



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA TECNOLOGÍAS DE LA
INFORACIÓN Y COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMAS

**TEMA: ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED GPON PARA EL
SECTOR BANCO DE LA VIVIENDA ETAPA 1 Y 2 DE LA
PARROQUIA BORRERO CHARASOL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS**

AUTOR: PEDRO SANTIAGO REYES MONCAYO

DIRECTOR: ING. PAUL FERNANDO CHERREZ VINTIMILLA

AZOGUES - ECUADOR

2020

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*

DECLARACIÓN

Yo, Pedro Santiago Reyes Moncayo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

Pedro Santiago Reyes Moncayo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pedro Santiago Reyes Moncayo, bajo mi supervisión.

Ing. Paul Chérrez

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios que ha estado presente en cada paso de mi vida, ofreciéndome su guía en cada una de mis decisiones y alivio cuando he cometido algún error, a mis padres y familia por ser un apoyo durante todo este proceso.

Agradecer a la Universidad Católica de Cuenca y en especial a cada uno de los docentes que gracias a sus conocimientos impartidos me dieron las bases y la oportunidad de formarme profesionalmente.

Mi gratitud al Ing. Paul Chérrez por brindarme su tiempo para ser mi tutor y guía en este proyecto de titulación, dejando en mí, valiosas enseñanzas.

Finalmente agradecer a mis compañeros y amigos del Área Técnica de la CNT EP, por el apoyo y conocimientos que también fueron parte importante para el desarrollo de este trabajo

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a mis padres por su apoyo, comprensión y ayuda en todo momento, y es con quienes comparto mis logros personales y profesionales constituyéndose en mi guía y soporte. Me han brindado todo lo necesario para ser la persona que soy, mis principios, valores y mi perseverancia para conseguir mis objetivos y cumplir mis metas. A mi hermana por estar siempre presente, acompañándome en este largo camino, los quiero mucho. A todos mis amigos y compañeros, ya que ellos me han ayudado a que mi vida universitaria sea más divertida, porque hemos compartido muchos momentos que siempre llevare en mi corazón.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1 MARCO TEORICO	16
1.1 INTRODUCCION	16
1.2 CONEXIONES DE INTERNET FIJO POR TECNOLOGIA	16
1.3 FIBRA OPTICA	17
1.3.1 ESTRUCTURA DE LA FIBRA OPTICA	18
1.3.2 NUCLEO	18
1.3.3 CLADDING	19
1.3.4 COATING	19
1.4 VENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA	19
1.5 TIPOS DE FIBRA OPTICA.....	19
1.5.1 FIBRA MONOMODO	20
1.5.2 FIBRA MULTIMODO	20
1.6 CARACTERISTICAS DE LA FIBRA OPTICA.....	21
1.6.1 ANCHO DE BANDA	21
1.6.2 DISTANCIA	21
1.6.3 INTEGRIDAD DE DATOS	21
1.6.4 DURACION.....	22
1.6.5 SEGURIDAD.....	22
1.7 TECNOLOGIAS DE ACCESO	22
1.7.1 ¿Qué ES FTTx?.....	22
1.7.2 FTTP (FIBER TO THE PREMISES).....	22
1.7.3 FIBRA HASTA EL HOGAR (FTTH)	22
1.7.4 FTTB (FIBER TO THE BUILDING).....	23
1.7.5 FTTC (FIBER TO THE CURB)	24
1.7.6 FTTN (FIBER TO THE NODE).....	25
1.7.7 REDES OPTICAS ACTIVAS (AONs).....	26
1.7.8 REDES OPTICAS PASIVAS (PONs).....	27
1.8 TIPOS DE REDES PON	28
1.8.1 APON (ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE 2 PASSIVE OPTICAL NETWORK).....	28
1.8.2 BPON (BROADBAND PASSIVE OPTICAL NETWORK).....	29
1.8.3 EPON (ETHERNET PASSIVE OPTICAL NETWORK).....	29
1.8.4 GPON (GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK)	30
1.9 RED GPON VS OTRAS TECNOLOGIAS	31
1.9.1 MODELOS DE REDES GPON	32
1.9.2 MODELO DE RED GPON FLEXIBLE	32
1.9.3 MODELO DE RED GPON RIGIDA	32
1.9.4 MODELO DE RED GPON RÍGIDA	33
1.10 COMPONENTES DE LA RED GPON	34
1.10.1 OPTICAL LINE TERMINATION (OLT)	34
1.10.2 RED FEEDER	35
1.10.3 SPLITTER.....	35
1.10.4 OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK (ODN)	35
1.10.5 RED DE DISTRIBUCION.....	35
1.10.6 CAJA DE DISTRIBUCION OPTICA (NAP).....	36
1.10.7 RED DE DISPERSION	36
1.10.8 ROSETA OPTICA	37
1.10.9 OPTICAL NETWORK TERMINAL (ONT).....	37

2 CAPITULO 2. DIAGNOSTICO SITUACIONAL	38
2.1 INTRODUCCION.....	38
2.2 ANTECEDENTES	38
2.3 DEFINICION DEL PROBLEMA	42
2.4 OBJETIVO GENERAL	42
2.4.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	42
2.5 ESTADO DEL ARTE	43
2.6 METODOLOGIA	43
3 CAPITULO 3. PROPUESTA	44
3.1. ESTUDIO DE MERCADO.....	44
3.1.1 ANALISIS DE MERCADO	44
3.2 TAMAÑO DEL MERCADO.....	45
3.2.1 CALCULO DE POBLACION Y MUESTRA	45
3.2.2 ANALISIS DE RESULTADOS.....	47
3.2.3 CALCULO DE LA DEMANDA PROYECTADA.....	50
3.3 MEMORIA TECNICA	51
3.3.1 INTRODUCCION.....	51
3.3.2 DISEÑO GEORREFERENCIADO	53
3.3.3 EXTRACCION DE LA INFORMACION.....	54
3.4 CONSIDERACIONES DEL DISEÑO.....	61
3.4.1 RED FEEDER	61
3.4.2 RED DE DISTRIBUCION.....	63
3.4.3 RED DE DISPERCION	67
3.5 PRESUPUESTO OPTICO	68
3.6 MODULO HUAWEI SMARTAX MA5603T	69
3.7 PRESUPUESTO DE VOLUMEN DE OBRA	71
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Conexiones fijas por tecnología	16
Figura 2. Sección transversal de la fibra óptica	18
Figura 3. Fibra Óptica Monomodo.	20
Figura 4. Fibra Óptica Multimodo.....	21
Figura 5 Arquitectura FTTP	22
Figura 6. Hogar FTTH.....	23
Figura 7 Arquitectura FTTB.....	24
Figura 8 Arquitectura FTTC.....	25
Figura 9 Arquitectura FTTN	26
Figura 10 Red Óptica Activa.	27
Figura 11 Red Óptica Pasiva.	28
Figura 12 Redes Ópticas Pasivas ATM.....	28
Figura 13 Redes Ópticas Pasivas BPON.	29
Figura 14 Redes Ópticas Pasivas EPON	30
Figura 15 Estructura red GPON.	30
Figura 16 Comparación estadística tecnología entre GPON y xDSL.....	32
Figura 17 Ejemplar de armario GPON – FDH.	33
Figura 18 Modelo de red GPON rígida.	34
Figura 19 OLT.....	34
Figura 20 Splitter 1/8.....	35
Figura 21 NAP.....	36
Figura 22 Roseta Óptica	37
Figura 23 ONT.	37
Figura 24 Conexiones fijas por Tecnología.....	38
Figura 25 Evolución de las tecnologías para acceso a Internet	41
Figura 26 Número de clientes por servicio.....	45
Figura 27 Formula para calcular el tamaño de la muestra	45
Figura 28. Planes de internet contratados por los habitantes del sector.....	47
Figura 29. Numero de dispositivos en los hogares.	48
Figura 30. Dispositivos que poseen las personas en sus hogares.	48
Figura 31. Satisfacción de clientes con el servicio actual.....	49
Figura 32. Actividades realizadas mediante internet.	50
Figura 33. Demanda Proyectada para 10 años.....	51
Figura 34. Vista del Sector Banco de la Vivienda Etapa 1 y 2.	52
Figura 35. Planimetría del Sector.	53
Figura 36. Planimetría con información catastral.	54
Figura 37. Análisis del Sistema de información Geográfica.	55
Figura 38. Delimitación del Cerco Geográfico.....	56
Figura 39. Corte de Capa Manzanas y Creación del Polígono.	56
Figura 40. Corte de Capa Parcelas.....	57
Figura 41 Corte de Capa Vías.	57
Figura 42 Corte de Capa Postes.....	58
Figura 43. Creación de la Capa Nap.....	58
Figura 44. Creación de la Capa Feeder.....	59
Figura 45. Sobreposición de todas las capas.	59
Figura 46. Exportación de archivos a AutoCAD.....	60
Figura 47. Edición del archivo en AutoCAD.	60
Figura 48. Resultado de la edición de planimetría y diseño de red	61
Figura 49. Identificador del cable de Fibra Óptica.	61

Figura 50. Esquema Manga Troncal.....	62
Figura 51. Esquema Red Feeder.....	63
Figura 52. Esquema Red de Distribución.....	64
Figura 53 Esquema Fibra de Distribución FD01.....	65
Figura 54 Esquema Fibra de distribución FD02.....	66
Figura 55. Esquema Fibra de distribución FD03.....	66
Figura 56. Esquema Red de Dispersión.....	67
Figura 57. Presupuesto Óptico.....	69
Figura 58. Estructura típica de red de acceso de MA5603T.....	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas Red Gpon Vs Red Adsl 2 Generación.	31
Tabla 2. Planes de internet ADSL que brinda la empresa CNT.	44
Tabla 3. Puntuación Z en función del nivel de confianza.	46
Tabla 4. Coordenadas del Cerco.	55
Tabla 5. Planes de internet Gpon que brinda la empresa CNT.	71

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Simbología Planta Externa	78
ANEXO B. Presupuesto Volumen de Obra.....	80
ANEXO C. Encuesta Aplicada	81

RESUMEN

Los sistemas de comunicaciones y transmisión de datos que se basan en fibra óptica se han posicionado como el más utilizado, debido a que posee mejores características y beneficios para la transmisión de servicios Triple Play (audio, voz, video y datos), y de manera específica para servicios de comunicaciones que requieren alta velocidad en la transmisión de datos.

En este proyecto se realiza el estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH que se basa en el estándar de la tecnología GPON para proveer de servicios de comunicaciones y datos a los sectores Banco de la Vivienda Etapa 1 y 2 de la parroquia Charasol, dada la necesidad de comunicación a grandes velocidades y de contar con un medio confiable para la transmisión de datos que permita cumplir con actividades de teletrabajo, estudios, entretenimiento, etc. en los hogares en las condiciones actuales a causa del confinamiento.

La arquitectura actual que se encuentra implementada en el sector es de tecnología ADSL misma que presenta grandes inconvenientes por falta de crecimiento en ancho de banda y disponibilidad a grandes distancias, con lo cual este diseño de red busca mejorar el servicio a través de una nueva tecnología.

En la red de comunicaciones de fibra óptica se analiza de forma individual cada elemento físico de la red y se los integra para que conformen un único sistema y así poder evaluar sus características tanto en el presupuesto óptico de funcionamiento como en el volumen de obra y costos para su construcción, determinando así su facticidad técnica y operativa.

Palabras clave: FTTH Fiber to the home. (Fibra hasta el hogar), GPON Gigabit-capable Passive Optical Network (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit), ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de Abonado Digital Asimétrica), Fibra Óptica.

ABSTRACT

Communication and data transmission systems, which employ fiber optics as a method of transmitting data, have stood out as the most widely employed since they have superior features and benefits for the transmission of Triple Play services such as audio, voice, video, and data. Particularly, for communication purposes that required high-speed data transmission.

In this research, the study and design of Fiber To The Home (FTTH) was done which uses the Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON) technology in order to provide communication and data services to the neighborhoods like Banco de la Vivienda block 1 and 2 in Charasol village. On account of the residents' need to use the internet with high-speed in data transmission and also to have a safe connection to perform teleworking activities, remote learning online, entertainment, among others uses, during the confinement at homes.

The current network design which is working and providing the internet service in the village belongs to the Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL). This technology exhibits great inconveniences because it has not improved its bandwidth and availability over long distances since it was implemented. As an alternative to reduce this problem, a new network design seeks to enhance the service through new technology.

In fiber-optic networks, each physical component is individually analyzed and they are blended to form a whole system and this way to evaluate its characteristics such as the operating budget as well as in the amount of work and costs for its implementation. This allows determining its technical and operational feasibility.

Keywords: Fiber To The Home (FTTH), Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON), Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL), optical fiber.

1. MARCO TEÓRICO I

1.1 Introducción.

Las telecomunicaciones basadas en redes de cobre han sido el pilar principal en los últimos 100 años. En la Actualidad se ha dado una revolución en cuanto a las tecnologías usadas en este sector, con el reemplazo de estas redes por redes de última generación (Next Generation Networks, NGNs) establecidas en el uso de fibra óptica. Substituir el uso del cobre por fibra óptica permite un mejor desempeño en las prestaciones de telecomunicaciones actuales, logrando velocidades de acceso superiores a los 100 Mbps. Estas NGNs están cambiando completamente el sector de las telecomunicaciones y tendrán un impacto muy significativo en la economía de este sector, principalmente por las siguientes razones: al existir el incremento en el ancho de banda, permite el desarrollo y mejora de nuevas aplicaciones en la industria del entretenimiento y contenidos audiovisuales. Nuevos servicios como video bajo demanda o IPTV y en general, se abre un abanico de posibilidades para todo este tipo de aplicaciones que se basan en el uso de Internet (Play to Play, juegos en línea, etc.). Una ventaja inobjetable es que este tipo de redes brindan la capacidad de simultaneidad, misma que es muy limitada en la mayoría de las velocidades basadas en tecnologías de cobre actualmente disponibles [1].

