del

0,0225%.

Una vez realizado este análisis en la tabla 40 se presenta los egresos basados en el personal administrativo y operativo en la proyección de 5 años.

Tabla 43

Egresos por remuneraciones en un lapso de 5 años.

PROYECCIÓN DE REMUNERACIONES										
PERSONAL OPERATIVO	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5	
Administrador de sucursal	1	\$ 6676,62	1	\$ 7466,12	1	\$ 7634,11	1	\$ 7805,88	1	\$ 7981,51
Técnico Auxiliar	1	\$ 6676,62	1	\$ 7466,12	1	\$ 7634,11	2	\$ 7805,88	2	\$ 7981,51
Técnico	-		1	\$ 6.523,01	1	\$ 7085,27	1	\$ 7244,68	1	\$ 7407,69
Personal Operativo	2	\$ 13353,24	3	\$ 21455,25	3	\$ 22353,48	4	\$ 22856,43	4	\$ 23370,70
PERSONAL ADMIN.	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		AÑO 5	
Secretaria	1	\$ 6684,91	1	\$ 7258,33	1	\$ 7421,65	2	\$ 7588,63	2	\$ 7759,38
Personal Administrativo	1	\$ 6684,91	1	\$ 7258,33	1	\$ 7421,65	2	\$ 7588,63	2	\$ 7759,38
Total Anual	3	\$ 20038,16	4	\$ 28713,59	4	\$ 29775,13	6	\$ 30445,07	6	\$ 31130,08

Fuente: Propia

4.2.1.2. Costos por Ancho de Banda. El total del Ancho de Banda requerido se lo calcula mediante el número de cuentas que se proyecta tener, en base a los planes que se va a ofertar, decir, los mencionados en el apartado 4.1, por lo tanto, tendremos:

Tabla 44.*Costos generados por el ancho de banda a contratar*

Año	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total Megas	182704	232038	313904	388977	505884
Valor x Mega	\$2,50	\$2,53	\$2,55	\$2,58	\$2,61
Total	\$456760,63	\$586301,38	\$801643,98	\$1003992,64	\$1319714,50

Fuente: Propia

4.2.1.3. Otros costos. Estos costos se basan en los egresos que se harán en la operación y mantenimiento de los equipos, algún valor extra que se pueda generar en la instalación y equipos y terminales que no sean activos fijos. En la tabla 43 se puede observar los costos extras generados.

Tabla 45*Costos totales en equipos activos*

Otros Costos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Operación y Mantenimiento de Equipos	\$ 540,00	\$545,78	\$551,62	\$557,52	\$563,49
Instalación de Equipos	\$120,00	\$121,28	\$122,58	\$123,89	\$125,22
2.1.9 Equipos y Terminales (Que no sean Activos Fijos)	\$150,00	\$152,63	\$155,30	\$158,01	\$160,78

Fuente: Propia

4.2.2. Gastos Administrativos y de mercadeo

Los gastos corresponden directamente a los asociados con la administración para la

prestación del servicio, por lo tanto, en este apartado se toman en cuenta los egresos que se generan de la remuneración del personal administrativo, mantenimiento de Oficina, entre otros gastos, por lo que en la tabla 45 se detalla los gastos generados.

4.2.2.1. Gastos por movilización. La empresa INNO FIBER, requiere alquilar un vehículo con un costo diario de 30\$, la proyección en los 5 años se visualiza en la tabla 44.

Tabla 46

Gastos totales generados en el lapso de 5 años

Gastos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Alquiler de Vehículo	\$21600	\$21831,12	\$22064,71	\$22300,81	\$22539,42

Fuente: Propia

4.2.2.2. Gastos por mano de Obra. La empresa INNO FIBER, genera un egreso por mano de obra debido a que para el tendido de infraestructura hace convenio con un contratista el cual le cobra \$ 0,28 por cada metro de cable de fibra óptica. Por lo tanto, una vez realizado el diseño se tiene que aproximadamente se debe tender 169490 metros, es decir, los egresos generados se presentan en la tabla 45, tomando en cuenta que este valor únicamente se da en el primer año.

Tabla 47

Gastos por mano de obra

Gastos	Año 1
Mano de Obra	\$47457,20

Fuente: Propia

4.2.2.3. Otros gastos. Estos gastos son un valor aproximado teniendo como referencia los gastos que se han generado en la matriz durante los años de funcionamiento y la proyección se toma en cuenta con el porcentaje de inflación que es el 1,07%.

Tabla 48

Gastos totales generados en el lapso de 5 años

Gastos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Remuneraciones	\$6684,91	\$7258,33	\$7421,65	\$7588,63	\$7759,38
Operación y Mantenimiento de Oficinas	\$150,00	\$152,63	\$155,30	\$167,33	\$170,26
Informática	\$120,00	\$122,10	\$124,24	\$126,41	\$128,62
Servicios Básicos y Comunicaciones	\$250,00	\$256,30	\$262,60	\$268,90	\$275,20
Impuestos, Tasas y Contribuciones	\$250,00	\$254,38	\$258,83	\$263,36	\$267,96
Marketing y Publicidad	\$500,00	\$508,75	\$517,65	\$526,71	\$535,93
Captación y Servicio al Cliente	\$200,00	\$203,50	\$207,06	\$210,68	\$214,37

Fuente: Propia

4.2.3. Proyección de Costos y Gastos

Una vez realizado el análisis de los costos y gastos que se generan tanto en la parte administrativa y en la parte operativa sumamos los valores para tener el total de egresos generados en este proyecto. En la tabla 47 se puede visualizar estos datos:

Tabla 49

Proyección de gastos y costos en un lapso de 5 años.

PROYECCIÓN DE COSTOS Y GASTOS (USD)					
Descripción Consolidada	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Operacionales	\$470773,88	\$730872,72	\$992169,94	\$1237402,13	\$1619766,56
Costo Terminales/ Equipos	\$150,00	\$152,63	\$155,30	\$158,01	\$160,78
Gastos Administrativos	\$76512,11	\$29874,85	\$30287,32	\$30715,44	\$31140,85
Gastos de Mercadeo y Ventas	\$700,00	\$712,25	\$724,71	\$737,40	\$750,30
TOTAL COSTOS Y GASTOS DE EXPLOTACIÓN	\$548135,99	\$761612,44	\$1023337,27	\$1269012,97	\$1651818,49

Fuente: Propia

4.3. Plan de Inversión

Para analizar el plan de inversión se debe tener coherencia en la razonabilidad de equipos, ya que se encuentra dimensionada toda la infraestructura, equipamiento y otros elementos para poder brindar el servicio.

