



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema

RED GPON PARA LA EXPANSIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LA EMPRESA CLICKNET S.A. EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE PATATE.

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniera en Electrónica y Comunicaciones.

AREA: Física y Comunicaciones
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Comunicaciones Ópticas
AUTOR: Evelyn Estefanía Ruiz Velasteguí
TUTOR: Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg.

AMBATO – ECUADOR

marzo-2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: RED GPON PARA LA EXPANSIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LA EMPRESA CLICKNET S.A. EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE PATATE., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por la señorita Evelyn Estefanía Ruiz Velasteguí, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que la estudiante ha sido tutorada durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, marzo 2022.

Ing. Geovanni Danilo Brito Moncayo, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: RED GPON PARA LA EXPANSIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LA EMPRESA CLICKNET S.A. EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE PATATE, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, marzo 2022.

Evelyn Estefanía Ruiz Velasteguí

C.C. 1804796785

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por la señorita Evelyn Estefanía Ruiz Velasteguí, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado RED GPON PARA LA EXPANSIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LA EMPRESA CLICKNET S.A. EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE PATATE, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, marzo 2022.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Santiago Altamirano Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Vicente Morales, Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, marzo 2022.

Evelyn Estefanía Ruiz Velasteguí

C.C. 1804796785

AUTOR

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico al forjador de mi camino Dios quien con su palabra me ayudó a no rendirme, a mis pilares fundamentales mis padres Enma Velasteguí y Wilson Ruiz los que con su trabajo me ayudaron a terminar mis estudios, quien con cada peldaño y logro obtenido siempre me acompañaron. A Katty Ruiz más que una hermana mi segunda madre la que con sus consejos alimentaba mi espíritu de valentía y dedicación la que siempre confió en mí a pesar de las circunstancias adversas.

A mis amigos los cuales en los momentos de aflicción me extendieron la mano y brindaron una excelente ayuda, los que a pesar de enojos y alegrías se convirtieron en personas incondicionales en mi vida, los buenos momentos en el transcurso de la universidad siempre quedaran en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por cada día de vida, por formar mi carácter y siempre mantenerme en la lucha constante hasta conseguir mi meta. A mi Familia por su firme apoyo siendo mi motivación de cada día.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería en Sistema Electrónica e Industrial les doy gracias por hacer del proceso de aprendizaje y de esta carrera mi pasión.

Expreso mi agradecimiento al Ingeniero Geovanni Brito mi tutor de tesis, quien me guio con sus consejos, sabiduría y experiencia, en mi proceso de titulación el que me alentaba con su valiosa perseverancia.

Agradezco a la Empresa de Telecomunicaciones CLICKNET S.A los cuales me brindaron la oportunidad y confianza de realizar el presente proyecto para el crecimiento de la misma.

Finalmente, a mis amigos quienes han sido mi apoyo, los que me han ofrecido un hombro en los momentos difíciles y juntos hemos luchando por conseguir el objetivo de ser profesionales gracias por ser mi familia.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
DERECHOS DE AUTOR	v
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ECUACIONES	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.1.1 Contextualización del problema.....	3
1.2 Fundamentación Teórica.....	5
1.2.1 Fibra Óptica.....	5
1.2.2 Espectro Electromagnético.....	5
1.2.3 Parámetros de transmisión de la luz en la fibra óptica.....	6
1.2.4 Fibra Óptica.....	10
1.2.5 Tipos de Fibra Óptica.....	12
1.2.6 Ventanas de trabajo transmisión para la fibra óptica.....	16
1.2.7 Técnicas de Multiplexación.....	17
1.2.8 Características de Fibra óptica.....	21

1.2.9	Pérdidas en la fibra óptica	22
1.2.10	Clases de cables de fibra	27
1.2.11	Sistema de comunicación con fibra óptica.....	31
1.2.12	Tecnología GPON	33
1.2.13	Fibra hasta el punto de terminación (FTTx)	35
1.2.14	Red Activa.....	38
1.2.15	Red Pasiva.....	40
1.2.16	Provisión para enlace en el sistema de fibra óptica.....	45
1.2.17	CLICKNET S.A.....	46
1.3	Objetivos.....	47
1.3.1	Objetivo general	47
1.3.2	Objetivos específicos	47
CAPÍTULO II.....		49
METODOLOGÍA		49
2.1	Materiales	49
2.2	Métodos	49
2.2.1	Modalidad de Investigación	49
2.2.2	Recolección de campo.....	50
2.2.3	Procesamiento y análisis de datos	50
2.2.4	Desarrollo del proyecto	64
CAPÍTULO III.....		65
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		65
3.1	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	65
3.2	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	65
3.2.1	Situación actual de la empresa CLICKNET S.A	66
3.2.2	Parámetros requeridos para el diseño GPON.....	74
3.2.3	Especificaciones Técnicas.....	75
3.2.4	Niveles de espliteo	75
3.2.5	Diseño de la Red	76
3.2.6	Configuración de equipos de la red.....	106
3.2.7	Tráfico de la red	120

CAPITULO IV.	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
4.1 Conclusiones.....	121
4.2 Recomendaciones	122
5 BIBLIOGRAFÍA	123
6 ANEXOS	127
6.1 Censo población y vivienda 2010 Tungurahua (Patate).....	127
6.2 Formato de la encuesta realizada en la ciudad de Patate.....	130
6.3 Router de Distribución Mikrotik CCR1036-12G-4S.....	131
6.4 Switch CRS326-24G-2S+	132
6.5 Antena de Backbone NetMetal 5.....	134
6.6 Antena de AP BaseBox	136
6.7 Datasheet de la OLT Marca V-sol.....	137
6.8 Modelo del Diseño de la Red GPON para la ciudad de Patate.....	144
6.9 Red Feeder o Red Troncal.....	145
6.10 Red de la Zona 1 para la ciudad de Patate.....	146
6.11 Red de la Zona 2 para la ciudad de Patate.....	147
6.12 Esquema de la red de Distribución de la Zona 1	148
6.13 Esquema de la red de Distribución de la Zona 2.....	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de cada ventana de trabajo [13]	12
Tabla 2 Características de los tipos de fibras	16
Tabla 3 Bandas espectrales y ventanas de trabajos de la fibra óptica [16]	17
Tabla 4 Elementos y Tipos de WDM [20]	21
Tabla 5 Velocidades de transmisión.....	34
Tabla 6 Pérdidas típicas de un Splitter 1: N [33]	42
Tabla 7 Distribución de la población del Cantón San Cristóbal de Patate.....	51
Tabla 8 Distribución de la Población del Cantón San Cristóbal de Patate, por Tipo de Vivienda en Área.....	52
Tabla 9: Tipo de servicio que poseen en el cantón Patate	54
Tabla 10: Resultados obtenidos de la necesidad de internet para un negocio	55
Tabla 11 Datos de las Megas que solicita la población.....	56
Tabla 12 Calificación de la conformidad del usuario con su servicio actual	57
Tabla 13 Tipos de servicio	58
Tabla 14 Descripción de la calidad de Servicio actual.....	59
Tabla 15 Problemas del servicio actual de la muestra	60
Tabla 16 Porcentaje de conocimiento sobre la fibra	61
Tabla 17 Alcance de posibles clientes.....	62
Tabla 18 Datos para análisis de costos.....	63
Tabla 19 Coordenadas de las torres de Radio Enlace CLICKNET S.A	67
Tabla 20 Router Nodo Ambato	68
Tabla 21 Switch Nodo Ambato.....	68
Tabla 22 Antena de Backbone Nodo Ambato.....	68
Tabla 23 Switching Nodo Nitón.....	69
Tabla 24 Antena de Bckbone Nitón	69
Tabla 25 Antena de Punto de Acceso.....	70
Tabla 26 Coordenadas de las mangas	83
Tabla 27 Ubicación geográfica de las reservas de la red Feeder	84
Tabla 28 Simbología para el Diseño GPON	85
Tabla 29 Ubicación geográfica de los pozos.....	87
Tabla 30 Fibra de Distribución Zona 1	88
Tabla 31 Fibra de Distribución Zona 2	88

Tabla 32 Presupuesto Óptico teórico	91
Tabla 33 Presupuesto Óptico teórico zona 2	93
Tabla 34 Puntos del enlace extremo a extremo	93
Tabla 35 Detalle de la Red Feeder	95
Tabla 36 Detalle de servicio red de Distribución	97
Tabla 37 Detalles de la red de Distribución zona1 y zona2	99
Tabla 38 Tabla de características de la fibra	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Espectro Electromagnético	6
Figura 2 Ley de Reflexión [11]	7
Figura 3 Ley de Snell [11]	7
Figura 4 Ángulo Crítico [1]	8
Figura 5 Ángulo de acoplamiento [1]	9
Figura 6. Estructura básica de fibra óptica. [12]	10
Figura 7 Ventana de trabajo de la Fibra óptica	11
Figura 8 Ventanas de trabajo de la Fibra Óptica [13]	11
Figura 9 Fibra Monomodo [14]	13
Figura 10 Fibra Multimodo [14]	14
Figura 11 Multimodo Escalonado [1]	15
Figura 12 Fibra Multimodal con índice gradual [15]	15
Figura 13 Atenuación y ventanas de Trabajo [16]	17
Figura 14 Multiplexación TDM [16]	18
Figura 15 Trama PDH [17]	19
Figura 16 Jerarquía Digital SDH [17]	19
Figura 17 WDM Multiplexación en longitud de onda [18]	20
Figura 18 Modelo de Transporte (Banda Ancha) [18]	20
Figura 19 Pérdidas de la Fibra Óptica [9]	25
Figura 20 Pérdidas por (a) desalineación lateral (b) desalineamiento entre hierro (c) desalineamiento angular (d) acabado superficial [9]	26
Figura 21 Cables Aéreos ADSS [26]	29

Figura 22 Cable de fibra OPGW	29
Figura 23 Cable Lashed [27].....	30
Figura 24 Cable Dieléctrico [28]	30
Figura 25 Cable Armado [28]	31
Figura 26 Cable Submarino [28].....	31
Figura 27 Extremos A y B de una conexión	32
Figura 28 Punto Multipunto.....	33
Figura 29 Red GPON Sentido Ascendente [29]	35
Figura 30 Red GPON Sentido Descendente [29].....	35
Figura 31 Escenarios FTTx [3]	36
Figura 32 Tipos de Redes FTTx [30].....	37
Figura 33 Equipo OLT [32]	39
Figura 34 ONT	39
Figura 35 Rack de FO [33]	40
Figura 36 Splitter 1X4 [33].....	41
Figura 37 Patchcord. [4].....	42
Figura 38 Pigtail.....	43
Figura 39 Distribuidor Óptico [4]	43
Figura 40 Manga Tipo Domo [3].....	44
Figura 41 Caja de distribución NAP. [3]	44
Figura 42 Resultado Porcentual Pregunta 1	54
Figura 43 Resultado Porcentual Pregunta 2	55
Figura 44 Resultado Porcentual Pregunta 3	56
Figura 45 Porcentaje de satisfacción del cliente con su servicio actual.....	57
Figura 46 Interés del consumidor pregunta 5.....	58
Figura 47 Datos porcentual del requerimiento de la muestra de Patate.....	59
Figura 48 Resultado de los problemas con otros operadores.....	60
Figura 49 Resultados del conocimiento de la muestras frente a la fibra óptica...	61
Figura 50 Análisis grafico de lo que la población desea con respecto a su servicio	62
Figura 51 Análisis de la economía de los futuros clientes	63

Figura 52 Torres de Radio Enlace CLICKNET S.A.....	67
Figura 53 Backbone de Ambato a Nitón Software The Dude	70
Figura 54 Red de Aps de la empresa CLICKNET S.A.....	71
Figura 55 Tráfico de datos que pasa desde Nitón a Ambato	72
Figura 56 Tráfico de datos Nodo Nitón-Ambato.....	73
Figura 57 Tráfico de datos que llegan al cliente	74
Figura 58 Nivel de Splitteo planificado [34]	75
Figura 59 Ubicación geográfica de la Ciudad de Patate	77
Figura 60 Abonados Actuales de CLICKNET S.A	78
Figura 61 Ubicación geográfica de la OLT.	79
Figura 62 OLT VSOL.....	79
Figura 63 Demanda de Abonados.....	81
Figura 64 Zonas de Cobertura.....	81
Figura 65 Ubicación geográfica de la Postería	82
Figura 66 Fibra Troncal	83
Figura 67. Soterrado desde la OLT hasta el poste PT-0028	87
Figura 68 Diseño del enlace Zona 1.....	90
Figura 69 Diseño del modelo de enlace zona 2	92
Figura 70 Potencia en la NAP más cercana del cliente.....	95
Figura 71 Potencia en la casa del cliente	95
Figura 72 Rack principal del nodo óptico.....	101
Figura 73 Manga para la zona 2.....	102
Figura 74 Caja de Distribución	103
Figura 75 Splitter (1:8) para fusión.....	103
Figura 76 Splitter (1:16) conectorizado	104
Figura 77 ODF	104
Figura 78 OLT V-sol.....	105
Figura 79 ONT V-sol	105
Figura 80 Modulo SFP	106
Figura 81 Ventana de ingreso de credenciales a la OLT	106
Figura 82 Conexión física para SFP	107

Figura 83 Configuración de la IP de administración	108
Figura 84 Creación de VLAN	108
Figura 85 Asignación de VLAN y Puerto Uplink	109
Figura 86 Perfil DBA.....	110
Figura 87 Creación de Traffic Profile	110
Figura 88 Creación del Line Profile.....	111
Figura 89 Service Profile	111
Figura 90 Service Profile para ONTs V-sol.....	112
Figura 91 Activación de ONT de manera manual	112
Figura 92 ONT añadida.....	113
Figura 93 Bind Profile para conexión	113
Figura 94 Servicio añadidos en el Bind Profile	114
Figura 95 Credenciales del Cliente	114
Figura 96 Nombre del cliente a su respectiva ONT	115
Figura 97 Estructura The Dude Patate	115
Figura 98 Tráfico de la Red Primer Cliente	116
Figura 99 Pool de IPs para los clientes	116
Figura 100 Enrutamiento de la Red para el cliente	117
Figura 101 IP Pública para la red de Patate	117
Figura 102 IP Pública del Router de Distribución Patate	118
Figura 103 Túnel Patate-Ambato.....	119
Figura 104 Túnel Ambato-Patate.....	120
Figura 105 Tráfico de la red GPON.....	120

ECUACIONES

Ecuación 1 Longitud de honda.....	5
Ecuación 2 Ley de Snell.....	7
Ecuación 3 Ángulo Crítico.....	8
Ecuación 4 Apertura numérica.....	9
Ecuación 5 Modos máximos para una fibra.....	14
Ecuación 6 Atenuación en dB.....	22
Ecuación 7 Atenuación en dBm.....	22
Ecuación 8 Atenuación del enlace.....	23
Ecuación 9 Atenuación Total.....	23
Ecuación 10 Potencia en dBm.....	46
Ecuación 11 Muestra.....	52

RESUMEN EJECUTIVO

El internet es una herramienta fundamental de hoy en día, convirtiéndose en un servicio básico abriendo las puertas para el avance de la tecnología provocando que sea indispensable para toda actividad, donde la fibra óptica es el medio de transmisión de información más eficiente en el campo de las telecomunicaciones.

En el presente proyecto de investigación se realiza un estudio de la red actual que posee la empresa CLICKNET S.A, en la Ciudades de Patate en la cual solo brinda servicio por radio enlace, teniendo como objetivo realizar el diseño de una red Gpon aumentando el QoS, delimitando la ciudad en dos zonas para abastecer el requerimiento de los abonados.

Se plantea el diseño e implementación, la demanda por parte de los abonados es notoria para realizar de manera satisfactoria sus actividades, así como se plantea una red FTTH con fibra óptica hasta el abonado con dos niveles de compartición de 1:8 y 1:16 disminuyendo las pérdidas que tuviera si fuese de tres niveles.

La red diseñada y el equipamiento de la red GPON deben satisfacer los requerimientos técnicos necesarios para ser escalable y flexible ya sea el caso de que la empresa desee aumentar sus servicios a Triple Play o tener un crecimiento en cobertura.

Finalmente se realiza un volumen de obra y presupuesto óptico para verificar que la red no tenga problemas en su implantación, se puede tener varios ahorros en costo debido a que los técnicos encargados están capacitados para realizar varias actividades sin la necesidad de contratar personal externo.

Palabras claves: Fibra óptica. GPON, red de acceso, atenuación, potencia, ancho de banda, red FEDDER, información geográfica.

ABSTRACT

The internet is a fundamental tool in the modern world, becoming a basic service, opening the doors for the advancement of technology, making it essential for all activities, where fiber optics is the most efficient means of transmission of information in the field of telecommunications.

In this research project, a study is carried out of the current network that the company CLICKNET SA owns, in the city of Patate, in which it provides service by radio link, with the objective of designing a Gpon network increasing the QoS, delimiting the city in two zones to supply the requirement of the costumers.

The design and implementation is proposed because the demand from the costumers is notorious to carry out their activities satisfactorily, as well as an FTTH network with fiber optics up to the costumers with two levels of sharing of 1: 8 and 1:16, decreasing the losses that it would have if it were three levels.

The designed network and the equipment of the GPON network must satisfy the technical requirements necessary to be scalable and flexible, whether the company wants to increase its services to Triple Play or have a growth in coverage.

Finally, a volume of work and an optical budget is made to verify that the network does not have problems in its implementation, there can be several cost savings because the technicians in charge are trained to carry out various activities without the need to hire external personnel.

Keywords: Optical fiber, GPON, access network, attenuation, power, bandwidth, FEDDER network, geographic information.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación titulado “Red GPON para la expansión de servicios de telecomunicaciones de la empresa CLICKNET S.A. en el casco central de la ciudad de Patate”, su objetivo principal fue planificar e implementar la red Gpon desarrollándose con los siguientes capítulos:

Capítulo I. Presenta los antecedentes investigativos siendo el principio para el desarrollo del proyecto que han aportado en diferentes aspectos y son puntos clave que impulsan el conocimiento, se describe la teoría de la fibra óptica, las tecnología GPON y sus derivadas, el estándar que ITU-TG 984 al que se rige a implantación de la red, las atenuaciones e inconvenientes que puede tener la fibra en el tendido conjuntamente con los equipos necesarios para la distribución del servicio de internet.

Capítulo II. Se define la población la muestra y se aplica la encuesta para la recolección de información con su respectivo procesamiento de datos enfocando el proyecto a ser factible según la acogida de los encuestados o verificar como se encuentra el mercado que se está dispuesto a trabajar o proponer el servicio.

Capítulo III. El presente capítulo define el desarrollo e implementación de la propuesta planteada, el diseño de la red, la distribución de las zonas y la fibra troncal con su recorrido, las mejores opciones de planificación, el volumen de obra y presupuesto óptico sea este teórico y práctico.

Capítulo IV. Se describe las conclusiones y recomendaciones necesarias para el diseño e implantación, las experiencias vividas en el desarrollo del presente proyecto con respecto a las configuraciones de equipo y su manipulación, se comentan aspecto que hay que tomar en cuenta en varias situaciones que se presentan en campo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

En el Ecuador y a nivel mundial existen varios proyectos de investigación relacionados con las telecomunicaciones y varios servicios compartidos por la tecnología Gpon entre los que se han tomado en cuenta los siguientes:

En la Escuela Politécnica Nacional en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en el año 2016, Geovanna Sthephanye Hidalgo Moreta con su tema “Diseño, simulación y pruebas de un laboratorio de sistemas de comunicaciones ópticas utilizando Matlab Communications System Toolbox, Simulink y Optisystem”, realiza un estudio del comportamiento de varios parámetros importantes de las comunicaciones ópticas, tratando sobre la transmisión, los índices de refracción gradual y escalonado, sobre todo parámetros dinámicos como la atenuación , la dispersión, los efectos no lineales, sus tipos de conexiones, ocupa herramientas computacionales como son las simulaciones proponiendo una optimización del sistema antes de ser implementado mejorando el costo y la eficiencia del servicio conjuntamente con el estudio de los transmisores y receptores ópticos utilizando solo las herramientas ya descritas estando estas a la mano de cualquier estudiante analizar las redes ópticas. [1]

Erwin Andres Calucho Cabezas de la Universidad Nacional de Chimborazo con su proyecto de tesis titulado “Diseño y simulación de una red WDM inducida al efecto no lineal de la fibra denominado STIMULATED BRILLOUIN Scattering” en el año 2018 realiza varias simulaciones para generar el efecto Dispersión Estimulada de Brillouin o SBS utilizando el software de simulación OptiSystem de Optiwave, en una red WDM se indujo el efecto no lineal para determinar los parámetros críticos donde se ve afectada del sistema de comunicación óptico, con el propósito de identificar los valores límites para evitar las no linealidades en la calidad de la transmisión. Para esto se toma en cuenta las velocidades de transmisión, potencias y anchos de banda en el transmisor y receptor. Como resultado obtuvo que a mayor distancia de enlace tiende

a aumentar la longitud efectiva en la fibra óptica, produciendo la disminución de la potencia umbral apareciendo las no linealidades de Brillouin o SBS. [2]

En el trabajo de titulación “Diseño de una red de planta externa FTTH con tecnología GPON para la población de Barreiro Nuevo, de la ciudad de Babahoyo, Provincia de Los Ríos” realizado en el año 2016 por Andrea Karina Carrera Flores de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador realiza lo que es un estudio de mercado, el caso de estudio de la demanda determinando la zona geográfica del diseño para el despliegue de planta externa FTTH con tecnología GPON obteniendo un artículo técnico definiendo la red pasiva y activa teniendo como resultado que “En una red GPON no es tan importante la distancia del enlace, si no los conectores utilizados, es decir, se podría llegar a una mayor distancia disminuyendo la cantidad de conectores”. El autor aclara la importancia al momento de elegir el tipo de fibra óptica, en caso de utilizar varios tipos de fibra dentro de una red comprobar que los mismos sean interoperables entre sí, dicho proyecto utilizó la fibra óptica G.652-D con la G.657-A; para la red de dispersión existe la G.657B que da mayor flexibilidad dentro de la oficina del cliente, sin embargo la misma no trabaja de una manera óptima con la G.652D, esa es una de las razones por las cuales se escogió el tipo G.657A que a pesar de ser menos flexible presenta una excelente compatibilidad con la red de distribución. [3]

En el proyecto de la Escuela Politécnica Nacional Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica con el título “Diseño y simulación de una red Gpon para ofrecer servicio triple play en el sector de San Antonio de Ibarra para CNT-EP” año 2018 elaborado por Bruno Leandro Velasco Rivera, inicia con los conceptos fundamentales de la fibra óptica, sobre el esquema necesario para un red Gpon, su objetivo es ejecutar instalaciones triple play para el sector de Ibarra conjuntamente con un análisis de la red ya existente, plantea un estudio de mercado exhaustivo para calcular el tamaño de la muestra y así obtener la proyección de la demanda, indica las características de cada tipo de fibra óptica y equipos necesarios para seleccionar los mejores, que abarque las necesidades de las instalaciones, plantea todos los casos que podrían ocurrir en las instalaciones como por ejemplo cuando un abonado está cerca las pérdidas son mínimas utilizando splitters 1/32 y cuando un abonado está lejano esto provoca pérdidas máximas con splitters 1/64 para cubrir la gran densidad de usuarios, elabora una demostración de la herramienta OptiSystem que procede a la simulación de los

casos críticos, analizando los aspectos de cada uno, teniendo como resultado, la potencia que llega al receptor óptico de la OLT (-23.14 dBm) desde la ONT del usuario más lejano con pérdidas máximas en el upstream, calculada en el presupuesto óptico es casi igual a la potencia que se obtuvo en la simulación (-23.884 dBm) garantizando un correcto enlace óptico, ya que la potencia está por arriba de la sensibilidad mínima del receptor de la OLT (-28 dBm). Finalmente acaba con costos referenciales del proyecto mediante una proforma de lo que en realidad valdría la puesta en marcha. [4]

En la ciudad de Quito en el año 2015 se ejecutó un proyecto de investigación en la Universidad Politécnica Salesiana a cargo de David Ricardo Ruiz Lovato, titulado “Estudio comparativo y Simulación de las Tecnologías PON Tradicionales y Emergentes ” que trata de un estudio sobre la situación de las redes de fibra óptica en esa época en el Ecuador, se realiza una tabla comparativa de ventajas y debilidades de cada tecnología para identificar cual puede ofrecer servicio Nplay, efectúa varias simulaciones en el software Optisystem ya que se puede interactuar con herramientas de simulación como MATLAB o SPICE logrando varios cálculos necesarios simulando los enlaces ópticos en la capa física de una variedad de redes pasivas, en las cuales está las redes GPON, se logra diseñar lo que es el Transmisor óptico, medio de transmisión, receptor óptico y mediante sus logaritmos se puede obtener los parámetros de transmisión. Se determinó entre las tecnologías simuladas que las mejores redes de acceso para ofrecer servicio Nplay son Gpon y XGPON Por su alta capacidad de ancho de banda pero la mejor es la XGPON debido a que el factor de calidad de es 0.19% mejor respecto a GPON. [5]

1.1.1 Contextualización del problema

Tras realizar varias investigaciones se obtuvo como resultado que la crisis del Covid-19 tuvo gran repercusión, en el artículo publicado por la EAE Business School en “La crisis del COVID-19 y su impacto en el sector tecnológico” revela que la distribución de conexiones de banda ancha fija en América latina en el 2020, teniendo que el 36% son conexiones fijas por cable, el 33% tiene un uso de DLS y solamente el 22.5 % representa la infraestructura de fibra óptica. Al mantener las conexiones distintas a Fibra óptica ha hecho que la velocidad de descarga de banda ancha de línea fija en América Latina en el 2020 sea de tan solo 22 Mbit/s, comparada con los de 74,64

Mbit/s de velocidad promedio de conexiones fijas a internet a nivel mundial durante esta crisis. Esto demuestra que América Latina todavía tiene terreno que recorrer para situarse en la media mundial en lo que se refiere a velocidad de datos. [6]

Debido a la topología que existe en el Ecuador se ha hecho tradicional las transmisiones por cable de cobre, pero debido a que este no permite navegar en la red a altas velocidades, varias compañías ofrecen un mejor ancho de banda y navegación más rápido migrando de enlaces de radio a fibra óptica. [6]

Los efectos principales que ha tenido el poseer una conexión por radio enlace conjuntamente con la pandemia del covid-19 es que las familias al permanecer más tiempo en sus hogares han provocado que el sistema de internet se sature, porque la demanda de ancho de banda creció. [7]

Esteban Inga Ortega, doctor en Telecomunicaciones, realizó un muestreo en el que determinó que Ecuador tiene un promedio de 32 megabytes (MB) de banda ancha. “Para que un profesor de universidad tenga un buen rendimiento en clases, por lo menos, debería contar 75 megabytes por segundo de ancho de banda (Mbps), para desempeñarse en plataformas.” [7]

El efecto principal que se refleja en el País al tener internet por radio enlace o datos móviles es la mala calidad ya que estos dependen de la interferencia que puede ser provocada por otras empresas, las pérdidas en el espacio libre, también cuando existe una línea de vista afectada por cambios ambientales como una neblina espesa, todos estos factores se muestran en el desempeño estudiantil e incluso en Tele-Trabajo donde toda la ciudadanía demuestra su insatisfacción. [8]

Existen lugares donde ni el servicio de internet el cliente puede tener por falta de planeación siendo el Ecuador unos de los países que menos libertad al acceso al internet y poco interés por parte de los abonados, pero al pasar por una pandemia mundial el internet se volvió un recurso básico indispensable para el desarrollo tanto personal como profesional hasta para el óseo humano. [8]

Con todos los datos obtenidos el diseño y análisis de una Red GPON para la expansión de servicios de Telecomunicaciones de la empresa CLICKNET S.A. en el Casco Central de la Ciudad de Patate sea de gran importancia para tener más cobertura y

disminuir la falta de acceso a internet de alta velocidad, lo que pone en jaque a la población, arriesgando quedar fuera del gran salto tecnológico, que fue impuesto por la pandemia, pero siempre ha sido un déficit en el momento de diseñar la red.

Gracias a los avances en el área de Telecomunicaciones, el uso de la fibra óptica permite la planeación de planta externa utilizando la tecnología GPON y sus aplicaciones. El presente proyecto busca brindar mayor velocidad en la transmisión y recepción de datos eliminando el ruido e interferencia provocada por otras tecnologías, el objetivo principal es que los clientes de CLICKNET S.A. puedan tener servicios adicionales de internet por fibra óptica impulsando la producción de locales comerciales, PYMES e incluso grandes empresas para el desarrollo socioeconómico del casco central de la Ciudad de Patate de la Provincia de Tungurahua.

1.2 Fundamentación Teórica

1.2.1 Fibra Óptica

En la actualidad el par trenzado de cobre no es suficiente para el requerimiento de los clientes, la demanda de altas velocidades de transmisión ha aumentado, para esto se necesita un medio de mayor capacidad. El medio óptimo de transmisión de señales es la fibra óptica debido a que tiene un índice de reflexión alto por su gran ancho de banda puede alcanzar grandes distancias y altas velocidades.

1.2.2 Espectro Electromagnético

La longitud de onda es un término muy común cuando se trata de fibra óptica, la longitud de onda se define como el espacio que existe en un ciclo completo de la misma su fórmula es la siguiente:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad \text{Ecuación 1 Longitud de honda}$$

λ =Longitud de onda (m)

c= velocidad de la luz (m/s)

f=frecuencia en (Herz)

La fibra óptica y sus instrumentos trabajan en la sección del espectro del infrarrojo y de la luz visible al tener altas frecuencias se utilizó longitud de onda en lugar de las mismas que corresponde los 400 a los 700 nm visibles. [9]

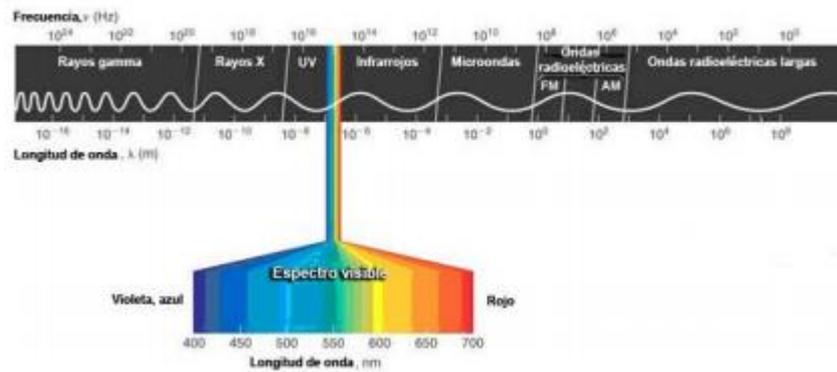


Figura 1 Espectro Electromagnético

Fuente: <https://copublications.greenfacts.org/es/lamparas-bajoconsumo/figtableboxes/light-spectrum.htm>

1.2.3 Parámetros de transmisión de la luz en la fibra óptica

La luz es un parámetro importante al momento de transmitir información, existen factores que pueden alterar los datos enviados desde el TX al RX todo esto depende de la luz la información puede ser erróneos o correctos, la luz significa “1” y si no hay luz “0”, el principio primordial de la fibra óptica se basa en las leyes de reflexión y refracción, la luz depende de ellas al transmitir datos. [10]

1.2.3.1 Ley de reflexión

Este fenómeno se provoca cuando un haz de luz incide sobre un material o superficie de diferente densidad en el instante que viaja, con un ángulo incidente θ_i , el rayo se refleja creando de igual forma un ángulo reflejado θ_r . La reflexión total ocurre cuando el rayo de luz no traspasa el material incidente produciendo los ángulos θ_i y θ_r tomando como referencia la normal los dos son iguales. [1]

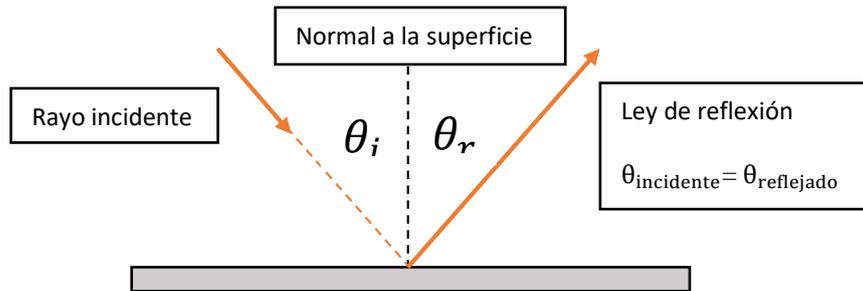


Figura 2 Ley de Reflexión [11]

1.2.3.2 Ley de refracción de Snell

Es cuando un rayo de luz está viajando en un medio n_1 , incide en un medio diferente n_2 , este fenómeno provoca que el rayo incidente tenga una desviación en su trayectoria este haz se lo nombra haz refractado. La ley de Snell lo denomina como una relación entre índices de diferentes medios a los senos inversos de sus ángulos dependiendo de la normal que separa los medios cumpliendo la expresión. [1]

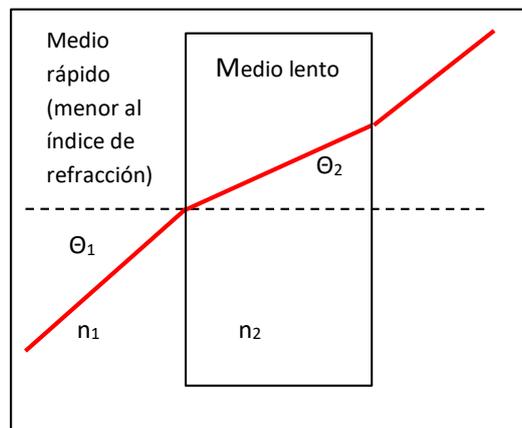


Figura 3 Ley de Snell [11]

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1}$$

Ecuación 2 Ley de Snell

1.2.3.3 Ángulo Crítico

Todo depende del índice de refracción de cada material o medio, el ángulo crítico es el ángulo de menor incidencia, logrando que el rayo de luz permanezca en el núcleo de la fibra evitando pérdida de datos en el manto, esto sucede cuando el ángulo de refracción θ_2 es un ángulo recto es decir forma un ángulo de 90 grados, en la normal entre el núcleo y el manto. [1]

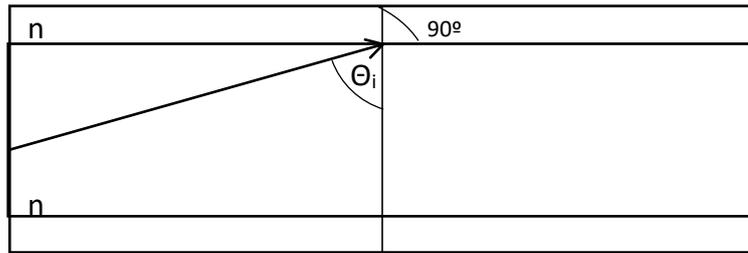


Figura 4 Ángulo Crítico [1]

Según la ley de Snell, el ángulo crítico es el siguiente

$$\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad \text{Ecuación 3} \text{ Ángulo Crítico}$$

Para que no se pierda información en el trayecto del haz de luz debe cumplir las siguientes condiciones

$$n_1 > n_2 : \theta_1 > \theta_c$$

Donde n_1 y n_2 son los índices de refracción de los medios

Si hay refracción $\theta_1 < \theta_c$

Hay reflexión total si $\theta_1 > \theta_c$

1.2.3.4 Ángulo de acoplamiento o aceptación

Al tener un espacio de aire entre la fuente generadora del haz de luz y la fibra, produce que el haz de luz debe pasar de un medio a otro donde θ_0 es el ángulo que forma el haz al ingresar.