1.2 CONEXIONES DE INTERNET FIJO POR TECNOLOGÍA.

Actualmente disponemos de muchas formas de acceder a Internet, los medios más comunes de transmisión físicos o alámbricos (cable) y medios inalámbricos que nos permiten conectar nuestros dispositivos a la red. En nuestro país, ha crecido el acceso al servicio de Internet fijo mediante el uso de conexiones por fibra óptica, de tal manera que para el cuarto trimestre del año 2019 el 37,03% de las suscripciones se proveen a través de fibra óptica, 33,65% mediante el uso de cobre, el 21,89% a través de cable coaxial y apenas un 7,43% realizan por medios inalámbricos [2].



Fig. 1. Conexiones fijas por tecnología.
Fuente: (Arcotel).

1.3 FIBRA ÓPTICA.

Hoy en día es el más utilizado de los medios de transmisión en telecomunicaciones, ya que presenta muy pocas pérdidas en comparación a otros medios de transmisión, también posee una gran capacidad para el envío de datos e información ya sea a distancias cortas o largas [3].

La Historia de las telecomunicaciones realizadas por la fibra óptica es corta. Los registros datan a partir de 1977, se apostó por un sistema de prueba en Inglaterra; dos años después, los pedidos de este material empezaron a aumentar considerablemente [3].

A comienzos de 1959, a partir de algunos estudios físicos orientados a la óptica, se produjo un nuevo descubrimiento en el uso de la luz, misma que se llamó rayo láser, siendo aplicado a las telecomunicaciones con el propósito de mejorar las velocidades a las que se transmitían los mensajes y cobertura [3].

No obstante este uso del láser se vio muy limitado debido a que en esos tiempos no disponían de un medio adecuado para que puedan viajar las ondas electromagnéticas estimuladas por los fotones originados en la fuente de luz llamada láser [3].

Fue hasta entonces cuando técnicos y científicos especializados en esta nueva tecnología óptica juntaron esfuerzos para lograr la producción de un medio o canal, conocido en la actualidad como la fibra óptica. En el año de 1966 nació la idea de emplear la guía óptica como medio de comunicación [3].

Esta manera de utilizar la luz como medio para el transporte de información se explica de la siguiente forma: No es más que una onda electromagnética de semejante naturaleza que las ondas de radio, la diferencia radica en que la longitud de este tipo de ondas es del orden de micrómetros en vez de metros o centímetros [3].

Este concepto en el que las comunicaciones se realizan por ondas luminosas ha sido conocido desde hace ya muchos años. No obstante, a mediados de los años setenta fue que se publicaron los resultados de los trabajos teóricos realizados. Mismos que indicaban que se podía confiar en este haz luminoso que se transporta en una fibra transparente flexible y proveer así un medio análogo óptico en el transporte de señales por alambres electrónicamente [3].

Uno de los inconvenientes técnicos que se debía solucionar para el desarrollo de la fibra óptica radicaba en las fibras mismas, ya que al absorber la luz dificultaba el proceso. Para poder realizar la comunicación práctica, la fibra óptica debe ser capaz de transmitir por algunos kilómetros las señales luminosas [3].

El vidrio ordinario detiene el paso de un haz luminoso a pocos metros. Por esta razón se han desarrollado nuevos tipos de vidrios sumamente puros que disponen de transparencias mayores que la del vidrio ordinario. Estos vidrios comenzaron a fabricarse a principios de los años setenta. Este fue lo que impulsó a la industria de fibras ópticas.

La utilización de láseres o diodos emisores de luz como principal fuente luminosa en los cables de fibras ópticas. Uno y otro han sido miniaturizados logrando formar componentes en sistemas fibro-ópticos, lo cual ha requerido mayor labor en el área de investigación y desarrollo [3].

Estos láseres emiten luz "coherente" intensa que se mantiene en un camino muy estrecho. La luz que emiten los diodos es "incoherente" que no es fuerte ni concentrada. Su uso dependerá de los requisitos técnicos para el diseño del circuito de fibras ópticas [3].

1.3.1 ESTRUCTURA DE LA FIBRA ÓPTICA.

La estructura de una cable de fibra óptica es de forma cilíndrica, se encuentra constituido por un núcleo en su parte central, y es por donde se conduce la luz, la estructura que cubre al núcleo se llama cladding y sobre esta se encuentra la sección llamada coating en nuestro medio conocido también como “chaqueta” la misma que protege y brinda soporte mecánico, En la siguiente figura (Ver Figura 2), se puede ver claramente la estructura de la fibra óptica [4].

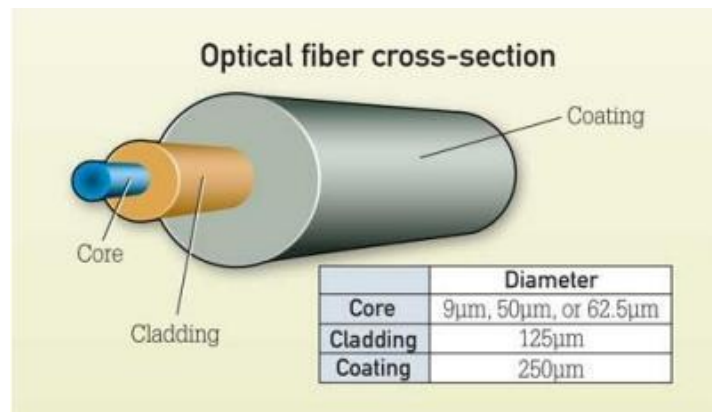


Fig. 2. Sección transversal de la fibra óptica.
Fuente: (Optical fiber cabling and component specification considerations).

1.3.2 NÚCLEO.

Es la parte medular o central de la fibra óptica, y es por donde viaja la luz, debido a sus características intrínsecas brinda un índice de refracción completamente distinto al del recubrimiento, este índice del núcleo (n_1) es mayor que el índice de refracción del recubrimiento (n_2); $n_1 > n_2$ [4].

1.3.3 CLADDING.

Conocido también como revestimiento o Cladding cubre y protege al núcleo, debido a que tiene que brindar protección mecánica al hilo de fibra óptica y bloquear la salida de luz del núcleo [4].

1.3.4 COATING.

Conocido también como chaqueta brinda protección a posibles daños al incrementar el ancho de la fibra para que su manipulación sea mucho más fácil [4].

1.4 VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA.

- Gran ancho de banda, que permite tráfico o flujo elevado de datos (en el orden del Ghz).
- Pequeña en tamaño, facilita el trabajo en espacios pequeños.
- Flexibilidad, al instalar se pueden formar radios de curvatura de 3 a 7 cm, facilitando de esta forma su instalación.
- Ligereza, su peso está en el orden de unos gramos por kilómetro, siendo nueve veces menos en relación a un cable de cobre convencional.
- Inmunidad completa a interferencias de origen electromagnético, con lo que se garantiza la calidad de transmisión, debido a que la señal es inmune a las tormentas.
- Seguridad, cualquier tipo de intrusión en fibra óptica es muy fácil de detectar debido al debilitamiento de la energía luminosa al momento de su recepción, también no radia nada, lo que es muy importante en el uso de aplicaciones que demandan un alto nivel de confidencialidad.
- No genera interferencias al ser un medio no metálico.
- Insensibilidad a los parásitos, propiedad muy utilizada en el medio industrial con perturbaciones elevadas (como, por ejemplo, en túneles de trenes eléctricos). Dicha propiedad permite la coexistencia por ductos con cables de energía eléctrica [3].
- Baja atenuación independientemente de la frecuencia, lo que permite la comunicación en grandes distancias sin el uso de equipos intermedios.
- Resistencia mecánica (resistencia a la tensión, al poseer bajo peso).
- Resistencia a la intemperie ya sea humedad, frío, calor o corrosión.
- Facilidad en la localización de fallos o cortes en su estructura gracias a un proceso que se basa en la telemetría, permitiéndonos así detectar rápidamente la distancia del fallo y su posterior reparación.

1.5 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA.

Existen varios tipos de clasificaciones de la fibra, según al tipo de transmisión de la luz por el núcleo son de dos tipos.

1.5.1 FIBRA MONOMODO.

La propagación se realiza en un solo modo de luz directamente sin contar con reflexión, reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra, de esta forma nos permite enviar la información a distancias mucho más grandes ($> 10\text{Km}$) con buenas tasas de transferencia[5].

Este tipo de fibra brinda una mayor capacidad de transporte de información. Posee una ventana de paso que está en el orden de los 100 GHz/km . El mayor volumen de flujo se alcanzan con esta fibra, pero su implementación es la más compleja [3].

En la figura 3 (Fibra Óptica Monomodo) se visualiza como son transmitidos los rayos que poseen una trayectoria que persigue al eje de la fibra, llamándose a este tipo de propagación "monomodo" (único, modo de propagación, o camino del haz luminoso). Estas fibras poseen un diámetro del núcleo que va en el mismo orden de la magnitud de longitud de onda de estas señales ópticas, que es de unos $5\text{ a }8\text{ mm}$ [3].

El núcleo está formado por un material cuyo índice de refracción es completamente diferente al de su cubierta, de esta forma estamos hablando de fibras del tipo monomodo cuyo índice es escalonado. La capacidad de trasportar grandes cantidades de información se establece como la principal ventaja de este tipo de fibras, debido a sus pequeñas dimensiones involucran un manejo más delicado e incluyen conflictos de conexión que actualmente continúan manejándose mal [3].

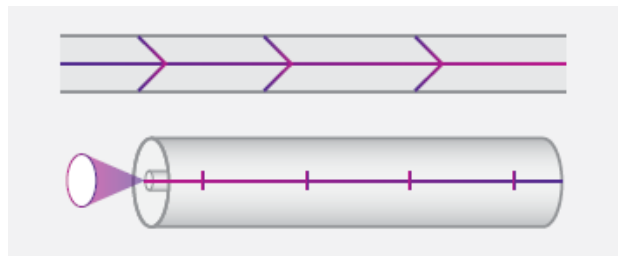


Fig. 3. Fibra óptica monomodo.

Fuente: (Fundamentos de FTTX | De los fundamentos a las opciones del mundo real)

1.5.2 FIBRA MULTIMODO.

Este tipo de fibra óptica permite que la luz se propague en diferentes formas ($> \text{a } 1000$ modos diferentes), esta forma de propagación incrementa el rango de error lo cual no es muy recomendable cuando se va a enviar información a distancias muy grandes, esta fibra es comúnmente utilizada en distancias cortas no superiores a 10 Km [5].

- Estas fibras multimodo tienen un índice de gradiente gradual, posee una ventana de paso que está en el orden de los 500 MHz/km . Su fundamento radica en que el índice de refracción del interior del núcleo disminuye y no es único cuando se traslada desde el núcleo hacia la cubierta [3].

El haz de luz se halla enfocado sobre el eje de la fibra, como se puede ver en la figura 4 (Fibra Óptica Multimodo). Este tipo de fibras admiten reducir la dispersión que se dan entre algunos modos de propagación en la fibra a través del núcleo. Algunos tipos de fibra multimodo que poseen el índice de gradiente gradual cuyo tamaño es de 62,5/125 m (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta) se encuentra normado, pero también se pueden hallar otros tipos [3]:

- Fibra Multimodo de índice escalonado 100/140 mm.
- Fibra Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 mm.

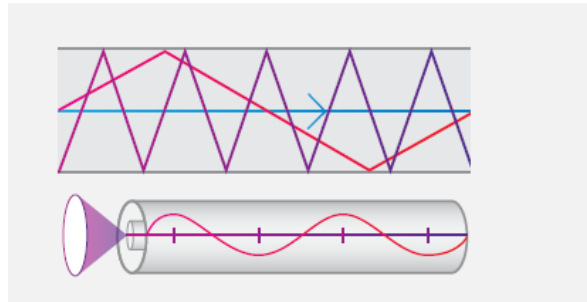


Fig. 4. Fibra óptica multimodo.

Fuente: (Fundamentos de FTTX | De los fundamentos a las opciones del mundo real)

1.6 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA.

1.6.1 ANCHO DE BANDA.

Posee un ancho de banda superior a los cables trenzados de cobre (UTP/STP), y de par trenzado o coaxiales, los niveles son de 1,7Gbps en redes de distribución pública, las frecuencias de luz visible más altas llegara a 39Gbps, los cables UTP son los más utilizado en instalaciones de red por su costo y fácil manipulación, con este tipo de cable se puede alcanzar velocidades de 10Mbps, 100Mbps y con nuevas tarjetas ethernet hasta 1GB, la fibra óptica nos permite la transmisión de diferentes tipos de información como datos, voz, video y más [5].

1.6.2 DISTANCIA.

Al tener un índice de atenuación bajo podemos transmitir a grandes distancias sin el uso de repetidores.

1.6.3 INTEGRIDAD DE DATOS

La transmisión por fibra óptica mantiene una frecuencia de errores BER (Bit Error Rate) por debajo de los 10 F-11, por lo cual no es necesario aplicar algún tipo de procedimiento para mejorar la velocidad ya que esta funciona con protocolos de alto nivel en transferencia de datos [5].

1.6.4 DURACIÓN.

Al no ser un metal la fibra óptica es inmune a la corrosión y temperaturas, el revestimiento es capaz de soportar gran esfuerzo mecánico en su manipulación por lo que en proyectos de redes se manejan esperanzas de vida útil de 20 años[5].