4.3.1. Inversión en movilización

INNO FIBER adquiere una camioneta marca Wingle valorada en \$12000 para transportar al equipo operativo.

Tabla 50*Inversión en movilización.*

VEHICULO				
DESCRIPCIÓN	Año	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
Camioneta	1	1	\$ 12000,00	\$ 12000,00
TOTAL				\$ 12000,00

Fuente: Propia

4.3.2. Inversión en Muebles y enseres

INNO FIBER tiene una sucursal en la ciudad de Ibarra para lo cual se necesita implementarla con los respectivos muebles descritos en la Figura 49, cabe recalcar que estos equipos requieren la inversión únicamente en el primer año.

Tabla 51*Inversión en muebles y enseres.*

MUEBLES Y ENSERES				
Descripción	Año	Cantidad	Precio unidad	Precio total
Escritorios	Año 1	2	\$180,00	\$360,00
Sillas giratorias	Año 1	2	\$125,00	\$250,00
Sillas	Año 1	7	\$25,00	\$175,00
Sofá	Año 1	1	\$180,00	\$180,00
Archivadores	Año 1	2	\$120,00	\$240,00

Caunter	Año 1	1	\$250,00	\$250,00
TOTAL				\$1455,00

Fuente: Propia

4.3.3. *Inversión Equipo de Computo*

Para la operación del negocio INNO FIBER debe adquirir los elementos activos denominados equipos de cómputo, entre ellos se encuentran los equipos activos que se requieren para levantar el diseño del proyecto. En la tabla 50 se detalla el valor de la inversión que se necesita.

Tabla 52

Inversión en movilización.

EQUIPOS DE COMPUTACIÓN				
Descripción	Año	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Servidor	Año 1	3	\$850,00	\$2550,00
Computadoras Escritorio	Año 1	2	\$520,00	\$1040,00
Impresora	Año 1	1	\$95,00	\$95,00
Computador Portátil	Año 1	2	\$780,00	\$1560,00
Router	Año 1	5	\$1200,00	\$6000,00
Switch	Año 1	5	\$980,00	\$4900,00
Olt	Año 1	5	\$3500,00	\$17500,00
Onu	Año 1	2855	\$13,50	\$38540,08
Router Tp-Link Ec220	Año 1	3451	\$31,20	\$107671,20

Onu	Año 2	4610	\$12,75	\$58777,50
Router Tp-Link Ec220	Año 2	4610	\$30,50	\$140605,00
Onu	Año 3	6164	\$11,98	\$73844,72
Router Tp-Link Ec220	Año 3	6164	\$30,10	\$185536,40
Onu	Año 4	8242	\$10,95	\$90249,90
Router Tp-Link Ec220	Año 4	8242	\$29,60	\$243963,20
Onu	Año 5	11021	\$10,70	\$117924,70
Router Tp-Link Ec220	Año 5	11021	\$28,99	\$319498,79

Fuente: Propia

Una vez realizada la tabla de equipos de cómputo realizamos la suma total de inversión que se debe tener para cada año, estos resultados se muestran en la Tabla 51

Tabla 53

Inversión en muebles y enseres.

Equipos de computo					
Años	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total	\$179856,28	\$199382,50	\$259381,12	\$334213,10	\$437423,49

Fuente: Propia

4.3.4. Inversión en Materiales de construcción

Los materiales de construcción son todos los elementos pasivos que se necesitan para realizar el levantamiento de la red. En la tabla 52 se proyectan los materiales que se van a utilizar.

Tabla 54*Inversión en materiales de construcción.*

MATERIALES DE CONSTRUCCION			
Detalle	Cantidad	Costo unitario	Total
FIBRA ADSS 48			\$
HILOS	57630	\$0,47	27086,10
FIBRA ADSS DE 24			\$
HILOS	23860	\$0,42	10021,20
FIBRA GIPHTY 8			\$
HILOS	88000	\$0,22	19360,00
Herrajes Tipo A sin brazo	2670	\$3,20	\$ 8544,00
Herrajes Tipo A con brazo	1567	\$4,80	\$ 7521,60
Preformados	4237	\$5,20	\$ 22032,40
Cintas 3/4	35	\$18,70	\$ 654,50
Hebillas 3/4	30	\$17,90	\$ 537,00

ODF hasta 48H	4	\$43,60	\$
			174,40
RACK 45 UR	4	\$150,00	\$
			600,00
Drop de 1H	690200	\$0,03	\$
			20706,00
TOTAL			\$
			117237,20

Fuente: Propia

4.4. Ingresos

La proyección de Ingresos de este proyecto se basa en la información del mercado estudiada en el apartado 4.1, es decir, los ingresos de la empresa serán los que se van a generar por cada cuenta que se venda y el valor mensual a pagar. El plan de 100Mbps tiene un costo de \$25, el plan de 150Mbps tiene un costo de \$33 y el plan de 200Mbps tiene un costo de \$44, la instalación para cualquiera de los planes es gratuita. En la Tabla 53 se detalla las cuentas que se proyecta tener y el valor de cada plan.

Tabla 55

Ingresos totales por plan a contratar

PROYECCIÓN DE INGRESOS (USD)						
Ingresos	Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Servicio 1	Plan 100					
	Megas	\$713598,48	\$898886,94	\$1220457,17	\$1483599,74	\$1917698,75

Servicio 2	Plan 150					
	Megas	\$245726,08	\$401595,03	\$561410,30	\$718062,28	\$1003816,10
Servicio 3	Plan 200					
	Megas	\$232984,73	\$311540,39	\$351491,66	\$774636,88	\$1094014,07
Servicio 4	Plan					
	Lopam	\$825,71	\$1104,11	\$1476,38	\$1974,18	\$2639,81
Ingresos Totales (USD)		\$1193135,00	\$1613126,47	\$2134835,52	\$2978273,07	\$4018168,73

Fuente: Propia

4.5. Flujo de Caja

Una vez calculados los egresos e ingresos totales del proyecto, se procede a determinar el flujo de caja que se tiene, para determinar las ganancias que se podrían tener con el diseño. A continuación, en la tabla 54 se visualiza todos los egresos e ingresos acumulados por un total de 5 años.