El θ_R es igual al complemento del ángulo que incidió sobre la división de la fibra y el manto θ_1 y θ_0 llamado también ángulo entrante, donde el aire posee un índice de refracción $n_0 <$ al núcleo

Lo principal es lograr que la mayor parte de haces de luz ingresen de un medio (aire) a el núcleo de la fibra, hablaremos del ángulo máximo de acoplamiento o aceptación este ángulo define el grado máximo en que la luz debe refractarse para ingresar al núcleo. [1]

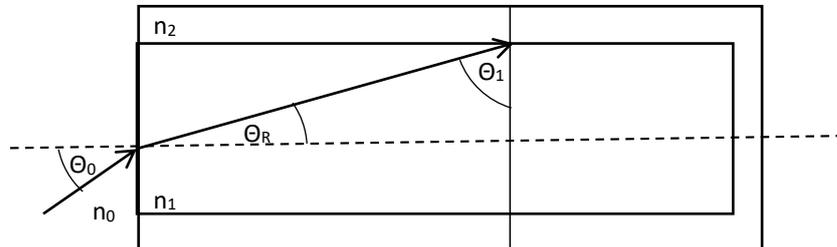


Figura 5 Ángulo de acoplamiento [1]

Cumpliendo que $n_0 < n_1$ de esta manera una gran parte de haces de luz se refractaran determinando que: [9]

Angulo del haz de luz fuera del núcleo θ_0

Angulo de aceptación θ_{0a}

$$\theta_0 < \theta_{0a}$$

1.2.3.5 Apertura Numérica

La apertura numérica define la cantidad de haces de luz que puede soportar el núcleo de la fibra, esta cifra viene definida por el ángulo de aceptación y los índices de refracción de cada medio sea este el núcleo n_1 y el manto n_2 . [10]

$$AN = \sin(\theta_{0a})$$

Al basarnos en la ley de Snell podemos obtener:

$$AN = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \text{Ecuación 4 Apertura numérica}$$

Al tener los materiales del núcleo y del manto con índices de refracción casi iguales la apertura numérica decrece y el ángulo de aceptación disminuye exigiendo de esta manera que la fuente de luz sea directiva.

1.2.4 Fibra Óptica

La fibra óptica es un hilo fino de vidrio se construye con una finalidad, mantener un índice de refracción para mantener el haz de luz en su interior, está recubierta con un protección para enfrentar los medios exteriores, entre sus principales cualidades es que reduce la atenuación de la señal óptica, es inmune a interferencias eléctricas y electromagnéticas, generalmente se comercializa en pares de (4, 8, 16, 32,...). [12]

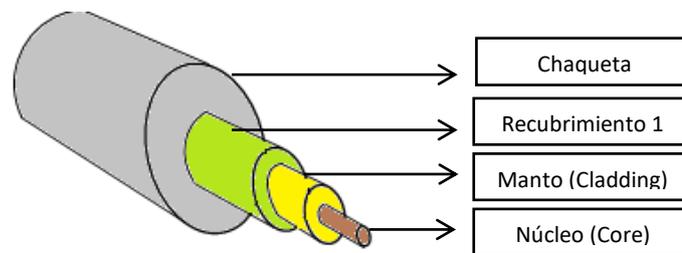


Figura 6. Estructura básica de fibra óptica. [12]

El cable de Fibra óptica está compuesto por al menos cuatro capas, de esto depende su clasificación por características ya que dan seguridad y protección a la fibra. [10]

Núcleo Óptico

El núcleo está formado por un material llamado sílice que le permite a los rayos de luz viajar hasta llegar a su destino con un índice de refracción mayor al del manto.

Revestimiento de fibra (Manto)

Este también típicamente de vidrio con la diferencia que posee un índice de refracción menor, los rayos de luz en su camino se reflejan al interior sin tener pérdidas de información en la transmisión.

Revestimiento de protección (Buffer)

Está formado por polietileno es el encargado de cubrir el núcleo y el manto, aísla las fibras que se encuentren en la chaqueta exterior.

Chaqueta exterior

Cubre todas las fibras y sus componentes evitan que un rayo de luz exterior se filtre, está hecho de polietileno. En varias ocasiones tiene una capa de hilos de Kevlar debido a que da más rigidez y protección.

Espectro óptico – Ventanas de Trabajo

En la figura a continuación se muestra las ventanas en las que trabaja la fibra óptica tratando de la longitud de onda para que el sistema de comunicaciones opere, todo depende de la estructura de la fibra para especificar su ventana de operación.

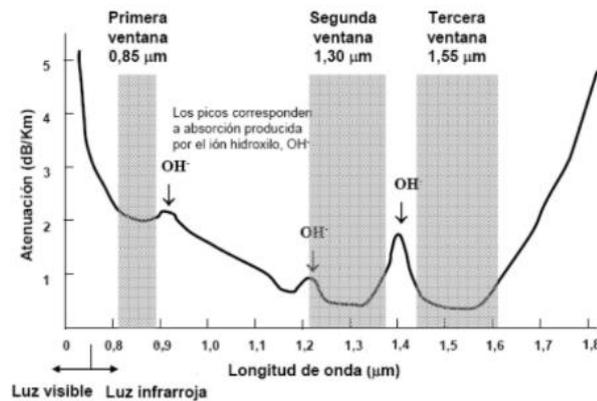


Figura 7 Ventana de trabajo de la Fibra óptica

Fuente: <https://blogdepromax.wordpress.com/2014/02/28/historia-de-la-fibra-optica-iii-transmision/>

Bandas de Transmisión en Fibra Óptica

La ITU posee varios estándares que definen las siguientes bandas de transmisión que va desde la segunda ventana de operación hasta la tercera que es la zona que menos pérdidas posee en la transmisión de datos.

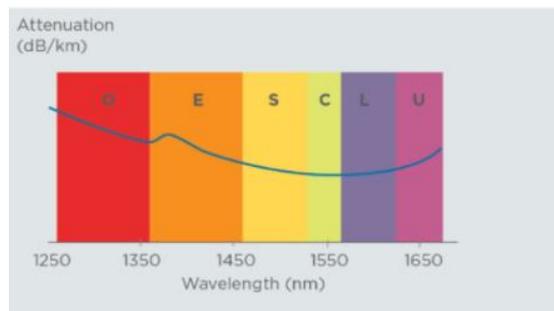


Figura 8 Ventanas de trabajo de la Fibra Óptica [13]

En la tabla a continuación están presentes las bandas en las que se puede transmitir si se trabaja con un multiplexor, el que ayuda a transmitir en varias bandas aumentando la capacidad de la red. [13]

Tabla 1 Valores de cada ventana de trabajo [13]

O - banda (Original)	1260-1360nm
E - banda (Extendida)	1360-1460nm
S - banda (longitud de onda corta)	1460-1530nm
C - banda (Convencional)	1530-1565nm
L - banda (longitud de onda larga)	1565-1625nm
U - banda (longitud de onda ultra larga)	1625-1675nm (Solo monitoreo)

1.2.5 Tipos de Fibra Óptica

Los tipos de fibra óptica se dividen dependiendo su modo de propagación de la luz ya sea por reflexión o refracción, la misma que se define también por las características de su núcleo con referencia al revestimiento, esta puede ser monomodo o multimodo a continuación se describe su clasificación.

Los tipos se definen según su núcleo/revestimiento, expresado en micras.

1.2.5.1 Fibra Monomodo (SM)

Este tipo la luz se propaga en un solo modo tiene un diámetro reducido de núcleo.

Su principal característica es que la luz viaja de manera paralela al eje de la fibra ya que el diámetro de su núcleo estrecho permitiendo solo un modo de transmisión eliminando así los desfases y disminuyendo la dispersión, posee mejores características que una fibra multimodo porque alcanza largas distancia en tendido de fibra con mayor velocidad de transmisión. [4]

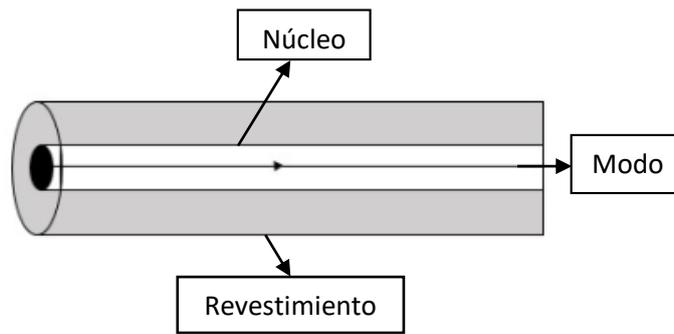


Figura 9 Fibra Monomodo [14]

Características

- Atenuación típica entre 01 dB y 0.4dB por kilometro
- Núcleo de 4 μ m y 10 μ m
- Acoplamiento de luz preciso fuente de luz emitida por láser
- Trabaja en las ventanas de 1310nm y 1550nm
- Posee dispersión cromática
- Ancho de banda elevado
- Bajas perdidas
- No tiene dispersión modal
- Idónea para enlaces de larga distancia
- Índice de refracción del manto con referencia al núcleo es de 1%
- Altos costos para los medios activos

1.2.5.2 Fibra Multimodo

El haz de luz se propaga de diferentes modos, es más utilizada en cortas distancias, debido a su índice de refracción existen dos: la de índice escalonado sus rayos ópticos se transportan simultáneamente reflejándose con distintos ángulos en el núcleo teniendo cada haz distancias diferentes y de índice gradual su núcleo está formado de materiales con distintos índices de refracción provocando que la luz se refracte varias veces. [10]

Este tipo de fibra posee un diámetro de núcleo amplio, así puede propagar de distintos modos la luz de manera combinada.

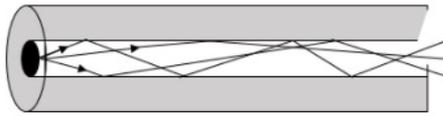


Figura 10 Fibra Multimodo [14]

Para calcular la cantidad de modos máximos que puede tener la fibra lo podemos realizar con la siguiente ecuación:

$$M = 0.5 \left(\frac{\pi d_n AN}{\lambda} \right)^2 \quad \text{Ecuación 5 Modos máximos para una fibra}$$

Donde

Número de modos M

Diámetro del núcleo d_n

Longitud de onda λ

Características

- Atenuación de entre 0.3 dB y 1Db por kilómetro
- Diámetro del núcleo de 50 μ m o 62.5 μ m
- Es posible utilizar un Led como fuente de emisión
- Pérdidas superiores y bajo ancho de banda
- Bajo costo de instalación
- Pueden tener su índice de refracción fijo o índice gradual
- Instalaciones de corta distancia menores a 2km de longitud
- Para la instalación no se requiere elementos de precisión
- Trabaja en las ventanas de 850nm y 1300nm

Fibra multimodo de índice escalonado

Su principal característica es que tanto el índice de refracción de manto como el del núcleo son constantes logrando que la luz se transmita a la misma velocidad.

La fibra multimodo de índice escalonado posee una amplia apertura numérica provocando que cada haz de luz forme su propia trayectoria llegando al destino en diferentes velocidades, al suceder esto se crea un ensanchamiento en el pulso

obteniendo el nombre de dispersión modal. Como resultado a este proceso se tiene un ancho de banda bajo y una velocidad lenta. [1]

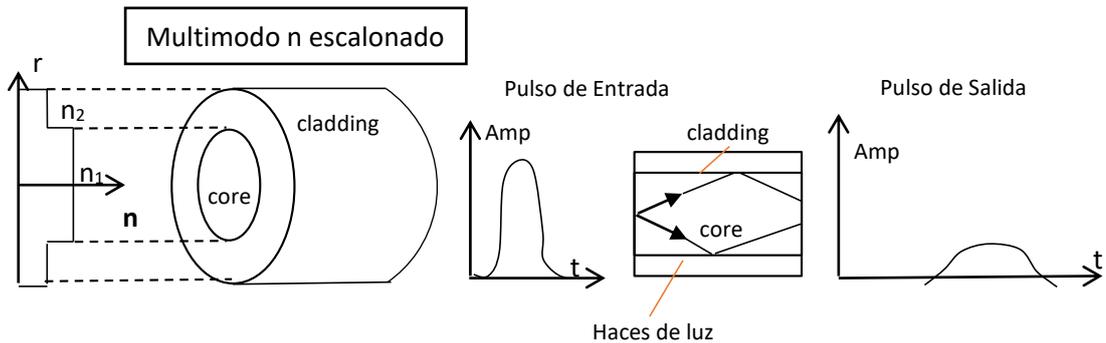


Figura 11 Multimodo Escalonado [1]

Fibra multimodo de índice gradual

El índice de refracción del núcleo disminuye según el haz de luz llegue al manto así tomando una forma ondulada en su trayectoria, al suceder esto se mejora el problema de la dispersión modal, con un índice de refracción no constante en el núcleo de la fibra. [15]

Al contrario que el índice escalonado el índice gradual incrementa la velocidad para las trayectorias largas, decremento de la velocidad para trayectorias más pequeñas, utilizando menor energía y aumentando el ancho de banda. [15]

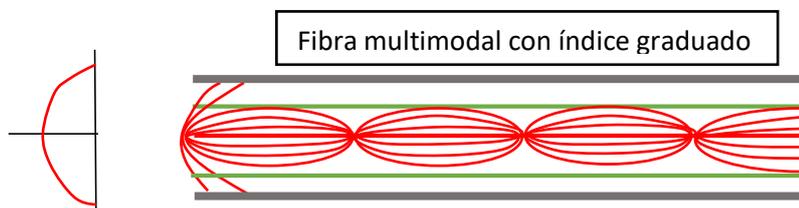


Figura 12 Fibra Multimodal con índice gradual [15]

1.2.5.3 Características generales fibra monomodo y multimodo

La fibra óptica posee varias características la tabla 2 se realiza con el objetivo de diferenciar entre la fibra multimodo y la fibra monomodo siendo esta guía de onda para la transmisión:

Tabla 2 Características de los tipos de fibras

Características	Fibra multimodo	Fibra monomodo
Longitud de onda	850nm – 1310nm	1.310nm – 1.550nm
Diámetro del núcleo	50(μm) y 62.5(μm)	4(μm) a10(μm)
Apertura numérica	Mayor	Menor
Distancia máxima	$\sim 2(km)$	$\sim 10(km)$
Velocidad de operación	$\sim 1.2(Gbps)$	$\sim 100(Gbps)$
Fuente de luz	Led	Láser
Uso	Redes LAN	Redes WAN y troncal de redes LAN
Conectorización	Sencilla, no requiere de electrónica de precisión	Compleja, requiere de electrónica de precisión y es más costosa

Elaborado por: El Investigador

1.2.6 Ventanas de trabajo transmisión para la fibra óptica

Las ventanas en las que trabaja la fibra óptica son zonas o partes en el espectro electromagnético donde existen condiciones idóneas para transmitir información con una atenuación reducida. [16]

Cada ventana tiene su atenuación más conocida como pérdida de potencia evitando así que la señal de luz alcance su transmisión máxima. [16]

- **Primera ventana (850nm):** Fuente de luz Led, distancias cortas y fibras multimodo
- **Segunda ventana(1310nm):** Fuente de luz Láser, distancias medias y fibras monomodo/multimodo (Banda O)
- **Tercera ventana (1550nm):** Fuente Laser, distancias largas y fibras monomodo (Banda C)
- **Cuarta ventana (1625nm):** Fuente laser, Fibra monomodo, a prueba (Banda L)
- **Quinta ventana (1470nm):** Luz Laser monomodo, a prueba (Banda E y S)

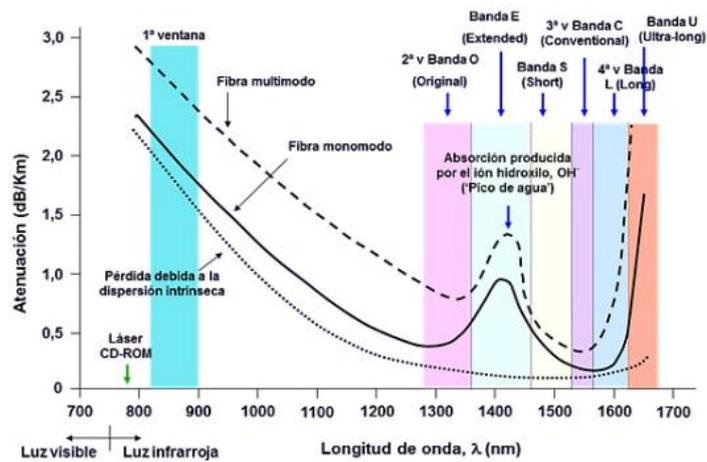


Figura 13 Atenuación y ventanas de Trabajo [16]

En la actualidad las ventanas más utilizadas son (bandas O, S, C, L) especialmente para áreas WAN, pero es la más utilizada es la tercera por su mínima atenuación así poder emplear amplificadores de fibra dopada con erbio (EDFA) y Rama.

En la tabla 3 se describe las ventanas de operación, los rangos en las que trabaja y las atenuaciones correspondientes.

Tabla 3 Bandas espectrales y ventanas de trabajos de la fibra óptica [16]

BANDA (UIT-T)	VENTANA	RANGO λ (nm)	λ Utilizada (nm)	Atenuación típica (db/km)
-	1er	800-900	850	2.50
Original (O)	2da	1260-1360	1310	0.34
Extendida (E)	5ta	1360-1460	1410	0.31
Corta (E)	5ta	1460-1530	1490	0.25
Corta (S)	3ra	1530-1565	1550	0.20
Larga (L)	4ta	1565-1625	1610	0.22
Ultra Larga (U)	Sin explorar	1625-1675	1650	-

1.2.7 Técnicas de Multiplexación

Las técnicas de multiplexación son utilizadas para aprovechar el espectro óptico, debido que la fibra óptica trabaja con dos longitudes de onda comúnmente 1310nm de Upstream y 1490nm de Downstream las técnicas utilizadas pueden es:

1.2.7.1 Multiplexación por división de tiempo TDM

En el presente tipo de multiplexación al incrementar la frecuencia de la señal de salida en referencia a la de entrada, se optimiza el canal de transmisión.

Se tiene como resultado que en un mismo intervalo de tiempo se pueda incluir más bits para ser transportados con información, este tipo de multiplicación se puede realizar de manera óptica o eléctrica siempre con el mismo protocolo. [16]

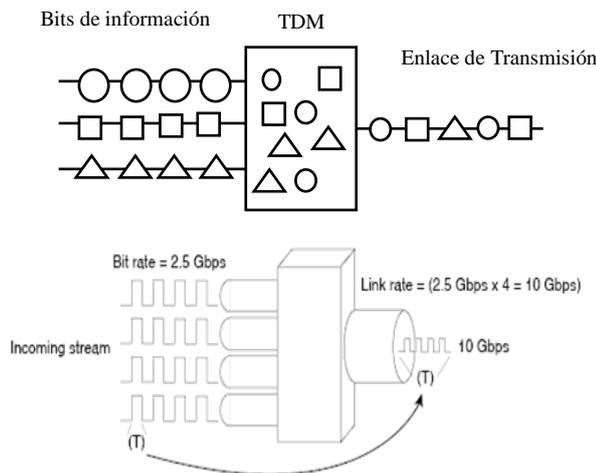


Figura 14 Multiplexación TDM [16]

• **PDH:** es el primer estándar en aparecer en transmisión digital sus siglas significa Jerarquía Digital Plesiócrona, por lo general se utiliza en la telefonía para enviar un conjunto de canales por un medio este puede ser cable coaxial, radio o microondas también puede utilizarse en fibra óptica a pesar de que su diseño no es para este estándar. [17]

Estándares

- **T1** Estándar de Norteamérica que tiene 24 canales de 64Kbps su capacidad total es de 1.544Mbps.
- **E1** Estándar Europeo, el E1 tiene 30 canales de 6Kbps y 2 canales de reserva para señalización y sincronía con capacidad total nos da 2.048Mbps.

- **J1** Estándar Japonés que tiene una velocidad de transmisión de 1.544 Mbps con 24 canales de 64kps su trama es de 193bits (24x8bits, canales de voz/datos más un bit de sincronización). Donde $193 \text{ bits/trama} \times 8000 \text{ tramas segundo} = 1544000\text{bps}$ o 1.544Mbps. [17]



Figura 15 Trama PDH [17]

- **SDH:** Conocida en Europa como Jerarquía Digital Síncrona o también como SONET Red Óptica Síncrona en América del Norte, es un grupo de protocolos de transmisión de datos, los cuales soporta anchos de banda altos para ser transmitidos, su trama básica se llama STM-1 tiene una velocidad de 155Mbps alojando canales de información. [17]

- STM-4 (622,08 Mbps)
- STM-16 (2488,32 Mbps)
- STM-64 (9.953,28 Mbps)

- SONET parte de una velocidad de 51.84mbps

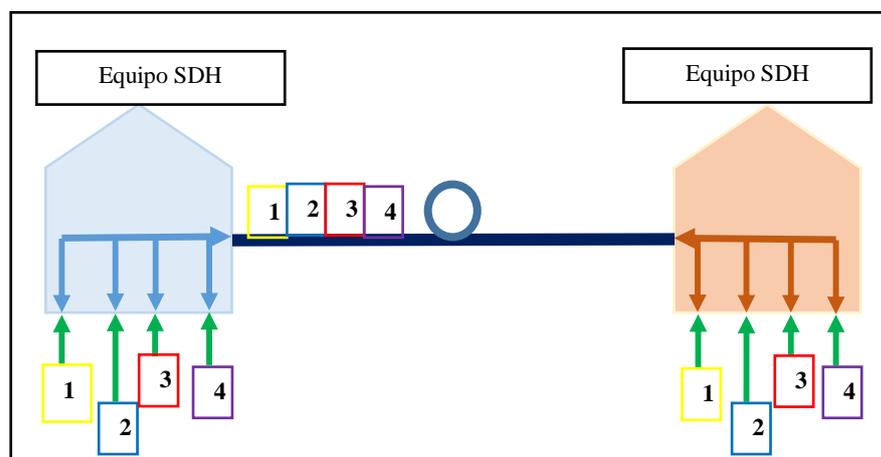


Figura 16 Jerarquía Digital SDH [17]

1.2.7.2 Multiplexación por División de Longitud de Onda - WDM

La multiplexación WDM envía varias señales diferentes en frecuencias de láser distintas, de esta manera se logra que el receptor reconozca y filtre la señal óptica. Si

se trabaja en distancias cortas, como por ejemplo una oficina, tendremos una atenuación de la fibra (mínima para una longitud de onda de 1,55 (µm) y la dispersión mínima para 1,3 (µm) no presenta un gran problema. Es así como se transmite diferentes señales con una longitud de onda indistinta la una de la otra sobre un mismo medio de transmisión de manera simultánea, tanto el receptor como el transmisor deben trabajar sobre un medio óptico. [18]

La implementación de la multiplexación WDM es un avance tecnológico que solo se utiliza una fibra para proporcionar comunicación “full dúplex” como se observa en la figura 17 en diferentes longitudes de onda, con diferentes canales se Transmite de extremo a extremo.

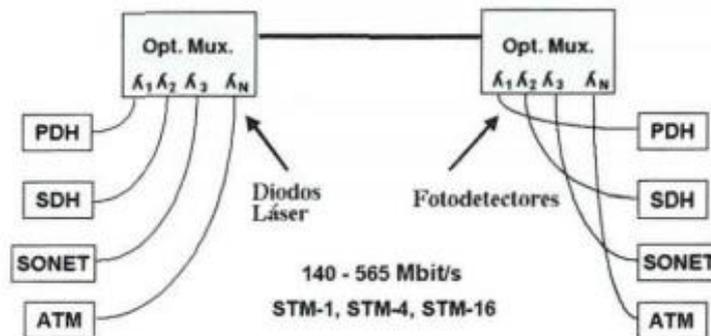


Figura 17 WDM Multiplexación en longitud de onda [18]

La figura 18 define que la multiplexación WDM transmite varia información al mismo tiempo esta puede ser voz video y datos. También tiene la capacidad de trabajar en formatos SONET, SDH, AMT, IP, SONET/SDH (PoS) Y GibE. [19]

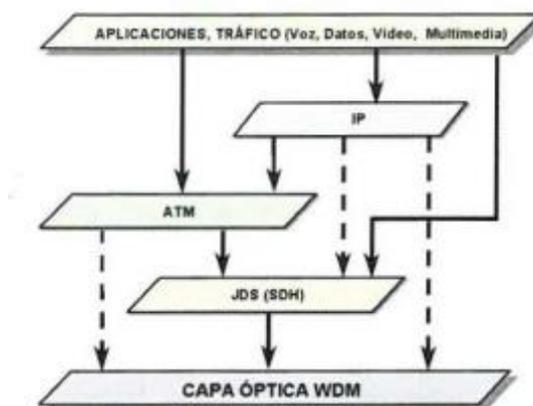


Figura 18 Modelo de Transporte (Banda Ancha) [18]

Debido a la gran demanda de un ancho de banda y capacidad de transmisión rápida de datos, en una sola fibra, la implementación de la multiplexación WDM se ha visto necesaria, de esta manera se han creado dos tipos de conectividad los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4 Elementos y Tipos de WDM [20]

Características	CWDM	DWDM
Número de canales	18	40 - 320
Longitud de onda	1270 -1610 nm	1530 – 1625 nm
Estándar ITU-T	G.694.2	G.694.1
Separación entre canales	20 nm	0.8 nm(100 GHz): 40 canales 0.4 nm(50 GHz): 80 canales 0.2 nm(25 GHz): 160 canales 0.1 nm(12,5 GHz): 320 canales
Alcance máx.	60 Km (Aprox)	Limitado (con Amplificadores y repetidores)
Aplicación	LAN, MAN	MAN, WAN
Costo	Bajo	Medio-Alto

1.2.8 Características de Fibra óptica

La fibra óptica posee varias características entre ellas las mecánicas que definen varios parámetros con:

Tensión: es una fuerza externa que puede contraer o estirar superando su nivel de elasticidad provocando que el cable se fracture o forme micro curvaturas causando pérdidas en la transmisión. [10]

Compresión: la compresión es una fuerza externa que se aplica en la fibra de manera perpendicular. [10]

Impacto: el recubrimiento de la fibra es una gran ayuda para evitar impactos. [21]

Curvatura: el valor del radio de curvatura debe ser diez veces mayor al diámetro de la fibra óptica, donde el recubrimiento evita que el ángulo de curvatura sobrepase su valor. [10, 21]

Torsión: la torsión puede causar deformaciones en la fibra en las condiciones dinámicas que suceden en el momento de instalar o su vida útil, puede suceder este fenómeno alterando las propiedades del recubrimiento de la fibra. [21]

Condiciones Térmicas: la principal condición es la temperatura ya que dependerá del material que este hecha la fibra para soportar la temperatura. [10]

1.2.9 Pérdidas en la fibra óptica

Existen factores que aportan a las pérdidas de la fibra desde su proceso de fabricación hasta los usos que se le dan, la transmisión de la fibra no en 100% siendo los factores de perdidas, en el mercado se requiere fibras de bajas pérdidas o se utilizan amplificadores ópticos que soportan la transmisión de miles de kilómetros al compensar las pérdidas. [22]

1.2.9.1 Atenuación

Al obtener pérdidas de potencia en el cable de fibra esta toma el nombre de atenuación provocando pérdidas en la onda de luz al cruzar el cable, causando reducción del ancho de banda lentitud en la transmisión de datos, la eficiencia y capacidad del sistema, las pérdidas totales se representan con la siguiente ecuación. [9]

$$A(dB) = 10 \log \frac{P_{sal}}{P_{entr}} \quad \text{Ecuación 6 Atenuación en dB}$$

Donde

$A(dB)$ = atenuación

P_{sal} = Potencia de salida del cable de fibra óptica (watts)

P_{entr} = Potencia de entrada al cable de fibra (watts)

El coeficiente de atenuación está representado con dBm en la siguiente formula se representa con respecto a 1mW:

$$A = 10 \log \frac{P_{sal}}{1mW} \quad \text{Ecuación 7 Atenuación en dBm}$$

Atenuación del enlace

En este punto existen varias pérdidas en la red desde el nodo óptico y el cliente, existe organismo que regulan y estandarizan los elementos de red Gpon como por ejemplo la atenuación de varios conectores y Splitters, mediante la recomendación UIT-T G 652 obtenemos la siguiente ecuación.

$$A = \alpha L + \alpha_S x + \alpha_c y \quad \text{Ecuación 8 Atenuación del enlace}$$

Donde

- A: Atenuación
- α : coeficiente de atenuación FO (dB/Km)
- L: distancia del enlace (km)
- α_S : Atenuación promedio empalme (dB)
- α_c : Atenuación promedio por conectores (dB)
- x: núm. de empalmes
- y : núm. de conectores

A la atenuación en unidad de (dB) resultante se añade las atenuaciones de:

$$A_T = A + A_{S2} + A_{S4} + A_{S8} + A_{S16} + A_{S32} + A_{S64} + A_E$$

Ecuación 9 Atenuación Total

- A_T : Atenuación total
- A: Atenuación de la fibra óptica
- A_{S2} : Atenuación por el Splitter 1:2(dB)
- A_{S4} : Atenuación por el Splitter 1:4 (dB)
- A_{S8} : Atenuación por el Splitter 1:8 (dB)
- A_{S16} : Atenuación por el Splitter 1:16 (dB)
- A_{S32} : Atenuación por el Splitter 1:32 (dB)
- A_{S64} : Atenuación por el Splitter 1:64 (dB)
- A_E : Atenuación por agentes extrínsecos

1.2.9.2 Pérdida por absorción

Las pérdidas por absorción dependen directamente del material que está hecha la fibra ya que las impurezas no permiten que el rayo de luz viaje en su trayectoria normal existen dos categorías, las pérdidas por absorción dependientes del material de fabricación y las pérdidas por absorción extrínseca causadas por las impurezas del material dentro de la sílice. [22]

Absorción por material o intrínseca

- **Absorción ultravioleta:** al incrementar la longitud de onda la absorción ultravioleta disminuye de manera significativa desapareciendo a los 1000 [nm] de longitud de onda, se produce por los electrones en el material de silíceo estos son ionizados pasando a la capa de conducción teniendo pérdidas de transmisión. [1, 9]
- **Absorción infrarroja:** es la interacción que se produce en el núcleo de vidrio que absorbe fotones de luz provocando calentamiento, al tener una longitud de onda desde 1400 [nm]. [1, 9]
- **Absorción por resonancia de iones:** durante la fabricación quedan moléculas de agua que son fuente de iones $-OH$ la absorción también es causada por moléculas de otros materiales que se incluyen en la fabricación de la fibra como el Fe Cu y el Cr. [9]

Absorción Extrínseca, debida a las impurezas.

Esta pérdida se provoca por las impurezas en el interior de la fibra en su fabricación de la fibra como por ejemplo los iones metálicos de Fe^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{3+} o por OH, este tipo de impurezas deben ser menos de una parte por billón. [23]

1.2.9.3 Perdidas por dispersión de Rayleigh y Mie (fabricación)

Rayleigh: Al ser fabricada la fibra se forman hilos de diámetro sumamente pequeño, en el proceso el vidrio está en un estado no líquido ni sólido, al exponer el vidrio al frío se producen impurezas que se quedan de manera permanente en su interior, al transmitir por la fibra los rayos de luz chocan con estas irregularidades provocando la difracción, la luz se dispersa formando diferentes ángulos, varios rayos continúan en

su trayectoria al receptor mientras que otros cruzan al revestimiento, estos producen una pérdida llamándose pérdida por dispersión de Rayleigh. [9, 24]

Su característica principal en esta dispersión es que el diámetro de la irregularidad es mucho menor a la longitud de onda de la onda de luz.