1.6.5 SEGURIDAD.

Como se menciona anteriormente la fibra óptica al no estar compuesta por algún metal conductor es completamente inmune a señales intrusas o radiación electromagnética externa, razón por la cual puede ser utilizada en entornos industriales sin necesidad de protecciones adicionales o especiales[5].

1.7 TECNOLOGÍAS DE ACCESO.

1.7.1 ¿QUÉ ES FTTx?.

Actualmente la fibra óptica es la guía de onda comercial que posee mayor capacidad de transmisión de datos en términos de ancho de banda y es literalmente inmune al ruido electromagnético. El acrónimo FTTx es muy conocido como Fibre-to-the-x, de donde x puede indicar diferentes destinos[6]. Entre los más importantes tenemos:

1.7.2 FTTP (Fiber To The Premises).

Topología conocida como fibra hasta los locales. Esta forma de comunicaciones en la que la fibra óptica va desde la oficina central hasta el final a los locales ocupados por el suscriptor como se puede apreciar en la figura 5 (Arquitectura FTTP). FTTP se puede clasificar según el lugar donde termina la FO en: FTTH y FTTB [5].

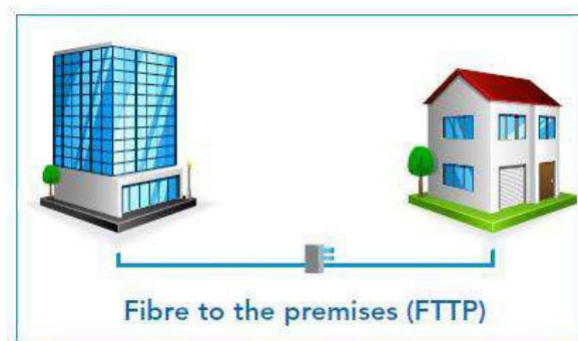


Fig. 5. Arquitectura FTTP
Fuente: (Añazco, 2013:69)

1.7.3 FIBRA HASTA EL HOGAR (FTTH).

Actualmente existe una gran demanda de internet de alta velocidad, las redes FTTH han evolucionado vertiginosamente, siendo una de sus principales características la alta velocidad de transmisión de datos (> 1Gbps) de forma simétrica, asignación dinámica de recursos y protección básica incorporada, figura 6 (Fibra hasta el hogar FTTH) [7].

Esta tecnología de acceso tiene la capacidad de soportar grandes cantidades de contenidos y calidad superior para aplicaciones de video y transmisión de datos, uso y transporte de datos en la nube, permitiendo así brindar servicios triple-play desde el hogar. Según el tipo de distribución ya sea punto a punto o centralizada, y punto a multipunto o en cascada se determinara el tipo de arquitectura FTTH a emplear, el tipo de fibra óptica a usar se debe en gran parte a la distribución que se empleará ya que pueden existir lugares donde pueda separarse la fibra con el uso de divisores ópticos o splitters y las distancias son un factor influyente en la expansión de la red [7].

El tipo de distribución Punto a punto (Point to Point), utiliza una arquitectura ODN (optical distribution network), donde la fibra nace en el nodo central y llega sin interrupciones de forma directa hasta el usuario final, de esta forma cada usuario tiene un enlace directo al nodo central, proporcionando así una ruta óptica continua desde el nodo hasta el domicilio, este tipo de red es muy costoso debido a su mayor despliegue [7].

La distribución punto a multipunto, (Point to Multipoint), presenta usa sola fibra de alimentación, que parte desde el nodo central hacia uno de ramificación y de ahí al domicilio del usuario final, en los puntos donde se ramifica la red se utilizan dispositivos ópticos pasivos divisores comúnmente conocidos como splitter, este tipo de red es comúnmente conocida como PON, por el uso de estos dispositivos [7].

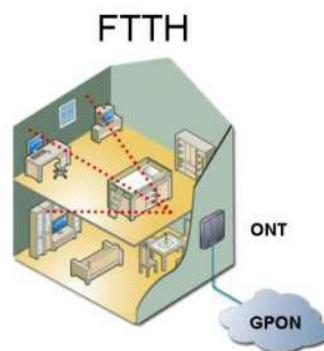


Fig. 6. Fibra Hasta el Hogar FTTH.
Fuente: (Añazco, 2013:69)

1.7.4 FTTB (Fiber To The Building).

Fibra hasta el edificio, esta arquitectura de red de transmisión de la fibra óptica termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados (comercial o residencial). La caja de distribución del edificio se encuentra generalmente en un cuarto de telecomunicaciones ubicado en la planta baja, donde están los equipos que transforman las señales ópticas en señales eléctricas y llegan al usuario

final mediante el cableado estructurado desplegado en el edificio, figura 7 (Arquitectura FTTb) [5].

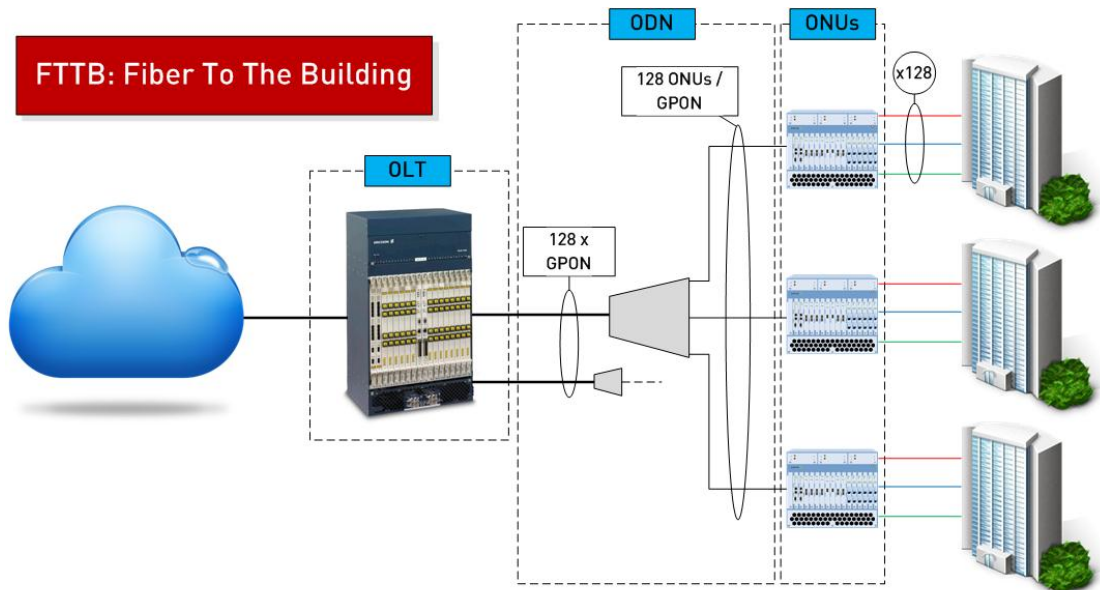


Fig. 7. Arquitectura FTTB.
Fuente: (Añazco, 2013:69)

1.7.5 FTTC (Fiber To The Curb).

Este tipo de tecnología se la conoce como fibra hasta la acera, FTTC en este sistema la fibra óptica llega hasta una plataforma que sirve para un número determinado de abonados, cada uno de estos está conectado a la plataforma por medio de un cable coaxial o par trenzado. La caja de distribución que se encuentra en el poste, posee también equipos que transforman la señal y mediante cables aéreos de cobre llegan hasta el usuario final, comúnmente la caja de distribución o armario están ubicados a una distancia menor a 300 metros desde una casa o negocio, figura 8 (Arquitectura FTTC) [5].

FTTC permite la entrega de servicios de banda ancha, tales como Internet y protocolos de comunicaciones de alta velocidad o alguna forma de xDSL normalmente utilizada entre el nodo y los clientes. El tráfico de datos varía según el protocolo exacto utilizado y la distancia a la cual está el cliente del nodo [5].

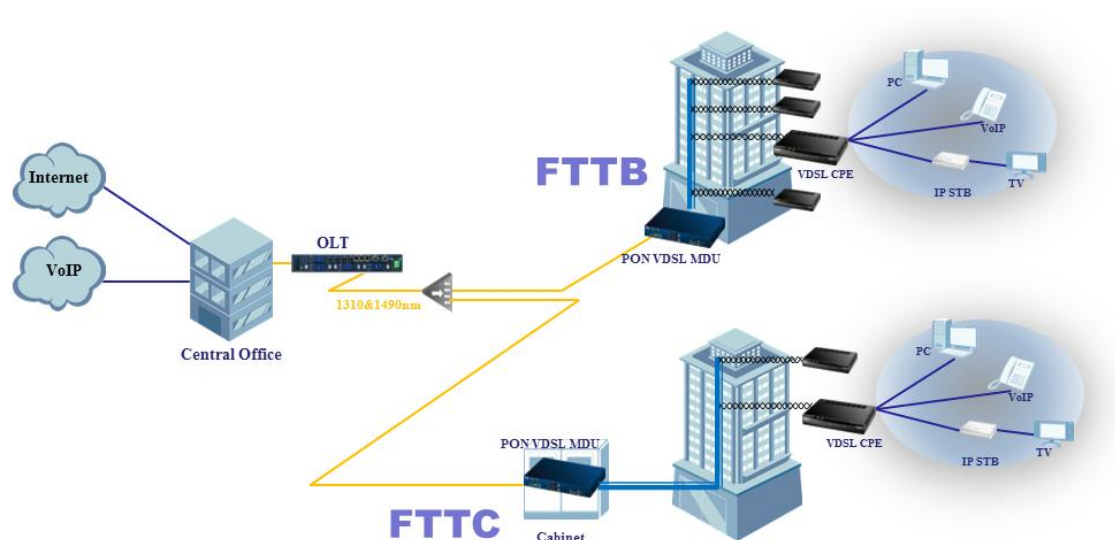


Fig. 8. Arquitectura FTTC.
Fuente: (Añazco, 2013:69)

1.7.6 FTTN (Fiber to the node).

En la red FTTN (Fiber To The Node), fibra hasta el nodo, la fibra óptica se despliega desde la central hasta un nodo del vecindario, el nodo es un cuarto de telecomunicaciones donde existen equipos que se transforman las señales ópticas provenientes desde la central a señales eléctricas, mediante cables de cobre dan cobertura a un barrio o distrito. Los cables de cobre son de par trenzado, que están desplegados a una distancia típicamente de 1Km desde el nodo hasta los usuarios finales, figura 9 (Arquitectura FTTN) [5].

FTTN generalmente utiliza la infraestructura de par trenzado o cables coaxiales existentes para proporcionar un servicio de última milla. Por esta razón, la fibra hasta el nodo es menos costosa de implementar. Sin embargo, a largo plazo, su potencial de ancho de banda es limitado en relación con las implementaciones que aporta la fibra a los abonados [5].

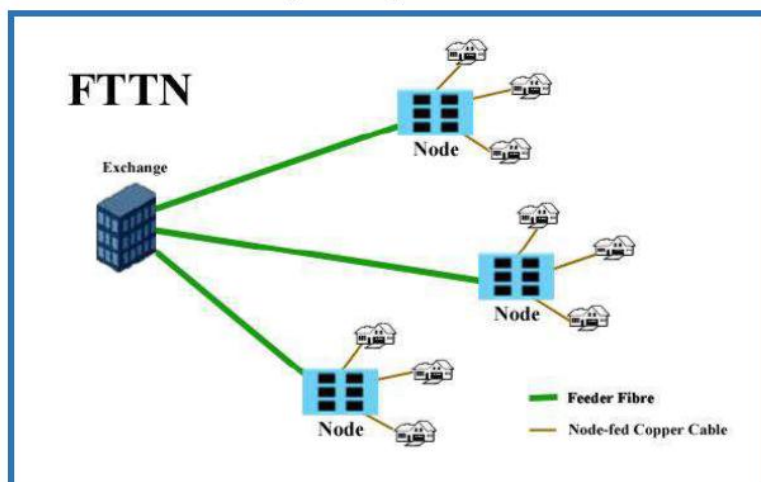


Fig. 9. Arquitectura FTTN.
Fuente: (Añazco, 2013:69)

1.7.7 REDES ÓPTICAS ACTIVAS (AONs).

Se implementan elementos activos que demandan energía eléctrica para su funcionamiento y admiten mayores distancias entre los abonados y la central. Establecido en el estándar IEEE 802.ah, las redes ethernet llegan a proveer un ancho de banda simétrico alcanzando velocidades superiores a 1Gbps por puerto en una única fibra utilizando dos longitudes de onda diferentes y multiplexadas por cada fibra óptica. De este modo vamos a tener un slot de transmisión por cada longitud de onda, uno de los slots se maneja como canal de transmisión y el slot restante como canal de recepción. Esto nos permite llegar a tener una transmisión de datos Full-Dúplex utilizando una conexión punto a punto con un ancho de banda dedicado al usuario [5].

En la figura 10 (Red Óptica Activa), se puede observar que una AON utiliza un equipo de conmutación alimentado eléctricamente, que gestiona la distribución de las diferentes señales a cada uno de los clientes definidos [5].