Tabla 56

Ingresos totales por plan a contratar

FLUJO DE CAJA (EXPRESADO EN USD)						
ÍTEM	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		\$1193135,00	\$1613126,47	\$2134835,52	\$2978273,07	\$4018168,73
Costos						
Operacionales		\$470773,88	\$730872,72	\$992169,94	\$1.237402,13	\$1619766,56

Costos de Ventas					
	\$700,00	\$712,25	\$724,71	\$737,40	\$750,30
Gastos					
Administrativos	\$76512,11	\$29874,85	\$30287,32	\$30715,44	\$31140,85
Terminales/Equipo					
	\$150,00	\$152,63	\$155,30	\$158,01	\$160,78
EBITDA Utilidad					
antes de Intereses,	\$644999,01	\$851514,02	\$1111498,24	\$1709260,10	\$2366350,24
Impuestos,					
Depreciaciones y					
Amortizaciones					
Total					
Depreciación	\$63286,09	\$129746,92	\$216207,30	\$266871,07	\$346218,07
Anual					
EBIT-Utilidad					
antes de Intereses	\$581712,92	\$721767,10	\$895290,95	\$1442389,03	\$2020132,17
e Impuestos					
Participación					
Utilidad	\$87256,94	\$108265,06	\$134293,64	\$216358,35	\$303019,83
Trabajadores					
Impuesto a la					
Renta	\$173059,59	\$214725,71	\$266349,06	\$429110,74	\$600989,32
Margen Neto					
	\$321396,39	\$398776,32	\$494648,25	\$796919,94	\$1116123,03

Saldo Inicial de						
Caja			\$201005,71	\$530146,46	\$981620,88	\$1711198,79
Inversiones						
Totales	\$108531,20	\$183676,77	\$199382,50	\$259381,12	\$334213,10	\$437423,49
<hr/>						
Flujo de Caja						
Anual	(\$108531,20)	\$201005,71	\$329140,75	\$451474,42	\$729577,91	\$1024917,61
<hr/>						
Flujo de Caja						
Acumulado		\$201005,71	\$530146,46	\$981620,88	\$1711198,79	\$2736116,40
<hr/>						

Fuente: Autoría Propia

4.6. Valor Neto Actual (VAN)

El VAN es un cálculo financiero que a los beneficios que genera un proyecto le resta el valor de inversión inicial para verificar la ganancia que tiene la empresa (Ramirez & Marcela, 2020). Una vez encontrado este valor se puede constatar si la inversión para este proyecto es viable o no. La fórmula para calcular el Valor Neto Actual es:

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{In - En}{(1 + i)^n}$$

Donde;

In = Representa los ingresos

En= Representa los egresos

N = es el número de periodos

i = es el tipo de interés anual, este valor se toma del Banco Central del Ecuador donde nos indica que para este año en el sector empresarial el interés es de 9,45%, sin embargo, cabe recalcar que

este valor varía con el pasar del tiempo.

Una vez obtenidos los resultados en (Muñoz Puga, 2020), nos menciona que los podemos interpretar de la siguiente manera:

- VAN > 0 La inversión producirá ganancias por lo cual el proyecto puede realizarse
- VAN < 0 significa que la inversión producirá una pérdida lo cual el proyecto no debe realizarse
- VAN = 0 significa que la inversión no tendrá ni pérdidas ni ganancias, en este caso la decisión debe tomarse basándose en otros criterios como por ejemplo un mayor posicionamiento en el mercado.

Por lo tanto, se procede a calcular el valor neto actual de nuestro proyecto utilizando la

Ecuación 4

$$VAN = \frac{201005,71}{(1 + 9,45\%)^1} + \frac{329140,75}{(1 + 9,45\%)^2} + \frac{451474,42}{(1 + 9,45\%)^3} + \frac{729577,91}{(1 + 9,45\%)^4} + \frac{1024917,61}{(1 + 9,45\%)^5} - 108531,20$$

$$VAN = \frac{201005,71}{1,0945} + \frac{329140,75}{1,1979} + \frac{451474,42}{1,3111} + \frac{729577,91}{1,4350} + \frac{1024917,61}{1,57064} - 108531,20$$

$$VAN = 1807063,312$$

El valor neto actual es de 1807063,31\$, por lo tanto, basándonos en la interpretación mencionada anteriormente se tiene que el VAN es mayor que 0, es decir, la inversión en este proyecto es rentable ya que producirá ganancias

4.7. Tasa interna de retorno (TIR)

El TIR es la representación porcentual de la rentabilidad de un negocio cuando los flujos

netos igualan a la inversión, es decir, es una tasa de rendimiento que trabaja con el VAN volviendo su valor a 0 determinando la viabilidad de un proyecto al compararse con la ganancia mínima esperada (Ramirez & Marcela, 2020).

Según Miguel Puga (Muñoz Puga, 2020) existen 3 parámetros fundamentales para definir el TIR:

- Una inversión es aconsejable si la TIR es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, por lo tanto, la más conveniente es la que ofrezca una TIR mayor.
- Si la TIR es igual a la tasa de descuento, el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.
- Si la TIR es menor a la tasa de descuento el proyecto no se debe realizar.

$$0 = \sum_{n=0}^N \frac{In - En}{(1 + i)^n}$$

El TIR se calcula basándose en la ecuación 6, es muy similar a la ecuación den VAN, con la diferencia que esta se la debe igualar a 0 y se busca el interés anual.

Para este cálculo vamos a utilizar la herramienta EXCEL, en la cual se ingresa los flujos de caja y la inversión inicial y se obtiene los resultados obtenidos en la tabla 55.

Tabla 57

Cálculo del TIR

FLUJO DE CAJA (EXPRESADO EN USD)						
ÍTEM	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		\$1193135,00	\$1613126,47	\$2134835,52	\$2978273,07	\$4018168,73

Inversiones						
Totales	\$108531,20	\$183676,77	\$199382,50	\$259381,12	\$334213,10	\$437423,49
Flujo de Caja						
Anual	\$(108531,20)	\$201005,71	\$329140,75	\$451474,42	\$729577,91	\$1024917,61
TIR				184%		

Fuente: Autoría Propia

Como se puede observar, el valor del TIR es 184%, es decir, este valor es bastante alto, por lo que, se puede decir, que la inversión en este proyecto es viable.

4.8. Beneficios de la empresa

Una vez realizado el cálculo de los costos que tiene este proyecto, y teniendo como resultado un proyecto viable que en el lapso de 5 años se recuperara la inversión y se obtendrá ganancias, se puede exponer otros beneficios tanto para la empresa como para la sociedad.