Mie: Esta dispersión es provocada cuando el rayo de luz choca con un material distinto al medio de su material con diámetro comparable o mayor con la longitud de onda del haz logrando una difracción para adelante. [4]

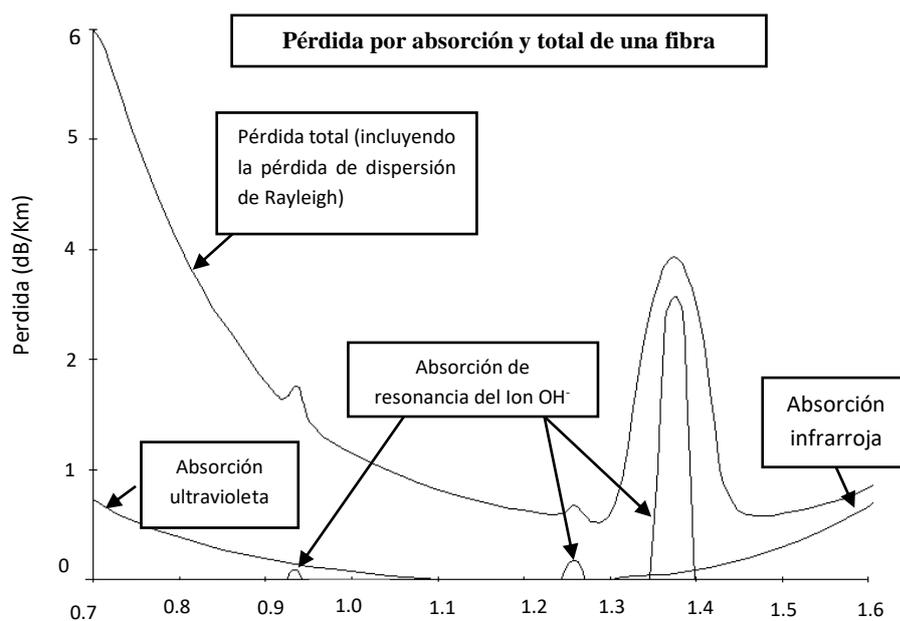


Figura 19 Pérdidas de la Fibra Óptica [9]

1.2.9.4 Pérdidas por curvaturas.

La fibra óptica se encuentra expuesta a factores externos como el bobinado manipulación para el tendido, provocando que la fibra tenga que exponerse a curvaturas, el rayo de luz que viaja en el núcleo se refleja en el medio que lo cubre creando ángulos que impiden su reflexión teniendo así pérdidas de luz, la fibra tiene un radio de curvatura mínimo, al reducir el ángulo la fibra óptica se romperá debido a su núcleo de vidrio. [24]

1.2.9.5 Pérdidas por acoplamiento.

La fibra óptica especialmente en momento de instalaciones está expuesta empalmes estos pueden ser mecánicos o por fusión, se tiene pérdidas cuando existe un mal corte,

desalineamiento en la fusión, acabados superficiales imperfectos estas pérdidas pueden suceder como se observa en la figura. [9]

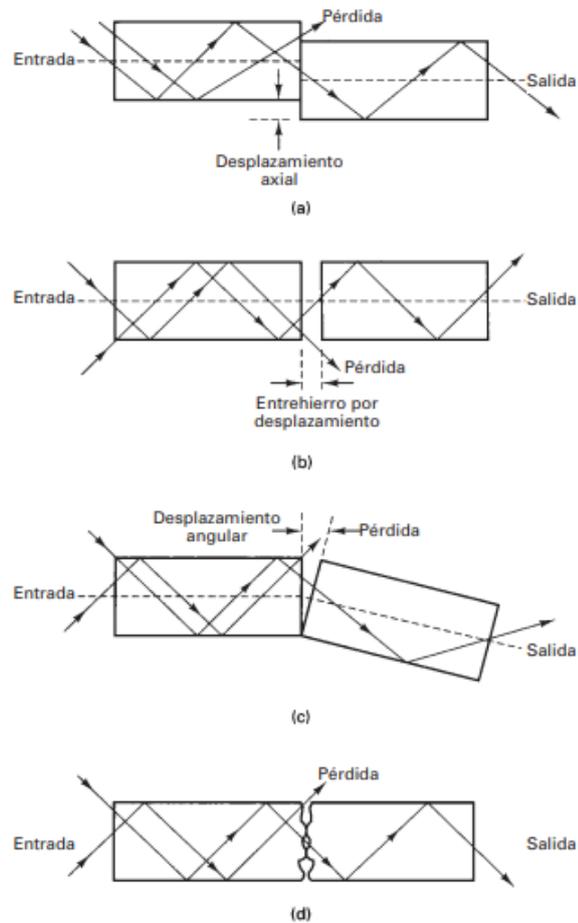


Figura 20 Pérdidas por (a) desalineación lateral (b) desalineamiento entre hierros (c) desalineamiento angular (d) acabado superficial [9]

1.2.9.6 Pérdidas por dispersión.

Al transmitir la señal óptica por láser o por Led será de manera binaria ceros y unos codificados de manera digital los cuales se deforman al ser transmitidos por causa de los componentes de su guía. La dispersión es un fenómeno que logra que el pulso del rayo de luz se ensanche provocando solapamiento definiendo el ancho de banda límite para transmitir las señales ópticas, [22]

Dispersión modal

La dispersión modal es la distorsión producida en cada uno de los modos en un diferencial de tiempo, esto en telecomunicaciones presenta una gran desventaja, en el momento que se origina una dispersión modal esta da lugar a que se ensanche el pulso luminoso, provocando una disminución en la velocidad de transmisión es decir la cantidad de bits por unidad de tiempo o el ancho de banda de transmisión. Este efecto disminuye por la influencia mutua y el intercambio de energías en cada uno de los modos del cable de fibra y a lo largo de la misma.

Hay que tener en cuenta que para eliminar totalmente la dispersión modal se debe dimensionar al conducto de fibra óptica con perfil escalonado de manera que únicamente conduzca a un modo: el fundamental. [25]

Dispersión cromática

La fibra óptica está expuesta a varios fenómenos y efectos no deseados que alteran la información que en ella se transmite estos efectos son directamente proporcionales al tipo de fibra, la distancia y los tipos de modulación entre otros parámetros.

La dispersión cromática es un efecto propio de la fibra que aparece por los retardos en la propagación de la señal, este tipo de dispersión es la causa de la dispersión por material y por la de la guía de onda,

Al tener como fuente de luz un diodo Led este contiene varias longitudes de onda, la luz viaja a distintas velocidades provocando que al extremo del receptor todos los ases no lleguen al mismo tiempo logrando así una distorsión en la información llamándose distorsión cromática este fenómeno se presenta solo en fibras de tx unimodal. [9]

1.2.10 Clases de cables de fibra

Existen varias clases de cables de fibra todo depende del lugar o el ambiente en donde se los instale deben tener características que los protejan de las alteraciones que pueden sufrir como rayos, descargas eléctricas e incluso roedores.

1.2.10.1 Cable Loose Tube (Estructura holgada)

Es un cable con propiedades físicas óptimas, cuenta con un gel en su interior donde su principal función es proteger al cable de la humedad, cuenta con un refuerzo central que soporta toda tensión que se aplicase en el cable óptico, al cable loose tube también se lo conoce como cable de estructura holgada, esto por su particularidad de estar dentro de un tubo llamado buffer el cual es de forma suelta y holgada. Este tipo de cable puede tener capacidades de unidades de fibra óptica muy altas llegando a contener hasta 144 hilos y por esto se lo utiliza en exteriores y enlaces troncales de fibra óptica. [4]

1.2.10.2 Cable Tight Buffer (Estructura ajustada)

Este cable presenta ciertas diferencias al anterior ya mencionado, es un cable de estructura ajustada, presenta en su estructura tres capas de revestimiento que protegen el núcleo, manto, recubrimiento primario o buffer, revestimiento secundario ajustado o chaqueta interior. por las condiciones de la estructura del cable Tight Buffer es más flexible, es mejor su manipulación, posee mayor a golpes y presiones así como sus ventajas son numerosas presenta una desventaja importante este tipo de cable es más sensible a la tracción. [4]

1.2.10.3 Cables Aéreos

ADSS (All Dielectric Self Supported)

Su principal uso es el tendido aéreo se dividen en dos tipos los que tiene un mensajero y los que no, en los que no tienen mensajero hay el loose tube o de central loose tube de alta capacidad cuando no se utiliza este tipo de cable en tendido hay que tomar en cuenta la distancia entre postes. [26]

El ADSS que no tiene mensajero es óptimos para el tendido de fibra óptica en largas distancias entre postes, siendo más económicos, no sufren daños por la red eléctrica, al no tener estructura metálica no atraen rayos.

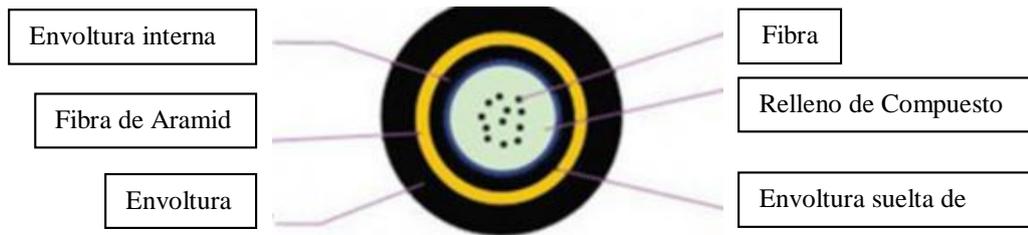


Figura 21 Cables Aéreos ADSS [26]

Cable OPGW (Optical Ground Wire)

El cable OPW es generalmente utilizado como tierra en las redes de energía eléctrica de alta tensión, desvaneciendo las descargas atmosféricas como rayos o cortocircuitos que llegan a su estructura de aluminio o acero inoxidable. Este cable tiene doble protección, un tubo de aluminio y la cubierta del buffer para la fibra que está en su interior. [4]



Figura 22 Cable de fibra OPGW

Fuente: <https://es.vwcable.com/opgw-cable-optical-fiber-ground-wire/>

Cable Lashed

Tipo de cable dieléctrico se lo instala de manera paralela con un cable conductor en tierra eliminando así la necesidad de utilizar grapas de fijación u otro material, su estabilidad aérea depende del cable metálico al que está enganchado, su instalación es más cara en comparación a otros cables autosustentables. [27]

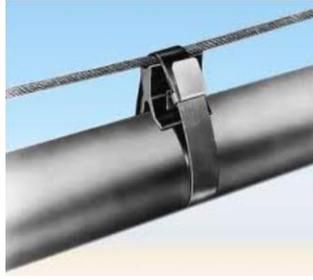


Figura 23 Cable Lashed [27]

1.2.10.4 Cables Subterráneos

Las características de este cable son las mismas que el cable aéreo solo cambia en el lugar donde se lo instala y la manera en que se lo hace, su estructura debe tener mayor seguridad y protección, para su instalación se requiere mayos esfuerzo y mano de obra lo que incluye mayores costos de instalación eliminando la contaminación visual, se tiene los siguientes cables:

Dieléctrico: su estructura consta de un tubo PVC es apropiado para áreas que poseen interferencias electromagnéticas debido a sus propiedades dieléctricas [28]



Figura 24 Cable Dieléctrico [28]

Cable Armado: su estructura es más fuerte con una capa metálica, especial para lugares más peligrosos que tengan roedores o este expuesto a golpes, en este cable ya no existe la necesidad de ductos o tubos. [28]



Figura 25 Cable Armado [28]

1.2.10.5 Cable Submarino

Cable submarino este contiene modulares y multiplexores ópticos que permiten el control entre estaciones de extremo a extremo, permite el monitoreo mediante un repetidos si tal vez existen maremotos, terremotos o contaminación, posee doble cubierta de cable de acero evitando la corrosión marítima su tiempo de vida es de 25 años tiene una capacidad de transmisión mayo a 80 Gbytes que alcanza hasta los Terabytes. [28, 27]

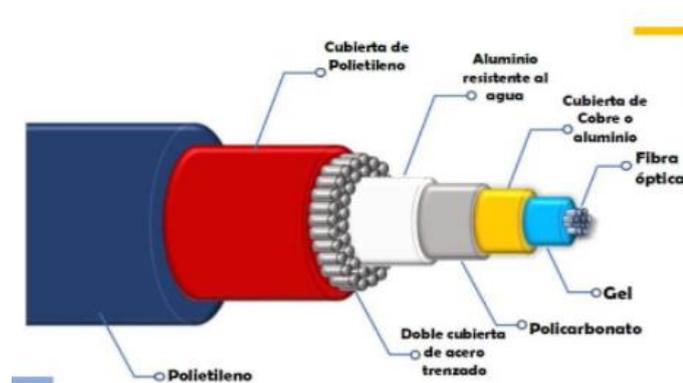


Figura 26 Cable Submarino [28]

1.2.11 Sistema de comunicación con fibra óptica

Como todo tipo de sistema de comunicaciones este sistema por fibra óptica tiene una serie de componentes fundamentales o esenciales para llamarse sistema, estos componentes son la fuente de mensajes, el medio de transmisión o canal, el trasmisor, el receptor y el destinatario del mensaje. [10]

Un sistema de comunicaciones con fibra óptica es un caso específico de un sistema de comunicaciones genérico es por esto que debe estar formado por los mismos mencionados anteriormente como componentes fundamentales de un sistema de comunicación, sin embargo, el transmisor deberá ser una fuente de luz que se corresponderá con un oscilador a frecuencias ópticas; el medio de transmisión deberá ser bien el aire o bien una guía de onda óptica; y el receptor deberá ser un detector de luz. [10]

1.2.11.1 Comunicaciones por fibra óptica

La comunicación por fibra puede ser por enlaces punto a punto o punto multipunto.

- **Enlaces: punto a punto (P2P)**

Se considera un enlace punto a punto donde tenemos conectados al emisor y al receptor sin la presencia de otro tipo de conexión o división de la señal en el recorrido. [10]

Este tipo de enlace es el que usan las empresas cuando se requieren conectar abonados en ubicaciones apartadas con cierto límite de comunicaciones, también en casos donde necesite cubrir grandes distancias o elevado ancho de banda. [10]

En ambos extremos la conexión se cuenta con equipos activos, esta tecnología es utilizada de manera tradicional para conectar centrales o nodos, es realizar un enlace desde el punto A al punto B.



Figura 27 Extremos A y B de una conexión

Elaborado por: El Investigador

- **Difusión: punto a multipunto (P2MP)**

Cuando se habla de redes de fibra óptica punto a multipunto, consiste en un enlace en el que un mismo terminal se conecta a varios receptores, dividiendo para ello la señal hacia cada uno de ellos, el objetivo es distribuir varios enlaces por un mismo canal, compartiendo los costes de un mismo segmento de fibra y reduciendo así el número de las mismas. [10]

Este tipo de topología es utilizada para redes de acceso con tecnología PON o en televisión y radio, utiliza un solo medio de transmisión y un solo canal o puerto en el equipo principal para llegar a varios puntos finales.

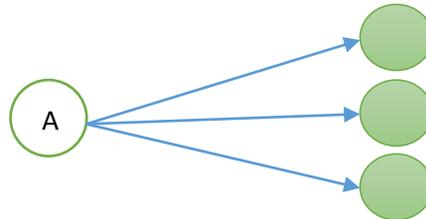


Figura 28 Punto Multipunto

Elaborado por: El Investigador

1.2.12 Tecnología GPON

Red óptica pasiva con capacidad Gigabit (GPON) técnicamente es la mejora en descarga y de carga de datos de la red BPON (Red óptica pasiva de banda ancha), con esto puede transmitir y recibir varios servicios por el mismo hilo de fibra óptica realizando Full Duplex. [4]

1.2.12.1 Protocolo de Transporte GPON

La red de acceso de fibra óptica también se la llama red de última milla se la puede clasificar por su medio de transmisión, puede ser vía cable de cobre o por fibra óptica. [3]

GPON está estandarizada en el conjunto de recomendaciones de ITU-T G.984.x(x=1, 2, 3,4). La recomendación G.984.GPON, fue estandarizada por el sector de la normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T), la que posibilita la explotación de redes PON con el fin de describir un acceso flexible de fibra óptica con capacidad de soportar las necesidades de ancho de banda del servicio para empresas y particulares, residenciales, etc. La cual soporta protocolos Ethernet, ATM y TDM.

Las velocidades de transmisión nominales de la línea son descendentes/ascendentes del protocolo de transporte GPON.

Tabla 5 Velocidades de transmisión.

Sentido de transmision	Bit Rate (Mbits/s)
Downstream	1244,16
	2488,32
Upstream	155,52
	622,08
	1244,15
	2488,32

Elaborado por: El Investigador

Downstream (Canal de bajada)

Es un canal que opera en una longitud de onda de 1490 nm, además tolera capacidades o velocidades de 2.488 Gbps, este canal sirve para la transmisión de datos y de voz haciendo un recorrido de datos entre la OLT al splitter y de este a cada ONT a manea de broadcast.

Upstream (Canal de Subida)

Este es un canal que a diferencia del Downstream opera en una longitud de onda de 1310 nm, además tolera capacidades o velocidades de 1.244 Gbps, y una diferencia muy considerable es que este canal sirve para la recepción de datos y de voz desde la ONT hacia la OLT. En el upstream se usa el TDMA que es un acceso múltiple por división de tiempos esto para evitar que colisionen los datos enviados por varios usuarios al llegar al splitter, el TDMA asigna a cada usuario un intervalo de tiempo para que los datos puedan ser trasmitidos.

Funcionamiento de la Red GPON-Sentido Ascendente

Para el funcionamiento de la red en sentido ascendente se utiliza multiplexación por división de tiempo TDMA con mecanismo de ecualización por distancia. [29]

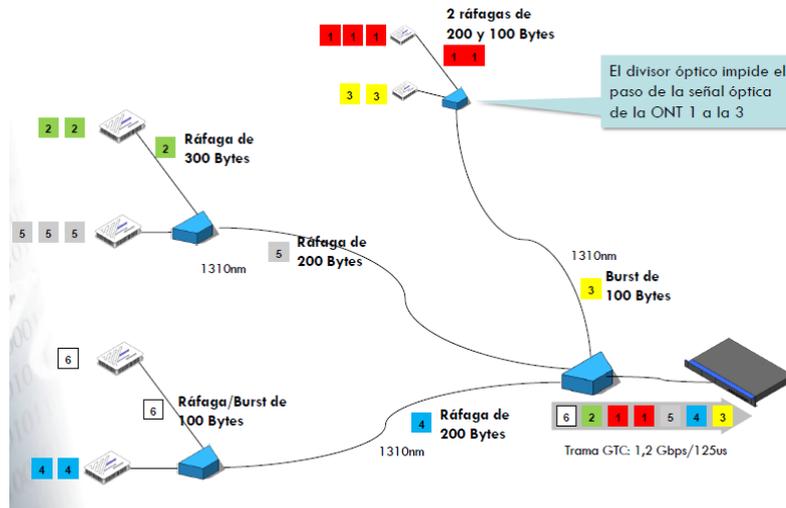


Figura 29 Red GPON Sentido Ascendente [29]

Funcionamiento de la Red GPON-Sentido Descendente

Para el tráfico de datos en sentido descendente se utiliza la encriptación cada equipo final podrá descryptar su información debido a que reciben todo el flujo de datos que circula por la red de otros usuarios como se puede observar en la figura a continuación:

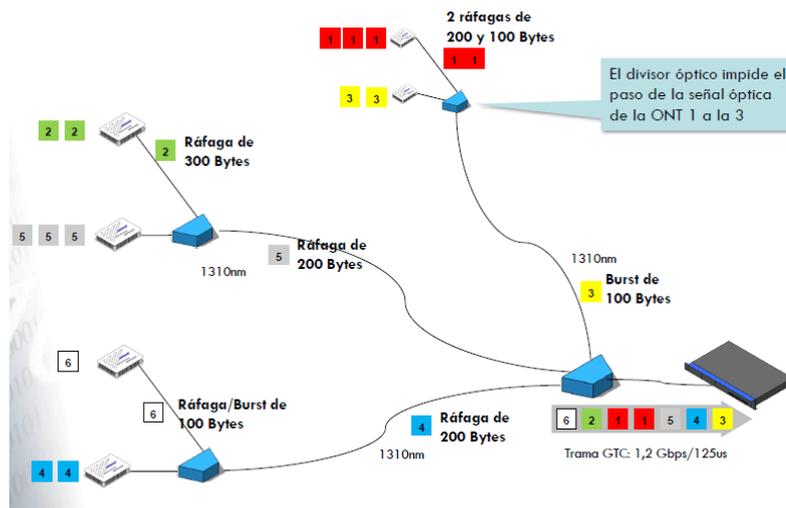


Figura 30 Red GPON Sentido Descendente [29]

1.2.13 Fibra hasta el punto de terminación (FTTx)

Al hablar de tecnología PON y trabajar con ancho de banda en una red de acceso donde el punto final puede ser una vivienda, edificio, grandes y pequeñas empresas se

denomina Fiber to the x donde la x define el punto final de la fibra en la siguiente imagen se presentará varios ejemplos. [3]

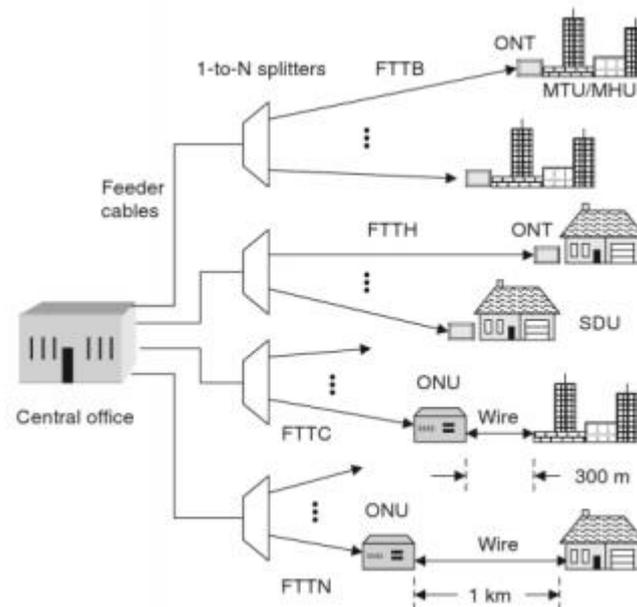


Figura 31 Escenarios FTTx [3]

Las redes de acceso usualmente también están constituidas por otro cableado dependiendo hasta donde se desee llegar tienen los siguientes nombres.

- **Fibra hasta el hogar, Fiber To The Home (FTTH).**

Este tipo de arquitectura consiste en llegar con fibra hasta el domicilio del abonado final desde la OLT hasta la ONT dispositivos activos, donde la ONT es el equipo encargado de transformar las señales ópticas en eléctricas para brindar el servicio de internet, tv o telefonía. [4]

La UIT rige que la distancia máxima para llegar desde la OLT hasta la ONT debe ser un máximo de 20 Km. [5]

- **Fibra hasta la acera. Fiber To The Curb (FTTC).**

El tendido de fibra llega hasta la acera o vereda donde se conecta a un armario de telecomunicación con equipos especiales que convertirán las señales ópticas en señales eléctricas para desplegar el servicio por cobre también se encuentran en los postes en

las cajas de distribución este punto esta aproximadamente a 300 metros del abonado final. [4]

- **Fibra hasta el edificio, Fiber To The Building (FTTB).**

La fibra óptica llega hasta el edificio a una sola ONU puede ser en el interior o exterior del edificio ya sea este residencial, la red interna por lo general es de cobre utilizando tecnología VDSL, en ocasiones existe un cuarto de telecomunicaciones en la planta baja del edificio para realizar cableado estructurado por cobre. [5]

- **Fibra hasta el escritorio, Fiber To The Node (FTTN).**

Esta arquitectura se llama fibra hasta el nodo el tendido de fibra es hasta un gabinete que se coloca en la calle para la última milla se utiliza tecnologías como ADSL, VDSL, generalmente son conocidos nodo de vecindario para el despliegue de fibra el ultimo cliente debe estar aproximadamente a 1Km. [30]

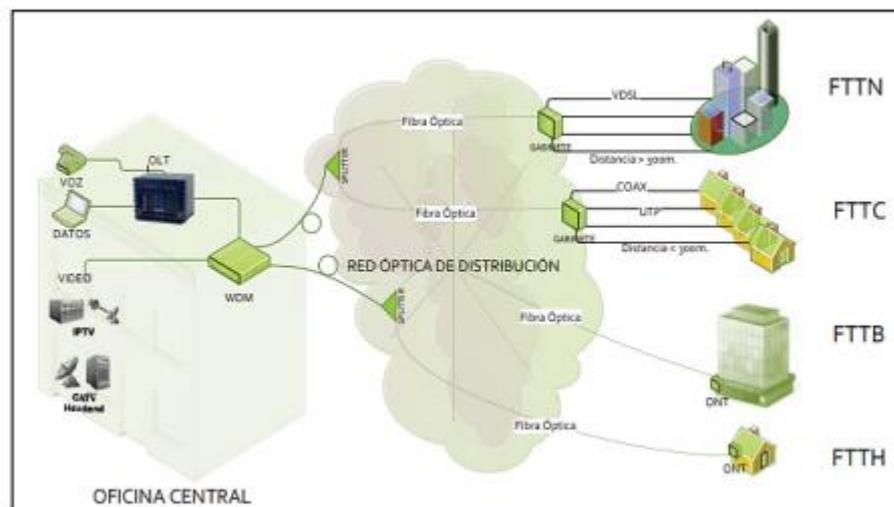


Figura 32 Tipos de Redes FTTx [30]

1.2.13.1 Tecnología FTTH

La tecnología FTTH es un sistema estructura con fibra óptica que va como punto final hasta el domicilio del cliente, es idónea para soportar todo el ancho de banda requerido por los usuarios, es considerada como una tecnología robusta no existirán otras que puedan superarla en un futuro. [31]

Las redes FTTH poseen las siguientes características. [31]

- Tasa alta de división (>64)
- Alta velocidad (>1Gbps)
- Alto ancho de banda por usuario(>100mbps)
- Transmisión bidireccional, tasa de datos simétricos, acceso de una sola fibra
- Largo alcance(>20Km)
- Pasivo
- Alta capacidad de actualización
- Manejo del sistema centralizado
- Asignación dinámica de recursos
- Protección básica incorporada

1.2.14 Red Activa

- **OLT (Terminal de Línea Óptica)**

La OLT agrega el tráfico de los clientes y lo direcciona a la red general, mediante esta se brinda todos los servicios necesarios para los abonados. [26]

Es el equipo activo que se coloca en la central o cuarto de equipos, su actividad principal es interconectar la red de backbone del servidor con el abonado final tiene una capacidad de 1 Gbps, por cada puerto PON circula el tráfico de un grupo de ONTs, gestiona, administra y sincroniza la información con la modalidad TDMA de esta manera se tiene un solo camino para uplink y downlink, la OLT para el tráfico de bajada en video trabaja en una longitud de onda de 1550nm y para voz/datos 1310nm en cambio para tráfico de subida la conversión electro óptica proviene del cable feeder para voz/datos su longitud de onda es 1490nm. [32]



Figura 33 Equipo OLT [32]

La OLT está compuesta por Diferentes slots para colocar tarjetas con las siguientes distribuciones

- Slots 1 al 6 y de 9 a 16 Tarjetas de Servicio
- Slots 7 y 8 Tarjetas de Control y Gestión
- Slots 17 y 18 Tarjetas de uplink
- Slots 19 y 20 Tarjetas de poder

• **ONTs (Terminal Óptico de Red)**

Este dispositivo está ubicado en el domicilio del abonado aquí es donde finaliza la fibra óptica existe en el mercado varias marcas y modelos dependiendo del servicio que se desee brindar al cliente.



Figura 34 ONT

Fuente: <https://www.ycict.net/es/products/huawei-hg8245h-ftth/>

Equipo terminal que se coloca en el domicilio del cliente, es capaz de transmitir servicio triple play o simplemente un canal de datos existen varias marcas de ONTs en el mercado todo depende del servidor de internet. [3]

1.2.15 Red Pasiva

Este tipo de red que en su totalidad trabaja con elementos pasivos ayudando a la conexión entre la OLT y la ONT sin necesidad de corriente.

1.2.15.1 Feeder

Son los cables que conectan los ODF del nodo central con el primer grupo de esplitteo llamada también red troncal, este cable puede ser canalizado o también aéreo. [32]

1.2.15.2 Red de Distribución

Esta red se encarga de unir el FDH con la caja de distribución NAP, estas cajas típicamente ubicadas en los postes eléctricos en otros casos en pozos de esta pequeña clasificación dependerán el tipo de cable óptico (aéreo o canalizado), dependiendo directamente de los juicios del diseño de la red GPON.

• Rack

Generalmente se usa para alojar ODFs, bandejas de empalmes, equipos, patchcords se encuentra en el cuarto de equipos ayuda a organizar el cableado de fibra que parte de la OLT, existen Racks abiertos cerrados todo depende del ambiente donde se localizan, se lo utiliza también en cableado estructurado. [33]



Figura 35 Rack de FO [33]

• Splitter

Passive Optical Splitter POS es utilizado para dividir la señal por lo general tiene una o dos entradas separando la salida en dos o más, las mismas que hablando de contenido es igual en todas las salidas pero por lo general provoca una pérdida en referencia a potencia, es un conector tipo pasivo tiene la capacidad de espliteo de variados modelos (1x2, 1x4, 1x8, etc.). [33]

Perdidas por cada salida de un Pos es dependiendo su salida donde 1 siempre será la entrada.

- POS 1x2: Pérdida por división de 3dB
- POS 1x4: Pérdida por división de 6dB
- POS 1x8: Pérdida por división de 9dB
- POS 1x16: Pérdida por división de 12dB
- POS 1x32: Pérdida por división de 15dB
- POS 1x64: Pérdida por división de 18dB



Figura 36 Splitter 1X4 [33]

El splitter es un equipo pasivo es decir no necesita de energía para funcionar en la tabla se puede observar las pérdidas típicas de cada tipo de splitter y sus características en general de cada uno.

Tabla 6 Pérdidas típicas de un Splitter 1: N [33]

Parámetros		1X2	1X4	1X8	1X16	1X32	1X64
Tipo de fibra		SMF-28e o especificada por el cliente					
Longitud de onda operativa		1260 - 1650					
Pérdida de inserción (dB)	Max (P/A)	3.8/4.0	7.2/7.4	10.5/10.7	13.5/13.7	16.5/16.9	21
Uniformidad de pérdida (dB)	Max	0.6	0.6	0.8	1.2	1.7	2.5
Pérdida de retorno (dB)	Min (P/A)	55/50	55/50	55/50	55/50	55/50	50
PDL (dB)	Max	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4
Directividad (dB)	Min	55	55	55	55	55	55
Pérdida dependiente de la longitud de onda (dB)	Max	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	0.8
Estabilidad de temperatura (-40 ~ 85° C)(dB)	Max	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	1
Temperatura de funcionamiento (°C)		-45 hasta 85					

• **Patchcord**

Es un cable de fibra óptica que posee solo un hilo con protección de una chaqueta tiene un conector a cada extremos es el encargado de la conexión entre el ODF y los equipos activos. [4]



Figura 37 Patchcord. [4]

• **Pigtail**

Cable que posee solo un hilo de fibra óptica de 900nm es utilizado para conectar un hilo de fibra con el ODF, tiene un conector solo a un extremo del cable usualmente suele ser un patchcord cortado por la mitad. Su longitud depende para lo que se necesite. [33]



Figura 38 Pigtail

Fuente <https://silexfiber.com/producto/pigtail-rabillo-fibra-optica-monomodo-g657a2-ftth/>

• **Distribuidor de Fibra Óptica ODF**

Es el punto de interconexión de los equipos activos con la red de acceso se encuentran en las troncales o centrales de telecomunicaciones, son cajas metálicas que albergan las fusiones de cada hilo que proviene de la red de acceso con los pigtails los mismo que conectados a los adaptadores, finalmente con los patchcoreds se conectan a los equipos activos, según las fusiones albergadas el ODF tiene el número de puertos como por ejemplo hay ODFs de 12, 24, 48, 96 puertos. El ODF también posee una bandeja de empalmes. [4]



Figura 39 Distribuidor Óptico [4]

• **Manga de Distribución**

Es un conjunto de cables de fibra óptica que conectan los cables que salen del armario a los cables de fibra de la red de distribución. [3]



Figura 40 Manga Tipo Domo [3]

- **Cables de Distribución**

El cableado de distribución depende de las ubicaciones de cada caja NAP se conectan con los splitters del armario principal para distribuirse con las NAP. [3]

- **NAP**

Una NAP es conocida con varios nombres como caja de distribución óptica o por sus siglas en ingles Network Access Point, punto de acceso a la red o caja terminal, una NAP se encarga de la conexión red de distribución con las conexiones particulares de cada uno de los abonados. Aquí es donde se realizan los trabajos de mantenimiento y operación. En la NAP existen los pigtails (cable de fibra óptica conectorizado en un solo extremo y el otro libre) estos son los encargados de conectar los hilos del cable de distribución con los conectores en la NAP.



Figura 41 Caja de distribución NAP. [3]

1.2.15.3 Red de Dispersión

Es el tramo de red que comprende desde la NAP hasta una roseta óptica la cual está ubicada en el domicilio del abonado la principal característica de esta red es que se usa un cable óptico llamado drop este tiene solo dos hilos haciendo más fácil su manejabilidad.

• Roseta Óptica

La Roseta Óptica actúa como un punto de terminación de la red de acceso GPON y se conecta a la red de dispersión, utilizando conectorización directa (en campo) o empalme por fusión en una extensión pre-conectorizada (pigtail).

1.2.16 Provisión para enlace en el sistema de fibra óptica

Como en todo sistema una red de fibra óptica consta con un transmisor y un receptor, que en su recorrido para llegar de extremo a extremo tiene varios componentes activos y pasivos introduciendo en el camino cantidades de pérdidas o ganancia de señal, al poseer un sistema simple sin repetidores solo con varios tramos de fibra no existe la necesidad de amplificadores ni regeneradores de señal como se puede observar en el gráfico a). [9]

En un sistema de fibra óptica la distancia entre fuente y destino es grande existe la necesidad de colocar repetidores para amplificar de igual forma regenerar la señal.

Para la provisión del enlace se realiza el cálculo entre la fuente de luz emisora que puede ser LED o LASER hasta el receptor, un detector de luz por ejemplo un APD, las diversas pérdidas características de un enlace de fibra son las siguientes:

- **Pérdidas en el cable:** esta pérdida depende del material, la longitud del cable de fibra que se esté utilizando, incluyendo la pureza del material se calcula por dBm/km variando décimas. [9]

- **Pérdida en el conector:** usualmente para economizar en los Proveedores de servicio de Internet, pequeños se coloca conectores mecánicos y si este no es perfecto puede escapar energía luminosa, de esta manera se provoca la pérdida de la potencia, varía decimas de dB a 2 dB por cada conector. [9]

• **Pérdida en interfaz de fuente a cable:** la interfaz mecánica que se encuentra entre la fuente de luz y el cable de fibra óptica nunca es perfecto es ahí cuando existen pérdidas de potencia de varios dB. [9]

• **Pérdida en interfaz de cable a detector de luz:** de igual forma la interfaz mecánica que une al cable con el detector de luz teniendo fuga de luz con pérdidas de varios dB.

• **Pérdida en empalmes:** al tener la necesidad de un tramo de larga distancia y continuo de cable de fibra se colocan empalmes los cuales no son perfectos y provocan pérdidas en dB de la potencia. [9]

• **Dobles del cable:** estas pérdidas son causadas por formar ángulos agudos en la fibra donde los haces de luz cambian su fenómeno físico sin tener reflexiones totales, refractándose ingresando al revestimiento obteniendo pérdidas netas de la señal enviada o transmitida. [9]

$$P_r = P_t - \text{pérdidas} \quad \text{Ecuación 10 Potencia en dBm}$$

En donde

P_r = Potencia recibida (dBm)

P_t = Potencia transmitida (dBm)

Pérdidas = suma de todas las pérdidas (dB)

1.2.17 CLICKNET S.A

CLICKNET empieza sus actividades en Ecuador en el año 2011, brindando servicio de Internet con planes domiciliarios, para lo cual se implementa nuevas tecnologías en relación a la que utiliza la competencia, provee un servicio de Telecomunicaciones rápido y seguro, lo que permitió un ingreso instantáneo en este mercado, llegando también a sectores rurales donde no existía competencia mediante radio enlace dando la posibilidad al cliente de navegar en el mundo del Internet sin límites ni fronteras.