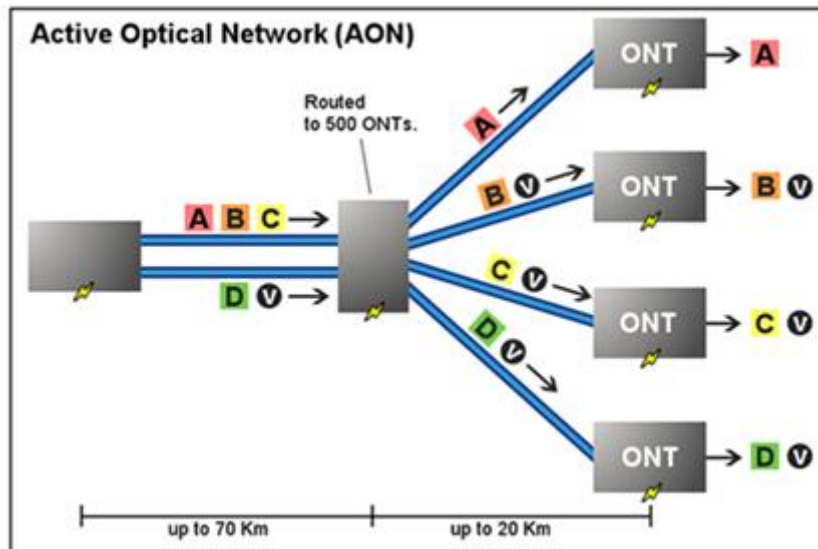


Fig. 10. Red óptica activa.

Fuente: (<http://www.chinacablesbuy.com/comparison-active-passive-optical-network.html>).

1.7.8 REDES ÓPTICAS PASIVAS (PONs).

La red PON constituye un sistema de telecomunicaciones a través fibra óptica en el cual se establece la comunicación punto-multipunto entre el equipo principal OLT (optical line Terminal) y los equipos terminales de los abonados ONT [5].

Una de sus principales características es que no poseen equipos activos o de consumo eléctrico entre el abonado final y el punto principal de distribución. Estas redes son robustas debido a que manejan una arquitectura de punto a multipunto como la estructura en árbol. Para poder segmentar la señal entre los diferentes usuarios utilizan splitters llamados divisores ópticos pasivos. Generalmente entre 32, 64 usuarios dependiendo del nivel de splitteo actualmente se habla hasta de 128 usuarios [5].

La principal ventaja de estas redes es que solo se necesitan equipos activos iniciales y terminales. Para poder distribuir el tráfico intermedio en la red se usan splitters, que reparten la señal por las diferentes fibras que se administran a cada punto de conexión. Como se muestra en la figura 11 (Red Óptica Pasiva), por el canal de trasmisión la OLT envía toda información a las ONT, de una forma punto-multipunto, cada ONT procesara la información que le corresponde, y por el canal de recepción de la ONT envía la información hacia el OLT, a través de multiplexación por división en el tiempo. De esta manera las comunicaciones se efectúan por un solo par de fibras hasta el splitter, donde se conecta por un hilo de fibra cada ONT (usuario). El splitter es un elemento muy sencillo, no posee elementos que necesiten energía eléctrica para su alimentación ni elementos móviles, los splitters se puede situar en campo ya sea en una manga, en un armario o una NAP sin ninguna limitación especial [5].

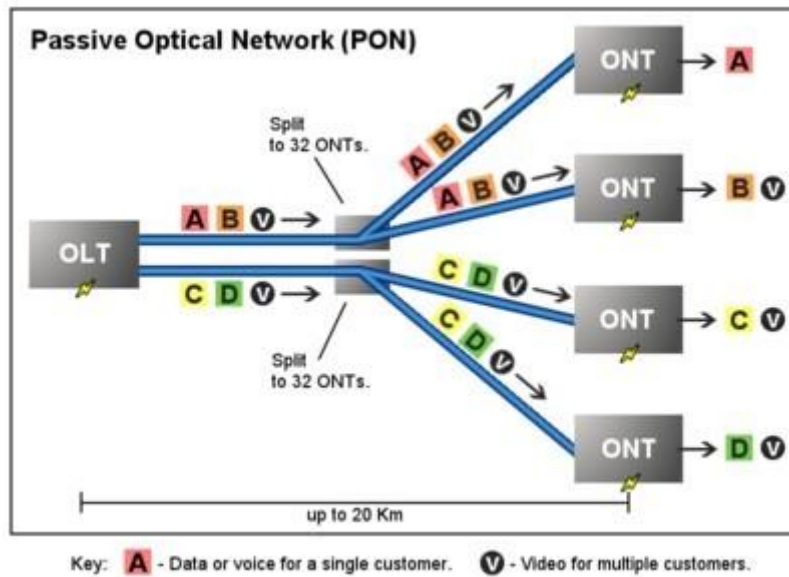


Fig. 11. Red Óptica Pasiva.

Fuente: (<http://www.chinacablesbuy.com/comparison-active-passive-optical-network.html>).

1.8 TIPOS DE REDES PON.

1.8.1 APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network).

Una red del tipo óptica pasiva ATM, se encuentra definida en la última actualización del estándar UIT-T G.983, mismo que fue el primer estándar desarrollado para las redes PON. Se fundamenta en la transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM con una tasa máxima de 155 Mbps que se divide entre a cada una de las ONU que se encuentren conectadas. Una desventaja constituye en la incapacidad de administración de video, debido a la carencia en longitud de onda asignada para este efecto, figura 12 (Redes ópticas pasivas ATM) [5].

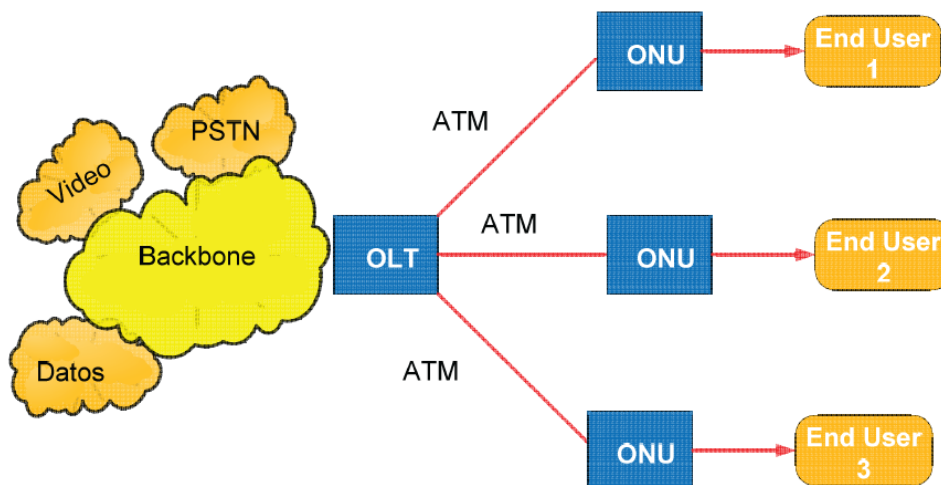


Fig. 12. Redes ópticas pasivas ATM.

Fuente: (<https://docplayer.es/7857163-Universidad-politecnica-salesiana-sede-quito.html>).

1.8.2 BPON (Broadband Passive Optical Network).

La Red Óptica Pasiva de Banda Ancha establece una mejora de las redes APON, para conseguir un mayor acceso a servicios como VPL, distribución de video, ethernet y multiplicación de longitud de onda (WDM), alcanzando así un mayor ancho de banda. Admite un tráfico asimétrico en el canal descendente de 622 Mbps y canal ascendente de 155 Mbps; y un tráfico simétrico en canal descendente y ascendente de 622 Mbps. Otras características de esta tecnología es que tiene un alcance de 20 Km y con un máximo de 64 usuarios por puerto BPON, figura 13 (Redes ópticas pasivas BPON) [5].

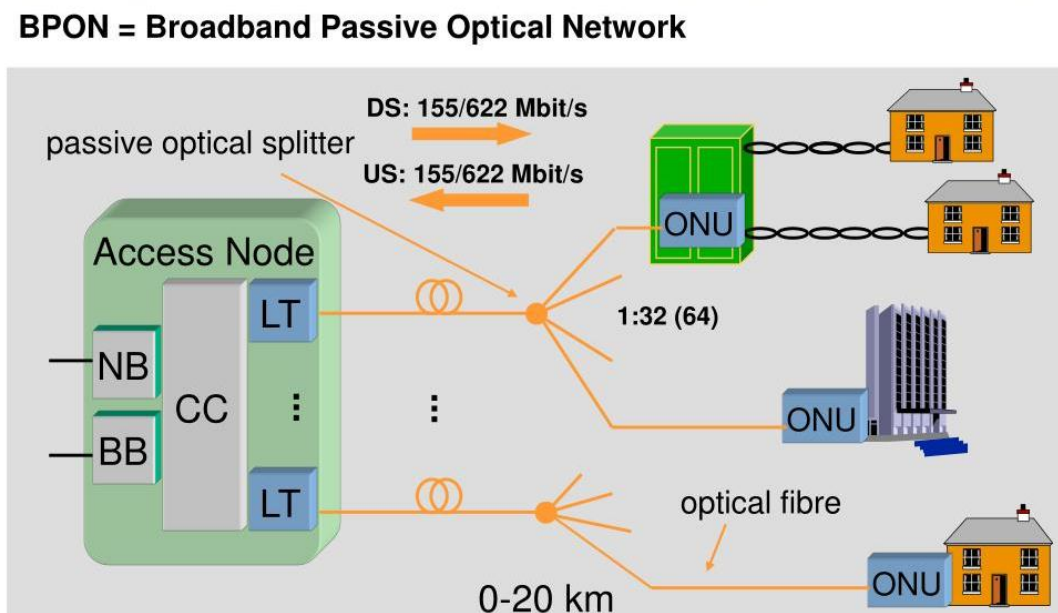


Fig. 13. Redes ópticas pasivas BPON.

Fuente: (<https://www.slideserve.com/gaetan/broadband-passive-optical-networks>).

1.8.3 EPON (Ethernet Passive Optical Network).

A comienzos de 2001, la IEEE estableció un grupo de estudio al que llamaron Ethernet en la Última Milla. Este grupo se generó un nuevo detalle de las redes ópticas pasivas, llamada Ethernet PON (EPON). La diferencia de esta arquitectura con respecto a las anteriores es que no transporta las celdas ATM, sino lo realiza directamente en tráfico nativo ethernet. Utiliza el estándar 8b/10b (línea de codificación) y a medida que es posible, conserva el espíritu de la recomendación 802.3, que incluye el uso full dúplex de acceso, figura 14 (Redes ópticas pasivas EPON)[5].

Un aspecto importante que muestra esta tecnología la optimización en el tráfico IP frente a la típica ineficiencia de las tecnologías basadas en ATM. También, la interconexión de equipos EPON es más sencilla que la interconexión de tecnologías APON/BPON, GPON puesto que no necesita arquitecturas SDH para efectuar el transporte WAN [5].

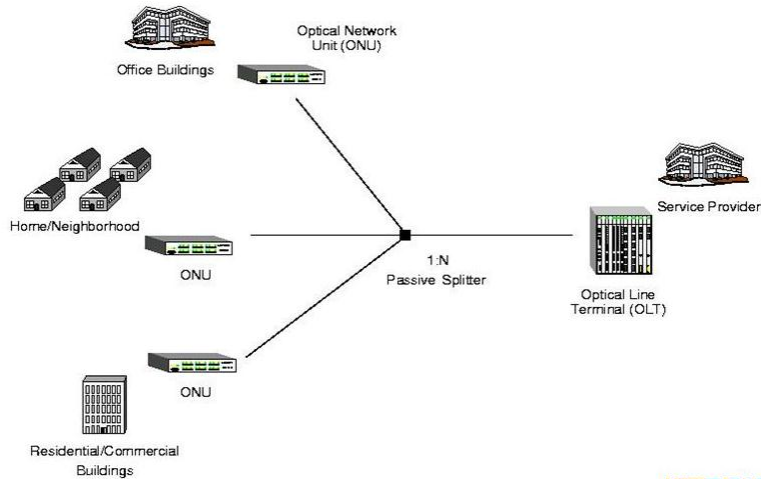


Fig. 14. Redes ópticas pasivas EPON.
Fuente: (<https://slideplayer.com/slide/5371647/>).

1.8.4 GPON (Gigabit Passive Optical Network).

Según el estándar ITU-T G.984 una red GPON se encuentra constituida por un sistema de terminación de línea óptica (OLT, optical line termination), una unidad de red óptica (ONU, optical network unit) o una terminación de red óptica (ONT, optical network termination) con una red de distribución óptica (ODN, optical distribution network) que permite su interconexión, Generalmente hay una relación de tipo uno a muchos entre la OLT y las ONU/ONT, figura 15 (Estructura red GPON) [4].

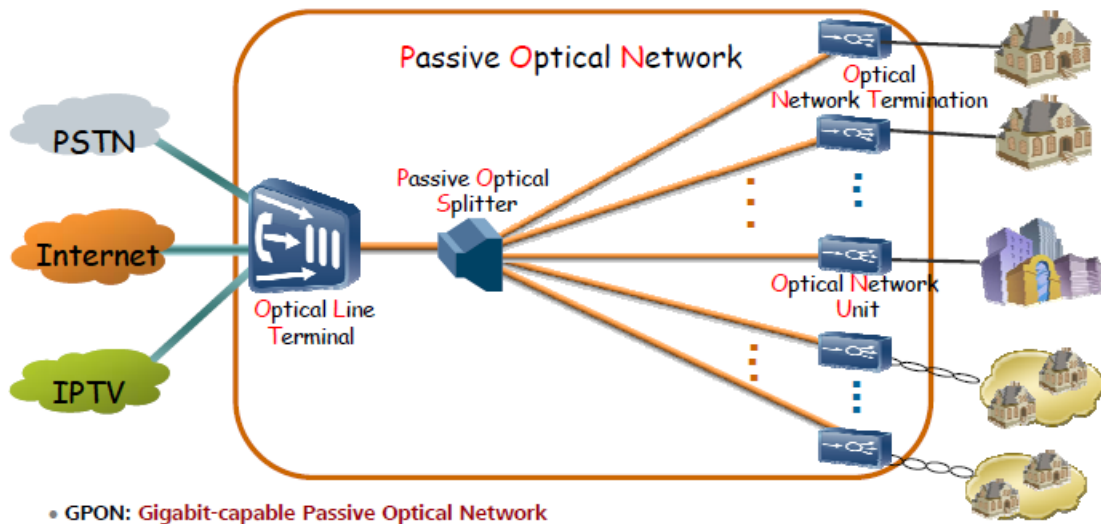


Fig. 15. Estructura red GPON.
Fuente: (Basado Huawei Technologies Co., Ltd).