4.8.1. Beneficios para la sociedad

Los beneficios no son solo para la empresa sino también para la sociedad. Una vez implementado este proyecto se logra dar el servicio de Internet a sectores que no contaban con este servicio básico e indispensable en la actualidad. Algunas de las parroquias que se benefician en su totalidad son La Esperanza, Alpachaca y San Antonio, del cantón Ibarra, Eugenio Espejo, Gonzales Suarez, Miguel Egas Cabezas, San Juan de Ilumán, San Pablo del Lago y San Rafael del cantón Otavalo, y Andrade Marín, Atuntaqui, Chaltura, Natabuela y San Roque del Cantón Antonio Ante, ya que en la mayoría de los barrios de estas parroquias, no existía el servicio de Internet con fibra óptica, por lo que los habitantes carecían de este servicio y se les negaba uno de los derechos establecidos en la Constitución de la República del Ecuador.

En las demás parroquias de cada cantón que cubre este enlace, si se ofrecía el servicio de Internet, sin embargo, los proveedores de servicios de Internet utilizan otros medios de

transmisión que al no mantener un servicio estable y causar un alto nivel de intermitencias, genera inconformidad en el abonado, un ejemplo claro es cuando utilizan medios de transmisión inalámbricos, que al momento de utilizar antenas transmisoras de señal causan intermitencia e inestabilidad del servicio con un cambio climático, ya que la señal se pierde cuando existe lluvia o neblina.

Finalmente, no solo eso, una vez estudiado el mercado, la velocidad que se ofrece y el precio son relativamente cómodos, ya que para este servicio de fibra óptica se tiene un plan básico 100Mbps por el valor de \$25 con una compartición 3:1.

4.8.2. Beneficios para la empresa

De igual manera, se puede observar que la empresa no solo se beneficia económicamente, sino también en otros aspectos importantes, se puede constatar que al momento de invertir en este proyecto la empresa va a ganar posicionamiento en el mercado, ya que logra expandir su cobertura en una nueva provincia y principalmente llega a las zonas más alejadas donde empresas proveedoras de Internet no llegan con fibra óptica si no con otros medios de transmisión, es por esto, que sale beneficiada la empresa obteniendo nuevos abonados, y en un futuro seguir expandiendo su cobertura al norte del país.

5. CONCLUSIONES

Una vez culminado el proyecto, se llega a la conclusión que la elaboración del diseño cumple con todos los requerimientos de calidad para una red óptica de punta sobre la arquitectura FTTH con tecnología XG-PON, debido a que se hizo un estudio del sector de cada cantón y especialmente en la zona rural, ya que a estas parroquias no se ofrece el servicio de Internet con fibra óptica, además, se ofrece un ancho de banda mínimo de 100Mbps y el costo establecido para el plan básico es de 25\$ considerando la tasa de crecimiento de la proyección de abonados y de población respectivamente.

La implementación de una red XG-PON tiene costes de inversión muy elevados, sin embargo, la tecnología permite escalabilidad e interoperabilidad con redes APON, BPON, GEAPON y G-PON, tiene beneficios importantes como mayor ancho de banda, mayor tasa de transferencia, estabilidad en el servicio, coexistencia, etc. Estos parámetros justifican la inversión para la implementación de XG-PON.

Se concluye que el dimensionamiento de la red de fibra óptica de arquitectura FTTH con tecnología XG-PON realizado a un lapso de 5 años es coherente porque va acorde a la tasa de crecimiento anual de abonados en la provincia de Imbabura, esto se debe a que para ese periodo de proyección se podrá dar cobertura del servicio de Internet al 15% de potenciales abonados, considerando el total para el cual se ha realizado el diseño de la red óptica.

6. RECOMENDACIONES

Una vez culminado el diseño del proyecto a partir de la tecnología XG-PON se

Una de las recomendaciones más importantes es realizar los cálculos de pérdida óptica y presupuesto de potencia tomando en cuenta los rangos de atenuación de cada componente de la red óptica, según lo indica la normativa de la tecnología de red óptica sobre la cual se esté trabajando, en este caso XG-PON, estos datos permiten dimensionar si las potencias emitidas hasta el cliente más lejano y cliente más cercano se encuentra dentro del rango que permite y garantiza el funcionamiento correcto del servicio.

El presente diseño fue realizado considerando las mejores prestaciones de cada componente activo y pasivo de la red, por lo que se recomienda analizar las necesidades de la red óptica que se vaya a diseñar, y en base a este aspecto obtener los componentes más adecuados para la red, ya que el costo de cada elemento puede variar desde usar un solo hilo de fibra o dos hilos de fibra óptica en la red.

Bibliografía

- ARCOTEL. (n.d.). *Derechos y obligaciones de los abonados, clientes y usuarios – Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones*. Retrieved March 11, 2021, from <https://www.arcotel.gob.ec/derechos-de-los-abonados-clientes-y-usuarios/>
- Calvo, M. L., Campos Juan, Cheben, P., Enoch, J., Fernández Álvarez, R., Fernández Calvo, G., Gómez, C., Millán, M., Nieto Vesperinas, M., Pérez Martín, M. V., Weigand, R., & Yzuel, M. J. (2002). *Óptica avanzada* (11.a). Ariel, S.A.
<https://elibro.net/es/ereader/utnorte/100169>
- Castillo, J. A. (2019). ▷ *Fibra óptica: qué es, para qué se usa y cómo funciona*.
<https://www.profesionalreview.com/2019/02/15/fibra-optica-que-es/>
- Copa, J. (2016). *DISEÑO DE UNA RED GPON PARA LOS ROSALES DE ACHUMANIDE DEL MUNICIPIO DE LA PAZ EN BASE A LOS REQUERIMIENTOS DE ENTEL* [Universidad Mayor de San Andrés]. <https://docplayer.es/67043222-Universidad-mayor-de-san-andres.html>
- Díaz Pérez, S. (2014). *Diseño y comparativa de redes HFC y FTTH* [Universidad de Sevilla].
http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12222/fichero/PFC_Sergio_Diaz.pdf
- El Comercio. (2020). *La comunicación 'online' cambió radicalmente al mundo | El Comercio*.
<https://www.elcomercio.com/tendencias/comunicacion-online-cambio-radicalmente-mundo.html>
- Google Earth. (n.d.). *Versiones de Earth – Google Earth*. Retrieved September 9, 2022, from <https://www.google.com/earth/about/versions/#earth-for-web>
- Google Earth. (2021). *Google Earth*.
<https://earth.google.com/web/search/canton+ibarra,+area/@0.5166146,->

78.2109364,2359.53200394a,148774.83859241d,35y,359.99999976h,0t,0r/data=Cn4aVBJ
 OCiUweDhlMmEzNDAYzjk2MjkyYWY6MHhjNzU1NDU0MjAxZjJkYmNkGTQWqCCa
 1Nk_ITEbrh8shFPAKhNjYW50b24gaWJhcnJhLCBhcmVhGAI

Govind, A. (2002). *Fiber-Optic Communication Systems* (Third). John Wiley & Sons, Inc.
 www.Wiley.com.