En sus inicios CLICKNET S.A conecto varios sectores mediante tecnología inalámbrica donde la fibra no alcanzaba al estar los domicilios muy alejados los unos de otros, se plantean proyectos logrando tener personal muy comprometido y calificado que trabaja con un solo objetivo crecer como empresa, se implantó también servicio al cliente porque ellos necesitan ser escuchados trabajando conjuntamente con

técnicos profesionales en el campo de las telecomunicaciones siendo las nuevas tecnologías su mayor aliado.

CLICKNET S.A es una empresa que posee cobertura por fibra Óptica con alta velocidad en ciudades como, Píllaro con un porcentaje de aceptación y crecimiento considerable, Latacunga sector de San buenaventura llegando hasta la FAE con una red estructurada de alto nivel, desplegando su servicio hasta la ciudad del Puyo la vía principal de la parroquia 10 de Agosto, incluyendo la ciudad de Ambato en los alrededores del Municipio en el sector Huachi, CLICKNET trabaja como proveedor de Internet de alta velocidad a PYMES, cooperativas, notarias incluyendo empresas del sector público y privado reforzando su seguridad para garantizar el tráfico de datos, en Fibra posee planes domiciliarios que parten desde los 10 Megas, 20 Megas, 30 Megas para satisfacer las necesidades del cliente.

Al pasar de los años CLICKNET S.A tiene como carta de presentación una red robusta y en constante crecimiento, se plantea una Red de Fibra óptica en el Sector de Patate dando prioridad a sus clientes que años atrás adquirieron servicio con la empresa por Radio Enlace, aplicando cambios de tecnología a Fibra óptica, triplicando su capacidad de ancho de banda y las pérdidas ocasionadas por cobertura, teniendo como resultado calidad de servicio a nuevos y antiguos clientes.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Planificar los servicios de telecomunicaciones a implementarse en la Red GPON de la empresa CLICKNET S.A. en el casco Central de la Ciudad de Patate.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la red actual que posee la empresa CLICKNET S.A y sus servicios de Telecomunicaciones en la Ciudad de Patate.
- Investigar las especificaciones y requerimientos técnicas pertinentes para el diseño de planta externa con tecnología GPON para brindar el servicio de internet.

- Diseñar la red GPON en el casco central de la Ciudad de Patate para proporcionar servicios adicionales por parte de la empresa CLICKNET S.A.
- Evaluar el tráfico de datos en la red GPON de la empresa CLICKNET. S.A.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Para desarrollar el proyecto de investigación, se requirió material relevante como son libros, tesis, revistas conforme a la información necesaria para el tema planteado, datos estadísticos de la población existente en la ciudad de Patate, de igual manera datos y normas que rige el ARCOTEL, planimetría de los postes de la EEASA, sobre todo información y equipos que la empresa posee para el desarrollo del siguiente proyecto para CLICKNET S.A.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de Investigación

El presente proyecto fue de carácter investigativo y práctico brindando la oportunidad de aumentar el área de cobertura de la empresa CLICKNET S.A mediante una red GPON, se aplican los conocimientos adquiridos para lograr los objetivos ya descritos conjuntamente con diferentes modalidades de investigación las cuales se presentan a continuación.

Investigación bibliográfica

Se realizó una investigación bibliográfica, recopilando información en consultas de internet, libros, artículos científicos, publicaciones, tesis con temas similares a diseños de redes de fibra óptica, software de diseños, simbología de plano y requerimientos por entidades de regulación.

Investigación de campo

Se utilizó investigación de campo para obtener un estudio real en el lugar donde se desea implementar la red, sustentando las necesidades de la población de Patate, para esto se manejó la entrevista con la finalidad de recolectar y tabular información.

2.2.2 Recolección de campo

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se recolecto información mediante libros, proyectos similares en repositorios digitales, artículos científicos publicados en revistas internacionales, tesis referentes al tema de niveles pre-grado y pos-grado, investigación acerca de antecedentes de la red GPON y diseños de planos.

Se procedió con la aplicación de encuestas a clientes que ya pertenecen a la empresa CLICKNET S.A. y se encuentran con servicios por enlace inalámbrico, también se aplicó a quienes podrían ser futuros clientes mediante encuestas para recaudar información y tener resultados más reales para la aplicación del presente proyecto.

2.2.3 Procesamiento y análisis de datos

Se desea obtener información mediante la investigación para el procesamiento y análisis de datos, se realizaron las siguientes actividades.

- ✓ Estudio la red ya existente en la empresa CLICKNET S.A.
- ✓ Tabulación de los datos
- ✓ Análisis de la información obtenida en encuestas
- ✓ Estudio de mercado oferta-demanda.
- ✓ Análisis de los beneficios del diseño de la red de internet con tecnología GPON.
- ✓ Investigación de los modelos de desplégue de las redes ODN y PON.

2.2.3.1 Población y Muestra

Población

En la ejecución del presente proyecto se trabajó con la población de Patate con la finalidad de obtener un aproximado de futuros clientes para el diseño, según el INEC 2010 con el tema La Distribución de la población del Cantón San Cristóbal de Patate el que está en el Anexo 1 la población de la zona urbana de la ciudad de Patate es de 2161 habitantes, como se observa en la tabla 7.

Tabla 7 Distribución de la población del Cantón San Cristóbal de Patate

Grupos de Edad (años)	Área Urbana	Área Rural	Hombre	Mujeres	Total
Menor de 1	27	215	108	134	242
De 1 a 4	126	920	555	491	1046
De 5 a 9	197	1186	695	688	1383
De 10 a 14	213	1236	726	723	1449
De 15 a 19	208	1196	703	701	1404
De 20 a 24	173	993	573	593	1166
De 25 a 29	166	979	556	589	1145
De 30 a 34	126	757	438	445	883
De 35 a 39	150	630	379	401	780
De 40 a 44	152	561	351	362	713
De 45 a 49	134	484	313	305	618
De 50 a 54	77	374	226	225	451
De 55 a 59	78	371	219	230	449
De 60 a 64	81	359	213	227	440
De 65 a 69	75	326	192	209	401
De 70 a 74	60	280	162		340
De 75 a 79	48	217	141	124	265
De 80 a 84	31	138	94	75	169
De 85 a 89	24	79	53	50	103
De 90 a 94	9	30	19	20	39
De 95 a 99	5	5	3	7	10
De 100 y mas	1	-	1	-	1
Total	2161	11336	6720	6777	13497

Fuente: INEC, Censo de Población y Vivienda 2010

En la ciudad de Patate existen 801 viviendas habitadas en la zona Urbana del Cantón como lo señala la tabla 8 siendo esta la cantidad que se tomará en cuenta para los cálculos de la muestra.

Tabla 8 Distribución de la Población del Cantón San Cristóbal de Patate, por Tipo de Vivienda en Área

Tipo de la Vivienda	Área Urbana o Rural		Total
	Área Urbana	Área Rural	
Casa/Villa	670	3636	4306
Departamento en Casa Edificio	64	60	124
Cuarto(s) en casa de Inquilinato	24	14	38
Mediagua	36	491	527
Rancho	2	166	168
Covacha	-	39	39
Choza	-	25	25
Otra Vivienda Particular	2	19	21
Hotel, Pensión, Residencial u Hostal	-	1	1
Cuartel Militar o de Policía/Bomberos	1		1
Asilo de Ancianos u Orfanato	1		1
Otra vivienda Colectiva	1		1
Total	801	4451	5252

Fuente: INEC, Censo de Población y Vivienda 2010

Muestra

Para determinar la muestra se plantea la siguiente ecuación

$$m = \frac{n}{\left(1 + \frac{n}{N}\right)} \quad \text{Ecuación 11 Muestra}$$

Donde

m : Tamaño de la muestra

n : Varianza de la muestra / varianza de la población

N : Tamaño de la población % Confianza = 95

$$\text{Varianza de muestra} = \frac{100 - \% \text{Confianza}}{100}$$

varianza de la poblacion(constante) = $0.015^2 = 0.000225$

$$n = \frac{0.05}{0.000225}$$

$$n = 222.22$$

$$m = \frac{222.22}{\left(1 + \frac{222.22}{801}\right)}$$

$$m = 174$$

Tamaño de la muestra obtenida con la fórmula es de 174

Análisis de la encuesta realizada

La presente encuesta se realizó a clientes que ya pertenecen a la empresa CLICKNET S.A y a la población del Cantón Patate.

El formato de la encuesta se encuentra en el Anexo 2 el mismo que se aplicó a la población de la ciudad de Patate.

Pregunta 1: ¿Qué tipo de servicio posee en su domicilio?

Tabla 9: Tipo de servicio que poseen en el cantón Patate

Ítem	Usuarios	Porcentaje %
Internet	139	65.26%
Telefonía	7	3.29%
Tv pagada	0	0.00%
Internet + Telefonía	30	14.08%
Internet + Tv pagada	7	3.29%
Telefonía + Tv pagada	0	0.00%
Internet + Telefonía + Tv pagada	30	14.08%
Total	213	100

Elaborado por: El investigador

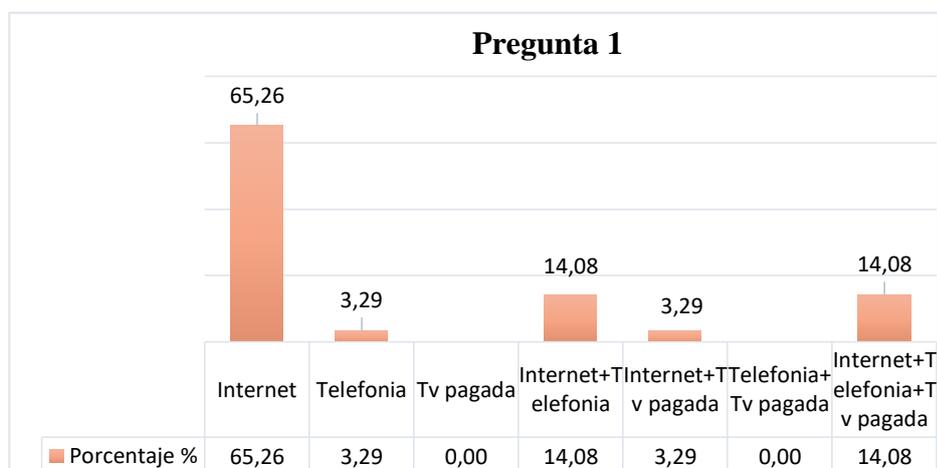


Figura 42 Resultado Porcentual Pregunta 1

Fuente: Encuesta

Elaborado por: El Investigador

Descripción

De los resultados obtenidos en la encuesta realizada los datos están representados en la figura 42, donde se refleja que el 3.29% que son 7 personas de la muestra posee Internet más TV pagada siendo un porcentaje muy bajo el cual es satisfactorio ya que se desea formar un combo Doble-Play y ofertar a la población de Patate, la mayoría que es el 65.26% dando un total de 139 personas solo posee internet siendo un servicio ya contratado con otros proveedores también se toma en cuenta que el 0% de 213 personas no poseen Tv pagada con más razón es rentable ofertar doble servicio por parte de la empresa CLICKNET S.A.

Pregunta 2: ¿Su negocio necesita de conexión a Internet?

Tabla 10: Resultados obtenidos de la necesidad de internet para un negocio

Ítem	Muestra	Porcentaje %
SI	85	40%
NO	128	60%
Total	213	100%

Elaborado por: El Investigador

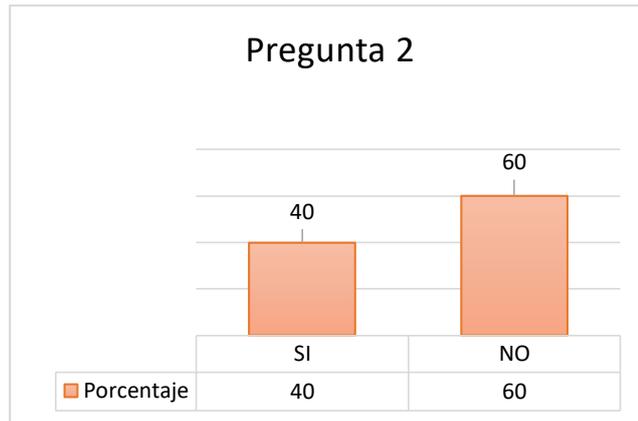


Figura 43 Resultado Porcentual Pregunta 2

Fuente: Encuesta

Elaborado por: El Investigador

Descripción

Se determinó en la pregunta 2 que la población de Patate posee negocios que no tienen como principal necesidad poseer servicio de internet o simplemente no poseen un negocio, siendo el 60% de la población de la muestra aplicada, pero al saber que el Cantón es turístico y comercial especialmente en su casco central se tiene 85 personas que ven necesario poseer internet cubriendo así una parte del sector productivo.

Pregunta 3: ¿Necesita mejorar la velocidad de Internet en su domicilio defina a cuantas Mbps?

Tabla 11 Datos de las Megas que solicita la población

Ítem	Muestra	Porcentaje %
10Mbps	6	3%
20Mbps	48	23%
30Mbps	50	23%
mas de 30Mbps	109	51%
Total	213	100%

Elaborado por: El Investigador

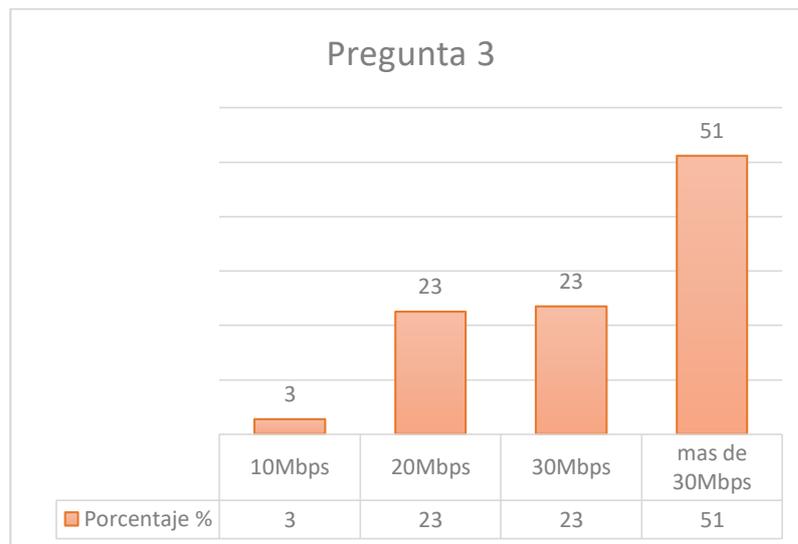


Figura 44 Resultado Porcentual Pregunta 3

Fuente: Encuesta

Elaborado por: El Investigador

Descripción

Según la pregunta 3 expuesta a la ciudadanía del Cantón Patate se puede observar la necesidad de un ancho de banda de 30 Mbps con el 23%, que es un plan con el cual la empresa CLICKNET ya trabaja para sus diferentes puntos de fibra en otras ciudades, teniendo la posibilidad de satisfacer el requerimiento deseado por el cliente potencial, el mismo que si desea un plan de más megas, también se está en la capacidad de brindar planes con diferentes anchos de banda.

Pregunta 4: ¿En escala de 1 al 5 está usted conforme con el servicio que posee en la actualidad?

Tabla 12 Calificación de la conformidad del usuario con su servicio actual

Ítem	Muestra	Porcentaje %
Inconforme	12	6%
Poco inconforme	32	15%
Regular	66	31%
Poco Conforme	61	29%
Conforme	42	20%
Total	213	100

Elaborado por: El Investigador

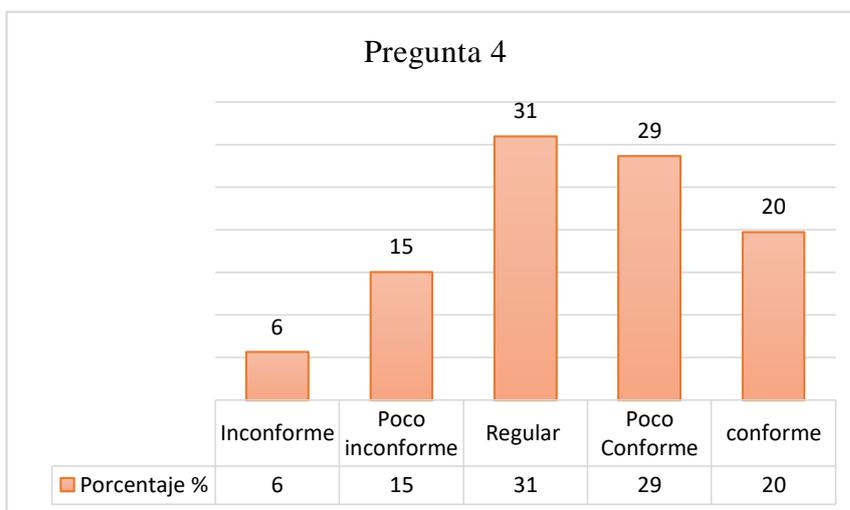


Figura 45 Porcentaje de satisfacción del cliente con su servicio actual

Fuente: Encuesta

Elaborado por: El Investigador

Descripción

En la tabla 12 se puede observar el grado de conformidad que posee la población de Patate con los distintos servicios que poseen la muestra encuestada, siendo el 66% el valor que refleja la figura 45 que el servicio es regular y el 61% donde la población demuestra que esta poco conforme estos inconvenientes se reflejan en el grado de satisfacción que el cliente sienta ya sea por una mala administración de la red e incluso falta de servicio al cliente.

Pregunta 5: ¿Qué tipo de servicio desearía contratar?

Tabla 13 Tipos de servicio

Ítem	Usuarios	Porcentaje %
solo internet	128	60%
solo TV	0	0%
solo telefonía	0	0%
Telefonía + TV pagada	0	0%
internet+ Tv pagada	24	11%
Telefonía + Internet	6	3%
Telefonía + Internet + Tv pagada	55	26%
Total	213	100%

Elaborado por: El Investigador

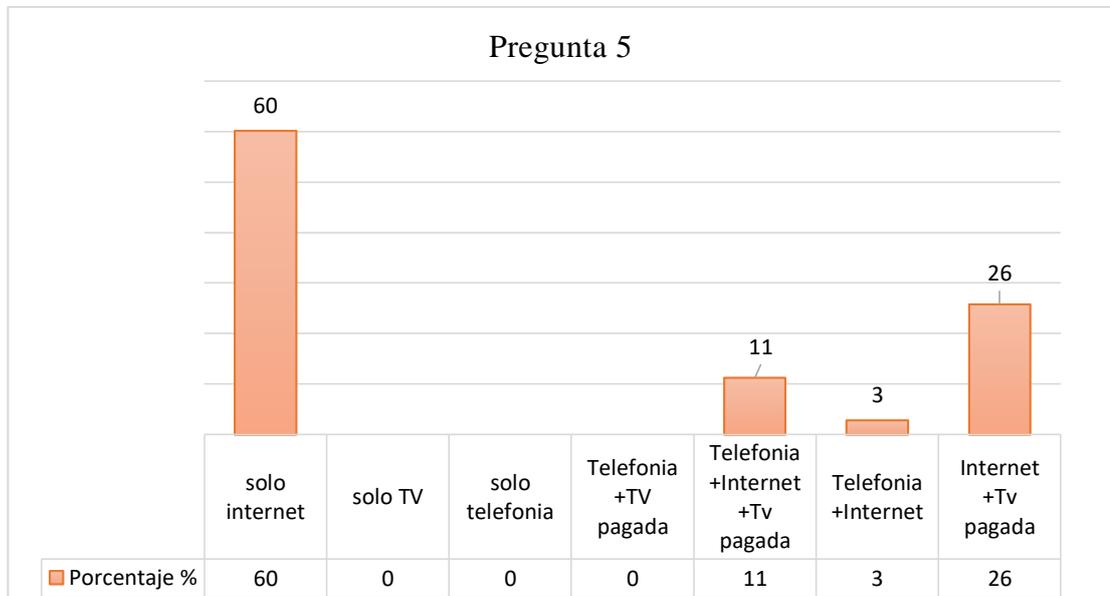


Figura 46 Interés del consumidor pregunta 5

Fuente: Encuesta

Elaborado por: El Investigador

Descripción

Al realizar la encuesta se tiene como resultado que, el interés de los clientes potenciales es adquirir el servicio solo por el Internet que representa el 60% de los encuestados es por esa razón que la empresa CLICKNET se basa solo para brindar Internet, el 26% desea Internet y TV pagada seria otra opción de servicio que desearían contratar, debido a este resultado se plantea una red flexible y compatible para otros servicio.

Pregunta 6: ¿Desea usted acceder a un servicio de mejor calidad del que posee en la actualidad?

Tabla 14 Descripción de la calidad de Servicio actual

Ítem	Muestra	Porcentaje %
SI	189	89%
NO	24	11%
Total	213	100%

Elaborado por: El investigador

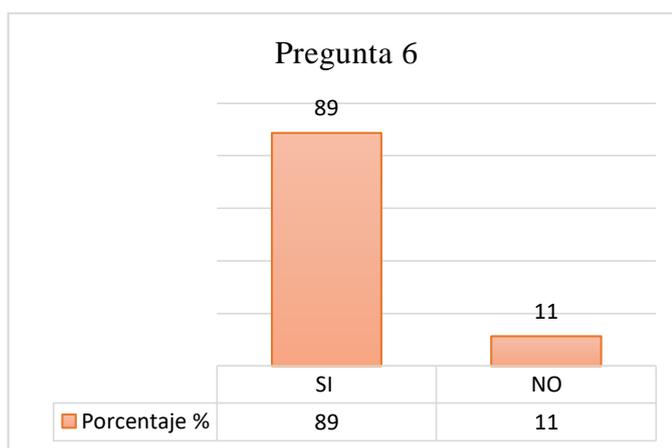


Figura 47 Datos porcentual del requerimiento de la muestra de Patate

Fuente: Encuesta

Elaborado por: El Investigador

Descripción

Cuando se realizó la encuesta a la población de la ciudad de Patate se pudo visualizar que poseen servicio la mayor parte con CNT y un Proveedor de servicio privado, los encuestados que desean mejorar su calidad de servicio representan el 89% siendo 189 personas, teniendo comentarios de que el ancho de banda que poseen no es suficiente para las actividades que desean realizar o por el número de equipos conectados a la red siendo CLICKNET una opción de mejorar la calidad de servicio que poseen en la actualidad.

Pregunta 7: ¿Qué tipos de problemas ha tenido usted con su servicio?

Tabla 15 Problemas del servicio actual de la muestra

Ítem	Muestra	Porcentaje %
Conectividad	69	32%
Intermitencia	24	11%
Lentitud en descarga	60	28%
Saturación de ancho de banda	60	28%
Total	213	100%

Elaborado por: El Investigador

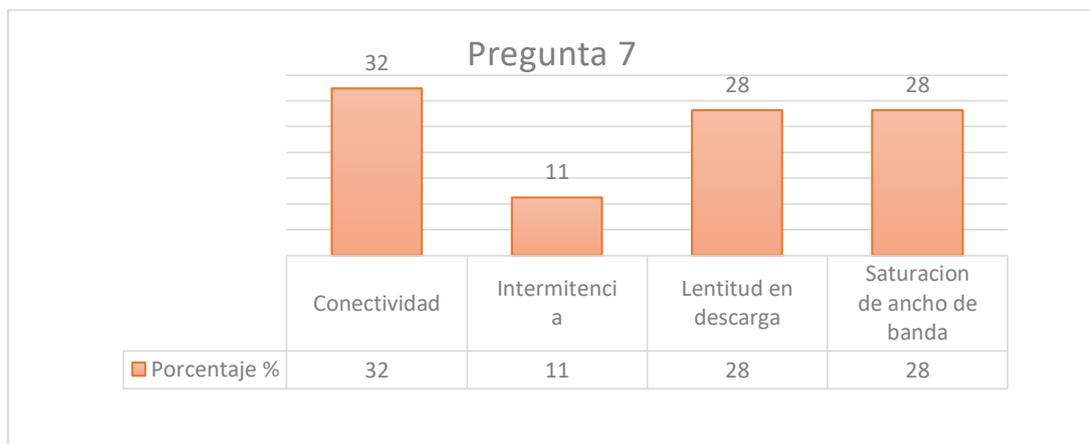


Figura 48 Resultado de los problemas con otros operadores

Fuente: Encuesta

Elaborado por: El Investigador

Descripción

Para tener brindas un servicio de calidad hay que poseer una red robusta, que siga las normas establecidas tanto en la implementación de la red como en las configuración de los equipos en el backbone principal, para tener un monitoreo contante y evitar inconvenientes, los encuetados comentan que tienen problemas de conectividad siendo el 69%, intermitencia con un 24%, de encuestados la cual no debería existir debido a que el servicio es por fibra óptica lentitud de descarga con el 60% y saturación de ancho de banda con el 60% de la población, son molestias que no permiten desarrollar las actividades de los clientes.

Pregunta 8: ¿Tiene usted conocimiento de las ventajas que brinda la fibra óptica para mejorar su servicio de Internet?

Tabla 16 Porcentaje de conocimiento sobre la fibra

Ítem	Muestra	Porcentaje %
SI	115	54%
NO	98	46%
Total	213	100%

Elaborado por: El Investigador

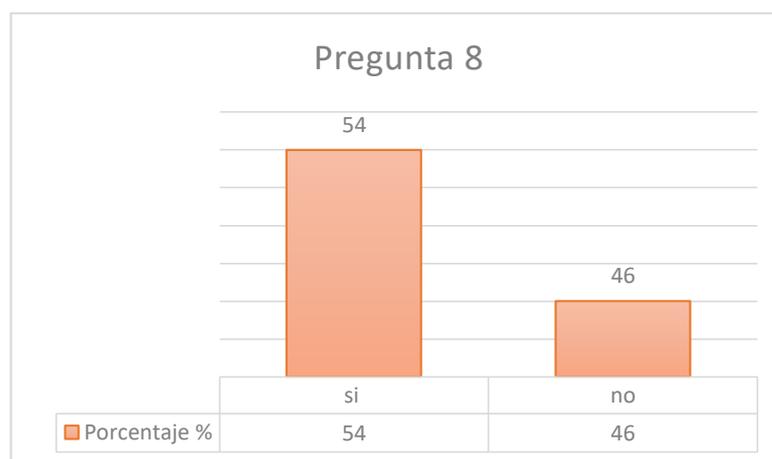


Figura 49 Resultados del conocimiento de la muestras frente a la fibra óptica

Fuente: Encuesta

Elaborado por: El Investigador

Descripción

El 54% de encuestados tienen conocimiento de las ventajas que brinda la fibra óptica con respecto a otras tecnologías, lo han leído o escuchado, mientras que el 46% desconoce el beneficio que se puede tener al trabajar con fibra óptica debido a que aumenta la velocidad de transmisión, es por esta razón que CLICKNET debe aprovechar este punto importante y realizar un cambio de tecnología y renovar en la ciudad.

Pregunta 9: ¿Estaría usted de acuerdo en cambiar su servicio actual a Fibra óptica?

Tabla 17 Alcance de posibles clientes

Ítem	Muestra	Porcentaje %
SI	116	54%
NO	12	6%
Tal vez	36	17%
Ya dispongo	49	23%
Total	213	100%

Elaborado por: El Investigador

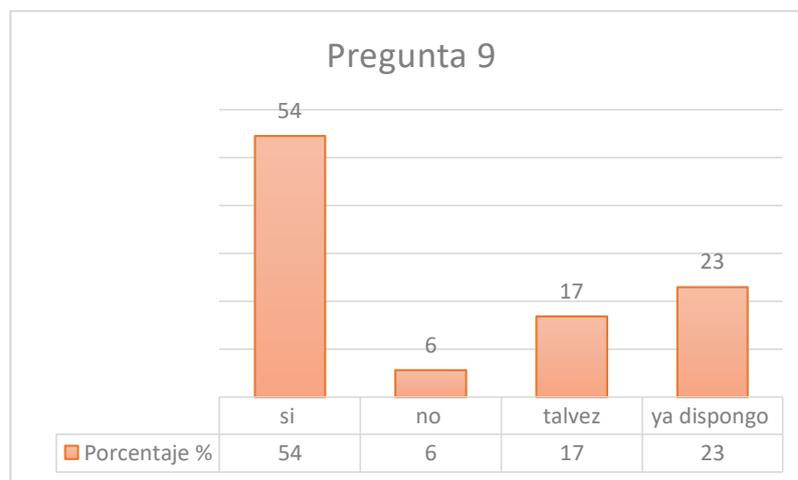


Figura 50 Análisis grafico de lo que la población desea con respecto a su servicio

Fuente: Encuesta

Elaborado por: El Investigador

Descripción

La pregunta 9 demuestra la poca o ineficiente demanda de tecnología GPON en la ciudad de Patate convirtiéndose en un mal servicio, dando como resultado que el 54% del total de la muestra estaría de acuerdo con cambiar su actual servicio por uno que incorpore fibra óptica o un ancho de banda mayor al que poseen y así poder mejorar su servicio con esto se afirma que el proyecto presentado es factible por la demanda existente.

Pregunta 10: ¿Cuánto estaría dispuesto usted a pagar por un servicio de alta velocidad de Internet?

Tabla 18 Datos para análisis de costos

Ítem	Muestra	Porcentaje %
10-19	67	31%
21-30	104	49%
31-40	24	11%
41-50	18	8%
Total	213	100%

Elaborado por: El investigador

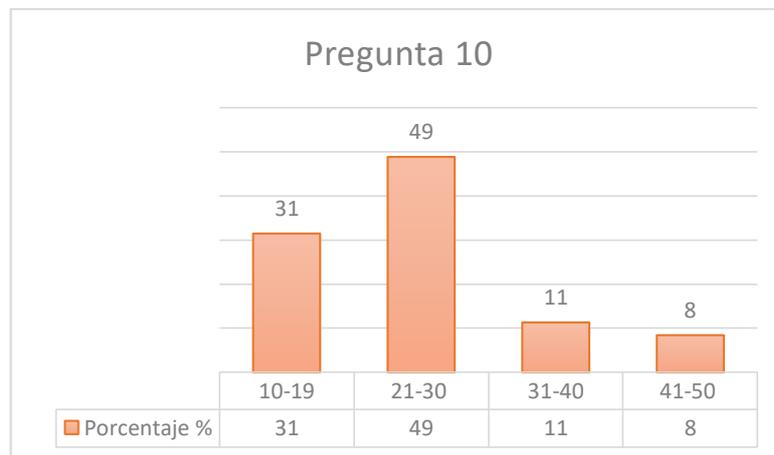


Figura 51 Análisis de la economía de los futuros clientes

Fuente: Encuesta

Elaborado por: El Investigador

Descripción

La muestra encuestada determinó que esta entre sus posibilidades pagar por un servicio de fibra óptica que su valor a pagar este desde \$21 – \$30 dólares americanos, llegando a la conclusión que el precio que CLICKNET S.A. maneja por sus servicios es el indicado que por el ancho de banda que está planificado brindar su mensualidad seria acogido por los usuarios encuestados.

2.2.4 Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del proyecto se plantearon las siguientes actividades:

- ✓ Analizar los posibles lugares para establecer el sitio específico para el nodo central.
- ✓ Definir la zona de cobertura por donde se desea realizar el tendido de fibra óptica.
- ✓ Diseñar los planos de la red de planta externa Gpon.
- ✓ Analizar la topología y arquitectura del diseño de la red.
- ✓ Estudio de los parámetros técnicos de la red de fibra óptica.
- ✓ Realizar la propuesta del posible diseño de planta externa de la red Gpon.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En el mundo el internet es una herramienta fundamental, al pasar por la pandemia del COVID provocando un potencial crecimiento de usuarios conectados al internet, en el año 2020, más de 300 millones de personas utilizaron el Internet, según el informe emitido por Hootsuite y We Are Social, de media, internautas entre 16 y 64 años se encuentran navegando 6 horas como mínimo ya sea trabajando, estudiando o en redes sociales.

En América Latina existe un retraso en la parte tecnológica teniendo conexiones por cable, DLS y solo el 22.5% fibra óptica impulsando a la creación de redes de fibra óptica de alta calidad, en Ecuador.

El diario el País informa que existe una brecha significativa con respecto al acceso de internet señalando que la educación es inalcanzable para varios sectores, el asistir a clases de manera virtual es un desafío para 4.4 millones de estudiantes sin tomar en cuenta las personas que tuvieron que realizar tele-trabajo,

La fibra óptica brinda la capacidad de consumir un ancho de banda mayor al que es por radio enlace o comunicación por cable de cobre. Con lo cual el presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal diseñar una red Gpon de alta calidad para el Cantón Patate y sus alrededores; la empresa CLICKNET S.A plantea realizar la migración de tecnología especialmente a sus clientes y adquirir clientes nuevos ofreciendo un ancho de banda de 30 Mbps simétricos 1:1 formando parte al crecimiento tecnológico y de desarrollo en las telecomunicaciones en el país.

3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La presente propuesta se realiza con el fin de mejorar y ampliar los servicios de la empresa CLICKNET S.A. en el casco central de la ciudad de Patate, es posible por el motivo de la potencial demanda existente en el mercado de las telecomunicaciones, la propuesta denota el análisis de la red actual y la mejora que se desea con referencia a la velocidad de transmisión de datos en la red de fibra óptica, tiene como resultado

final presentar planos con el diseño de la red de Fibra óptica, la memoria técnica detallada de cada red que se diseña, el presupuesto óptico y su implementación para brindar un servicio con un ancho de banda de 30Mbps.

Para el desarrollo de la propuesta del presente trabajo de investigación para el diseño de la red GPON de la ciudad de Patate se realiza varios ítems que se presentan a continuación:

- Análisis de la red actual de la empresa CLICKNET S.A
- Parámetros requeridos para el diseño GPON
- Especificaciones Técnicas
- Niveles de Splitteo
- Diseño de la Red

3.2.1 Situación actual de la empresa CLICKNET S.A

La empresa de Telecomunicación CLICKNET S.A en la actualidad brinda servicio de internet a la ciudad de Patate mediante radio enlace, tiene su nodo principal en la ciudad de Ambato sector Huachi, con una Torre para utilizar antenas de Backbone y así llegar a Nitón donde poseen un Punto de Acceso (AP) direccionado a la ciudad de Patate.