1.9 RED GPON VS OTRAS TECNOLOGÍAS.

1.9.1 ADSL DE SEGUNDA GENERACIÓN VS RED GPON.

La tecnología ADSL es de las arquitecturas más comunes en el mundo utilizadas para la conexión a Internet. No obstante, redes de nueva generación y tecnología basadas en fibra óptica y en especial el estándar GPON, han llamado la atención de todos los proveedores, medios de comunicación y usuarios debido a las velocidades que se pueden alcanzar en la transmisión de datos y características como se observa en la tabla 1 [8].

	GPON	ADSL2
QOS	GPON facilita herramientas y los servicios de QoS el cual es robusto.	Asigna prioridades de ancho de banda y latencia a las aplicaciones según su funcionalidad, lo cual supone un salto cualitativo a la hora de trabajar con aplicaciones que demandan de servicios en tiempo real como video - conferencia.
VELOCIDAD	Las velocidades de transmisión desde 155Mbps, 1.25 Gbps o 2.5 Gbps.	1.544 a 6.1 Mbps Bajada, 16 a 640 Kbps Subida.
ANCHO DE BANDA	Simétrico/ Asimétrico hasta 2.5 Gb/s según norma UIT-T. Según acordó FSAN e implementan generalmente los fabricantes: 2.5 Gbps downstream y 1.2 Gb/s upstream.	20 Mbps en sentido descendente y 1 Mbps en sentido ascendente.
DISTANCIA	20 Km a 60 Km.	3000 metros.

Tabla 1 Ventajas red Gpon Vs red Adsl 2 generación.
Fuente: (Redes de Ingeniería Redes de Ingeniería,” vol. 4, no. 1, pp. 77–84, 2013.).

Analizando la tabla 1 podemos observar que GPON es superior a ADSL ya que garantiza el acceso de un número mayor de usuarios por nodo (al poseer mayor ancho de banda), alcanza mayores distancias con mínimas pérdidas hasta el abonado reduciendo así el número de conexiones entre centrales y permitiendo así que los usuarios puedan acceder a todos los servicios, esta distribución se basa en punto a multipunto reduciendo el tendido de cables, lo que conlleva a la reducción de los costos por mantenimiento, su

infraestructura de acceso totalmente pasiva al no contar con equipos activos intermedios reduciendo así el consumo alimentación y puntos de fallos [8].

En la Figura 16 (Comparación estadística tecnología entre GPON y xDSL) se observa una comparativa entre distancia vs velocidad en la transmisión de datos con las diferentes arquitecturas que trabajan de manera eficiente, sin presentar pérdidas en los servicios como: TDM, IPTV, VOD. Una vez analizados los resultados de la comparación podemos decir que el estándar GPON se mantiene constante en la transmisión de los datos mientras que ADSL pierde la consistencia en determinada distancia [8].

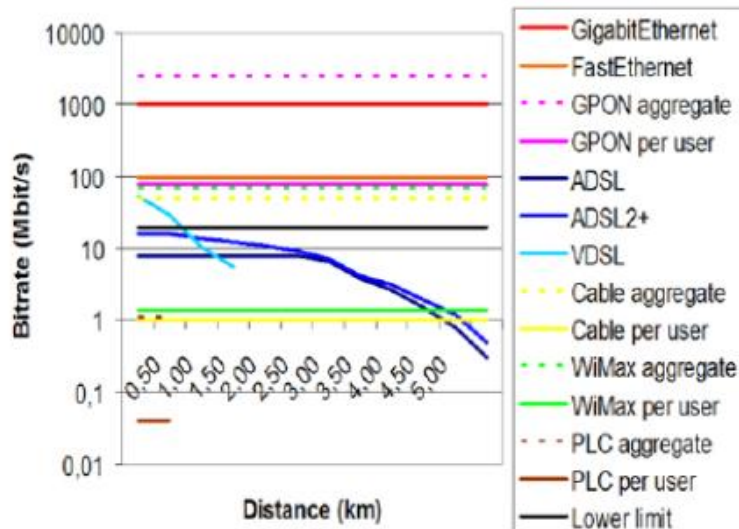


Fig. 16. Comparación estadística tecnología entre GPON y xDSL
Fuente: (Redes de Ingeniería Redes de Ingeniería,” vol. 4, no. 1, pp. 77–84, 2013.).

1.9.2 MODELOS DE REDES GPON.

Hay que considerar principalmente dos modelos de redes GPON al momento de realizar un diseño: flexibles y rígidas, las cuales se emplean dependiendo la necesidad del diseño de crecimiento de demanda proyectada [9].

1.9.3 MODELO DE RED GPON FLEXIBLE.

Las redes flexibles permiten obtener la eficiencia en el uso de puertos GPON de la OLT y escalabilidad en su crecimiento; el componente principal en este tipo de redes es el gabinete de distribución FDH (Fiber Distribution Hub), que hace posible la gestión de cables en instalaciones [9].

El FDH es el elemento pasivo que cuenta con ranuras para insertar splitters 1:32 tipo plug and play (enchufar, conectar y usar), en cuyo lado primario se conecta las fibras del cable feeder y en el secundario las fibras de la red de distribución.

En la figura número 17 se presenta un armario de GPON.



Fig 17. Ejemplar de armario GPON – FDH
Fuente: (TEConnectivity, 2014)

De esta forma se optimiza el empleo de los puertos de la red OLT debido a que conforme crezca la red, realizamos los puentes de conexión entre la red feeder y red de distribución en el armario habilitando los puertos en orden secuencial desde el puerto uno en adelante, hasta llegar a completar el máximo de su capacidad [9].

1.9.4 MODELO DE RED GPON RÍGIDA.

En este modelo, el despliegue de la red ya se asigna un puerto de la OLT para cada sector del área de cubierta, es así que por ejemplo en el puerto uno se asigna únicamente para los abonados que pertenecen a un determinado sector 1 y el puerto 32 para los abonados que pertenecen al sector 2 , esta segmentación rígida se produce debido a que las mangas que contienen los splitters se distribuyen en diversas aéreas geográficas claves para alcanzar mayor cobertura [9].

En la figura número 18 (Modelo de red GPON rígida) se presenta un modelo de red rígida con dos niveles de splitteo, el primero se lo coloca al final de la red y se splittea en relación 1:4 y da inicio a la red de distribución. El segundo nivel de splitteo se lo hace en relación 1:8 y se lo coloca generalmente en el interior de la caja óptica (NAP) y es donde inicia la red de dispersión. Distribuyendo de esta manera un puerto de la OLT entre 32 abonados [9].

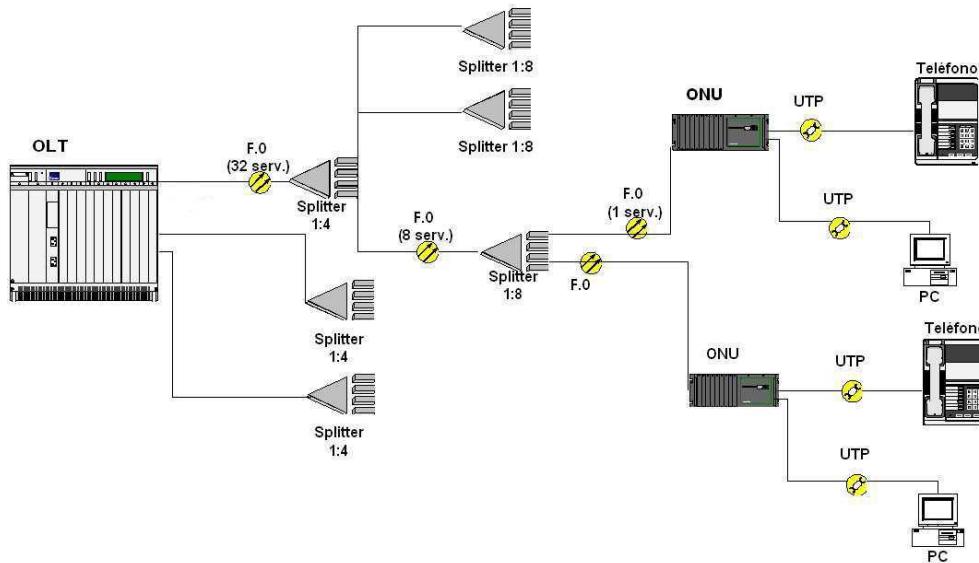


Figura 18. Modelo de red GPON rígida.
Fuente: (Abreu, Castagna, Cristiani, & Zunino, 2009)

1.10 COMPONENTES DE LA RED GPON.

1.10.1 OPTICAL LINE TERMINATION (OLT).

Uno de los equipos principales es el equipo terminal óptico OLT, este equipo permite la conexión de la red de distribución con los equipos del proveedor de servicios, por lo general la OLT se encuentra ubicada en el nodo central en un rack de telecomunicaciones, dispone de diferentes equipos de enfriamiento como una tarjeta de ventiladores, también posee tarjetas que permiten la gestión y el control, tarjetas de tráfico y servicios como telefonía, las diferentes tarjetas de servicios tienen puertos que representan directamente a un hilo de fibra óptica troncal conocida como Feeder, figura 19 (OLT)[5].



Fig. 19. OLT.
Fuente: (<https://e.huawei.com/za/products/fixed-network/access/olt/ea5800>).

1.10.2 RED FEEDER.

Es la red troncal que permite la conexión entre el equipo ODF ubicado en el nodo central y el armario FDH, el cable de la red troncal típicamente va canalizado por ductos o de forma aérea por herrajes, hasta llegar al armario donde se encuentran ubicados los splitters [5].

1.10.3 SPLITTER.

Este dispositivo óptico pasivo, se emplea comúnmente en redes de distribución, cuando el enlace punto a punto no es capaz de satisfacer la demanda de clientes. Un splitter divide la señal de forma exacta a la original, manteniendo así la misma longitud de onda, pero con menor potencia, en el mercado existen splitters de hasta 1/128 salidas, según la cantidad de salidas pueden tener 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64 y 1/128 salidas, figura 20 (Splitter 1/8) [5].



Fig. 20. Splitter 1/8.
Fuente: (Autor)

1.10.4 OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK (ODN).

Es toda la red óptica pasiva, en donde no se encuentran instalados ningún dispositivo activo o que necesiten de energía eléctrica para funcionar, esta red está conformada por la red troncal feeder, la red de distribución y dispersión, en la misma se encuentran ubicados los armarios, los splitters y las cajas de distribución (NAP) [5].

1.10.5 RED DE DISTRIBUCIÓN.

Esta red permite la interconexión entre en armario FDH y la caja de distribución NAP, las mismas que pueden estar ubicadas en postes de forma aérea, en pozos si es

subterránea, dependiendo de esta distribución los cables de fibra óptica puede ser aéreo o canalizado [5].

1.10.6 CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA (NAP).

Conocida como NAP, realiza la conexión entre la red de distribución con cada abonado de forma individual, de tal forma es un punto específico donde se pueden realizar operaciones de mantenimiento y mediciones, en la misma se encuentran los pigtails que permiten conectar los hilos del cable de distribución con los conectores de la NAP, Figura 21 (NAP) [5].



Fig. 21. NAP.
Fuente: (Autor)

1.10.7 RED DE DISPERSIÓN.

Es el segmento de red constituido desde la NAP caja de distribución hasta la roseta óptica la misma que se encuentra ubicada en el Domicilio del abonado, el cable utilizado en esta red se llama drop el mismo que posee solo dos hilos de fibra óptica siendo así aún más fácil su manipulación [5].

1.10.8 ROSETA ÓPTICA.

La roseta Óptica, como se observa en la figura 22, es el punto terminal de una red de acceso GPON y conecta la red de dispersión con el equipo activo ONT (Óptica Network Terminal) mediante el patchcord. En la roseta óptica se realizan mediciones o pruebas de las pérdidas en todo el enlace o sistema de comunicaciones, figura 22 (Roseta óptica) [5].



Fig. 22. Roseta Óptica.
Fuente: (Autor)

1.10.9 OPTICAL NETWORK TERMINAL (ONT)

Es un equipo activo el mismo que se encuentra ubicado en el domicilio del cliente, este equipo recibe la señal óptica transmitida y la convierte en señal eléctrica, este dispositivo consta de puertos para telefonía, televisión e internet, siendo así capaz de ofrecer servicios de triple-Play. A este equipo llegan todas las tramas de datos provenientes de la OLT, figura 23 (ONT) [5].



Fig 23. ONT.
Fuente: (Autor)

2. CAPITULO II

2.1 Introducción

Actualmente, las ciudades han convertido muchos espacios en lugares tecnológicos, ya sean lugares de esparcimiento centros comerciales, parques, centros de estudio y hogares. Estos espacios cuentan con servicios tecnológicos que demandan mayor ancho de banda, en los sectores Banco De la Vivienda etapa 1 y 2 de la parroquia Borrero Charasol no se cuenta con un acceso a internet de alta velocidad, partiendo de esta premisa, se necesita contar primero con una infraestructura que soporte gran transferencia de datos e internet, a través de medios de transmisión y una tecnología que cubra esta demanda basada en fibra óptica, la misma que permite alcanzar velocidades de transmisión más altas comparadas a las otorgadas por un par de cobre, además de esta ventaja, el costo es mucho más rentable y soporta sobre su infraestructura servicios convergentes de Triple-Play.