Guevara, J. S. (2010, June). *TECNOLOGIAS DE REDES PON*.

https://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf

ITU-T. (2005). Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas
 G.983.1. *ITU-T G-Series Recommendations*.

ITU-T. (2012). *Recommendation ITU-T G.987.4 10 Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Reach extension*. 46.

ITU-T. (2014a). G.984.3: Gigabit-capable passive optical networks (G-PON): Transmission convergence layer specification. *ITU-T G-Series Recommendations*, 8(9), 800.

ITU-T. (2014b). G.987.3:10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Transmission convergence (TC) layer specification. *Itu-T G-Series Recommendations*, 2.0, 1–146.

<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.3-201401-I/en>

ITU-T. (2016). 10 Gigabit Capable Passive Optical Networks (XGPON): Physical Media Dependent (PMD) Layer Specification. *ITU-T Recommendations*, Available on:

<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.2>.

Julio, E. (2017). *Análisis de Oferta y Demanda*.

Millán, R. J. (2007). *GPON (Gigabit Passive Optical Network)*.

<https://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>

MINTEL. (2016). *PLAN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS*.

Mita, D., Shirai, S., Yoshima, S., Ashida, T., & Noda, M. (2017). N2a-compliant SFP+ OLT transceiver for high power budget XG-PON systems. *2017 Opto-Electronics and Communications Conference, OECC 2017 and Photonics Global Conference, PGC 2017, 2017-November*, 1–3. <https://doi.org/10.1109/OECC.2017.8114811>

Montañana, R. (n.d.). *Curso de Redes - Videotutorial 2.4.5 Cables de fibra óptica. Atenuación, ventanas y bandas*. Retrieved July 27, 2022, from https://www.aulacli.com/redes/secuencias/p02_04_05_atenuacion_yt.htm

Muñoz Puga, M. (2020). *VAN y TIR*.

http://accioneduca.org/admin/archivos/clases/material/valor-actual-neto-y-tasa-interna-de-retorno-van-y-tir_1563977885.pdf

ODERTEK. (2019). *CAJA DE DISTRIBUCIÓN Y ACCESO (NAP) XNX-IP65-16D-2P -*

Odertek. <http://odertek.com/portfolio/caja-de-distribucion-y-acceso-nap-xnx-ip65-16d-2p/>

Ramirez, C., & Marcela, C. (2020). *GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL PRESUPUESTO DE CAPITAL MEDIANTE EL USO DE LAS TÉCNICAS VAN - TIR - PRI*. 10–11.

[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15229/1/E-10708_CARRION RAMIREZ CLAUDIA MARCELA.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15229/1/E-10708_CARRION_RAMIREZ CLAUDIA MARCELA.pdf)

Rodriguez, A. (2013, July 9). *Divisores (Splitters) para FTTH - instaladoresdetelecomhoy.com*.

<https://www.instaladoresdetelecomhoy.com/divisores-splitters-para-ftth/>

Ruiz Lovato, D. R. (2015). *Estudio Comparativo y Simulación de las Tecnologías PON tradicionales y emergentes* [Universidad Politécnica Salesiana sede Quito].

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10187/1/UPS - ST001841.pdf>

Sheldon. (2021). *Conocimientos básicos del distribuidor de fibra óptica (ODF) | Comunidad FS.*

<https://community.fs.com/es/blog/basic-of-optical-distribution-frame-odf.html>

TTIFIBER. (2016). *19" fixo caixa do painel de remendo ODF da fibra ótica para o armário da*

montagem em rack. <http://portuguese.ttifiber.com/quality-8322361-fixed-19-fiber-optic-patch-panel-odf-box-for-rack-mount-cabinet>

Unión Internacinal de Telecomunicaciones. (2012). *G.987 : Sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Definiciones, abreviaturas y siglas.*

<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987/es>

Unión Internacinal de Telecomunicaciones. (2016a). *G.987.1 : Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos generales.* <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.1/es>

Unión Internacinal de Telecomunicaciones. (2016b, March 29). *G.987.1 : Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos generales.* <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.1/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2016). *G.987.2 : Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificación de capa dependiente del medio físico*

(Physical media dependent, PMD). <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.2/es>

Villacís Valencia, A. C. (2013). *DISEÑO DE UNA RED 10G-PON PARA EL BARRIO DE CARCELÉN ALTO 3D* [Escuela Politécnica Nacional].

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5911/1/CD-4733.pdf>

ZTE. (n.d.). *ZTE Multi-Service Access Solution.*

Basili, V., & Larman, C. (2003). Iterative and Incremental Development: A Brief History.

Computer, 45-56.

Maida, E. G., & Placinenzia, J. (2015). Metodologías de desarrollo de software. *Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina*, 40-50.

Prieto Alvarez, C. G. (2015). *Adaptación de las Metodologías Tradicionales Cascada y Espiral*. Oaxaca.

Solano, E., & Porras, D. (2020). El modelo iterativo e incremental para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada Amón_RA. *Tecnología en Marcha*, 168-172.

Turismo Cayambe. (05 de mayo de 2016). *Turismo Cayambe: Datos Generales*. Obtenido de <http://cayambeturismo2016.blogspot.com/2016/05/datos-generales.html>

UNIR. (02 de Abril de 2020). *4 metodologías para la gestión de proyectos que debes conocer*. Obtenido de <https://www.unir.net/empresa/revista/metodologias-gestion-proyectos/>