- **Ubicación**

En la figura 52 se muestran las ubicaciones de las torres de antenas de backbone que posee CLICKNET S.A para brindar su servicio a la Ciudad de Patate y en la tabla 19 se adjunta la longitud, latitud y altura de cada

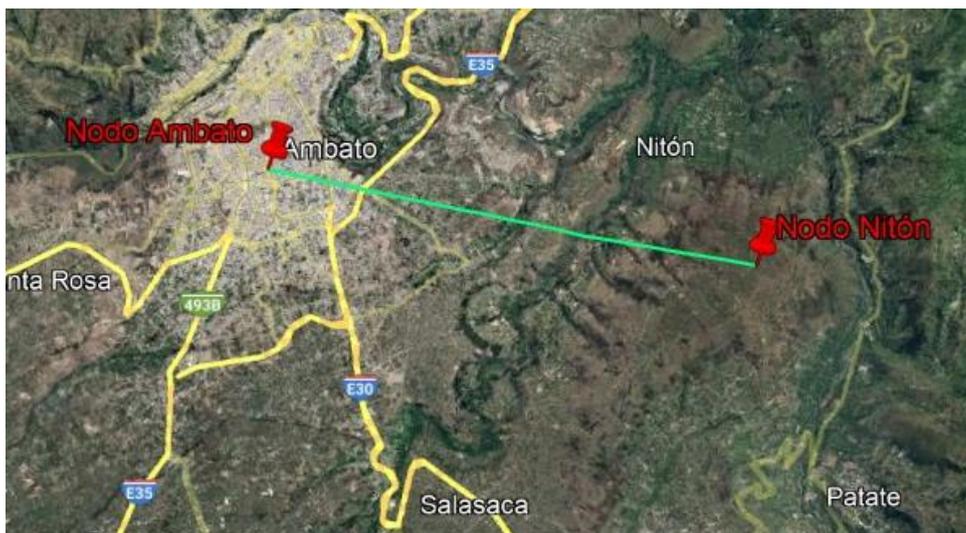


Figura 52 Torres de Radio Enlace CLICKNET S.A

Elaborado por: El Investigador

En la presente Tabla se describe la ubicación geográfica de cada punto de los nodos inalámbricos que posee la empresa CLICKNET los cuales brindan servicio a la ciudad de Patate.

Tabla 19 Coordenadas de las torres de Radio Enlace CLICKNET S.A

Nodo Central Ambato	
LATITUD	1°15'42.55° S
LONGITUD	78°37'27.42° O
ALTURA	2698.5 m
Nodo Nitón	
LATITUD	1°16'19.55° S
LONGITUD	78°31'51.46° O
ALTURA	3059.7 m

Elaborado por: El Investigador

- **Parámetros técnicas**

En la Tabla 20 se detallan los parámetros técnicos principales del equipo, Router que compone el nodo central de Ambato su hoja técnica se encuentra en el Anexo3.

Tabla 20 Router Nodo Ambato

Nodo Central Ambato	
Router	
Marca	Mikrotik
Modelo	CCR1036-12G-4S
Tamaño de la RAM	4GB
Tamaño de almacenamiento	1GB
Puertos Ethernet 10/100/1000	12
Puertos SFP	4

Elaborado por: El Investigador

La Tabla 21 especifica el tipo de Switch con el que la empresa CLICKNET trabaja para administrar la red del Nodo Ambato – Nitón en el Anexo4 se encuentra toda su hoja técnica.

Tabla 21 Switch Nodo Ambato

Nodo Central Ambato	
Switch	
Modelo	CRS326-24G-2S+
Puertos Ethernet 10/100/1000	24
Puertos SFP+	2
Tamaño de la RAM	512 MB
Tamaño de almacenamiento	16 MB

Elaborado por: El Investigador

El Backbone son los equipos de la red troncal que posee la empresa, es un punto a punto del nodo de Ambato con Nitón su equipo principal es un Mikrotik sus detalles están en la Tabla 22 para más especificaciones Anexo5.

Tabla 22 Antena de Backbone Nodo Ambato

Nodo Central Ambato	
Antena de Backbone	
Modelo	NetMetal 5
Tamaño de la RAM	128 M
Tamaño de almacenamiento	128 M
Puertos Ethernet 10/100/1000	1
Puertos SFP	1

Velocidad máx. de datos inalámbrica de 5 GHz	867 Mbit/s
---	------------

Elaborado por: El Investigador

El Switch en Nitón es administrable, para direccionar el tráfico que se desea en la red por el Ap con él se va a trabajar, es de marca Mikrotik como se puede apreciar en la Tabla 23 para más información Anexo4.

Tabla 23 Switching Nodo Nitón

Nodo Nitón	
Switching	
Modelo	CRS326-24G-2S+
Puertos Ethernet 10/100/1000	24
Puertos SFP+	2
Tamaño de la RAM	512 MB
Tamaño de almacenamiento	16 MB

Elaborado por: El Investigador

La antena de Backbone en Nitón se especifica en la Tabla 24 fabricada para exteriores su hoja técnica se la puede encontrar en el Anexo 5 es el mismo modelo de la antena que se encuentra en el Nodo de Ambato.

Tabla 24 Antena de Bckbone Nitón

Nodo Nitón	
Antena de Backbone	
Modelo	NetMetal 5
Tamaño de la RAM	128 M
Tamaño de almacenamiento	128 M
Puertos Ethernet 10/100/1000	1
Puertos SFP	1
Velocidad máx. de datos inalámbrica de 5 GHz	867 Mbit/s

Elaborado por: El Investigador

En la Tabla 25 se muestra la antena de Punto de Acceso para los clientes de la ciudad de Patate sus especificaciones más detalladas se presentan en el Anexo6.

Tabla 25 Antena de Punto de Acceso

Nodo Nitón	
Antena de AP	
Modelo	BaseBox5
Tamaño de la RAM	64M
Tamaño de almacenamiento	128M
Puertos Ethernet 10/100/1000	1
Velocidad máx. de datos inalámbrica de 5 GHz	300Mbits/s

Elaborado por: El Investigador

Como se puede observar en la figura se utiliza la herramienta The Dude de Mikrotik para el Backbone principal de la empresa y su monitoreo con el respectivo direccionamiento.

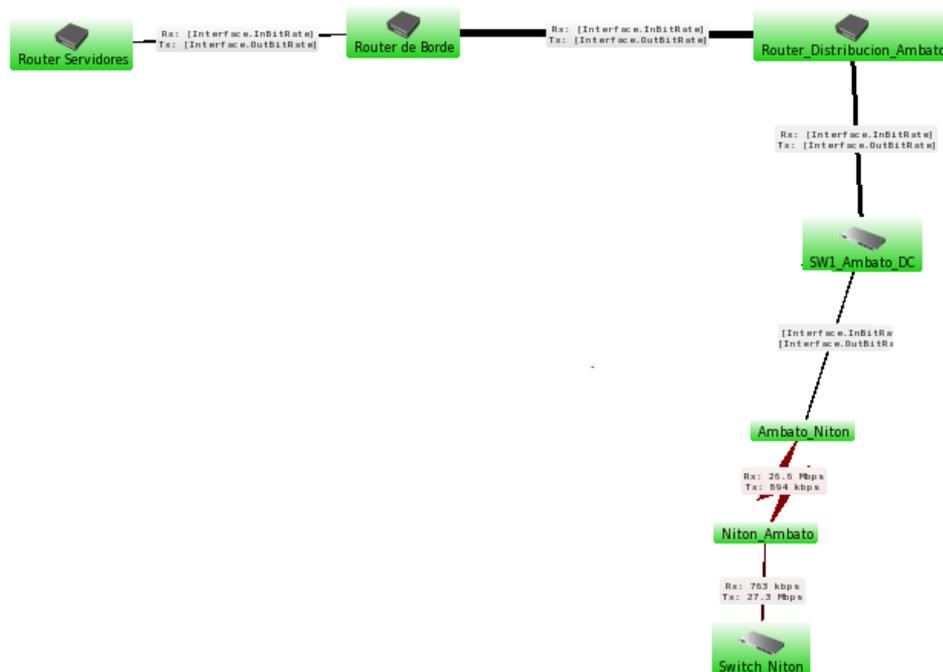


Figura 53 Backbone de Ambato a Nitón Software The Dude

Elaborado por: El Investigador

Para el análisis de la red que posee CLICKNET S.A se observa en la figura 54 que parte desde Ambato, el router de distribución de la empresa hasta Nitón donde se coloca el Ap de Patate en el software The Dude.

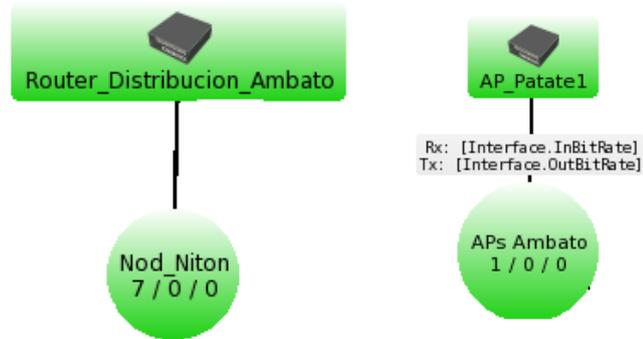


Figura 54 Red de Aps de la empresa CLICKNET S.A

Elaborado por: El Investigador

Para obtener datos necesarios del radio enlace que posee la empresa CLICKNET S.A. se ha utilizado la aplicación Winbox que nos permite visualizar las configuraciones de los equipos Mikrotik y el tráfico de datos que estos poseen a continuación se presenta el tráfico de datos del Backbone principal, debido a la confidencialidad que la empresa CLICKNET S.A. maneja no se podrán visualizar las IP's por completo.

Se puede observar que en la figura 55 el tráfico que pasa desde la antena de Nitón hacia Ambato en el backbone principal es un máximo de 68.3 Mbps de Transmisión y de 31.7 Mbps de Recepción.

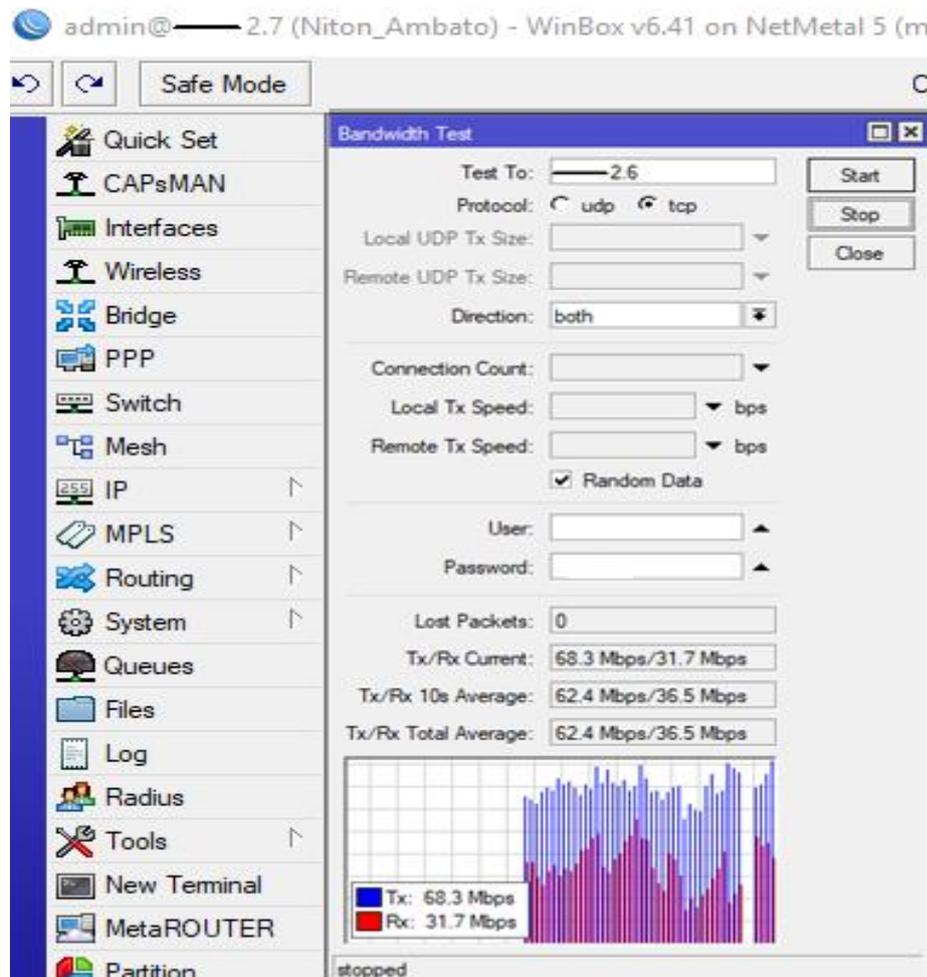


Figura 55 Tráfico de datos que pasa desde Nitón a Ambato

Elaborado por: El Investigador

En la presente figura se puede observar el tráfico que llega a Nitón 57.6 Mbps desde en nodo de Ambato teniendo en cuenta las perdidas en el espacio libre y los factores que provocan pérdidas como es la interferencia causada por otros proveedores de servicio saturación en las bandas de frecuencia que se está trabajando.

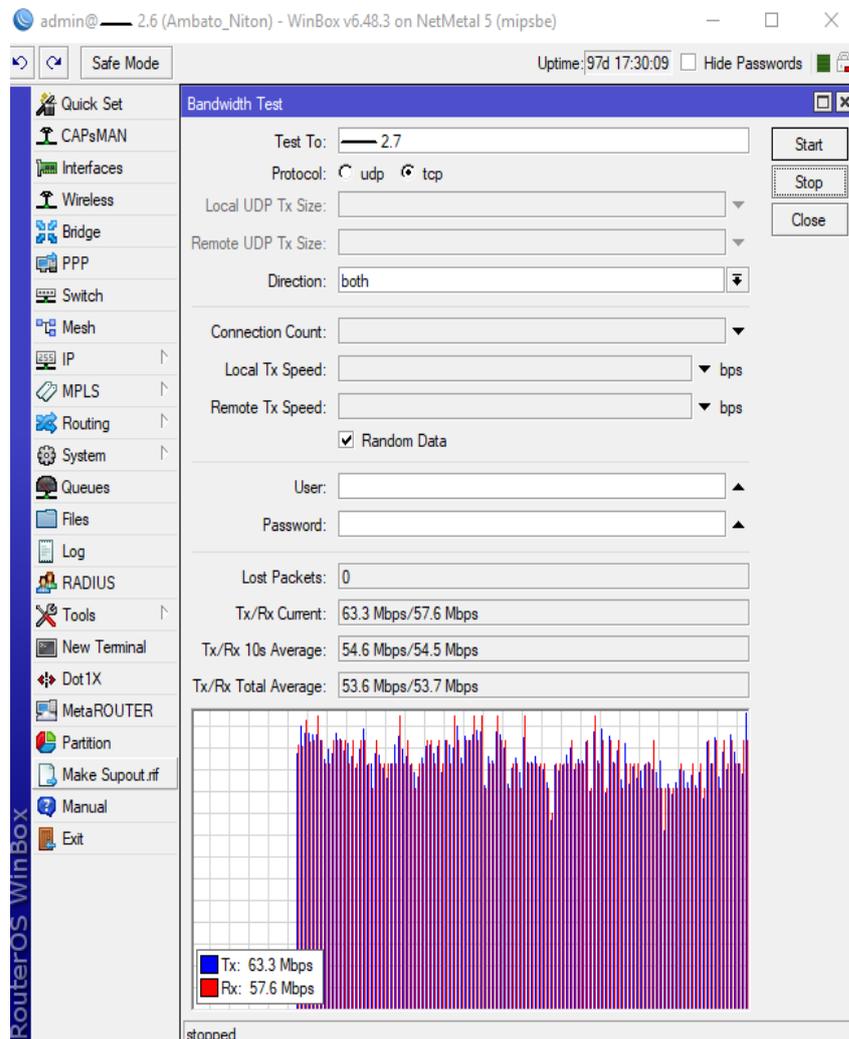


Figura 56 Tráfico de datos Nodo Nitón-Ambato

Elaborado por: El Investigador

En la figura 57 mediante la aplicación de Winbox y la herramienta de Bandwidth Test se presenta el ancho de banda desde un Ap que se encuentra en Nitón hasta un cliente de Patate y lo que se recibe el mismo, existen varios Aps en el nodo de Nitón que están direccionados a Patate a continuación solo se presenta uno de ellos.

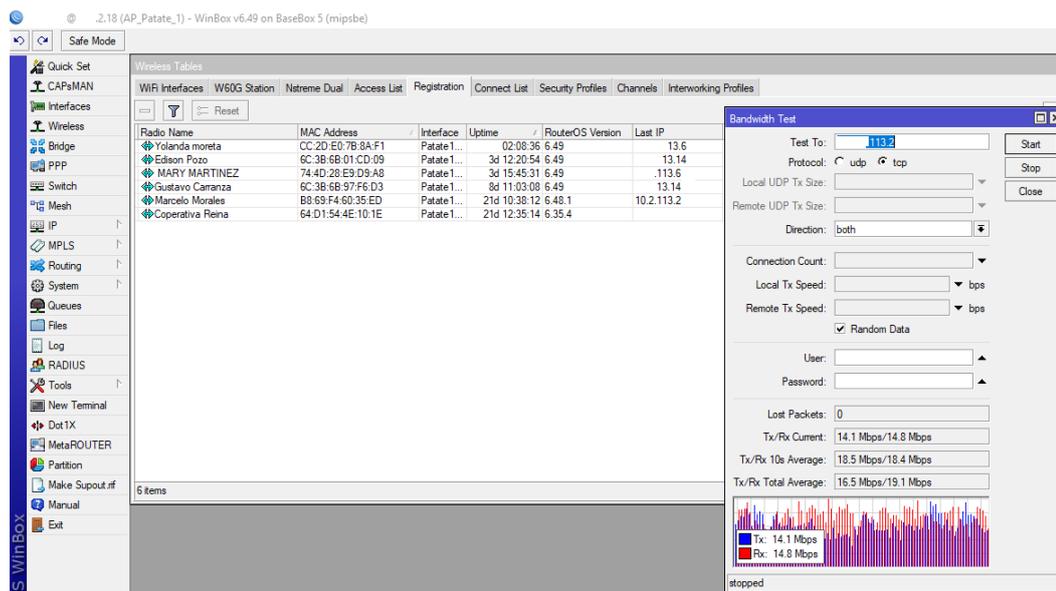


Figura 57 Tráfico de datos que llegan al cliente

Elaborado por: El Investigador

3.2.2 Parámetros requeridos para el diseño GPON

Para los requerimientos técnicos se realiza un análisis de la red actual demostrando que los abonados saturan el ancho de banda que se les brinda por radio enlace , la aplicación de encuestas que dan como resultado las necesidades que presentan las personas de la ciudad de Patate mostrando su inconformidad del servicio que poseen por fibra óptica con otro proveedor también que los clientes de la empresa desearían cambiar de tecnología y el mejoramiento que desea tener la empresa CLICKNET S.A para con sus clientes actuales, de igual forma trabajar con tecnología de alta calidad que solvente la demanda y el ancho de banda solicitado con todos estos parámetros se realiza el estudio del diseño de la Red Gpon utilizando los siguientes criterios:

- La red Gpon se basa en los Estándar ITU-T G 984.x (x=1,2,3,4)
- La estructura de la red debe soportar de 622Mbps hasta 2,5 Gbps para poder alimentar nodos de radio en futuros proyectos.
- Como principal parámetro debe ser escalable para proyectos planificados más adelante.
- Solventar las necesidades de los abonados actuales y los futuros.
- La red debe cubrir la zona con más demanda solicitada.
- Trabajar con el protocolo OMCI (ONT Management and control interface).

- Tener gestión al igual que monitoreo para la configuración de fallos, rendimiento y seguridad de la red.

3.2.3 Especificaciones Técnicas

Con respecto a especificaciones técnicas la presente tesis se basa a la estructura de la red Gpon mediante los parámetros solicitados por la empresa CLICKNET S.A siendo:

- Reconocimiento del sector donde se colocará el nodo óptico.
- Dimensionamiento de la red Gpon.
- Diseño de la ruta de la red Feeder.
- Selección de los equipos y materiales para la red de fibra.
- Conexión de la central de monitoreo Ambato con la red de Fibra en la ciudad de Patate.
- Presupuesto óptico.

3.2.4 Niveles de esplitteo

Para el diseño planificado de la red de fibra óptica se lo define por cada puerto Gpon 128 clientes y un splitteo de dos niveles el primero de 1:8 y en última milla en la caja final o NAP el splitteo de 1:16 como se puede observar en la figura 58 a continuación solo se llega hasta ese nivel debido a que si se ocupa un nivel más las pérdidas de igual manera aumentan.

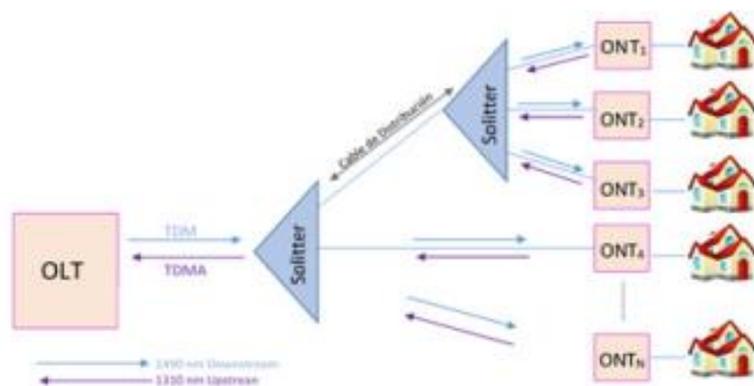


Figura 58 Nivel de Splitteo planificado [34]

3.2.5 Diseño de la Red

3.2.5.1 Descripción

CLICKNET S.A. al contar con la infraestructura necesaria como oficinas en el centro de la ciudad de Patate es técnicamente factible ya que tiene a disposición el equipo y material en el sector, además dispone con personal técnico capacitado para la realización del presente proyecto de “RED GPON PARA LA EXPANSIÓN DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LA EMPRESA CLICKNET S.A. EN EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE PATATE”. Garantizando así el desarrollo pleno y seguro del propósito, asegurando un resultado óptimo y a las expectativas de las autoridades de CLICKNET S.A.

El presente proyecto de investigación sobre el diseño e implementación de una red GPON en la ciudad de Patate es económicamente factible, debido a que la empresa CLICKNET S.A. financió la investigación con el 90% del valor total.

3.2.5.2 Ubicación Geográfica

La ciudad destinada para el presente proyecto se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua cantón Patate sus coordenadas geográficas son latitud -1.311831° y longitud -78.506531° reconocida por su hermoso paisaje y turismo, la Empresa CLICKNET S.A ha decidido aumentar su cobertura implementando una red de fibra óptica en la ciudad de Patate ya que en la actualidad brinda el servicio de internet para el cantón en sus alrededores por radio enlace, al notar el requerimiento del servicio en la parte urbana se plantea el siguiente proyecto.



Figura 59 Ubicación geográfica de la Ciudad de Patate

Elaborado por: El Investigador

3.2.5.3 Análisis de la demanda

Al realizar el diseño de la red Gpon para la ciudad de Patate se identificó varios factores importantes como clientes potenciales de mayor consumo los cuales son Unidades Educativas, restaurantes, centros turísticos y locales comerciales, algunos de ellos trabajan con la empresa, pero con radio enlace los mismo que se busca migrar a Fibra óptica con el diseño propuesto.

Se puede observar a continuación varios clientes que posee la empresa CLICKNET S.A que al pasar de los meses se están retirando debido a que por sus sectores ya existe fibra de otras empresas.

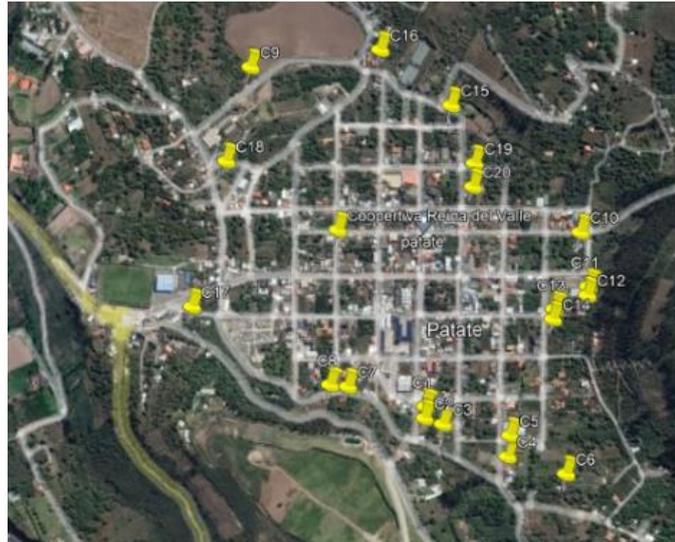


Figura 60 Abonados Actuales de CLICKNET S.A

Elaborado por: El Investigador

3.2.5.4 Ubicación de la OLT

Para el diseño de la red Gpon la empresa CLICKNET S.A. al no tener oficinas en Patate, dispuso ubicar la OLT en un lugar concéntrico de la ciudad con el propósito de montar el cuarto de equipos y un punto de servicio al cliente, siendo un lugar estratégico para el crecimiento de la red incluso ayuda al tendido de fibra óptica teniendo un balance en la potencia al abonado más lejano.

En la siguiente figura se puede observar la ubicación geográfica de la OLT con las coordenadas de longitud -1.311274° y latitud -78.507198° , siendo este lugar las oficinas centrales de CLICKNET S.A en la ciudad de Patate.

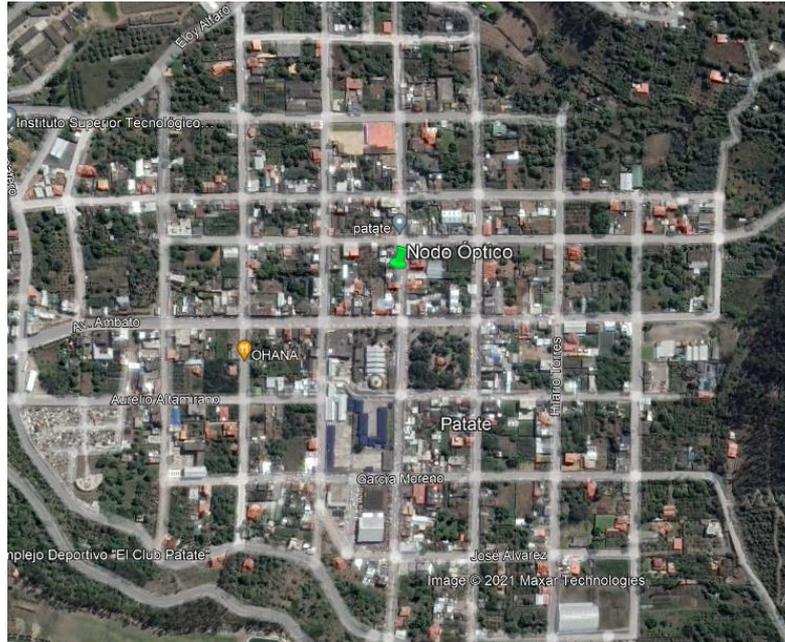


Figura 61 Ubicación geográfica de la OLT.

Elaborado por: El Investigador

La OLT de marca V-SOL posee 8 puertos PON, 8 GETHernet y 8 SFP es un equipo que la empresa CLICKNET ha proporcionado para el diseño de la red, los puertos PON trabajan con una longitud de onda de TX 1490nm y RX 1310nm el modelo de la OLT es V1600D8, se puede apreciar cómo se ven en la figura 62 y su hoja técnica se la puede visualizar en el Anexo6.



Figura 62 OLT VSOL

Fuente: <https://aire.ec/producto/v-sol-olt-8p-c/>

Especificaciones el puerto

- Puerto EPON velocidad 1,25 Gbps simétrico
- Poder TX + 2 ~ + 7dBm
- Sensibilidad Rx -27dBm
- Saturación Potencia óptica -6dBm

Con la instalación de la OLT se coloca conjuntamente un Router Anexo 3, el que administra el rango de Ips para los clientes y el tráfico de la red.

3.2.5.5 Zonas de cobertura

Para el diseño de la red Gpon en la ciudad de Patate se ha establecido dividir en dos zonas de cobertura como se observa en la figura 64 debido al análisis técnico de las encuestas que se realizaron, para la planeación del diseño y mejor control de la red debido a cualquier situación futura en cada sector para que no alterare o ponga en riesgo toda la red colocando dos armarios también llamadas mangas aéreas diferentes para cada zona de cobertura.

Mediante el análisis técnico, las encuestas que se realizaron con la muestra obtenida de la población se puede observar todos los abonados que desean el servicio o cambiarse de proveedor incluso existen solares vacíos y casas en construcción que también han sido tomados como proyecciones en la figura 63.

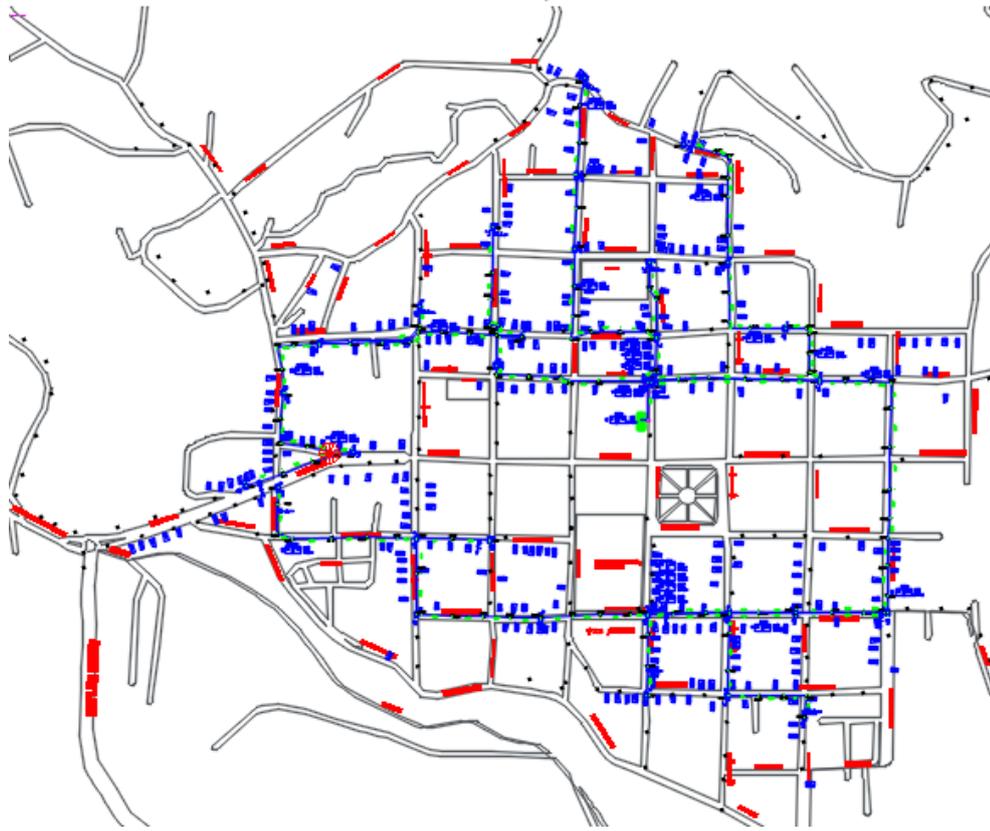


Figura 63 Demanda de Abonados

Elaborado por: El Investigador

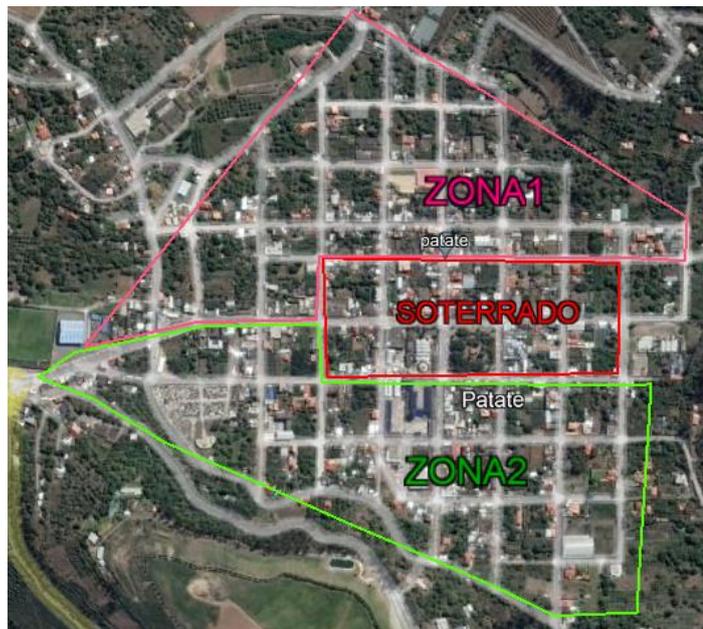


Figura 64 Zonas de Cobertura

Elaborado por: El Investigador

3.2.5.6 Levantamiento de elementos externos para el diseño de la red

Para realizar el diseño de la red se lo hace mediante levantamiento de información en campo con coordenadas geográficas WGS84 (Sistema Geodésico Mundial) para tener la postería actualizada, pozos, canalización, con la utilización de GPS GARMIN minimizando el margen de error de un metro como se puede observar en la figura, los postes poseen una numeración PT-001.