2.2 Antecedentes

Penetración de Internet y Servicios en el Ecuador.

Actualmente existen muchas formas de acceder a Internet, los medios más comunes de transmisión físicos o alámbricos (cable) y medios inalámbricos que permiten conectar nuestros dispositivos a la red. En el Ecuador, ha crecido el acceso al servicio de Internet fijo mediante el uso de conexiones por fibra óptica, de tal manera que para el cuarto trimestre del año 2019 el 37,03% de las suscripciones se proveen a través de fibra óptica, 33,65% mediante el uso de cobre, el, el 21,89% a través de cable coaxial y apenas un 7,43% realizan por medios inalámbricos [2].

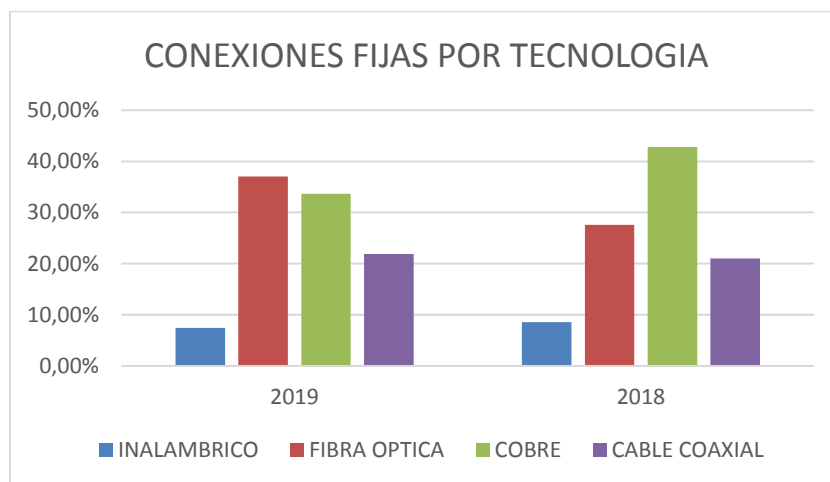


Fig 24. Conexiones fijas por Tecnología.
Fuente: (Arcotel)

En Latinoamérica Ecuador lidera la penetración de internet, de acuerdo a últimos datos por Internet World Stats (a 2017), El Ecuador estaba dentro de los países más poblados con mayor penetración de internet en Latinoamérica, liderando así con el 81% sobre países como Argentina con un registro del 78,6%, Chile con el 77%, Brasil con el 65,9%, México con el 65,3%. Mientras que países vecinos: Colombia alcanza el 58,1% y Perú el 56%. Adicional a estos datos la firma Hootsuite (a enero de 2019) muestran que el 79% de los ecuatorianos tienen acceso a internet [10].

Un estudio realizado sobre la intención de compra de internet en Ecuador (agosto 2019), el 97% de las personas encuestadas ratificaron el uso diario del internet a través de equipos personales como un celular o smartphone (99%), computador portátil (70%), y una tendencia creciente de Smart TV (62%) [10].

Los medios más usados por los ecuatorianos revelan que la conexión a internet en el hogar es el más usado, con el 87%, existen también otros medios con altos porcentajes: el 81% dispone de internet en celular mediante plan de datos, 79%, a través de wifi, 60,7% consume televisión paga, 51,5% Netflix y 12% otras plataformas como Spotify, IPTV, HBO, entre otros [10].

Los equipos que más se utilizan los ecuatorianos para conectarse a internet son; teléfonos inteligentes el 98%, laptop 69,9%, SmartTv 62%, pc de escritorio 46,7%, tablet o ipad 34,1%, consolas de video juegos 25,3%. [10]

Entre las actividades que más realizan en internet tenemos: Redes sociales 82,5%, trabajo 79,5%, información/noticias 74,2%, videos/películas 65,5%, trámites y pagos 64%, deberes/educación 62%, juegos en línea 21,8% y otros 1,3% [10].

Partiendo de estos estudios el ancho de banda mínimo para el funcionamiento correcto de aplicaciones de video (Netflix) y redes sociales que se necesita es de 5 a 8 Mbps sin considerar el número de equipos conectados lo cual limitaría aún más el ancho de banda disponible.

A todos estos datos presentados, habría que sumarle el creciente uso de internet en los hogares debido a la emergencia sanitaria, esto seguramente aumentará de forma exponencial los datos registrados a partir de marzo del 2020 hasta la actualidad.

El consumo de internet en los hogares creció en un 63 % en medio de la pandemia del COVID-19, “Antes del COVID-19 el internet solo utilizábamos para chatear en los celulares, ahora el uso se ha compartido para tres laptops y una computadora de escritorio, permitiendo que dos personas adultas trabajen y estudien dos adolescentes” Relata Karen Franco, quien a inicios del mes de abril migro su plan de 10 megas a uno de 20 megas para cubrir de esta forma la nueva demanda de su hogar [11].

Hasta la segunda semana de marzo disponer de internet fijo se volvió una necesidad, de forma opcional: 47 de cada 100 hogares en el Ecuador disponían del servicio, según cifras presentadas por el Ministerio de Telecomunicaciones (Mintel) [11].

Sin embargo, a partir de mediados de marzo este servicio paso a convertirse en esencial debido a la cuarentena declarada en nuestro país por la pandemia del virus COVID-19 que obligó a alrededor de 425 000 empleados de más de 6000 empresas, públicas, privadas y estudiantes a trabajar desde sus hogares [11].

Este consumo se vio reflejado en un aumento de aproximadamente el 40 % de tráfico de datos y consumo en internet fijo, durante las semanas de aislamiento, según el monitoreo que efectúan semanalmente la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (Arcotel), a comienzos del mes de marzo pasado mediante el uso de herramientas de Business Intelligence (BI), con el objetivo de verificar la estabilidad en los servicios de internet fijo y móvil [11].

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), registró a mediados de marzo, apenas declarada la cuarentena en nuestro país, 12 600 abonados optaron por mejorar sus planes de internet de 20 y 30 megas [11].

Las personas con edades superiores a 30 años posiblemente recordaran el primer servicio de conexión a internet se establecía en líneas telefónicas fijas. Este servicio se facilitó con el uso de cables de par trenzado telefónicos (redes de cobre). La demanda en aumento en estos tiempos permitió lograr una mayor velocidad en transmisión de datos impulsada por la aparición de nuevas aplicaciones, siendo necesario buscar nuevas tecnologías como xDSL (Digital Subscriber Line), con capacidades de transmisión simétrica y asimétrica alcanzando velocidades de 128 Kbps hasta 52 Mbps [12].

Con el aumento en el uso de Internet, las redes sociales y las aplicaciones tecnológicas que requerían de mayor ancho de banda, los servicios que hacían uso de las redes de cobre se volvieron muy limitados. Uno de los desafíos planteados era aumentar la velocidad de las conexiones, En la evolución xDSL, vimos marcada una limitación al tratar de incrementar su capacidad y la distancia de cobertura del servicio [12].

En el año 2008, en los primeros resultados de las pruebas de la tecnología que casualmente se convertirían en una alternativa al uso de redes de cobre se pusieron en marcha en América Latina. Desde entonces, las redes ópticas empezaron a ocupar espacios importantes debido a que han alcanzado a lo largo de este tiempo su etapa de madurez [12].

Con el pasar de años y la aparición y evolución de muchas tecnologías, algunos proveedores está haciendo uso la fibra óptica en construcciones de redes troncales y de acceso llamadas “última milla”, ofreciendo así servicios de triple play (voz, vídeo y datos) con fibra óptica hasta los hogares de las personas [12].

Las tecnologías basadas en la arquitectura FTTH ya son una realidad a nivel mundial siendo ampliamente utilizada en nuestra región. Una ventaja indiscutible de la red óptica pasiva (PON) es que, al ser 100% pasiva en su constitución desde la central y el suscriptor, no hay componentes intermedios necesiten energía, como es el caso de la red óptica.

El uso de amplificadores en servicios de televisión por cable (redes HFC) en la configuración Nodo + X, donde X es mayor que cero [12].

No obstante, la red de cobre continúa desempeñando un papel importante en muchos países a causa de la alta demanda del servicio telefónico, mismo que ha ido disminuyendo estos últimos años. Los proveedores que brindan servicios a nivel nacional siguen utilizando redes de cobre cubrir la demanda donde las redes de fibra óptica no han sido implementadas, debido a esto continuamos viendo gastos hasta cierto punto innecesarios en la expansión y el mantenimiento de este tipo de redes [12].

A futuro, ante una creciente migración de las redes de cobre a redes de fibra óptica. Esta evolución a la tecnología PON está solventando la mayoría de problemas de tráfico de datos, mayores velocidades de comunicación y el ancho de banda que es aún más requerido para proveer varios servicios el orden de los gigabits [12].

A parte de la red óptica (GPON), el estándar PON está evolucionando hacia la llamada XG-PON con capacidades que llegan a 10G asimétricas, XGS-PON con 10G simétrica y NG-PON2 que permite la combinación de hasta 8 longitudes de onda con 10G cada una, totalizando hasta 80G de ancho de banda por puerto [12].

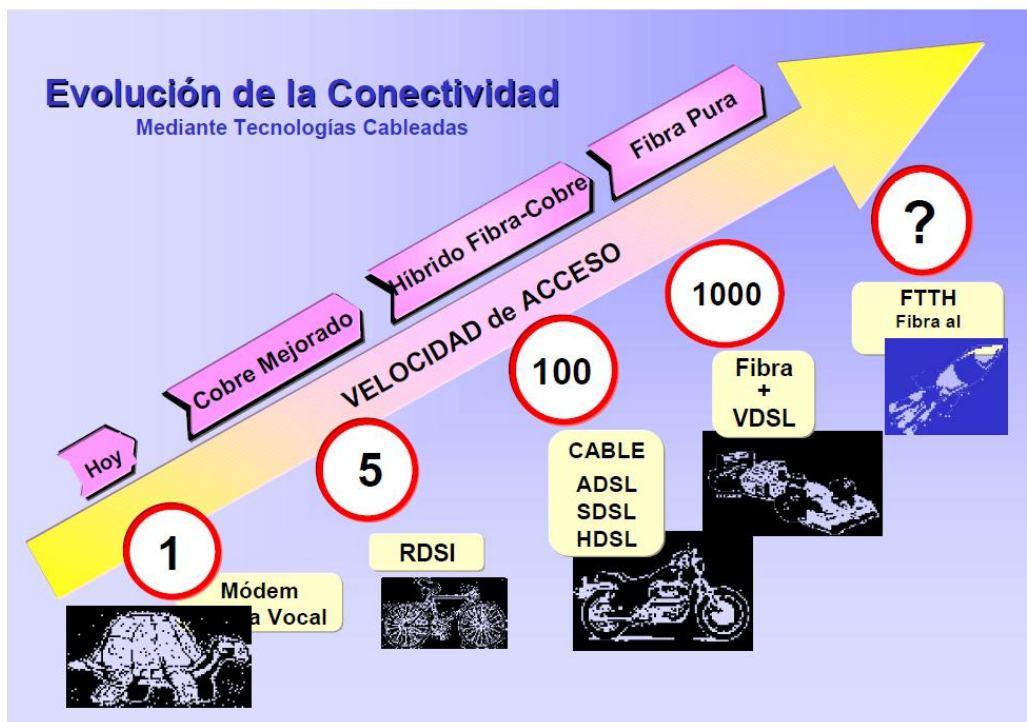


Fig 25. Evolución de las tecnologías para acceso a Internet.
Fuente: (Evolución de la conectividad Infochannel)

La propuesta del estudio y diseño de una red con tecnología GPON en los sectores Banco de la Vivienda etapa 1 y 2 de la parroquia Charasol, pretende mejorar la velocidad,

calidad de conexión de servicios y aplicaciones a los residentes y futuros residentes en la zona de influencia.

Con este diseño y estudio se determinará las ventajas de implementación de la Tecnología GPON siendo una de ellas satisfacer la actual demanda de conectividad del sector al usar mayores velocidades de transmisión en datos, video y voz.

2.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En la actualidad la tecnología y las telecomunicaciones están avanzando a gran velocidad, por tal motivo las redes que se encuentran implementadas no llegan a satisfacer las velocidades de conexión, transmisión de datos y servicios multimedia. La conexión por medio de la tecnología ADSL mediante la utilización de un par telefónico de cobre nos permite alcanzar velocidades hasta de 5Mbps, siendo esta una de las principales limitaciones de esta tecnología ya que al aumentar la distancia entre el punto de acceso y el ISP disminuye la velocidad de conexión, por ende la tecnología GPON es la más atractiva para poder alcanzar velocidades de conexión superiores al Gbps en servicios de telecomunicaciones, permitiéndonos llegar de esta forma directa a sectores como Domicilios, oficinas, edificios e urbanizaciones de los sectores Banco De la Vivienda etapa 1 y 2 de la parroquia Borrero Charasol, sectores muy poblados y por ende con demanda en velocidades de conexión y transmisión de datos.

2.4 OBJETIVO GENERAL:

Realizar el estudio y diseño de una red en los sectores Banco de la Vivienda etapa 1 y 2 de la parroquia Charasol, mediante el uso de la tecnología GPON para la conexión y transmisión de datos que permita proveer servicios de alta velocidad.

2.4.1 Objetivos Específicos:

Objetivo 1: Establecer las necesidades de servicio de transmisión de datos en el área de influencia, a través del levantamiento de información, que permita contar con datos reales de servicio requerido.

Objetivo 2: Comprobar el uso de la tecnología GPON como la más adecuada mediante el análisis de sus características y ventajas para satisfacer las necesidades de transmisión de datos del sector.