ANEXO A: COTIZACIONES DE MATERIALES PROVEDORES ZC

MAYORISTAS, SISTELCOP Y HENTEL



VEGA ESCOBAR JENNIFER ISABEL

LOS GIRASOLES NRO. 4 Y RICARDO CALDERON
RUC: 1726369091001 Telf(s) 0984674737 0984564371
QUITO - Ecuador

CLIENTE							AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLOGICAS S.A.		COTIZACION No.	
DIRECCION							TEODORO GOMEZ DE LA TORRE 1-4 CALIXTO MIRANDA		91	
TELEFONO				RUC		1091732455001		FECHA		
ATENCION A				VENDEDOR		SISTELCOP		02/02/2023		
CONDICIONES COMERCIALES							VALIDEZ OFERTA		8	
Ord	Código	Descripción	Presentación	Cantidad	P.V.P.	% Des	SUBTOTAL			
1	P001	OLT 16P GPON CLASS C+++ DUAL AC POWER V-SOL		4.00	3,450.0000	0.00	13,800.00			
2	0078	ODF 2UR 48P SC-APC COMPLETO		4.00	75.0000	0.00	300.00			
3	0048	ONU BRIDGE G/EPON 1GIGABIT SC-UPC V2801SG V-SOL		2,000.00	16.5000	0.00	33,000.00			
4	0060	ROSETA 1H SC-APC COMPLETA CON CASSETTE		2,000.00	2.3000	0.00	4,600.00			
5	0037	PATCH CORD SM SC-APC/SC-UPC 2MTR SX 3.00MM		2,000.00	1.7500	0.00	3,500.00			
6	0023	SPLITTER CONECTORIZADO G657A2 1-8 SC-APC		500.00	6.7500	0.00	3,375.00			
7	0083	SPLITTER PARA FUSION 1-8		500.00	3.5000	0.00	1,750.00			
8	0026	NAP IP65 16P VACIA		500.00	11.5000	0.00	5,750.00			
9	0062	NAP IP68 16P VACIA		500.00	41.5000	0.00	20,750.00			
10	0094	FUNDA DE TUBILLO PARA FUSION 60MM X 100UND		10.00	4.0000	0.00	40.00			
11	P003	BOBINA F.O. 48H G652D SPAM 120MTR 4KM		8.00	2,280.0000	0.00	18,240.00			
12	P002	BOBINA F.O. 24H G652D SPAM 120MTR 4KM		5.00	2,880.0000	0.00	14,400.00			
13	0224	BOBINA F.O. FLAT DROP 8H SPAM 80MTR G657A2 SM 3KM		17.00	900.0000	0.00	15,300.00			
14	0020	BOBINA F.O. DROP 2H G657A2 SM TRIPLE GALVANIZADO 2KM		25.00	138.0000	0.00	3,450.00			
Son CIENTO CINCUENTA Y CUATRO MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y CINCO 60/100					Subtotal Imponible		138,255.00			
AUTORIZADO					ACEPTACIÓN CLIENTE		Subtotal No Imponible		0.00	
					0.00% Descuento		0.00			
					12% I.V.A.		16,590.60			
					TOTAL		154,845.60			

**ZC MAYORISTAS S.A.**

Parque empresarial NEXUS MZ:6421 Av. Narcisca de Jesús.

No. SAP 30831

Pag. 1

Sucursal: Saldos Iniciales **Fecha Impresión:** 02/02/2023
Cliete: AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLOGICAS S.A. **Fecha Pedido:** 02/02/2023
Ruc: 1091732455001 **Plazo:** CLIENTE 30 DIAS
Vendedor: ZAMBRANO MEJIA DANIEL CA **Bodega:** UIOPAL
Dirección: IMBABURA / IBARRA / SAN FRANCISCO / TEODORO GOMEZ DE LA TORRE 1-4 Y CALIXTO MIRANDA

Código	Detalle	Cantidad	Precio	Total
CDTPACK0003	PACK CDTA OLT GPON 16 PUERTOS, INCLUYE 16 MODULOS SFP GPON P	4	2,796.57	11,186.28
CDT0013	CDATA OLT FD1616S-B0-NDA0 16 PTOS. GPON (NO INCLUYEN MODULOS	4	0.00	0.00
CDT0005	CDATA MODULO DE FIBRA SFP GPON C++	64	0.00	0.00
CAB5092	CABLIX CA26 OPP-0624AW ODF 24 PUERTOS SC SIMPLEX	8	19.22	153.76
CAB5022	CABLIX ADAPTADOR OAS-06SA FIBRA SC/APC SIMPLEX MONOMODO	192	0.16	30.72
CAB4747	CABLIX PIGTAIL OT9-06 15A SC/APC SIMPLEX 1.5 MTS 09/125 0.9MM	192	0.74	142.08
TPL0069	TP-LINK ROUTER ARCHER C6 AC1200 DUAL-BAND WI-FI GIGABIT	2000	38.47	76,940.00
CDT0014	CDATA ONT FD511G-X-F690 XPON BRIDGE, 1 LAN	2000	14.35	28,700.00
PST0022	PSTEL ROSETA FABFFS2C 1 PUERTO VACIA	2000	0.59	1,180.00
CAB4747	CABLIX PIGTAIL OT9-06 15A SC/APC SIMPLEX 1.5 MTS 09/125 0.9MM	2000	0.74	1,480.00
CAB5022	CABLIX ADAPTADOR OAS-06SA FIBRA SC/APC SIMPLEX MONOMODO	2000	0.16	320.00
OPF5170	OPF PATCHCORD SM SIMPLEX SC/APC - SC/UPC 3MM, LSZH, 2 MTS	2000	1.10	2,200.00
PST0007	PSTEL CAJA NAP PROBOX68-16A-B3 IP68, 16PTOS. VACIA CON 2 HERRAJ	500	33.53	16,765.00
OPF5161	OPF SPLITER 1X16 SC/APC, G657A1, 900µm, 1,5MTS. PIGTAIL. EMPAQUE I	500	11.35	5,675.00
CAB5022	CABLIX ADAPTADOR OAS-06SA FIBRA SC/APC SIMPLEX MONOMODO	8000	0.16	1,280.00
CAB4736	CABLIX TUBILLO DE FUSION OPS-21-6002 PAQUETE 100 UNID - 60MM	10	1.89	18.91
PST0057	PSTEL FIBRA ADSS 48H SPAN 120M G652D SM 10.7mm - HN	32	751.87	24,059.84
PST0056	PSTEL FIBRA ADSS 24H SPAN 120M G652D SM 10.7mm - HN	20	501.69	10,033.80
CAB5139	CABLIX CABLE DE FIBRA DROP DCSSF-09G657A2001 1 HILO G657A2 LSZI	25	135.99	3,399.75
PST0002	PSTEL FIBRA ADSS6H120 6 HILOS SPAN 120 G.652D	52	379.31	19,724.12
			Subtotal:	203,289.26
			Descuento:	0.00
			Impuesto:	24,394.71
			Total:	227,683.97



RUC: 1792009863001
 Dirección: ?Luis Cordero E4-207 y Foch
 Teléfonos: (02) 252 2702 / (02) 603 6124 / (02) 602 3412 / (02) 255 9526
 www.hentel.com.ec