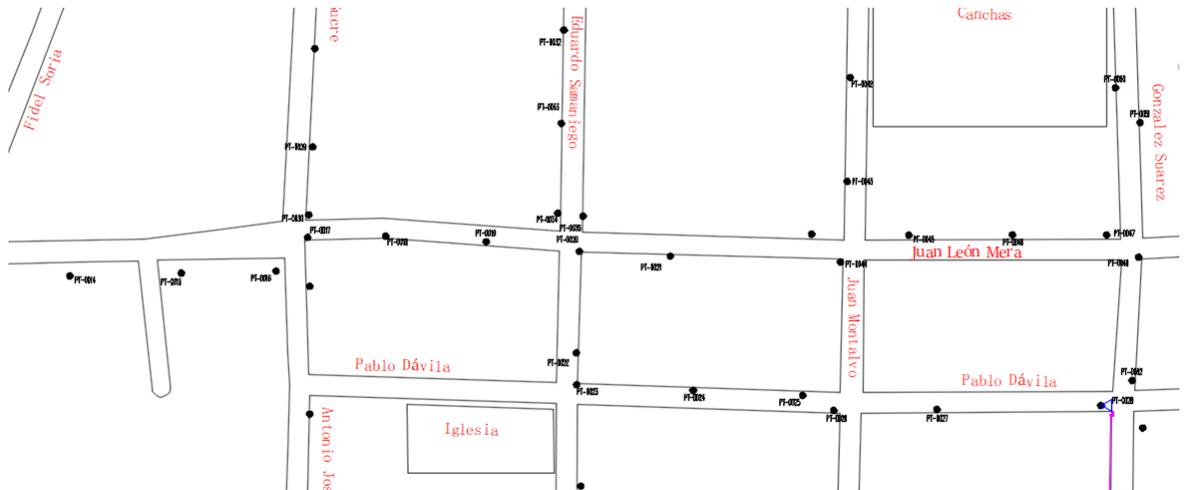


Figura 65 Ubicación geográfica de la Postería

Elaborado por: El Investigador

3.2.5.7 Red Troncal o Feeder

Para el diseño de la red Feeder por disposición de la empresa CLICKNET S.A en el parque central de la ciudad se diseña la red a su alrededor, la fibra troncal parte desde la OLT, sube por la calle González Suárez hasta llegar a la calle Pablo Dávila con trayecto a la calle Vicente Rocafuerte y toma dirección al sur hasta la García Moreno al final llega igualmente a la Gonzales Suarez donde estará la manga de la segunda zona como se puede observar en el Anexo9.

La Red Feeder se encuentra soterrada desde el edificio donde se encuentra hasta la manga de la zona 1 ingresado por el pozo con nomenclatura PM_01 y saliendo por PM_02 para ser una red aérea desde el poste PT-0022.

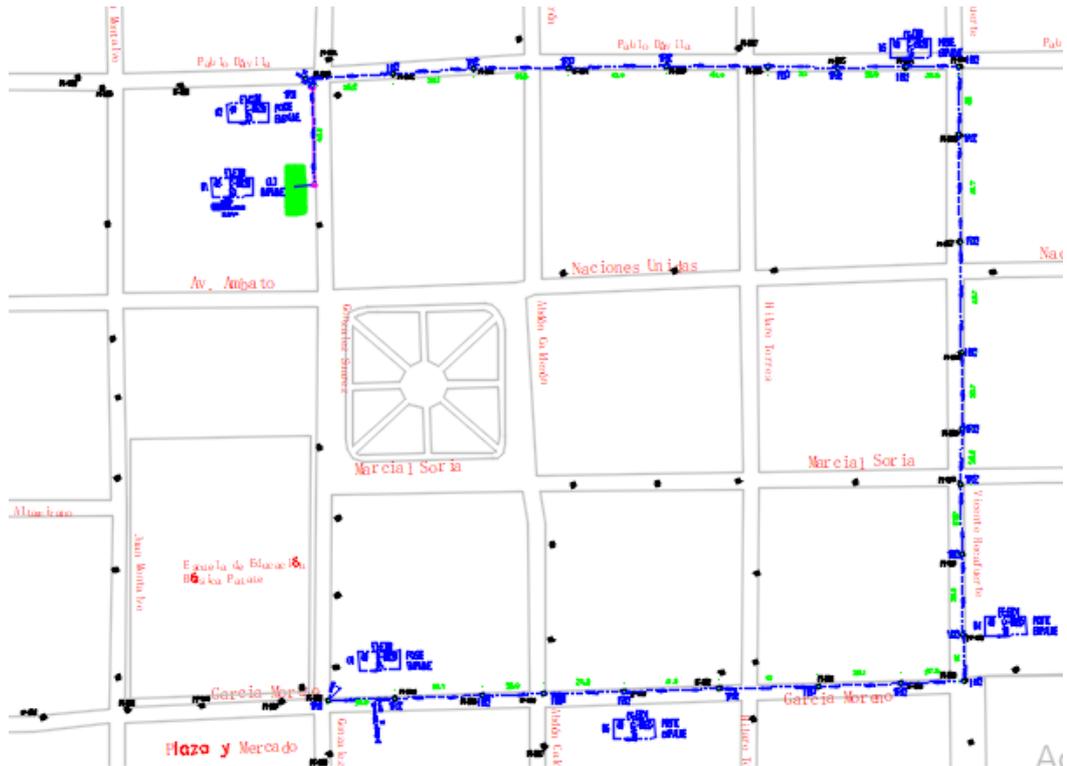


Figura 66 Fibra Troncal

Elaborado por: El Investigador

A continuación, se presenta la ubicación geográfica de las mangas que pertenecen a cada zona en la siguiente tabla:

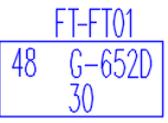
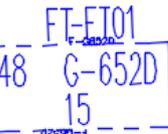
Tabla 26 Coordenadas de las mangas

	ZONA 1 Manga 1	ZONA 2 Manga 2
Latitud	-1.310916	-1.313338
Longitud	-78.507211	-78.507110
Simbología	MT_1	MT_2

Elaborado por: El Investigador

La red Feeder en su recorrido presenta seis reservas de cable las que se encuentran en la siguiente tabla el cable normado por la ITU G.652D el cable de fibra tiene un total de 1000 metros.

Tabla 27 Ubicación geográfica de las reservas de la red Feeder

Simbolo	Definición	Coordenadas geográficas
01 	Primera 01 reserva de cable de fibra de 48 hilos de 50mt	Latitud: -1.310884 Longitud: -78.507489
02 	Segunda 02 reserva de cable de fibra de 48 hilos de 30mt	Latitud: -1.310591 Longitud: -78.507421
03 	Tercera 03 reserva de cable de fibra de 48 hilos de 15mt	Latitud: -1.310401 Longitud: -78.504822
04 	Cuarta 04 reserva de cable de fibra de 48 hilos de 15mt	Latitud: -1.3127 Longitud: -78.504507
05 	Quinta 05 reserva de cable de fibra de 48 hilos de 15mt	Latitud: -1.313071 Longitud: -78.50597
06 	Sexta 06 reserva de cable de fibra de 48 hilos de 15mt	Latitud: -1.312774 Longitud: -78.506962

Elaborado por: El Investigador

El Feeder de 48 hilos tiene 4 buffers de 12 hilos en su recorrido ingresa en un tramo por el soterrado que termina en la calle Pablo Dávila.

3.2.5.8 Red de Distribución

La red de Distribución inicia en la caja D2 en la zona 1, la red Feeder llega hasta la caja C3 en la zona 2 en cada manga se realiza:

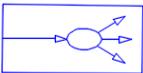
- Se toma un buffer de 12 hilos los cuales se ocupa solo 3 hilos por cada zona
- Se utiliza tres Splitters de 1 a 8 para cada hilo
- Se empieza con el primer nivel de Splitteo
- Se tiene 24 hilos de fibra para empezar la red en cada caja de distribución para cada zona

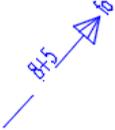
Los hilos restantes y el buffer son reservas proyectadas o para salvaguardar la red de cualquier circunstancia de esta manera si sucede algo en la zona 1 no sufriría daños la zona 2.

3.2.5.9 Estructura de la Red

Para el diseño previo de la red Feeder, de distribución y acometidas se utilizaron varias simbologías de los elementos que conforman el plano general Anexo8, de cada zona, son bloque que poseen atributos de identificación como el número de hilos ocupados poder ser en reserva de los mismo o el metraje de cable de fibra se presentaran en la tabla 28 esta simbología es establecida por la empresa CLICKNET S.A para el diseño del proyecto se trabajara con Autocad 2022.

Tabla 28 Simbología para el Diseño GPON

Simbología	Descripción
	OLT de distribución
	NAP o caja de distribución aérea Con identificación de la ramificación de fibra a donde pertenece
	Empalme de fibra en la manga
<p>ā_G652D 12 100.00 m FD_03_00_00(12)(1)</p>	Fibra óptica 100 mt de cable tramo de fibra 3 de 12 hilos ocupado solo 1 hilo
	Abonado - ONT

	<p>Splitter de 1 a 16</p>						
 <p>RFo_D3,D4 a_G652D FD_02_00_00(24)(1..6)</p>	<p>Hilos de reserva para D3 Y D4 6 hilos</p>						
 <p>ODF_01_48P a_G652D FT_01_00_00(48)(1..48) FT01_00F01_48P</p>	<p>ODF</p>						
<p>05</p> <table border="1" data-bbox="523 743 686 851"> <tr> <td colspan="2">FT-FT01</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>G-652D</td> </tr> <tr> <td></td> <td>15</td> </tr> </table>	FT-FT01		48	G-652D		15	<p>Reserva de cable de fibra</p>
FT-FT01							
48	G-652D						
	15						
	<p>Pozo con numeración PM_01 y PM_02</p>						
	<p>Subida de cable del pozo a la manga en el poste 5mt mas 8mt</p>						
	<p>Subida del canalizado a la base del poste 5mt</p>						

Elaborado por: El Investigador

- **Soterrado**

La ubicación de la OLT se encuentra en un lugar estratégico cerca del parque de la ciudad de Patate en un sector donde las líneas eléctricas están soterradas es por esta razón que se utiliza una bajada a pozo y una subida en la figura se puede observar el pequeño tramo de la fibra que ingresa.

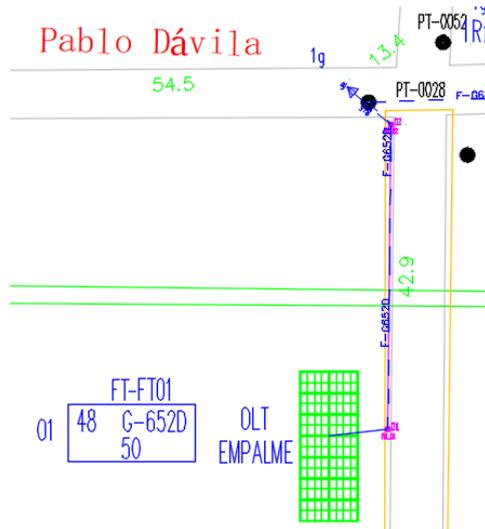


Figura 67. Soterrado desde la OLT hasta el poste PT-0028

Elaborado por: El Investigador

Un tramo de la red Feeder ingresa a soterrado por los pozos los cuales se presentan en la siguiente tabla utilizando la simbología de PM_00 para enumerarlos.

Tabla 29 Ubicación geográfica de los pozos

Pozo	Ubicación
PM_01	Latitud: -1.310842 Longitud: -78.507168
PM_02	Latitud: -1.310455 Longitud: -78.507164

Elaborado por: El Investigador

- **Red de dispersión derivada del Feeder para la zona 1**

En el diseño de la red GPON existen dos mangas MT_1 y MT_2 son portadoras de Splitters, en la zona 1 se empieza con la NAP D2 de las cuales salen tres redes de distribución y sus derivaciones como se puede observar en el Anexo 10 con las siguientes especificaciones presentes en la tabla 30 tomando en cuenta que para red de distribución se dejan reservas de cable en la NAP D2.

Donde

FD_01: Es el indicador de la primera salida del cable de la manga según corresponde:

00_00: Son las derivaciones a partir de la red que correspondan

(24): El número de hilos que tenga el cable de fibra óptica

(1..8): Hilos activos u ocupados desde donde parte el cable de fibra

Tabla 30 Fibra de Distribución Zona 1

Especificaciones de la red principal	Derivaciones	Reserva de cable de fibra (mt)
FD_01_00_00(24)(1..8)	FD_01_01_00(6)(1) FD_01_02_00(6)(1)	FD01 24 Hilos 15mt
FD_02_00_00(24)(1..6)	FD_02_01_00(6)(1)	FD02 24 Hilos 15mt
FD_03_00_00(24)(1)		FD03 24 Hilos 15mt

Elaborado por: El Investigador

Para la red de distribución de la zona 2 se presenta en la tabla 31 los hilos ocupados y las reservas de cable el plano se encuentra en el Anexo 11.

Tabla 31 Fibra de Distribución Zona 2

Especificaciones de la red principal	Derivaciones	Reserva de cable de fibra (mt)
FD_01_00_00(24)(1..5)	FD_01_01_00(6)(1)	FD01 24 Hilos 15mt
FD_02_00_00(24)(1..6)		FD02 24 Hilos 15mt
FD_03_00_00(12)(1)		FD03 12 Hilos 15mt

Elaborado por: El Investigador

En la red de dispersión se toma en cuenta la demanda de cada sector para la colocación de una caja NAP, como se divide en zonas, para la parte norte que corresponde a la primera manga MT_1 tenemos 18 NAP's aéreas, su nomenclatura es alfanumérica como se observa en el Anexo 12, se coloca reservas en varias cajas debido a futuras proyecciones o incremento de población, en la zona sur se tiene 12 NAP's aéreas su estructura se visualiza en el Anexo 13.

3.2.5.10 Cálculos del enlace

Para determinar las pérdidas a las que la red GPON de la ciudad de Patate está expuesto hay que tomar en cuenta varios aspectos que inicia desde el nodo óptico hasta el abonado que se encuentre más lejano o último de la red todo esto se basa en la norma UIT-T G 652 que explica las características de la implementación de red GPON.

- **Ventana de operación**

Como se observa en el anexo 9 la OLT de marca VSol trabaja con una ventana de operación de 1490 nm para Transmisión y 1310 nm para Recepción utilizando fibra monomodo.

- **Potencia**

La ONT juega un papel importante con respecto a la potencia debido a que este equipo tiene como potencia mínima para un correcto funcionamiento -26 dBm y la OLT no reconoce a la ONT si el enlace tiene más de esa cantidad de potencia.

- **Cálculos para el cliente más lejano del enlace**

Para el cálculo de la red de Gpon de la empresa CLICKNET S.A. la misma que ya procedió con la implementación de la red, primero se realiza el presupuesto óptico teórico para comparar con el cliente más lejano desde el nodo óptico OLT hasta la ONT ya instalada para verificar su potencia, con los parámetros como la distancia, la manga en la zona 1 que es donde sale el servicio, las atenuaciones como son del Splitter, conectores, agentes extrínsecos.

Presupuesto Óptico teórico cliente más lejano de la zona 1

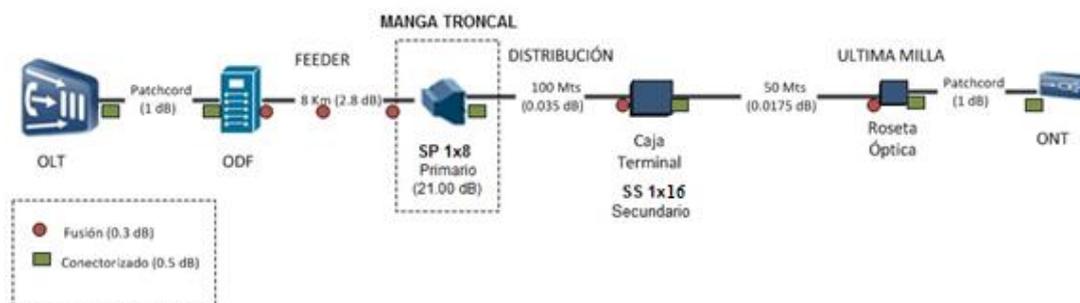


Figura 68 Diseño del enlace Zona 1

ARM01

$$A = \alpha L + \alpha_S x + \alpha_C y$$

$$\alpha_{1310} = 0.35 \text{ dB/Km}$$

$$L = 1.013 \text{ Km}$$

$$\alpha_S = 0.1 \text{ (dB)}$$

$$\alpha_C = 0.5 \text{ (dB)}$$

$$x = 5$$

$$y = 5$$

$$A = (0.35 * 1.013) + (0.1 * 5) + (0.5 * 5)$$

$$A = 3.35 \text{ dB}$$

A la atenuación hay que adicionarle las atenuaciones por los Splitters y la atenuación extrínseca de la fibra utilizando la ecuación antes mencionada.

$$A_T = A + A_{S8} + A_{S16} + A_E$$

$$A_T = 3.09 + 9.75 + 13 + 1$$

$$A_T = 27.10 \text{ dB}$$

Donde la atenuación que se obtiene es de 27.10dB donde cumple con el presupuesto de pérdidas de nuestro enlace debido a que los equipos que se ocuparan o la ONT que tiene el cliente son de 28dB

CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (NAP): ARM01_A1

En la tabla 27 se presenta la planilla del presupuesto óptico con el que está planificado que trabaje la red de manera teórica ya con el proyecto en marcha se deberá verificar la potencia real.

Tabla 32 Presupuesto Óptico teórico

PLANTILLA PARA PRESUPUESTO ÓPTICO				
Elementos de la Red de Fibra Óptica	Cantidad	Pérdida de elemento Típica (dB)	Total Pérdida (dB)	
Conectores ITU671=0.5dB	5.00	0.50	2.50	
Fusiones ITU751=0.1db	5.00	0.10	0.50	
Empalmes mecánicos ITU 751=0.1dB		0.20	0.00	
Conector Mecánico Armado en Campo		0.60	0.00	
Splitters	1x2		3.25	0.00
	1x4		6.50	0.00
	1x8	1.00	9.75	9.75
	1x16	1.00	13.00	13.00
	1x32		16.25	0.00
	1x64		19.50	0.00
	2x4		7.90	0.00
	2x8		11.50	0.00
	2x16		14.80	0.00
	2x32		18.50	0.00
2x64		21.30	0.00	
Fibras - Longitudes de Onda	1310nm	1.013	0.35	0.35
	1490nm		0.30	0.00
	1550nm		0.25	0.00
Atenuación por agentes extrínseca			1.00	
GRAN TOTAL (dB)			27.10	

Elaborado por: El Investigador

Presupuesto Óptico teórico cliente más lejano de la zona 2

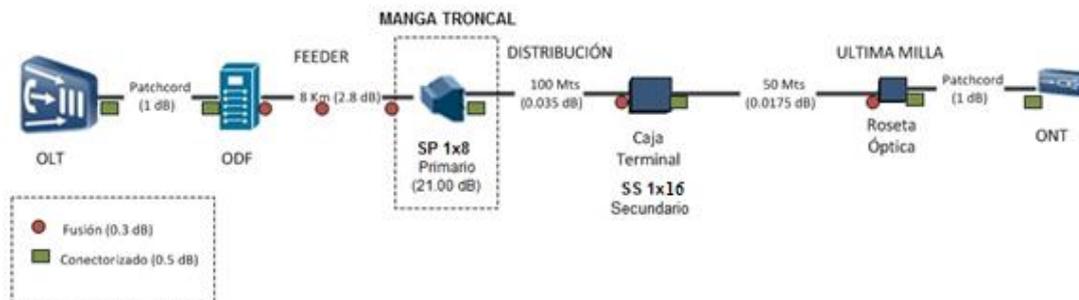


Figura 69 Diseño del modelo de enlace zona 2

ARM02

$$A = \alpha L + \alpha_S x + \alpha_c y$$

$$\alpha_{1310} = 0.35 \text{ dB/Km}$$

$$L = 1.702 \text{ km}$$

$$L = 1.702 \text{ Km}$$

$$\alpha_S = 0.1 \text{ (dB)}$$

$$\alpha_c = 0.5 \text{ (dB)}$$

$$x = 5$$

$$y = 5$$

$$A = (0.35 * 1.702) + (0.1 * 5) + (0.5 * 5)$$

$$A = 3.5957 \text{ dB}$$

A la atenuación hay que adicionarle las atenuaciones por los Splitters y la atenuación extrínseca de la fibra:

$$A_T = A + A_{S8} + A_{S16} + A_E$$

$$A_T = 3.5957 + 9.75 + 13 + 1$$

$$A_T = 27.35 \text{ dB}$$

Como resultado tenemos 27.35dB donde cumple con el presupuesto de pérdidas de nuestro enlace debido a que la ONT que tiene el cliente es de 28dB.

CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA (NAP): ARM02_A2

Tabla 33 Presupuesto Óptico teórico zona 2

PLANTILLA PARA PRESUPUESTO ÓPTICO			
Elementos de la Red de Fibra Óptica	Cantidad	Pérdida de elemento Típica (dB)	Total Pérdida (dB)
Conectores ITU671=0.5dB	5.00	0.50	2.50
Fusiones ITU751=0.1db	5.00	0.10	0.50
Empalmes mecánicos ITU 751=0.1dB		0.20	0.00
Conector Mecánico Armado en Campo		0.60	0.00
Splitters	1x2		3.25
	1x4		6.50
	1x8	1.00	9.75
	1x16	1.00	13.00
	1x32		16.25
	1x64		19.50
	2x4		7.90
	2x8		11.50
	2x16		14.80
	2x32		18.50
2x64		21.30	
Fibras - Longitudes de Onda	1310nm	1.702	0.35
	1490nm		0.30
	1550nm		0.25
Atenuación por agentes extrínseca			1.00
GRAN TOTAL (dB)			27.35

Elaborado por: El Investigador

Cliente con servicio de CLICKNET S.A

Ya terminado el diseño propuesto y aprobado por la empresa CLICKNET S.A se puso en marcha el tendido de fibra e implementación teniendo ya varios clientes se tomó en consideración para realizar los cálculos uno de ellos con servicio, a continuación, se presenta la ubicación cálculos teóricos y prácticos del enlace.

Tabla 34 Puntos del enlace extremo a extremo

NODO/CLIENTE	UBICACIÓN	COORDENADAS
CLICKNET S.A	Calles Gonzales Suarez y Pablo Dávila	Latitud: -1.311411 Longitud: -78.511361

CLIENTE	Av. Ambato	Latitud: -1.3077096 Longitud: -78.5080308
---------	------------	--

Elaborado por: El Investigador

ARM01

$$A = \alpha L + \alpha_S x + \alpha_c y$$

$$\alpha_{1310} = 0.35 \text{ dB/Km}$$

$$L = 0.568 \text{ km}$$

$$\alpha_S = 0.1 \text{ (dB)}$$

$$\alpha_c = 0.5 \text{ (dB)}$$

$$x = 5$$

$$y = 5$$

$$A = (0.35 * 1.702) + (0.1 * 5) + (0.5 * 5)$$

$$A = 3.19 \text{ dB}$$

A la atenuación hay que adicionarle las atenuaciones por los Splitters y la atenuación extrínseca de la fibra:

$$A_T = A + A_{S8} + A_{S16} + A_E$$

$$A_T = 3.19 + 9.75 + 13 + 1$$

$$A_T = 26.95 \text{ dB}$$

Se tiene por resultado 26.95dB de atenuación total, el cual se encuentra dentro del margen que soportan los equipos que se utilizan CLICKNET S.A, en la figura 70 se puede visualizar las potencias prácticas realizadas en la NAP más cercana al cliente con el equipo Power Meter y en la figura 71 la potencia que llega al cliente final los cuales estamos trabajando con un margen mucho mayor al obtenido de manera teórica.



Figura 70 Potencia en la NAP más cercana del cliente

Elaborado por: El Investigador



Figura 71 Potencia en la casa del cliente

Elaborado por: El Investigador

3.2.5.11 Volumen de Obra

El Volumen de obra del proyecto de la red Gpon para la ciudad de Patate tiene como objetivo presentar el detalle de las actividades, pruebas y suministros que se realizará en la implementación de la red.

• Detalle de servicios Red Feeder

En la Tabla 35 se presenta un detalle de todos los suministros solo para la red FEEDER, no se cuentan los costos de varios equipos debido a que la empresa ya posee.

Tabla 35 Detalle de la Red Feeder

Unidad de Planta	U	FT01_00 - 00 (48 HILOS)	Cantidad total	Costo	
				Unitario	Total
Suministro e instalación de manguera corrugada 3/4"(incluye abrazadera emt)	m	20.00	20.00	\$ 2.34	\$ 46.80
Suministro y colocación de identificador acrílico aéreo 12.50 cm x 6 cm	u	48.00	48.00	\$ 7.67	\$ 368.16
Prueba reflectométrica uni-direccional por hilo en dos ventanas gpon + traza reflectométrica	hilo	48.00	48.00	\$ 4.64	\$ 222.72
Preparación de punta de cable de fibra óptica y sujeción de cables de 6 - 96 hilos	u	2.00	2.00	\$ 7.43	\$ 14.86
Fusión de 1 hilo de fibra óptica	u	48.00	48.00	\$ 6.24	\$ 299.52
Sangrado de cable de fibra óptica ADSS de 6-48 hilos	u	1.00	1.00	\$ 6.97	\$ 6.97
Preformado helicoidal para vano hasta de 200m para fibra ADSS 11,80-12,60mm	u	48.00	48.00	\$ 8.70	\$ 417.60
Suministro e instalación de herraje de retención para fibra ADSS 1 extensión (vano hasta 200m)	u	2.00	2.00	\$ 9.86	\$ 19.72
Suministro e instalación de herraje de retención para fibra ADSS 2 extensiones (vano hasta 200m)	u	23.00	23.00	\$10.93	\$ 251.39
Suministro e instalación de manga aérea para fusión de 96 F. Óptica, tipo domo (apertura y cierre)	u	2.00	2.00	\$ 163.36	\$ 326.72
Suministro e instalación de manga aérea para fusión de 48 F. Óptica, tipo domo (apertura y cierre)	u	1.00	1.00	\$ 118.61	\$ 118.61

Suministro e instalación de ODF de 48 puertos (incluye pigtailes sc/apc g.652d) con pacheo lateral	u	1.00	1.00	\$ 735.30	\$ 735.30
Suministro y colocación de patchcord simplex sc/apc-sc/apc de 15 m g.652d	u	6.00	6.00	\$ 20.44	\$ 122.64
Suministro y colocación de Splitter PLC para fusión (1x8)	u	6.00	6.00	\$ 30.65	\$ 183.90
Suministro y tendido de cable aéreo ADSS de fibra óptica Monomodo de 48 hilos g.652.d vano 120 m	m	1045.00	1045.00	\$ 2.74	\$ 2 863.30
montos parciales		\$ 5 998.21		TOTAL	\$ 5 998.21

Elaborado por: El Investigador

• **Red de Dispersión**

Suministros, actividades y costos se visualiza en la siguiente tabla, lo necesario para implementar la red de distribución en la ciudad de Patate.

Tabla 36 Detalle de servicio red de Distribución

Unidad de Planta	U			Cantidad Total	Costo	
		ARM01	ARM02		Unitario	Total
Suministro e instalación herraje de dispersión para poste	u	72.00	38.00	110.00	\$ 4.04	\$ 444.40
Suministro y colocación de identificador acrílico aéreo 12.50 cm x 6 cm	u	154.00	73.00	227.00	\$ 7.67	\$1741.09
Prueba reflectométrica uni-direccional por hilo en dos ventanas gpon + traza reflectométrica	hilo	18.00	12.00	30.00	\$ 4.64	\$139.20
Prueba de potencia de 1 hilo	hilo	144.00	96.00	240.00	\$ 2.10	\$504.00

de fibra óptica gpon						
Preparación de punta de cable de fibra óptica y sujeción de cables de 6 - 96 hilos	u	12.00	8.00	20.00	\$ 7.43	\$148.60
Fusión de 1 hilo de fibra óptica	u	39.00	27.00	66.00	\$ 6.24	\$411.84
Sangrado de buffer de fibra óptica	u	11.00	6.00	17.00	\$ 14.64	\$248.88
Sangrado de cable de fibra óptica ADSS de 6-48 hilos	u	11.00	6.00	17.00	\$ 6.97	\$118.49
Preformado helicoidal para vano hasta de 200m para fibra ADSS 11,80-12,60mm	u	154.00	73.00	227.00	\$ 8.70	\$1974.90
Suministro e instalación de herraje de retención para fibra ADSS 1 extensión (vano hasta 200m)	u	10.00	7.00	17.00	\$ 9.86	\$ 167.62
Suministro e instalación de herraje de retención para fibra ADSS 2 extensiones (vano hasta 200m)	u	72.00	33.00	105.00	\$ 10.93	\$1 147.65
Suministro e instalación herraje cruce americano dos extensiones (fibra ADSS)	u	1.00	0.00	1.00	\$ 93.05	\$ 93.05
Suministro y colocación de caja de distribución aérea nap de 16 puertos sc/apc con derivación	u	18.00	12.00	30.00	\$139.90	\$4 197.00
Suministro y colocación splitter plc(1x16) conectorizado	u	18.00	12.00	30.00	\$141.05	\$4 231.50
Suministro y tendido de cable	m	2 260.00	994.00	3 254.00	\$ 1.98	\$6 442.92

aéreo ADSS de fibra óptica monomodo de 24 hilos g.652.d vano 120 m							
Suministro y tendido de cable aéreo ADSS de fibra óptica monomodo de 12 hilos g.652.d vano 120 m	m	0.00	114.00	114.00	\$ 1.77	\$201.78	
Suministro y tendido de cable aéreo ADSS de fibra Óptica monomodo de 6 hilos g.652.d vano 120 m	m	432.00	114.00	546.00	\$ 1.71	\$933.66	
montos parciales		\$15 017.24	\$8 129.34	TOTAL		\$23 146.58	

Elaborado por: El Investigador

En la tabla 37 se detalla un Feeder con capacidad de 48 hilos el valor de instalación es de \$ 5 998.21 con 1.05 Km, para la red de Distribución ARM01 que pertenece a la zona1 se utilizan cables de 6 y 24 hilos de capacidad con un costo de implementación de \$ 15 017.24 se proyecta un número de clientes 288 y 2.69 Km de cable de fibra, en el ARM02 se implementara con capacidad de cables de 6,12 y 24 hilos con un valor \$ 8 129.34 casa proyectadas para la implementación 192 con 3.91 Km de Fibra óptica.

Tabla 37 Detalles de la red de Distribución zona1 (ARM01) y zona2 (ARM02)

Capacidad	Feeder	Nombre Feeder	Monto	Km F.O	Capacidad	Nombre de la Distribución	Monto	Casas Pasadas	Km F.O
48	FT01	FT01_00_00(48 HILOS)	\$5998.21	1.05	6/24	ARM01	\$15017.24	288	2.69
					6/12/24	ARM02	\$8129.34	192	1.22
TOTAL			\$5998.21	1.05	TOTAL		\$23146.58	480	3.91

Elaborado por: El Investigador

PRESUPUESTO REFERENCIAL:

A continuación, se detalla los resultados finales del Volumen de Obra donde se plasta el total que representa la Red Feeder y las dos Redes de Distribución correspondientes a cada zona con un costo de implementación total de:

RED FEEDER.....USD:	\$ 5 998.21
RED DISTRIBUCION.....USD:	\$ 23 146.58
TOTAL.....USD:	\$ 29 144.79

3.2.5.12 Selección de equipos

Para la selección de equipos y materiales de implementación para la red GPON en la ciudad de Patate se ha tomado en cuenta que su valor económico sea conveniente de igual forma que cumplan con las recomendaciones UIT-TG.984.x y la “Norma técnica de despliegue y tendido de redes físicas telecomunicaciones” del Arcotel.

En la siguiente planeación no se toma en cuenta los equipos que ya posee la empresa como es el Power Meter, Router de Distribución, la OLT, ONTSs, sangradora, escaleras, portabobinas, personal técnicos para el tendido de la fibra óptica y habilitar los equipos en el cliente final, vehículo, fusionadora después de realizar el estudio pertinente la empresa CLICKNET S.A decide colocar su nodo óptico en las coordenadas antes ya mencionadas.

CLICKNET S.A ya posee el montaje del Rack y varios equipamientos para armar el diseño de la red Gpon principalmente el abastecimiento de energía como son las baterías un UPS para evitar desconexión por problemas eléctricos y pérdida de monitoreo de la red hasta poder solucionar los problemas en el nodo óptico.



Figura 72 Rack principal del nodo óptico

Elaborado por: El Investigador

- **Fibra óptica**

Para la red Feeder se ocupa cable aéreo ADSS de fibra ópticos monomodo de 48 Hilos G.652.D con un vano de 120m al tener solo un pequeño tramo en soterrado se ocupa la misma hasta llegar al empalme para la zona 1, se selecciona este tipo de fibra con respecto a las características de las fibras y cables ópticos monomodo de las recomendaciones n ITU-T G-652d (y revisiones anteriores A, B y C) e IEC-EN 60793-2-50.

En la siguiente tabla se presenta las principales características de la fibra a utilizar en el tendido de fibra óptica brinda un rendimiento óptimo para para la ventana dos 1310 nm y tres 1550 nm.

Tabla 38 Tabla de características de la fibra

Parámetros ópticos	Valor	Unidades
Tip. /Max. Atenuación fibra individual a 1310 nm (*)	0,32 / 0,35	dB/km
Tip. /Max. Atenuación fibra individual a 1550 nm (*)	0,19 / 0,21	dB/km
Uniformidad en la atenuación (Puntos discontinuidad a 1310 o1550nm)	< 0,05	dB
Longitud de onda de corte (fibra cableada)	$\lambda_{cc} < 1260$	nm

Dispersión cromática máxima (1285 nm - 1330 nm)	$\leq 3,5$	ps/nm·km
Dispersión cromática máxima a 1550 nm	$\leq 18,0$	ps/nm·km
Diámetro del campo modal a 1310 nm	$9,2 \pm 0,4$	μm
Diámetro del campo modal a 1550 nm	$10,4 \pm 0,5$	μm
Índice efectivo de refracción de grupo a 1330 nm	1,467	
Índice efectivo de refracción de grupo a 1550 nm	1,468	

Elaborado por: El Investigador

- **Mangas**

En el presente proyecto se utilizan dos tipos de mangas dos de 96 hilos donde se realiza el splitteo para empezar con la red de distribución de la zona 1 y una de 48 hilos las que alojan las fusiones y el sangrado de la red Feeder para dirigirse a la zona 2 protegiendo la fibra de manera aérea estas son mangas aéreas para fusión tipo domo (apertura y cierre) cumpliendo con la recomendación UITT G.984.



Figura 73 Manga para la zona 2

Elaborado por: El Investigador

- **NAP**

NAP o caja de distribución para la señal de fibra óptica en redes GPON son tipo aéreo colocadas en la postería eléctrica, son enumeradas según las normas del Arcotel desde la más lejana al nodo óptico hasta la más cercana de manera alfanumérica ascendente, se utiliza para el nivel dos del splitteo 1 a 16 de este punto se llega al cliente final desde el poste,



Figura 74 Caja de Distribución
Elaborado por: El Investigador

- **Splitter**

En la red Gpon para la ciudad de Patate se dispone dos niveles de splitteo la primera de 1 a 8 PLC (1X8) para fusión los cuales estarán en el Feeder de la red y la segunda de 1 a 16 utilizando Splitter PLC (1X16) conectorizado como se puede observar a continuación.