Objetivo 3: Diseñar una red utilizando la tecnología GPON con el estándar FTTH para brindar un servicio óptimo y estable de transferencia de datos.

Objetivo 4: Verificar la Viabilidad de la implementación de una red de datos de alta velocidad mediante presupuestos óptico y de costos de la red, para garantizar la operatividad del diseño.

2.5 Estado del arte

De las fuentes consultadas, se ha tomado como referencia investigaciones a nivel provincial y nacional relacionadas a la eficiencia del diseño de redes de fibra óptica usando tecnología GPON, motivo por el cual son base para el desarrollo del proyecto de tesis planteado.

En el año 2016 en la ciudad de Cuenca, se realizó un estudio titulado “Diseño de una red de fibra hasta el hogar para la Ciudad de Cuenca” [7], para diseñar una red de Planta Externa de Fibra Óptica que permita brindar el servicio TRIPLE-PLAY. Esta investigación analiza los parámetros técnicos para la implementación de una red fibra óptica utilizando la tecnología GPON y mediante cálculos matemáticos determina la rentabilidad del proyecto.

En el año 2015, en la ciudad de Quito – Ecuador, se presentó una investigación titulada “Análisis y Diseño de la red FTTH con tecnología GPON para el ISP troncal en el Cantón Cañar”[13], Investigación que demostró que la fibra óptica presenta las mejores características y ventajas frente a cualquier otro medio de transmisión y proveer servicios con calidad y confiabilidad que la sociedad necesita.

2.6 Metodología

En este proyecto se utiliza el método analítico – sintético con un enfoque cuantitativo y una investigación del tipo descriptiva, mediante encuestas a los ciudadanos de la parroquia Borrero Charasol, en la que se analiza el estado actual del servicio de internet. Con base en la información levantada se realiza el dimensionamiento y diseño de red FTTH, estudio de cada elemento de la red de comunicaciones ópticas de forma individual. Finalmente, con el análisis de factibilidad económica y técnica se afirma el uso de la tecnología con las mejores características y ventajas.

3. CAPITULO III

3.1 ESTUDIO DE MERCADO.

Para dar inicio al estudio de mercado se realiza una descripción de las principales empresa proveedoras de los servicios de voz, internet en el sector, en donde se detallan los planes de cada servicio con sus respectivas tarifas.

Como base para el desarrollo del diseño de la red de acceso GPON se hace un análisis de la demanda de los servicios Triple Play en los dos sectores, realizando un muestreo para verificar que existe la necesidad de estos servicios, teniendo como dato el número aproximado de clientes.

Empresa ofertante del servicio de internet:

Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT E.P.)

Servicio de Internet, en la tabla 2 se detallan el plan y tarifa del servicio de internet que brinda la empresa CNT E.P.

Precio	Tecnología	Bajada	Subida
\$23.41*	Cobre	5 Mbps	1 Mbps

Tabla 2. Planes de internet adsl que brinda la empresa Cnt.
Fuente: (<https://www.cnt.gob.ec/planes-internet>).

3.1.1 ANÁLISIS DE MERCADO.

Se eligió a la parroquia Charasol en específico a los sectores Banco de la Vivienda etapa 1 y 2 se realizó una encuesta sobre el servicio de internet disponible en el sector, para el desarrollo eficiente de la red de acceso GPON por presentar un elevado índice de crecimiento en el sector comercial, educativo y de vivienda habiendo un alto potencial de clientes residenciales basándose en las necesidades de la población, de disponer de una mejor calidad y confiabilidad en sus comunicaciones.

Uno de los objetivos planteados en este proyecto es realizar el estudio para obtener la demanda de los servicios de conexión de internet y datos que presenta el sector, adecuando la tecnología GPON para cubrir la demanda. Cabe mencionar que la mayoría de los usuarios buscan un nuevo servicio que presente mejores características y funciones que el usado actualmente, entre ellas, una mejor calidad, mayor velocidad durante la transmisión y recepción de datos.

3.2 TAMAÑO DE MERCADO.

Luego de una revisión y análisis de los datos de clientes que disponen actualmente de la tecnología XDSL se pudo cuantificar un numero de 222 clientes, los cuales también poseen el servicio de telefonía e internet, y clientes que solamente disponen de línea telefónica 116, estos son clientes potencialmente idóneos a los cuales se les podría migrar a un servicio de fibra óptica.

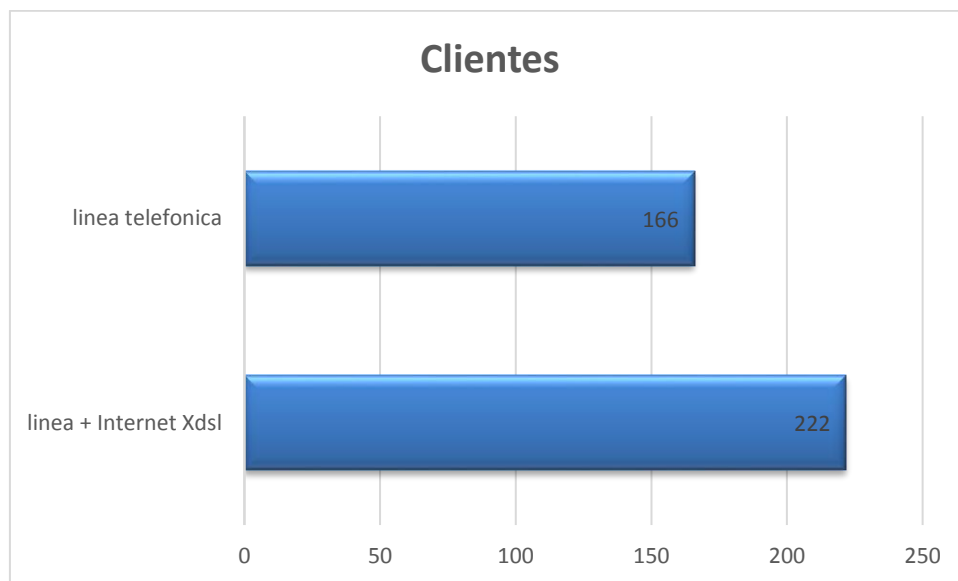


Fig. 26. Número de clientes por servicio.
Fuente: (Autor).

3.2.1 CÁLCULO DE POBLACION Y MUESTRA.

Partiendo de los datos anteriores se calcula la muestra con la aplicación de la siguiente formula:

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2 \cdot N} \right)}$$

Fig. 27 Formula para calcular el tamaño de la muestra.
Fuente: (Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014))

- N = tamaño de la población

- e = margen de error (porcentaje expresado con decimales)
- z = puntuación z.
- p = proporción esperada (en este caso 0.5)[14],[15].

La puntuación z es la cantidad de desviaciones estándar que una proporción determinada se aleja de la media.

Nivel de confianza deseado	Puntuación z
80%	1,28
85%	1,44
90%	1,65
95%	1,96
99%	2,58

Tabla 3. Puntuación Z en función del nivel de confianza.
Fuente: (Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014))

Aplicando la Formula:

$$\text{Tamaño de la Muestra} = \frac{\frac{1.96^2 \times 0.5 (1 - 0.5)}{0.95^2}}{1 + \frac{1.96^2 \times 0.5 (1 - 0.5)}{(0.95^2 \times 388)}} = \frac{337.26}{1.7384} = 194$$

Con un número de 388 clientes efectivos, un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5 se obtuvieron un tamaño de muestra de 194 clientes.

Hay que tener en cuenta si deseamos tener un margen de error más pequeño, debemos tener un tamaño de muestra más grande para la misma población, cuanto más alto deseamos que sea el nivel de confianza, más grande tendrá que ser el tamaño de la muestra.

3.2.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Mediante el análisis de resultados se podrá determinar el estado actual del servicio que se tiene en el sector, el uso que le dan al mismo y la cantidad de dispositivos que ocupan para comunicación trabajo o entretenimiento.

Se aplicó una encuesta vía telefónica con la que se obtuvo los siguientes resultados:

1. ¿Qué plan de internet tiene contratado?:

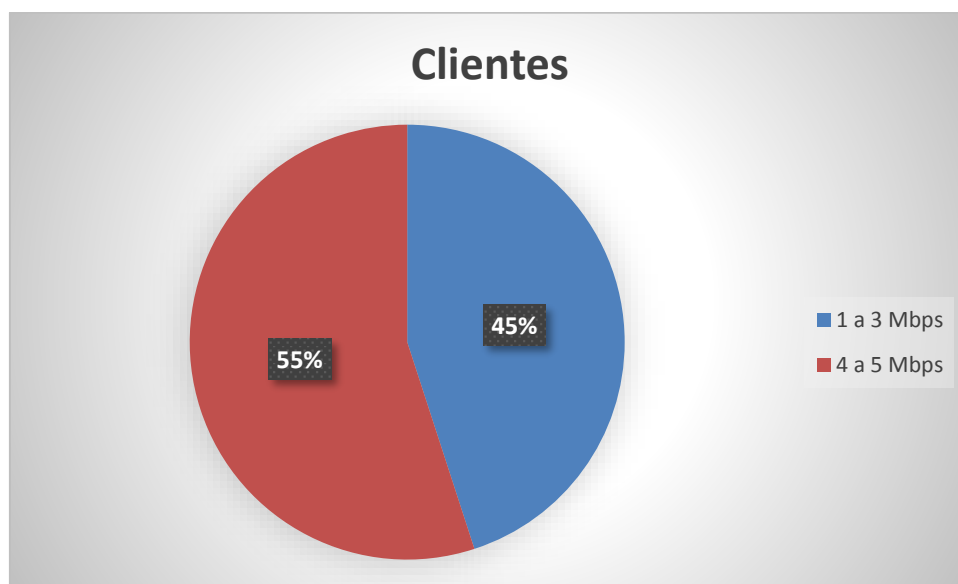


Fig. 28. Planes de internet contratados por los habitantes del sector.
Fuente: (Autor)

Se puede observar que más del 50 % de los clientes tienen un servicio con una velocidad superior a la velocidad mínima que se puede contratar (3 Mbps), lo que muestra un incremento en las necesidades de ancho de banda por parte de los clientes.

2. ¿Cuál es el número de dispositivos que se conectan a internet en su hogar?

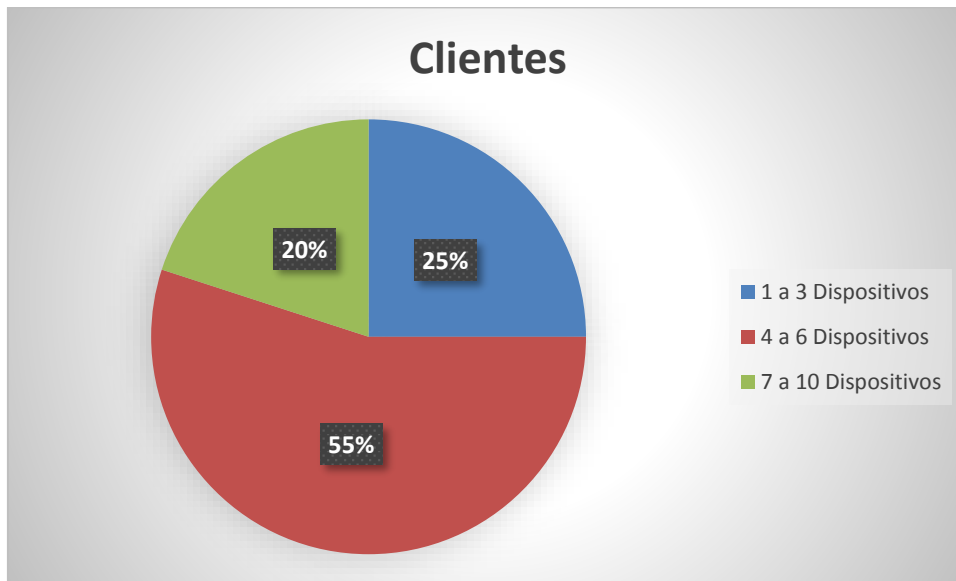


Fig. 29. Numero de dispositivos en los hogares.
Fuente: (Autor)

Con los resultados obtenidos en la pregunta, se determina que más de la mitad de hogares supera la presencia de 4 dispositivos con un 55% (7 a 10 dispositivos) siendo clientes que necesitan mayor ancho de banda en base al número de equipos que tienen conexión a internet en el hogar.

3. ¿De la siguiente lista cuales son los dispositivos que posee Ud. en su hogar?

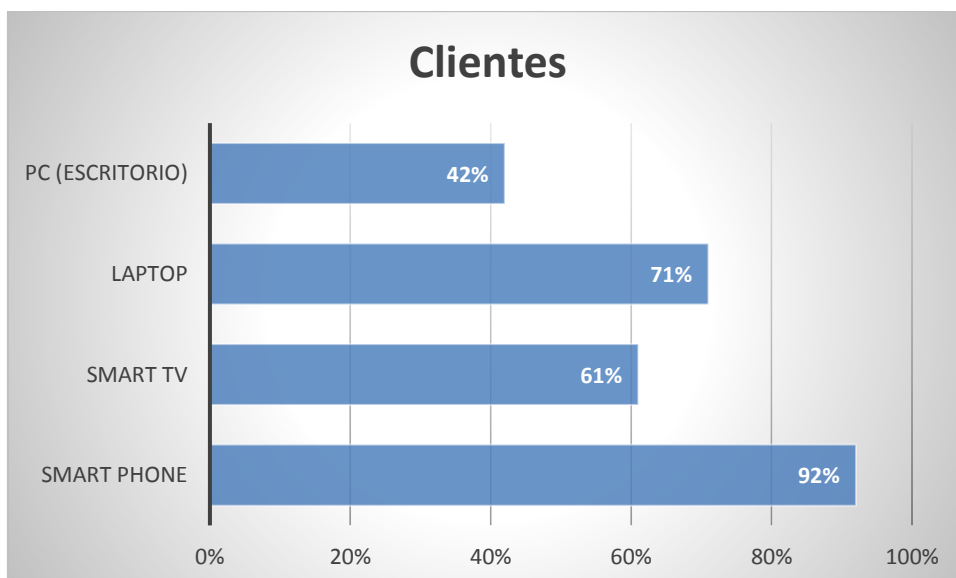


Fig. 30. Dispositivos que poseen las personas en sus hogares.