Cotización No. AV-894

Fecha: 2023-02-02
 Cliente: AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLOGICAS S.A.
 Atención: ELIZABETH
 Dirección: TEODORO GOMEZ DE LA TORRE 7-46 CALIXTO MIRANDA
 Validez: 15 días

RUC: 1091732455001
 Teléfono: 062608232
 Forma de Pago: 60 días
 Estado: *
 Tiempo Entrega:

#	Cant	Marca	Código	Código Prov.	Producto	Precio U.	Total
* 1	25	LUBECK	6659	LUB08080T3	BOB. F.O.8H SM F8 DROP G657A2 3GALV	\$ 145.89	\$ 3647.25
* 2	25	CONNECTION..	6123	CFO-0159	BOB. F.O.1H SM F8 DROP G657A2	\$ 117.10	\$ 2927.50
* 3	500	CONNECTION..	5732	CSP-1008	SPLITTER SM 1-8H S/CONNECT PLC	\$ 3.33	\$ 1665.00
* 4	500		6387	PROBOX68-16A	NAP 16H IP68 VACIA	\$ 37.12	\$ 18560.00
* 5	20000	LUBECK	6370	LUB24100T3	F.O. 24H SM ADSS SPAN100 G652D	\$ 0.48	\$ 9600.00
* 6	500	CONNECTION..	6290	CFO-4716	NAP 16H IP65 VACIA NEGRA	\$ 10.45	\$ 5225.00
* 7	2000	CONNECTION..	5885	CFO-7112	P.C. SC/APC-SC/UPC SM DX 2M	\$ 2.63	\$ 5260.00
* 8	10	CONNECTION..	5521	CMP-0160	FUNDA MANGUITA PROTECCION 60MM 100U	\$ 4.00	\$ 40.00
* 9	32000	LUBECK	6373	LUB48120T3	F.O. 48H SM ADSS SPAN120 G652D	\$ 0.76	\$ 24320.00
* 10	500	CONNECTION..	5697	CSP-0810	SPLITTER SM 1-8H SC/APC 1M PLC	\$ 7.90	\$ 3950.00
* 11	2000	CONNECTION..	5076	CFO-5602	ROSETA F.O. C/1ADAPT+1PIGTAIL APC	\$ 2.20	\$ 4400.00
** 12	2000	TP-LINK.	6195	XZ000-G3	ONU 1GE GPON	\$ 15.65	\$ 31300.00
** 13	2000	TP-LINK.	6267	EC220-G5	ROUTER AC EC220 1200	\$ 30.51	\$ 61020.00
* 14	4	CONNECTION..	6145	CFB-3048	ODF 48P SX	\$ 43.57	\$ 174.28

Subtotal: \$ 172089.03

IVA: \$ 20650.68

Total sin IVA: \$ 0.00

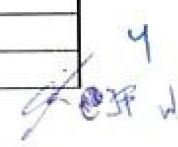
Total: \$ 192739.71

Observaciones:

Alex Velastegui
 ASESOR COMERCIAL

Celular: 0984070276
 Telfs: (02) 252 2702 / (02) 603 6124 / (02) 602 3412
 Ext: 612
 Correo: ventasq04@hentel.com.ec

TIPO DE SERVICIO DE TELECOMUNICACIÓN	FECHA DE PRESENTACIÓN	AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES			
	00/01/1900				
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:					
ESTUDIO DE MERCADO					
1. NOMBRE DEL PLAN O SERVICIO A OFRECER					
PROYECCIONES DE MERCADO PARA EL PERÍODO DE ESTUDIO					
DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
DEMANDA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA SATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA INSATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO	-	-	-	-	-
OBJETIVO DE MERCADO (%)					
DEMANDA OBJETIVO	-	-	-	-	-
ACLARACIONES PERTINENTES					
2. NOMBRE DEL PLAN O SERVICIO A OFRECER					
PROYECCIONES DE MERCADO PARA EL PERÍODO DE ESTUDIO					
DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
DEMANDA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA SATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA INSATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO	-	-	-	-	-
OBJETIVO DE MERCADO (%)					
DEMANDA OBJETIVO	-	-	-	-	-
ACLARACIONES PERTINENTES					
3. NOMBRE DEL PLAN O SERVICIO A OFRECER					
PROYECCIONES DE MERCADO PARA EL PERÍODO DE ESTUDIO					
DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
DEMANDA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA SATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA INSATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO	-	-	-	-	-
OBJETIVO DE MERCADO (%)					
DEMANDA OBJETIVO	-	-	-	-	-
ACLARACIONES PERTINENTES					
4. NOMBRE DEL PLAN O SERVICIO A OFRECER					
PROYECCIONES DE MERCADO PARA EL PERÍODO DE ESTUDIO					
DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
DEMANDA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA SATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA INSATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO	-	-	-	-	-

4


TIPO DE SERVICIO DE TELECOMUNICACIÓN	FECHA DE PRESENTACIÓN	AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES			
	00/01/1900				
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:					
OBJETIVO DE MERCADO (%)					
DEMANDA OBJETIVO					
ACLARACIONES PERTINENTES					



TIPO DE SERVICIO DE TELECOMUNICACIÓN	TÉCNICA DE PRESENTACIÓN	SERVICIO DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES			
	00/01/1900				
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:					
-					
5. NOMBRE DEL PLAN O SERVICIO A OFRECER					
PROYECCIONES DE MERCADO PARA EL PERÍODO DE ESTUDIO					
DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
DEMANDA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA SATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA INSATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO	-	-	-	-	-
OBJETIVO DE MERCADO (%)					
DEMANDA OBJETIVO	-	-	-	-	-
ACLARACIONES PERTINENTES					
6. NOMBRE DEL PLAN O SERVICIO A OFRECER					
PROYECCIONES DE MERCADO PARA EL PERÍODO DE ESTUDIO					
DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
DEMANDA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA SATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA INSATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO	-	-	-	-	-
OBJETIVO DE MERCADO (%)					
DEMANDA OBJETIVO	-	-	-	-	-
ACLARACIONES PERTINENTES					
7. NOMBRE DEL PLAN O SERVICIO A OFRECER					
PROYECCIONES DE MERCADO PARA EL PERÍODO DE ESTUDIO					
DESCRIPCIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
DEMANDA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA SATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO					
DEMANDA INSATISFECHA EN LA COBERTURA DE MERCADO	-	-	-	-	-
OBJETIVO DE MERCADO (%)					
DEMANDA OBJETIVO	-	-	-	-	-
ACLARACIONES PERTINENTES					