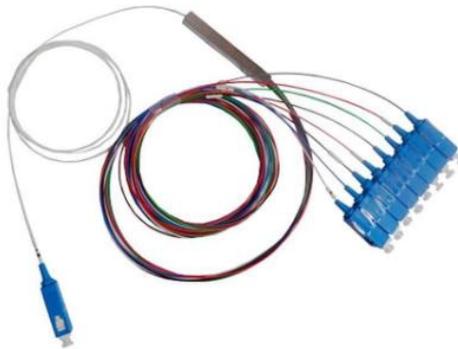


Figura 75 Splitter (1:8) para fusión

Fuente: <https://www.sincables.com.ec/product/connection-csp-0808-splitter-scupc-8h-1m-plc/>

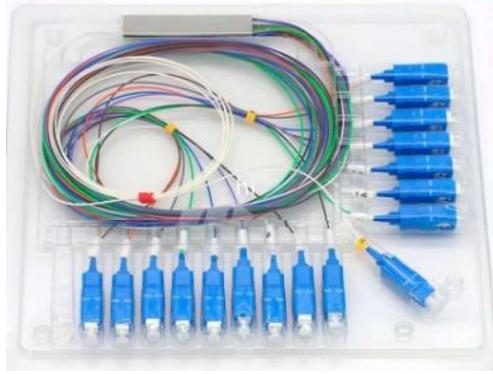


Figura 76 Splitter (1:16) conectorizado

Fuente: <http://spanish.fiber optic-patch-cord.com/sale-13635972-low-insertion-loss-sc-upc-0-9mm-1x16-plc-splitter.html>

- **ODF**

Se implementa un ODF de 48 puertos es el que permite la conectorización e interconexión de cables de fibra óptica, se encuentra localizado en el rack del cuarto de equipos para la organización y control de los puertos.

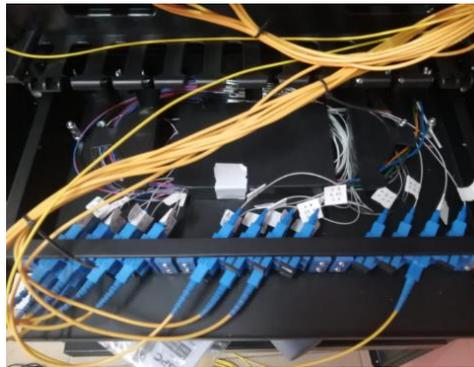


Figura 77 ODF

Elaborado por: El Investigador

- **OLT**

Terminación de línea Óptica se utiliza una OLT de marca V-SOL que tiene como beneficio su configuración porque posee interfaz gráfica y es la que dispone por el momento la empresa asigna para el diseño de e implementación de la red en la ciudad de Patate.



Figura 78 OLT V-sol

Elaborado por: El Investigador

- **ONT**

Terminación de red Óptica al ser la marca de la OLT V-SOL, necesariamente hay que utilizar una ONT de la misma marca por la compatibilidad entre equipos y que responden a las regulaciones técnicas IEEE802.3ah, UIT-TG 984.



Figura 79 ONT V-sol

Elaborado por: El Investigador

- **Conectores SFP**

Los módulos SFP están conectados directamente en los puertos de la OLT su marca es Hisense Lte3680P-BC+2 CLASS C++ está diseñado a soportar 248 MB/s des descarga y 1244Mb/s de carga está basado en la ITU-T G984.2 class C+.



Figura 80 Modulo SFP

Elaborado por: El Investigador

3.2.6 Configuración de equipos de la red

- **OLT**

Para el ingreso por primera vez a la OLT de marca V-SOL la IP por defecto es 192.168.8.100 y las credenciales usuario:admin contraseña:admin desde el computados que se desea configurar tenemos que encontrarnos dentro del rango de la que tiene la OLT por ejemplo 192.168.8.30 como IP estática verificamos la conexión con un ping a la IP por defecto de la OLT.

Cuando sea alcanzable la OLT ingresamos a un navegador para proceder con el ingreso

Figura 81 Ventana de ingreso de credenciales a la OLT

Elaborado por: El Investigador

Se debe realizar la siguiente conexión desde el equipo que el proveedor deja en el nodo óptico hasta un Router de distribución en este caso un Router Mikrotik CCR1009-7G-1C-1S+ administrable en cual posee una IP Pública Designada por CLICKNET S.A.

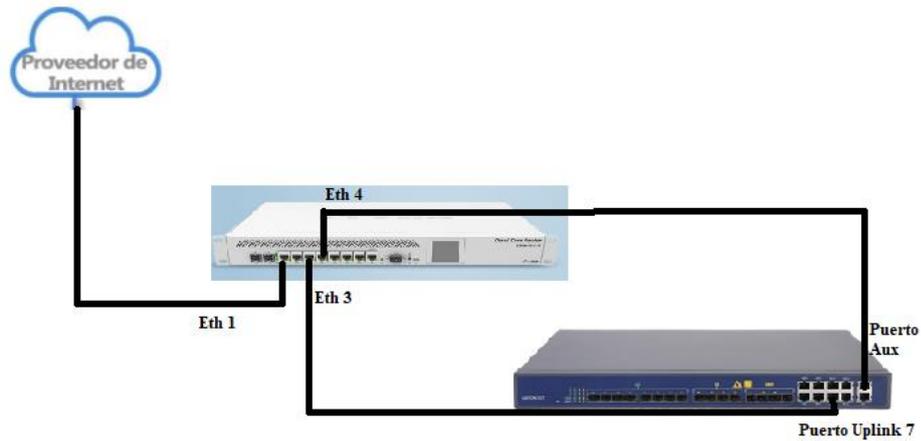


Figura 82 Conexión física para SFP

Elaborado por: El Investigador

Se asigna una IP de administración a la OLT y tener acceso directo mediante la misma al mismo tiempo se debe tener configurado el router con la Vlan que se va a trabajar para el servicio, la red LAN el pool de IPs para los clientes y la LAN de Administración ya designado esto se configura la OLT con la IP configurada como se observa en la imagen por seguridad y confidencialidad no se observan la IP asignada ni el Gateway no olvidar que cada que se realice una cambio se debe dar click en la opción guardar en la parte superior derecha para que se guarde y no se borre cuando se reinicie la OLT.

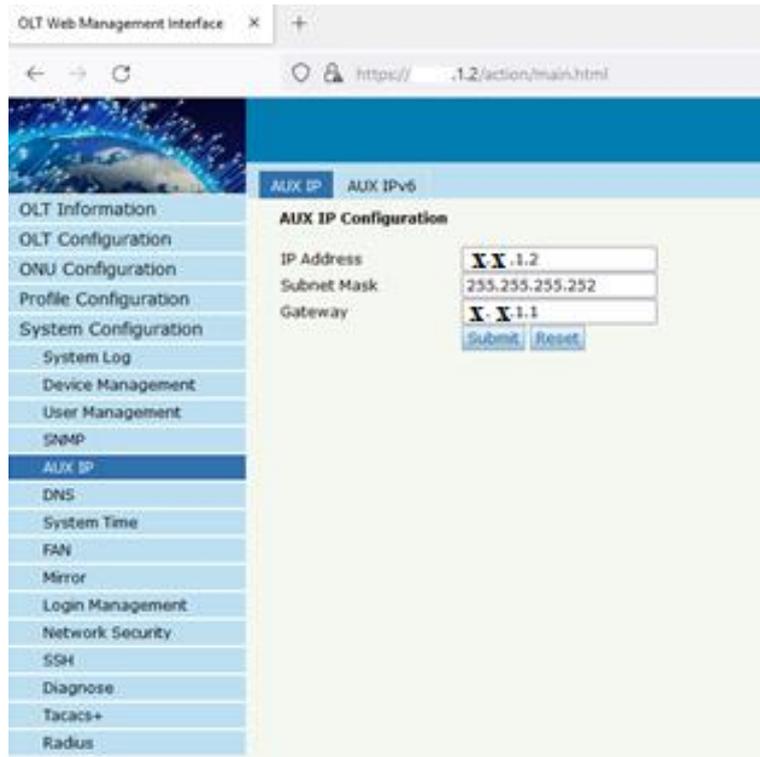


Figura 83 Configuración de la IP de administración

Elaborado por: El Investigador

Clear la Vlan designada para los clientes que se activaran en la OLT menú OLT-Configuración-VLAN.

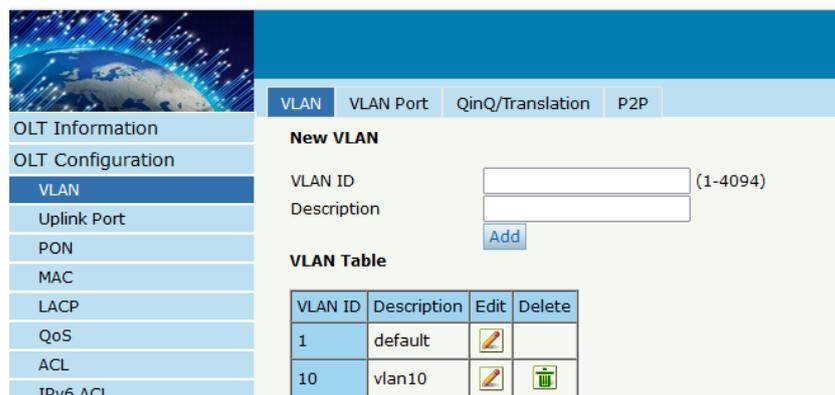


Figura 84 Creación de VLAN

Elaborado por: El Investigador

Asignación de la VLAN al GE 10 puerto Uplink escoger la ID de la VLAN antes de asignar.

The screenshot shows a network configuration interface with a navigation menu on the left and a main configuration area. The main area is titled "Port VLAN Configuration" and shows a configuration for VLAN ID 1. The configuration table lists ports GE1 through GE16, each with a "Mode" dropdown set to "Hybrid", and radio buttons for "Forbidden", "Tag", and "Untag". For GE10, the "Forbidden" radio button is selected. Below the table are "Submit" and "Reset" buttons. At the bottom, a "Port VLAN Table" shows the mapping of VLAN IDs to ports.

Port ID	Mode	Forbidden	Tag	Untag
GE1	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE2	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE3	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE4	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE5	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE6	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE7	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE8	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE9	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE10	Hybrid	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
GE11	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE12	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE13	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE14	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE15	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
GE16	Hybrid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

VLAN ID	Tag Ports	Untag Ports
1		GE1 GE2 GE3 GE4 GE5 GE6 GE7 GE8 GE9 GE11 GE12 GE13 GE14 GE15 GE16
10	GE10	

Figura 85 Asignación de VLAN y Puerto Uplink

Elaborado por: El Investigador

Se añade los perfiles generales como en la figura 86 el perfil DBA que representa el tráfico de subida el nombre del perfil 30M que representa 30Mbps el máximo 30720 Kbps.

DBA Profiles	
Profile ID	1
Profile Name	30M
Profile Type	Type_4
Maximum(Kbps)	30720

Figura 86 Perfil DBA

Elaborado por: El Investigador

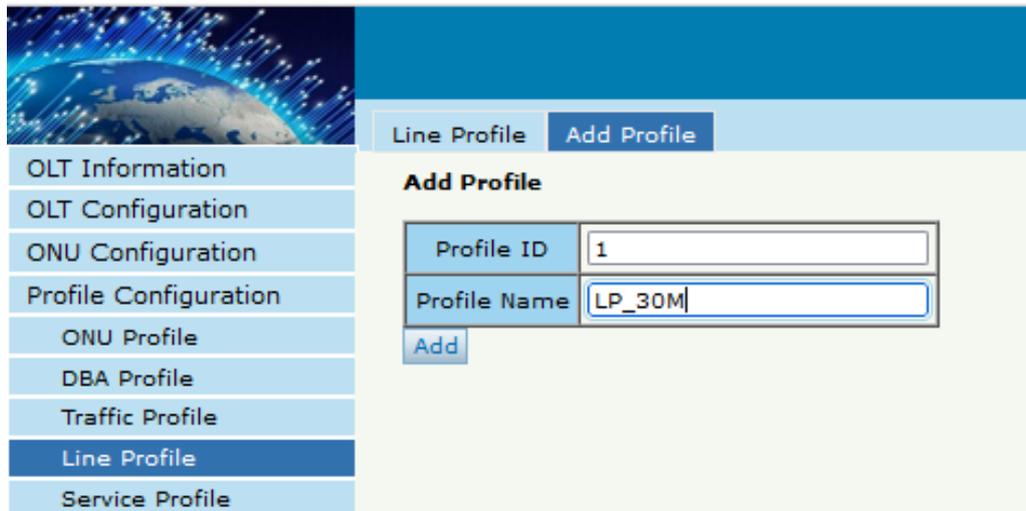
Creación del perfil general el Taffic Profile

Traffic Profiles	
Profile ID	1
Profile Name	TP_30M
SIR(Kbps)	15360
PIR(Kbps)	30720
CBS(Kbps)	1024
PBS(Kbps)	1024

Figura 87 Creación de Traffic Profile

Elaborado por: El Investigador

Línea de perfil para la ONT del cliente

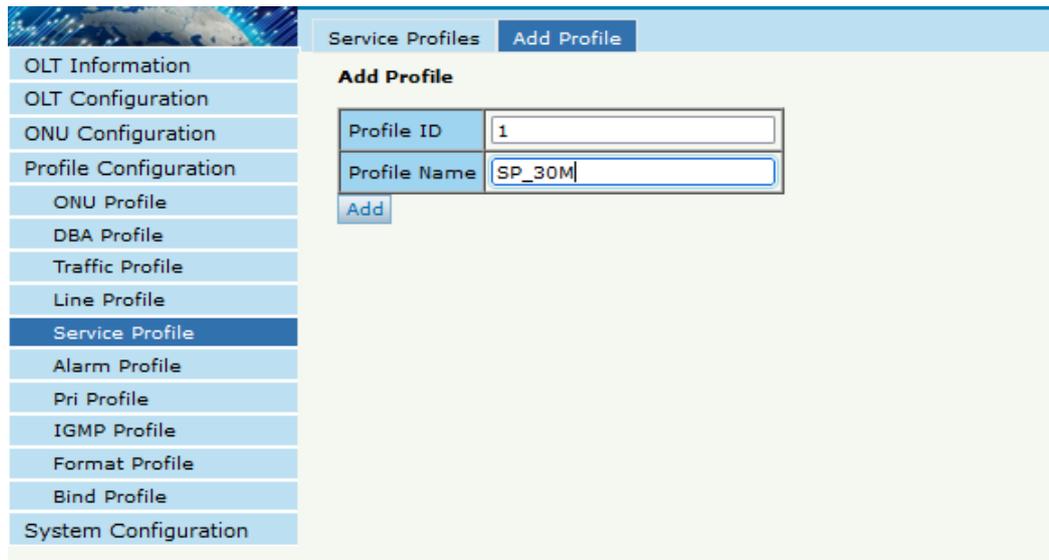


The screenshot displays the 'Line Profile' configuration interface. On the left, a sidebar lists various configuration options: OLT Information, OLT Configuration, ONU Configuration, Profile Configuration, ONU Profile, DBA Profile, Traffic Profile, Line Profile (highlighted), and Service Profile. The main content area is titled 'Line Profile' and includes an 'Add Profile' button. Below this, the 'Add Profile' form contains two input fields: 'Profile ID' with the value '1' and 'Profile Name' with the value 'LP_30M'. An 'Add' button is located below the input fields.

Figura 88 Creación del Line Profile

Elaborado por: El Investigador

Agregar el perfil de servicio en este caso la OLT tiene un parche que permite que otras ONTs diferentes a la marca V-sol se puedan reconocidas y se puedan enganchar al servicio en la figura 89 y 90 se pueden diferenciar los dos servicios para cada ONT, las ONT V-sol trabajan con Transparent.



The screenshot displays the 'Service Profiles' configuration interface. On the left, a sidebar lists various configuration options: OLT Information, OLT Configuration, ONU Configuration, Profile Configuration, ONU Profile, DBA Profile, Traffic Profile, Line Profile, Service Profile (highlighted), Alarm Profile, Pri Profile, IGMP Profile, Format Profile, Bind Profile, and System Configuration. The main content area is titled 'Service Profiles' and includes an 'Add Profile' button. Below this, the 'Add Profile' form contains two input fields: 'Profile ID' with the value '1' and 'Profile Name' with the value 'SP_30M'. An 'Add' button is located below the input fields.

Figura 89 Service Profile

Elaborado por: El Investigador

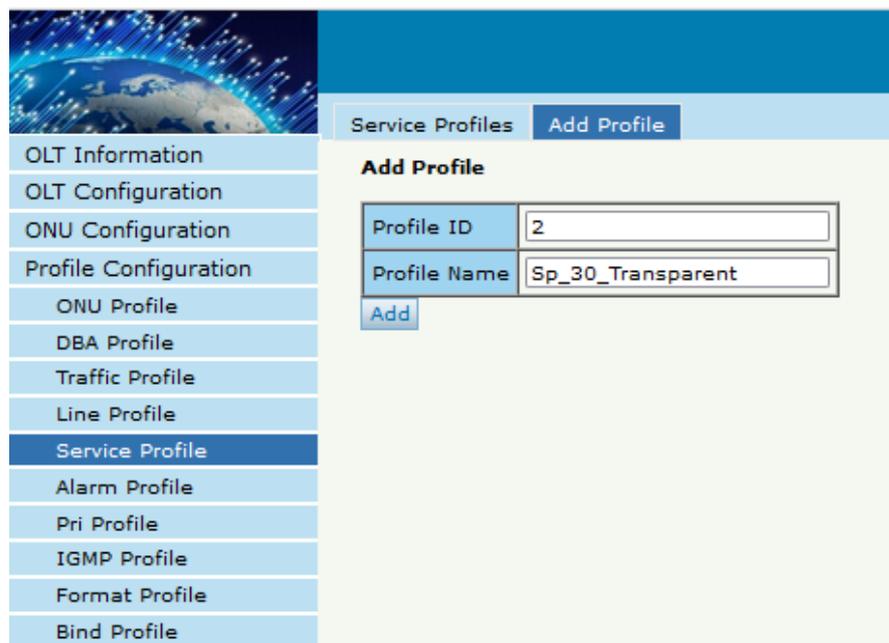


Figura 90 Service Profile para ONTs V-sol

Elaborado por: El Investigador

- **Activación de una ONT**

Al conectar una ONT en el cliente final la OLT le reconoce de la siguiente manera con la serie del equipo, la activación no se le realiza de manera automática debido al control y precaución que tiene CLICKNET y para verificar varios parámetros de monitoreo para cuando el cliente necesite soporte técnico.

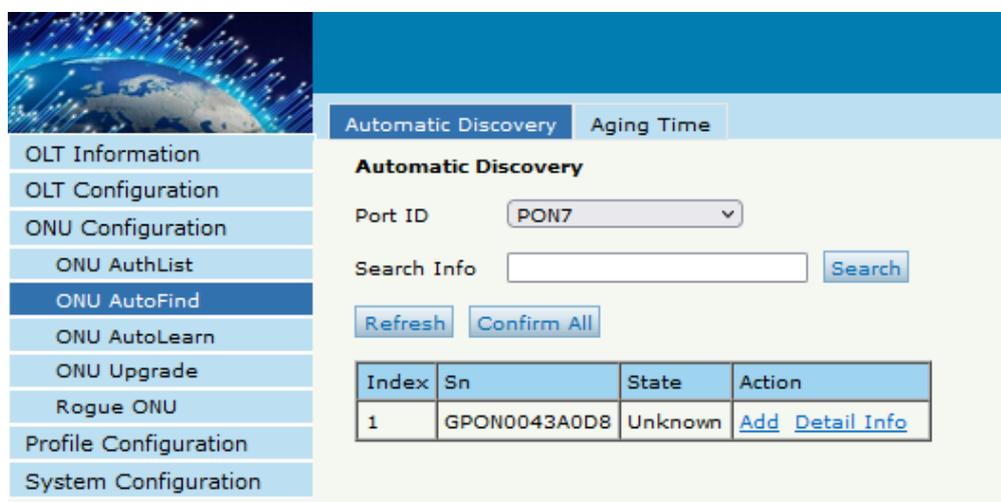


Figura 91 Activación de ONT de manera manual

Elaborado por: El Investigador

Al añadir la ONT aparecen los siguientes parámetros dar click en Submit para conectarla.

Figura 92 ONT añadida

Elaborado por: El Investigador

Después nos dirigimos al perfil de Configuración “Profile Configuration” al final el Bind Profile seleccionamos el Puerto Pon donde está conectada la ONT y configuramos los perfiles para que el equipo pueda navegar ya sea por PPOE, DHCP o IP Estática como se puede observar todo es de manera manual.

ONU ID	ONU Profile	Line Profile	Service Profile	Alarm Profile	Pri Profile	Format Profile	Bind
1	default	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Config
2	default	LP_30M	Sp_30_Transparent	N/A	N/A	N/A	Config
3	BR_TP_Link	LP_30M	Sp_30_Transparent	N/A	N/A	N/A	Config
5	default	LP_30M	Sp_30_Transparent	N/A	N/A	N/A	Config
6	default	LP_30M	Sp_30_Transparent	N/A	N/A	N/A	Config

Figura 93 Bind Profile para conexión

Elaborado por: El Investigador

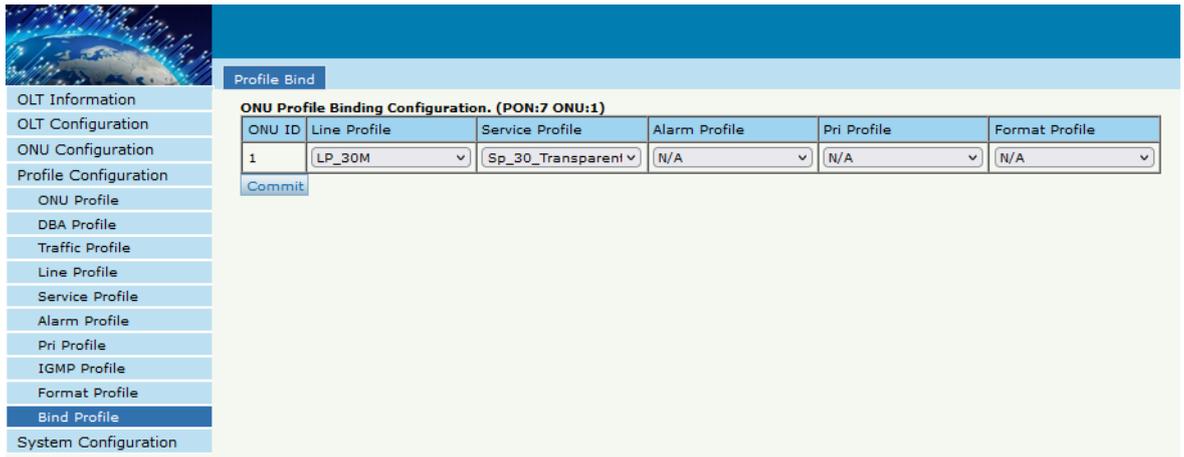


Figura 94 Servicio añadidos en el Bind Profile

Elaborado por: El Investigador

Finalmente hay que colocar el identificativo del cliente para asignar la serie al cliente que corresponda utilizando la opción Detail Info como se presenta en la figura 95.



Figura 95 Credenciales del Cliente

Elaborado por: El Investigador

Ya colocado el nombre respectivo del cliente no olvidarse de dar click en guardar cada que se añade un cliente.

Detail Information	
Description	Llerena_Lopez_Jose_Fernar
Main software version	V1.9.1.6
Standby software version	V1.9.1.6
Vendor ID:	VSOL
Version:	V1.3
SN:	GPON0043a0d8
Admin status:	unlock
Battery monitor:	false
Security mode:	aes
Product code:	0
Total priority queue num:	64
Total traffic schedule num:	16
Traffic management option:	priority-rate-controlled
Operate status:	enable
Equipment ID:	VSOLV112
OMCC Version:	80
Security capability:	aes
Model:	VSOLV112
Survival time:	N/A
TotalGemPortNum:	64
SysUpTime:	564186.00 s
Region code:	N/A
Product SN:	N/A

Figura 96 Nombre del cliente a su respectiva ONT

Elaborado por: El Investigador

- **Configuración del Router de Distribución de Patate**

En la figura se presenta la estructura que posee la red FTTH de la ciudad de Patate en el software The Dude para el monitoreo y control de la red respectiva.

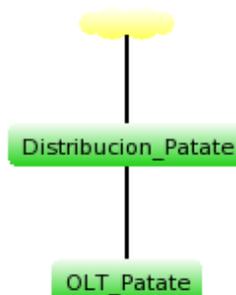


Figura 97 Estructura The Dude Patate

Elaborado por: El Investigador

Como se puede observar tenemos la OLT finalmente conectada al puerto Ether 2 mediante una VLAN con el Id 10 al tener nuestro primer cliente con el plan de 30Mbps simétricos el consumo es sumamente pequeño de Tx 4.5Mbps y de Rx 4.5Mbps.

Interface	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	PP Tx	PP Rx
R Hacia_Ambato	EoIP Tunnel	1450	65535	215.5 kbps	19.4 kbps	23	8	0 bps	19.4 kbps
combo1	Ethernet	1500	1580	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps
WAN_NEDETEL									
R ether1	Ethernet	1500	1580	1585.0 kbps	37.1 Mbps	1318	3.604	1585.0 kbps	37.1 Mbps
HACIA_OLT									
R ether2	Ethernet	1500	1580	4.5 Mbps	427.8 kbps	478	174	4.5 Mbps	427.8 kbps
R vlan10	VLAN	1500	1576	4.5 Mbps	422.2 kbps	478	174	0 bps	422.2 kbps

Figura 98 Tráfico de la Red Primer Cliente

Elaborado por: El Investigador

Se crea en el Address List del router de Distribución la red para los clientes de 30Mbps.

Address	Network	Interface
RED_FTTH_Cientes		
12.1/22	12.0	vlan10

Figura 99 Pool de IPs para los clientes

Elaborado por: El Investigador

Para que el cliente posea el servicio de internet hay que enrutar las IPs se configura la IP de red de los clientes que tenga de Gateway la Vlan que se creó para el servicio no hay que olvidar el NAT de la red para que el cliente tenga acceso al servicio.

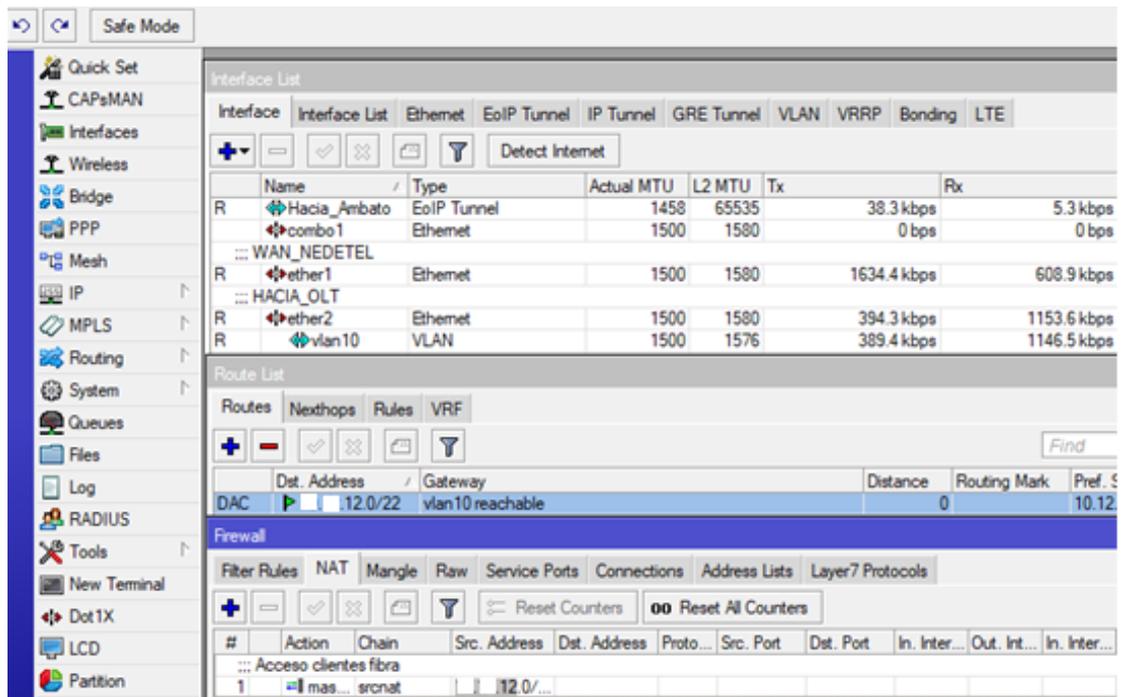


Figura 100 Enrutamiento de la Red para el cliente

Elaborado por: El Investigador

CLICKNET S.A es una empresa que en los últimos años ha crecido exponencialmente debido a los beneficios que ofrece a sus clientes llevando su capacidad a ser interprovincial es por esa razón que su monitoreo se lo realiza desde varias ciudades del Ecuador siendo necesario crear un túnel de datos para acceder a la red de la ciudad de Patate sin ningún problema como se puede verificar en las imágenes se crea un túnel EoIP de extremo a extremo.

Para iniciar la comunicación entre el nodo de Patate y la Central de Ambato en la figura 101 se tiene configurada la interfaz ether1 que permita la salida a internet de la red de Ambato.

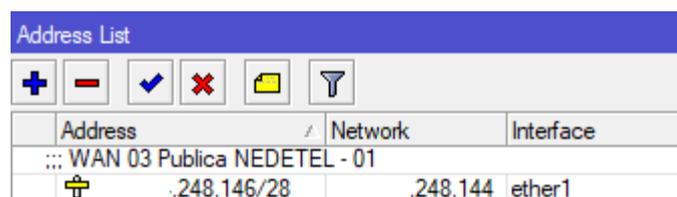


Figura 101 IP Pública para la red de Patate

Elaborado por: El Investigador

Para la configuración de los túneles EoIp la empresa CLICKNET utiliza las IPs públicas para las comunicaciones de los dos puntos en la figura 102 se visualiza la IP del router de distribución de Patate de la red WAN.

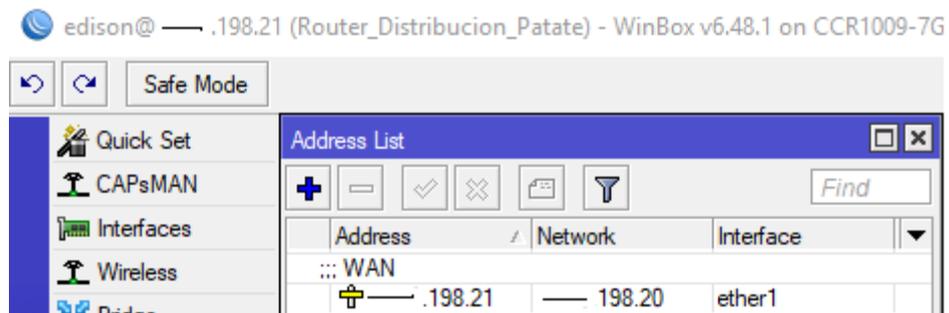


Figura 102 IP Pública del Router de Distribución Patate

Elaborado por: El Investigador

Para proceder con la configuración de los túneles es necesario que los equipos puedan verse de alguna forma ya sea por IPs Públicas o por medio de direcciones Privadas, como primer paso es la configuración desde el router de Patate figura 103, se toma como IP local de Patate la x.x.198.21 que es el dispositivo desde donde se va a generar la conexión y la IP remota que es de Ambato x.x.248.146 que es hacia donde se quiere conectar, se necesita un parámetro importante que es el id del túnel que es hacia donde se va a gestionar y quien va a gestionar la comunicaciones cuando se conecten los dispositivos.

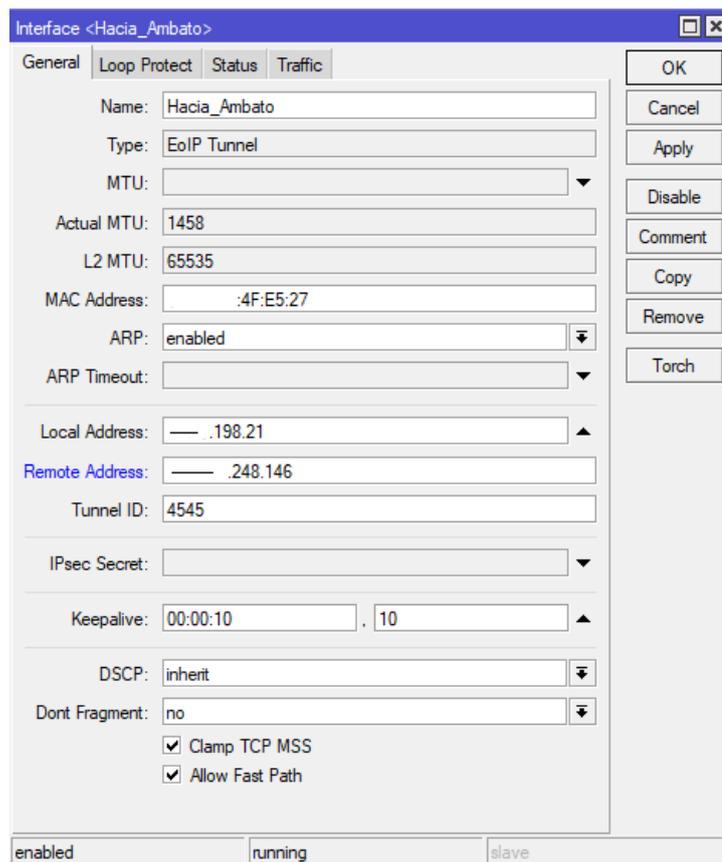


Figura 103 Túnel Patate-Ambato

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 104 se puede observar la configuración que se realizó en el router de distribución de Ambato para obtener la conexión colocando la IP local que pertenece Ambato y la IP remota que es de Patate para el túnel Ethernet sobre IP.

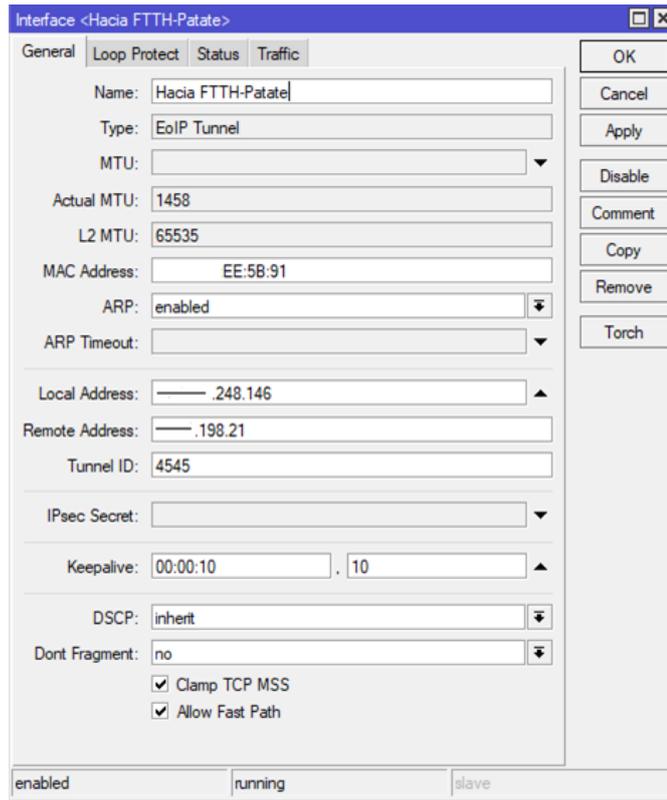


Figura 104 Túnel Ambato-Patate

Elaborado por: El Investigador

3.2.7 Tráfico de la red

En la red GPON actual de la empresa CLICKNET S.A existen 30 clientes los cuales consumen por la VLAN 10 que es la asignada para el pool de IPS de clientes en descarga 123.3Mbps y carga 3.8Mbps teniendo en cuenta que sus planes son de 30Mbps su consumo no es total es por esta razón que se puede instalar más clientes, teniendo un servicio ideal ya que no saturan el ancho de banda que poseen como se observa en la figura 105.

edison@45.70.198.21 (Router_Distribucion_Patate) - WinBox v6.48.1 on CCR1009-7G-1C-1S+ (tile)

Interface	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP T
R Hacia_Ambato	EoIP Tunnel	1458	65535	290.1 kbps	5.8 kbps	32	4	
R combo1	Ethernet	1500	1580	0 bps	0 bps	0	0	
WAN_NEDETEL								
R ether1	Ethernet	1500	1580	6.8 Mbps	228.4 Mbps	6 862	20 877	
HACIA_OLT								
R ether2	Ethernet	1500	1580	123.7 Mbps	3.3 Mbps	11 191	3 974	
R vlan10	VLAN	1500	1576	123.3 Mbps	3.0 Mbps	11 139	3 920	

Figura 105 Tráfico de la red GPON

Elaborado por: El Investigador

CAPITULO IV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El servicio planificado para la red Gpon de la Ciudad de Patate es de Internet con una transmisión de datos de alta velocidad con planes desde 30Mbps dependiendo del requerimiento del cliente, implementando una red de Fibra Óptica flexible y adaptable para en un futuro si la empresa desea brindar servicios adicionales.
- Es factible construir una red GPON con tecnología FTTH en la ciudad de Patate tanto en el casco central como es sus alrededores, debido a que se llega hasta el cliente con fibra óptica satisfaciendo las necesidades que este disponga a diferencia del radio enlace esta tecnología posee menos latencia casi imperceptible, la cual siempre dependerá del número de dispositivos conectados a la red del cliente.
- La configuración de los equipos dio la oportunidad de ofrecer un servicio con un plan de 30Mbps simétricos sin ninguna compartición es decir 30Mbps de carga y descarga de datos sin importar el número de clientes conectados siempre tendrá un ancho de banda de 30Mbps.
- Al evaluar el tráfico de la red Gpon que se implementó, con clientes actualmente instalados con 30Mbps simétrico estos no consumen el ancho de banda en su totalidad, pero tampoco saturan siendo ideal, a comparación que por radio enlace se tenía menos ancho de banda y por lo tanto no se podía crecer en la red de abonados, mejorando el servicio de Internet que tenían los clientes en su transmisión de información, sin la presencia de cortes ni intermitencias.
- El diseño presentado a la empresa es escalable y factible debido a que se toma en cuenta todos los sucesos que podrían pasar salvaguardando la integridad de la red GPON con la implementación de una red troncal o Feeder con reservas de hilos y cable de fibra.

4.2 Recomendaciones

- El diseño de la red GPON se realizó la distribución en dos zonas para abarcar más clientes potenciales y no tener pérdidas en el supuesto de que la fibra óptica recorriera toda la ciudad.
- Para crear los túneles Ethernet sobre IP (EoIP) se debe tener precaución si la red de cada extremo se encuentra en el mismo segmento de red local, debido a que no puede existir duplicidad de IPs causaría problemas en la red, también se debe tomar en cuenta que debe existir una IP pública en algún extremo el otro punto puede tener una IP privada.
- Se recomienda de manera futura planificar el diseño para la alimentación de los nodos de radio enlaces cercanos a Patate que posee la empresa CLICKNET S.A, para brindar un mejor servicio al cliente que este fuera del perímetro urbano para la tecnología GPON, aumentando su ancho de banda y no tener problemas con el tráfico de datos y la respuesta a la navegación.
- Se recomienda de ser factible aprovechar la red GPON implementada para conectar varias torres que la empresa CLICKNET S.A posee por radio enlace a fibra óptica, eliminando las pérdidas que se tiene por los rebotes de radio enlace, aumentando la cobertura y así cubrir las áreas rurales.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. S. H. Moreta, «Diseño, simulación y pruebas de un laboratorio de sistemas de comunicaciones ópticas utilizando Matlab Communications System Toolbox, Simulink y Optisystem,» Escuela Politecnica Nacional, Quito, 2016.
- [2] A. Calucho, «Diseño y Simulacion de una red WDM inducida al efecto no lineal de la fibra denominado Stimulated Brilloun Scattering,» Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, 2018.
- [3] C. F. Andre Karina, «Diseño de una red de planta externa FTTH con tecnología GPON para la población de Barreiro Nuevo, de la ciudad de Babahoyo Provincia de Los Ríos,» Pontificia Universidad Catolica del Ecuador, Quito, 2016.
- [4] B. L. Velasco Rivera, «Diseño y simulacion de una red gpon para ofrecer el servicio triple Play en el sector de San Antonio de Ibarra para CNT-EP,» Escuela Politecnica Nacional, Quito, 2018.
- [5] D. R. R. Lovato, «Estudio comparativo y Simulacion de las tecnologias PON tradicionales y emergentes,» Universidad Politecnica Salesiana, Quito, 2015.
- [6] Oscar Suarez, «La fibra óptica en Latinoamérica solo representa el 22,5%,» CORPORATEIT, 24 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.corporateit.cl/index.php/2020/06/24/la-fibra-optica-en-latinoamerica-solo-representa-el-225/>. [Último acceso: 9 Octubre 2020].
- [7] Anónimo, «Ecuador, uno de los países con peor Internet,» *La Hora*, p. Noticias, 29 Julio 2020.
- [8] R. Primicias, «En Ecuador Internet es parcialmente libre, según Freedom House,» Primicias, 15 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://www.primicias.ec/noticias/politica/freedom-house-ecuador-internet-libre/>. [Último acceso: 21 Octubre 2020].
- [9] W. Tomasi, «Sistemas de comunicaciones electrónicas,» Prentice Hall, Mexico, 2003.
- [10] R. B. Moreano Barrera, «RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA GPON PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LA EMPRESA PUNTONET S.A EN LA CIUDAD DE AMBATO,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2014.

- [11] M. O. d. Sevilla, «HyperPhysics,» MERLOT CLASSICS, 2005. [En línea]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/Fermat.html>. [Último acceso: 01 MAYO 2021].
- [12] C. A. I. Chalco, «Análisis de factibilidad para la implementación de una red FTTH de la empresa ETAPA EP para brindar internet de alta velocidad en la ciudad de Paute,» Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2017.
- [13] J. L. Martínez, «Ventanas de Transmisión Fibra Óptica,» prored, 29 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.prored.es/ventanas-de-transmision/>. [Último acceso: 13 Octubre 2021].
- [14] I. G. González, Técnicas y procesos en las instalaciones singulares en los edificios, Madrid: Paraninfo, 2010.
- [15] C. Martinez, Mantenimiento de redes multiplexadas, Málaga: IC Editorial, 2012.
- [16] A. C. Guzmán Antamba, «Diseño de una red de acceso en un sector residencial para proveer servicios Triple Play utilizando tecnología de red GEAPON para la empresa TELCONET S.A,» Escuela Politecnica Nacional del Ecuador , Quito, 2018.
- [17] V. Carlos, «Tecnologías de transporte de información PDH/ SDH/ FIBRE CHANNEL / OTN,» SISUTELCO, 18 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://sisutelco.com/tecnologias-de-transporte/>. [Último acceso: 27 Mayo 2021].
- [18] J. M. Huidrobo, «WDM. Multiplexación por división de onda,» BIT, 1999.
- [19] F. I. C. Argollo y N. S. C. Pari, «Sistema de Transmision por Fibra Óptica,» Universidad de Aquino Bolivia, Bolivia, 2016.
- [20] R. W. C. Sanchez, «Estudio de la red óptica CWDM y propuesta de una Metodología de diseño,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2005.
- [21] U. I. d. Telecomunicaciones, «Construcción, Instalación y Proteccion de los cables y otros elementos de planta exterior,» UIT-T, Ginebra, 1997.
- [22] G. P. Agrawal, Fiber-Optic Communication Systems, New York: WILEY, 2010.
- [23] H. P. E. Mizrain, «Tecnología e Implementación de Fibra Optica en la Instrumentación de control Industrial,» Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2018.
- [24] L. G. D. Santiago y M. A. C. David, «Análisis y Diseño del sistema redundante de fibra óptica Quito_Guayaquil para la red de Telconet S.A,» Escuela Politecnica Nacional, Quito, 2008.

- [25] P. G. Günther Mahlke, *Conductores de Fibras Ópticas*, Alemania: Marcombo, 2000.
- [26] N. V. Elisa Salomé, «Sistema Alternativo de transmisión de datos entre la central y las subestaciones de la empresa eléctrica cotopaxi con tecnología DWDM,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [27] D. Butron, D. Gutierrez y A. Gonzales, «Tipos de Fibra Óptica,» Wordpress, [En línea]. Available: comunicacionesopticas.files.wordpress.com/.../tipos-de-fibra-optica.ppt. [Último acceso: 2 Mayo 2021].
- [28] A. Findiño, «Cables de fibra óptica subterráneos y marítimos,» SISUTELCO, 10 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://sisutelco.com/cables-subterraneos-maritimos/>. [Último acceso: 1 Mayo 2021].
- [29] Alfonso, «Accesos Fibra óptica,» IP PLAYGROUND, 19 Febrero 2016. [En línea]. Available: <https://ipplayground.wordpress.com/2016/02/19/accesos-fibra-optica-comparativa-ftth-docsis/>. [Último acceso: 20 Septiembre 2021].
- [30] A. Arias, «Diseño Técnico de la red de acceso para la empresa ARCLAD S.A mediante tecnología FTTH, a través de la infraestructura de red de CNT E.P y criterio de instalación,» EPN, Quito, 2012.
- [31] J. D. Tinoco Alvear, «Estudio y Diseño de una Red de fibra óptica para brindar servicios voz y datos para la urbanización los olivos ubicada en el sector Toctesol en la parroquia de barrero a la ciudad ciudad Azoguez,» Escuela Politécnica Salesiana, Cuenca, 2005.
- [32] C. Castillo Jaramillo y S. Figueroa Torres, «Determinación de la demanda, Dimensionamiento y diseño de una red de servicio de Telecomunicaciones, mediante la Tecnología de Acceso FTTH en el Cantón Gualaceo para la empresa CNT E.P,» Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2013.
- [33] C. Alexander, «Materiasles de Red de Fibra Óptica,» genius.ec, Quito, 2021.
- [34] U.I.D, *Telecomunicaciones Redes ópticas pasivas con capacidades Gigabits*, Suiza: Recomendaciones UIT-T 984.1, 2003.
- [35] A. Carballar, «Introducción a la Fotónica de Comunicaciones,» Universidad de Sevilla, Sevilla, 2002.
- [36] E. A. C. Cabrera, «DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED WDM INDUCIDA AL EFECTO NO,» Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, 2018.
- [37] J. Prieto Zarpandiel, «diseño de una red».

- [38] R. B. B. Moreano, «Red de Fibra Optica con tecnologia GPON para el mejoramiento de los servicio de Telecomunicaciones de la empresa Puntonet S.A en la ciudad de Ambato,» Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, 2014.
- [39] U. d. I. F. Armadas-ESPE, «Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantñon San Cristobal de Patate,» ESPE, Sangolqui, 2014.
- [40] «MIKROTIK.COM,» [En línea]. Available: <https://mikrotik.com/product/CCR1036-12G-4S-149>. [Último acceso: 25 Noviembre 2021].
- [41] «MIKROTIK.com,» [En línea]. Available: <https://mikrotik.com/product/CRS326-24G-2SplusRM>. [Último acceso: 23 Noviembre 2021].
- [42] «MIKROTIK.com,» [En línea]. Available: <https://mikrotik.com/product/RB922UAGS-5HPacD-NM#fndtn-downloads>. [Último acceso: 25 Noviembre 2021].
- [43] «MIKROTIK.com,» [En línea]. Available: <https://mikrotik.com/product/RB912UAG-5HPnD-OUT#fndtn-downloads>. [Último acceso: 23 Noviembre 2021].
- [44] «aire.ec,» [En línea]. Available: <https://aire.ec/producto/v-sol-olt-8p-c/>. [Último acceso: 28 Noviembre 2021].

6 ANEXOS

6.1 ANEXO A

CENSO POBLACIÓN Y VIVIENDA 2010 TUNGURAHUA (PATATE) [39]



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL
DEL CANTÓN SAN CRISTOBAL DE PATATE**

SANGOLQUI - ECUADOR
OCTUBRE 2014

El Cantón Patate tiene una población de 13.497 habitantes distribuidos en 316 km², y que habitan en 5.252 viviendas (Tabla 3.10.; 3.11.). A continuación se puede apreciar la distribución poblacional tanto en el área urbana (16.01%) como en área rural (83.98%), analizado por grupo de edad y sexo (Tabla 3.10.), dándonos una densidad poblacional del cantón Patate de 42 hab/ km².

TABLA.2.10. Distribución de la Población del Cantón San Cristóbal de Patate según el Área, la Edad y el Sexo

Grupos de Edad(años)	Área Urbana	Área Rural	Hombres	Mujeres	Total
Menor de 1	27	215	108	134	242
De 1 a 4	126	920	555	491	1046
De 5 a 9	197	1186	695	688	1383
De 10 a 14	213	1236	726	723	1449
De 15 a 19	208	1196	703	701	1404
De 20 a 24	173	993	573	593	1166
De 25 a 29	166	979	556	589	1145
De 30 a 34	126	757	438	445	883
De 35 a 39	150	630	379	401	780
De 40 a 44	152	561	351	362	713
De 45 a 49	134	484	313	305	618
De 50 a 54	77	374	226	225	451
De 55 a 59	78	371	219	230	449
De 60 a 64	81	359	213	227	440
De 65 a 69	75	326	192	209	401
De 70 a 74	60	280	162		340
De 75 a 79	48	217	141	124	265
De 80 a 84	31	138	94	75	169
De 85 a 89	24	79	53	50	103
De 90 a 94	9	30	19	20	39
De 95 a 99	5	5	3	7	10
De 100y más	1	-	1	-	1
Total	2161	11336	6720	6777	13497

Fuente: INEC, Censo de Población y Vivienda 2010

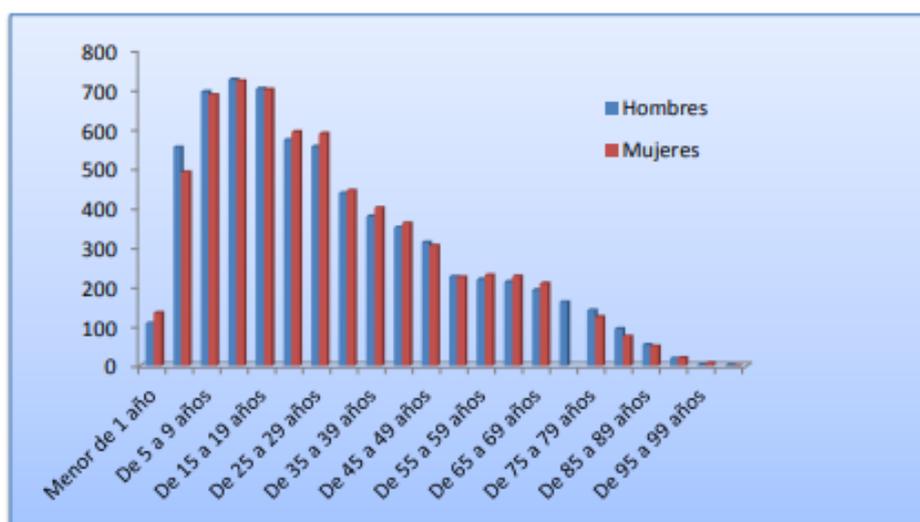


FIGURA. 2.4. Distribución de la Población por Edad y Sexo del Cantón Patate.
Fuente: INEC, Censo de Población y Vivienda 2010

TABLA. 2.11. Distribución de la Población del Cantón San Cristóbal de Patate, por Tipo de Vivienda en Área Urbana o Rural

Tipo de la Vivienda	Área Urbana o Rural		Total
	Área Urbana	Área Rural	
Casa/Villa	670	3636	4306
Departamento en Casa o Edificio	64	60	124
Cuarto(s) en Casa de Inquilinato	24	14	38
Mediagua	36	491	527
Rancho	2	166	168
Covacha	-	39	39
Choza	-	25	25
Otra Vivienda Particular	2	19	21
Hotel, Pensión, Residencial u Hostal	-	1	1
Cuartel Militar o de Policía/Bomberos	1	-	1
Asilo de Ancianos u Orfanato	1	-	1
Otra Vivienda Colectiva	1	-	1
Total	801	4451	5252

Fuente: INEC, Censo de Población y Vivienda 2010

6.2 ANEXO B

FORMATO DE LA ENCUESTA REALIZADA EN LA CIUDAD DE PATATE



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES
EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES CLICKNET S.A

Nombre.....

1: ¿Qué tipo de servicio posee en su domicilio?

Internet	Internet + Tv pagada	
Telefonía	Telefonía + Tv pagada	
Tv pagada	Internet+Telefonía+Tv pagada	
Internet + Telefonía		

2: ¿Su negocio necesita de conexión a Internet?

SI	NO	
----	----	--

3: ¿Necesita mejorar la velocidad de Internet en su domicilio defina a cuantas Mbps?

10Mbps	30Mbps	
20Mbps	Más de 30Mbps	

4: ¿En escala de 1 al 5 está usted conforme con el servicio que posee en la actualidad?

Inconforme	Poco Conforme	
Poco inconforme	Regular	
Regular		

¿Qué tipo de servicio desearía contratar?

Solo Internet	Internet+ Tv pagada	
Solo TV	Telefonía + Internet	
Solo telefonía	Telefonía+Internet + Tv pagada	
Telefonía + TV pagada		

6: ¿Desea usted acceder a un servicio de mejor calidad del que posee en la actualidad?

SI	NO	
----	----	--

7: ¿Qué tipos de problemas ha tenido usted con su servicio?

Conectividad	Lentitud en descarga	
Intermitencia	Saturación de ancho de banda	

8: ¿Tiene usted conocimiento de las ventajas que brinda la fibra óptica para mejorar su servicio de Internet?

SI	NO	
----	----	--

9: ¿Estaría usted de acuerdo en cambiar su servicio actual a Fibra óptica?

SI	Tal vez	
NO	Ya dispongo	

10: ¿Cuánto estaría dispuesto usted a pagar por un servicio de alta velocidad de Internet?

\$10-\$19	\$31-\$40	
\$21-\$30	\$41-\$50	

6.3 ANEXO C

ROUTER DE DISTRIBUCIÓN MIKROTIK CCR1036-12G-4S [40]

MikroTik

CCR1036-12G-4S

CCR1036-12G-4S

CCR1036-12G-4S is an industrial grade router with cutting edge 36 core CPU. If your network requires to operate with millions of packets per second - Cloud Core Router with 36 cores is your best choice.

The device comes in a 1U rackmount case, has four SFP ports, twelve Gigabit Ethernet ports, a serial console cable and a USB port.



- 36 core CPU
- 1.2 GHz clock per core
- 12 Mbytes total on-chip cache
- State of the art TILE GX architecture
- 28.8 mpps fastpath forwarding (wire speed for all ports)
- Up to 16 Gbit/s throughput
- 1U rackmount case
- 12 Gigabit Ethernet ports
- 4 SFP ports
- Color touchscreen LCD
- Ports directly connected to CPU



The new r2 version has onboard 4 GB of RAM (8 GB for CCR1036-12G-4S-EM model), onboard M.2 slot, full size USB slot and dual PSU for redundancy.

Specifications

Product code	CCR1036-12G-4S	CCR1036-12G-4S-EM
CPU	TilePro Tile-Gx36 CPU, 36 cores, 1.2 GHz per core	
Size of RAM	4 GB	8 GB
Storage	1 GB NAND, 512 KB flash	
10/100/1000 Ethernet ports	12	
Supported input voltage	AC power supply 100 - 240 V	
1G SFP ports	4	
Redundant supply	Yes	
USB port	USB type A	
Serial port	RJ45	
Dimensions	443 x 193 x 44 mm	
Operating temperature	-20°C .. +60°C	
Operating system	RouterOS, License level 6	
Max power consumption	60 W	

Included parts



2 IEC cords



Screw and feet
kit (K10)



Rack ears

ANEXO D

SWITCH CRS326-24G-2S+RM [41]



CRS326-24G-2S+RM

We are announcing a special version of the CRS326-24G-2S+RM switch, with added RouterOS as a second boot option, the new CRS326-24G-2S+RM.

This is a SwOS/RouterOS powered 24 port Gigabit Ethernet switch with two SFP+ ports, wire speed connectivity with several new switching features!

The "Dual boot" feature that allows you to choose which operating system you prefer to use, RouterOS or SwOS. If you prefer to have a simplified switch only OS with more switch specific features, use SwOS. If you are used to Winbox and would like the ability to use routing and other Layer 3 features on some ports in your CRS, boot and use RouterOS. You can select the desired operating system from RouterOS, from SwOS or from the RouterBOOT loader settings.

It gives you all the basic functionality for a managed switch, plus more: allows to manage port-to-port forwarding, apply MAC filter, configure VLANs, mirror traffic, apply bandwidth limitation and even adjust some MAC and IP header fields. SFP cage supports both 1.25 Gb SFP and 10 Gb SFP+ modules.

Specifications

Product code	CRS326-24G-2S+RM
CPU	96DK3236A1 800 MHz
RAM	512 MB
Storage type	Flash, 16 MB
Switch chip model	96DK3236A1
10/100/1000 Ethernet ports	24
SFP+ cages	2
Operating system	SwOS /RouterOS (Dual boot)
Supported input voltage	9 - 30 V (jack or passive PoE)
Dimensions	443 x 144 x 44 mm
Operating temperature	-40°C - +50°C listed
Max power consumption	24 W
Serial port	RJ45

Features

- Non-blocking Layer 2 switching capacity
- 16K host table
- IEEE 802.1Q VLAN
- Supports up to 4K VLANs
- Port isolation
- Port security
- Broadcast storm control
- Port mirroring of ingress/egress traffic
- Rapid Spanning Tree Protocol
- Access Control List
- MikroTik neighbor discovery
- SNMP v1
- Web-based GUI

Included



6.4 ANEXO E

ANTENA DE BACKBONE NETMETAL 5 [42]



NetMETAL 5

By supporting the 802.11ac wireless standard, the NetMETAL allows to use datarates of up to 1.3Gbps (for the T models), 256-QAM modulation and 20/40/80MHz channels. With it's huge speed improvements, 802.11ac opens up new possibilities.

The NetMETAL is a completely new product in a waterproof enclosure. Its rugged design is made to withstand the toughest conditions, but at the same time is easy to use and can be opened and closed with one hand. The solid aluminium enclosure also works as a reliable heatsink for it's high output power radio.

RB922 models have miniPCI-e slot for another wireless card.

Order code	RB921UAGS-5SHPacT-NM	RB921UAGS-5SHPacD-NM	RB922UAGS-5HPacT-NM	RB922UAGS-5HPacD-NM
CPU	QCA9557 720MHz network processor			
Memory	128MB DDR2 onboard memory			
Ethernet	One Gigabit port with Auto-MDI/X			
SFP	1x SFP cage available			
Extras	Beeper, signal and status LEDs, voltage and temperature sensors			
Supported channels	20/40/80MHz			
Expansion	USB 2.0 port		USB 2.0 port, 1x MiniPCIe slot, SIM slot (requires 3g miniPCIe card)	
Power input	PoE in: 8-30V DC on Ether1 (Non 802.3af)			
Operating conditions	-40C to +70C tested. Enclosure is sealed to conform with IP54 standard.			
Consumption	23W	21W	23W	17W
Dimensions	143x247x48mm; Weight: 865g			
OS	MikroTik RouterOS, Level4 license, free product lifetime upgrdes			
Kit includes	RB922/R921 outdoor unit, Power adapter 24V 1.2A, PoE injector, miniPCIe mounting screws, DIN rail mount, metal monting ring, 2x plastic mounting loops			

	RB921UAGS-5SHPacT-NM	RB921UAGS-5SHPacD-NM	RB922UAGS-5HPacT-NM	RB922UAGS-5HPacD-NM
Wireless	QCA9880 5GHz 802.11ac	QCA9882 5GHz 802.11ac	QCA9880 5GHz 802.11ac	QCA9882 5GHz 802.11ac
Chains	Triple chain	Dual chain	Triple chain	Dual chain
Connector type	RP-SMA Female (outside thread)			
Connectors	3x	2x	3x	2x
TX/RX at MCS0	33dBm / -96dBm	31dBm / -96dBm	32dBm / -96dBm	30dBm / -96dBm
TX/RX at MCS7	31dBm / -77dBm	29dBm / -77dBm	29dBm / -77dBm	27dBm / -77dBm
TX/RX at MCS9	27dBm / -72dBm	25dBm / -72dBm	24dBm / -72dBm	22dBm / -72dBm
TX/RX at 6Mbit	33dBm / -96dBm	31dBm / -96dBm	33dBm / -96dBm	31dBm / -96dBm
TX/RX at 54Mbit	31dBm / -81dBm	29dBm / -81dBm	29dBm / -81dBm	27dBm / -81dBm
Frequency range	4920-6100 MHz, Operating range limited by Country Regulations			



24V 1.2A Adapter



Metal ring



Gigabit PoE injector



DIN mount



miniPCI screws

NetMETAL 5

6.5 ANEXO F

ANTENA DE AP BASEBOX [43]



BaseBox

The BaseBox is an outdoor wireless device, based on our popular RB912 model, fitted with two SMA connectors for antennas, and a cable hood for protection against moisture. Also available are three additional places for antenna connectors, in case you wish to use the BaseBox miniPCIe slot for one more wireless interface to make a dual band device, or a 3G/4G modem.

The case can be opened with one hand, and is protected against the elements. USB, Ethernet and a Grounding wire exits are provided on the bottom, behind a protective door. Two models are available - BaseBox 2 and BaseBox 5 (2 or 5GHz wireless, respectively).

Comes with a mounting loop for tower/pole mounting, and a separate DIN rail mount is also provided. Package also includes a PoE injector and power supply unit.

Model	BaseBox 5	BaseBox 2
Order code	RB912UAG-5HPnD-OUT	RB912UAG-2HPnD-OUT
Features	1 Ethernet, 1 miniPCIe, USB, Additional memory, Gigabit, High power, Dual chain, Outdoor case	
CPU	Atheros AR9342 600MHz network processor	
Memory	64MB DDR onboard memory	
Ethernet	One Gigabit port with Auto-MDI/X	
Wireless	Built in 5GHz 802.11a/n, 2x RP-SMA connectors	Built in 2GHz 802.11b/g/n, 2x RP-SMA connectors
Wireless regulations	Specific frequency range may be limited by country regulations	
Connector type	RP-SMA Female (outside thread)	
Extras	beeper, signal and status LEDs, SIM slot (requires 3g miniPCIe card), voltage and temperature sensors	
Expansion	miniPCIe slot for 802.11 or 3G (using 3G disables the USB port), USB 2.0 port	
Power options	PoE: 8-30V DC on Ether1 (Non 802.3af). Consumption: 14W at 24V	
Dimensions	246x135x50mm; Weight: 390g	
Operating temp.	-40C to +70C	
OS	MikroTik RouterOS, Level4 license (supports wireless AP mode)	
Kit includes	RB912 outdoor unit, PSU, PoE injector, mounting loop, DIN rail mount, mounting ring	

	RB912UAG-5HPnD-OUT	RB912UAG-2HPnD-OUT
TX/RX at MCS0	30dBm / -96dBm	30dBm / -96dBm
TX/RX at MCS7	24dBm / -78dBm	24dBm / -78dBm
TX/RX at 6Mbit	30dBm / -96dBm	30dBm / -96dBm
TX/RX at 54Mbit	27dBm / -80dBm	27dBm / -80dBm
Frequency range	4900-5920MHz	2400MHz-2500MHz

BaseBox

ANEXO G

DATASHEET DE LA OLT MARCA V-SOL [44]

HOJA DE ESPECIFICACIONES 8PON EPON OLT

(No de modelo: V1600D8)

Breve Introducción

V1600D8 EPON OLT es un producto de montaje en rack de 19 pulgadas de altura 1U. Sus características principales son pequeñas, convenientes, flexibles, fáciles de implementar y de alto rendimiento. Es apropiado para ser implementado en un ambiente de sala compacta. El OLT se puede utilizar para aplicaciones "Triple-Play", VPN, cámara IP, LAN empresarial y TIC.



Figura 1

V1600D8 proporciona 8 * GE (cobre) y 8 * SFP (4 * 10G) interfaz independiente de ranuras para enlace ascendente y 8 puertos OLT EPON para flujo descendente. Puede admitir 512 ONU con una relación de divisor de 1:64.

Técnico Especificaciones

Artículo		V1600 D8
Chasis	Estante	Caja estándar 1U 19 pulgadas
1000M Puerto de enlace ascendent e	Cobre	Negociación automática 8 * 10/100 / 1000M
	SFP (independiente)	8 * SFP (Enlace ascendente 4 * 10G)
Puerto EPON	CANTIDAD	8
	Físico Interfaz	Ranuras SFP
	Conector Tipo	1000BASE-PX20 +
	Relación de división	1:64
Puertos de administración		1 puerto de banda 10 / 100BASE-T, 1 puerto de CONSOLA
Especificac iones del puerto PON	Transmisión Distancia	20KM
	Puerto EPON velocidad	1,25 Gbps simétrico
	Longitud de onda	TX 1490nm, RX 1310nm
	Conector	SC / PC
	Tipo de fibra	SMF de 9/125 μm
	Poder TX	+ 2 ~ + 7dBm
	Sensibilidad Rx	-27dBm
	Saturación Potencia óptica	-6dBm
Modo de gestión		CLI, SNMP, Web y Telnet
función de administración		Detección de grupos de ventiladores; Supervisión del estado del puerto y gestión de la configuración; Configuración del conmutador de capa 2, como VLAN, troncal, RSTP, IGMP, QOS, etc. Función de gestión EPON: DBA, autorización ONU, ACL, QOS, etc. Configuración y gestión de ONU online; Gestión de usuarios; Gestión de alarmas.

Interruptor de capa 2	Puerto de soporte VLAN y protocolo VLAN; Soporta 4096 VLAN; Admite etiqueta VLAN / Un-tag, transmisión transparente VLAN, QinQ; Admite troncal IEEE802.3d; Soporte RSTP; QOS basado en puerto, VID, TOS y dirección MAC; Lista de control de acceso; Control de flujo IEEE802.x;
-----------------------	---

		Estadística y seguimiento de estabilidad portuaria.
Multidifusión		IGMP snooping 256 grupos de multidifusión IP;
DHCP		DHCP server DHCP relay DHCP snooping
Ruta de la capa 3		Ruta estática del proxy arp 1024 rutas de host de hardware; 512 rutas de subred de hardware;
Función EPON		Admite limitación de velocidad basada en puertos y control de ancho de banda; Cumple con el estándar IEEE802.3ah; Distancia de transmisión de hasta 20 km; Admite cifrado de datos, multidifusión, puerto VLAN, separación, RSTP, etc. Admite la asignación dinámica de ancho de banda (DBA); Admite descubrimiento automático de ONU / detección de enlace / actualización remota de software; Admite división de VLAN y separación de usuarios para evitar tormentas de transmisión; Admite varias configuraciones LLID y configuraciones LLID individuales; Diferentes usuarios y diferentes servicios podrían proporcionar diferentes QoS por medio de diferentes canales LLID; Admite la función de alarma de apagado, fácil de detectar problemas de enlace; Admite la función de resistencia a tormentas de transmisión; Soporte de aislamiento de puertos entre diferentes puertos; Admite ACL y SNMP para configurar el filtro de paquetes de datos de forma flexible; Diseño especializado para la prevención de averías del sistema para mantener un sistema estable; Admite cálculo de distancia dinámica en EMS en línea; Soporta RSTP, IGMP Proxy.
Dimensión (L * W * H)		442 * 320 * 43,6 mm
Peso		4,5 kg
Fuente de alimentación		CA: 90 ~ 264 V, 47/63 Hz o CC: 48 Vcc (Fuente de alimentación dual)
El consumo de energía		45W
Entorno	Temperatura operacional	-10 ~ + 55 °C
	Temperatura de operación	-40 ~ + 85 °C

operativo	Humedad relativa	5 ~ 90% (sin acondicionamiento)
-----------	------------------	---------------------------------

Diagrama de aplicación



Figura 2

6.6 ANEXO H

MODELO DEL DISEÑO DE LA RED GPON PARA LA CIUDAD DE PATATE

6.7 ANEXO I

RED FEEDER O RED TRONCAL

6.8 ANEXO J

RED DE LA ZONA 1 PARA LA CIUDAD DE PATATE

6.9 ANEXO K

RED DE LA ZONA 2 PARA LA CIUDAD DE PATATE

6.10 ANEXO L

ESQUEMA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA ZONA 1

6.11 ANEXO M

ESQUEMA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA ZONA 2