TIPO DE SERVICIO DE TELECOMUNICACIÓN		FECHA DE PRESENTACIÓN:		COMITÉ DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES			
		00/01/1900					
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:							
COMPETENCIA Y PRECIOS							
NOMBRE DE LA COMPETENCIA DIRECTA EN EL ÁREA DE OPERACIONES							
COMPETIDOR 1:							
COMPETIDOR 2:							
FUENTE:							
ANÁLISIS DE PRECIOS							
SOLICITANTE		COMPETIDOR 1:		COMPETIDOR 2:		Promedio de Mercado	Variación Percentual con Promedio de Mercado
NOMBRE DEL PLAN O SERVICIO A OFRECER:	Valor USD	NOMBRE DEL PLAN O SERVICIO:	Valor USD	NOMBRE DEL PLAN O SERVICIO:	Valor USD		
0						0,00	0,00%
0						0,00	0,00%
0						0,00	0,00%
0						0,00	0,00%
0						0,00	0,00%
0						0,00	0,00%
0						0,00	0,00%
ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA Y PRECIOS							

[Handwritten signature]

[Handwritten marks]

TIPO DE SERVICIO DE TELECOMUNICACIÓN		FECHA DE PRESENTACIÓN: 00/ene/00		PLAN DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES		
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:						
PROYECCIÓN DE INGRESOS (USD)						
Ingresos	Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos Anuales SERVICIO 1		-	-	-	-	-
Ingresos Anuales SERVICIO 2		-	-	-	-	-
Ingresos Anuales SERVICIO 3		-	-	-	-	-
Ingresos Anuales SERVICIO 4		-	-	-	-	-
Ingresos Anuales SERVICIO 5		-	-	-	-	-
Ingresos Anuales SERVICIO 6		-	-	-	-	-
Ingresos Anuales SERVICIO 7		-	-	-	-	-
Otros Ingresos						
Ingresos Totales (USD)		-	-	-	-	-
PARÁMETROS PARA LA PROYECCIÓN DE LOS INGRESOS						
Parámetros	Descripción	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
SERVICIO 1		-	-	-	-	-
SERVICIO 2		-	-	-	-	-
SERVICIO 3		-	-	-	-	-
SERVICIO 4		-	-	-	-	-
SERVICIO 5		-	-	-	-	-
SERVICIO 6		-	-	-	-	-
SERVICIO 7		-	-	-	-	-
TARIFA SERVICIO 1 (USD)						
TARIFA SERVICIO 2 (USD)						
TARIFA SERVICIO 3 (USD)						
TARIFA SERVICIO 4 (USD)						
TARIFA SERVICIO 5 (USD)						
TARIFA SERVICIO 6 (USD)						
TARIFA SERVICIO 7 (USD)						
ACLARACIONES PERTINENTES						

JP
JP
4

TIPO DE SERVICIO DE TELECOMUNICACIÓN		FECHA DE PRESENTACIÓN: 00/ene/00		REPUBLICA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES	
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:					
PROYECCIÓN DE COSTOS Y GASTOS (USD)					
Descripción Consolidada de Costos y Gastos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1.1. Costos Operacionales	-	-	-	-	-
1.2. Costo Terminales/ Equipos	-	-	-	-	-
1.3. Gastos Administrativos	-	-	-	-	-
1.4. Gastos de Marketing y Ventas	-	-	-	-	-
TOTAL COSTOS Y GASTOS DE EXPLOTACIÓN	-	-	-	-	-
DESAGREGACIÓN COSTOS Y GASTOS (EXPRESADO EN USD)					
Descripción de Costos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
2.1.1. Operación y Mantenimiento de Equipos					
2.1.2. Instalación de Equipos					
2.1.3. Remuneraciones	-	-	-	-	-
2.1.4. Arrendamiento o compartición de infraestructura					
2.1.5. Tarifas Por Concesión					
2.1.6. Tarifas Mensuales					
2.1.7. Seguros					
2.1.8. Otros Costos					
2.1.9. Equipos y Terminales (Que no sean Activos Fijos)					
Total Costos:	-	-	-	-	-
Descripción de Gastos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
2.2.1. Remuneraciones	-	-	-	-	-
2.2.2. Operación y Mantenimiento de Oficinas					
2.2.3. Informática					
2.2.4. Servicios Básicos y Comunicaciones					
2.2.5. Impuestos, Tasas y Contribuciones					
2.2.6. Marketing y Publicidad					
2.2.7. Captación y Servicio al Cliente					
2.2.8. Otros Gastos					
Total Gastos:	-	-	-	-	-
TOTAL COSTOS Y GASTOS :	-	-	-	-	-
ACLARACIONES PERTINENTES					

TIPO DE SERVICIO DE TELECOMUNICACIÓN	FECHA DE PRESENTACIÓN:	(POLICIA) REGULACION Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES
	00/01/1900	

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL SOLICITANTE:	
---	--

FLUJO DE CAJA (EXPRESADO EN USD)						
ITEM	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		-	-	-	-	-
Costos Operacionales		-	-	-	-	-
Costos de Ventas		-	-	-	-	-
Costos Administrativos		-	-	-	-	-
Terminales/Equipo		-	-	-	-	-
(BITDA) Utilidad antes de Intereses, Impuestos, Depreciaciones y Amortizaciones		*	*	*	*	*
Total Depreciación Anual		-	-	-	-	-
Total Amortización Anual		-	-	-	-	-
EBIT Utilidad antes de Intereses e Impuestos		*	*	*	*	*
Costos Financieros		-	-	-	-	-
Participación Utilidad Trabajadores		-	-	-	-	-
Impuesto a la Renta		-	-	-	-	-
Margen Neto		*	*	*	*	*
Saldo Inicial de Caja		-	-	-	-	-
Inversiones Totales		-	-	-	-	-
Créditos / Préstamos / Aportes socios		-	-	-	-	-
Años de Amortización Capital *** >		-	-	-	-	-
Amortización Capital (Línea Recta) *** >		-	-	-	-	-
Amortización Intereses *** >		-	-	-	-	-
Flujo de Caja Anual		*	*	*	*	*
Flujo de Caja Acumulado		*	*	*	*	*
Tasa de Descuento						

ACLARACIONES PERTINENTES	

[Handwritten signature]

[Handwritten mark]

ANEXO C: PLANOS ESTRUCTURALES POSTERIA EMELNORTE