Fuente: (Autor)

En los domicilios del sector de estudio la presencia de dispositivos inteligentes y portátiles siendo los más utilizados los Smart phone y laptop con un 92% y 71%, dichos dispositivos según su uso y aplicación demandan mayor ancho de banda en el consumo de internet y comunicaciones.

4. ¿Esta Ud. satisfecho con el servicio de internet?

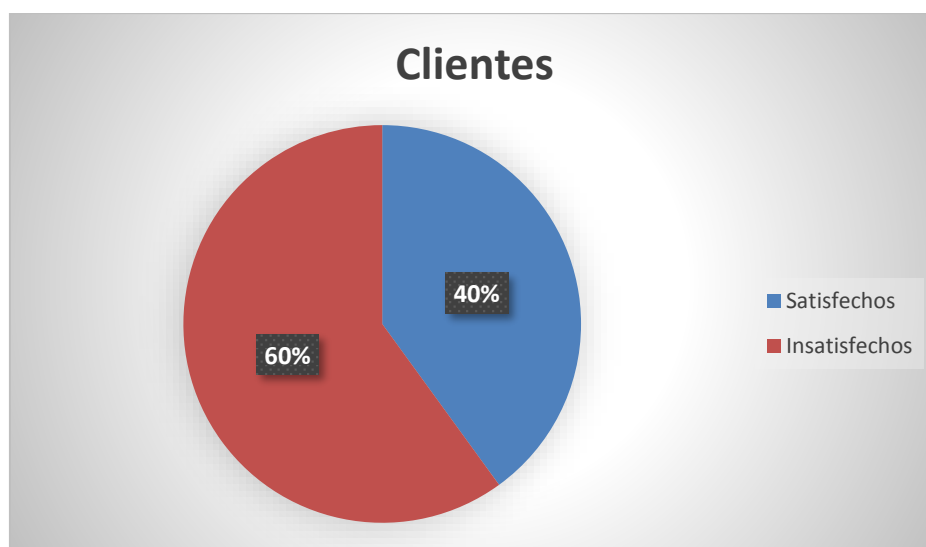


Fig. 31. Satisfacción de clientes con el servicio actual.

Fuente: (Autor)

Según el número de equipos y el ancho de banda que disponen en sus hogares el servicio de internet no cubre con la demanda de equipos y por ende el nivel de insatisfacción es elevado.

Con los resultados del estudio de mercado se determinó que en el sector el servicio existente de acceso a internet no cubre con las demandas actuales de los clientes y el nivel de satisfacción de los usuarios es del 40% con las velocidades contratadas.

5. ¿De las siguientes actividades cuales están realizando en su domicilio a través de internet?

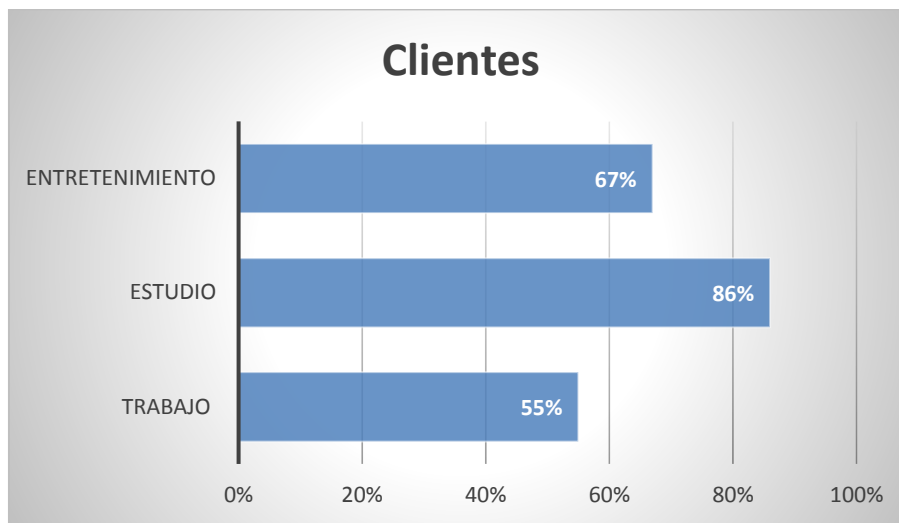


Fig. 32. Actividades realizadas mediante internet.
Fuente: (Autor)

En la situación actual que atraviesa el país, la educación, trabajo y entretenimiento se ha tenido que realizar en línea, la mayoría de profesionales realizan sus trabajos a través de reuniones o aplicaciones de teletrabajo (escritorio remoto), los estudiantes desde el nivel escolar hasta postgrados reciben de igual forma sus clases virtuales en diferentes plataformas donde el uso de internet se ha vuelto un servicio básico en los hogares. Este servicio de internet debe cubrir con la demanda de comunicaciones tanto en tráfico de envío como de recepción de datos, el entretenimiento en tiempos de cuarentena ha crecido significativamente ya que la mayoría de personas y hogares hacen el uso de un Smart tv para poder visualizar películas o series en plataformas como Netflix.

3.2.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA PROYECTADA.

El crecimiento de la tasa poblacional en el Ecuador es del 1.54%, de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. Se procede a calcular la demanda proyectada para un tiempo estimado de 10 años, iniciando con una demanda efectiva del número de clientes que existen actualmente en el sector: 338 y mediante el uso de estimación de tasa de crecimiento asumida se obtienen los siguientes resultados:

Tasa de crecimiento anual = 1.54%

Factor de crecimiento anual = $1 + 0.0154 = 1.054$

El número de clientes esperados para cada año = la del año anterior por el factor.

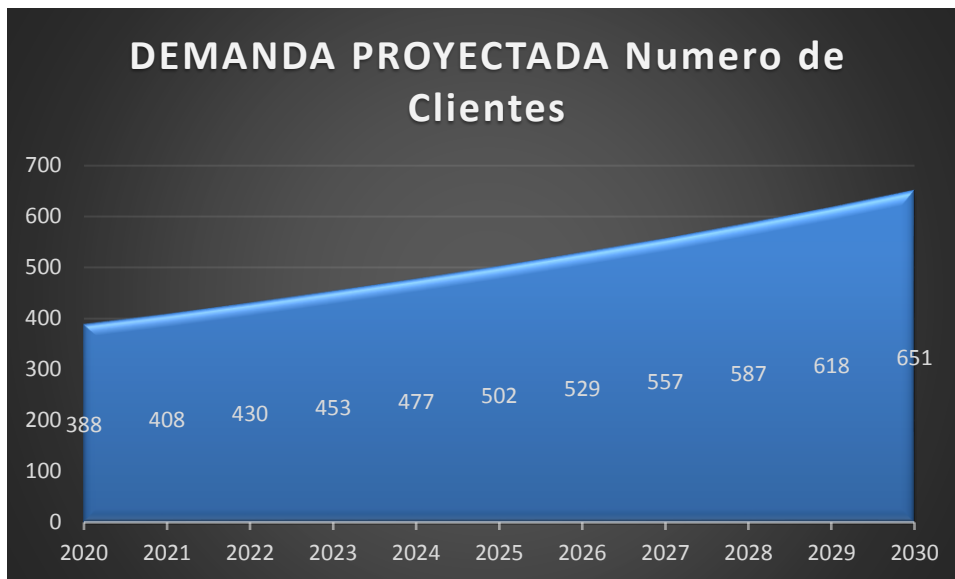


Fig. 33. Demanda Proyectada para 10 años.
Fuente: (Autor)

3.3 MEMORIA TÉCNICA: Estudio y diseño de la red de acceso GPON en el sector Banco de la Vivienda Etapa 1 y 2.

3.3.1 INTRODUCCIÓN.

La herramienta utilizada para realizar el diseño es AutoCAD en su versión 2020, el objetivo principal de este software es el diseño de planos, para lo cual ofrece una amplia librería de recursos como: colores, tipos y grosor de líneas para tramados, posee un sistema de capas que brinda una libertad de trabajo única que permite tener bien organizados los diferentes elementos que conforman en diseño, plano que se esté desarrollando.

Con el objetivo de que en este sector se pueda disponer de un servicio de telecomunicaciones que soporte grandes volúmenes de tráfico y velocidades óptimas de conexión se realizó el estudio y diseño del presente proyecto de ingeniería de red en telecomunicaciones con tecnología FTTH, con el uso de una red GPON.

Los criterios de diseño realizados en el presente trabajo se fundamentan en las recomendaciones y estándares aprobadas en la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT O ITU) en la serie G (Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales).

En el área de estudio existen viviendas, urbanizaciones nuevas y en construcción por lo que este proyecto está diseñado para satisfacer la demanda actual y futura del sector.

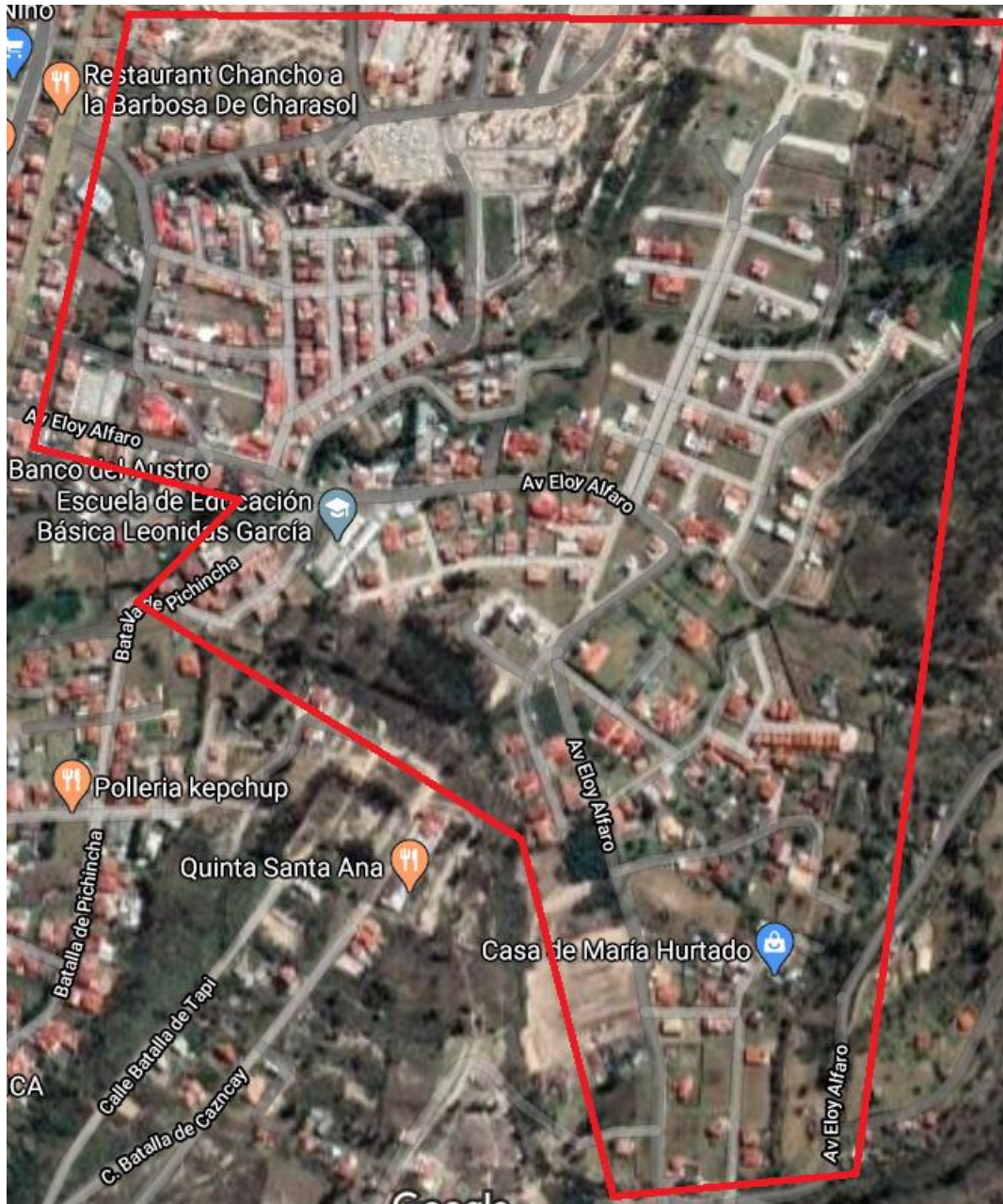


Fig. 34. Vista del Sector Banco de la Vivienda Etapa 1 y 2.
Fuente: (Google Maps).

3.3.2 DISEÑO GEORREFERENCIADO.

Para realizar el diseño es necesario obtener la planimetría georreferenciada del área de estudio, estos datos se pueden obtener de fuentes confiables como: IGM, INEC, Municipios, Consejos Cantonales, entre otros. Ésta es de gran valor y una mayor eficiencia en el diseño.

Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta una vez obtenida la planimetría digital es verificar la escala, la misma debe ser en 1:1 de esta manera podemos garantizar que las distancias y longitudes son reales.

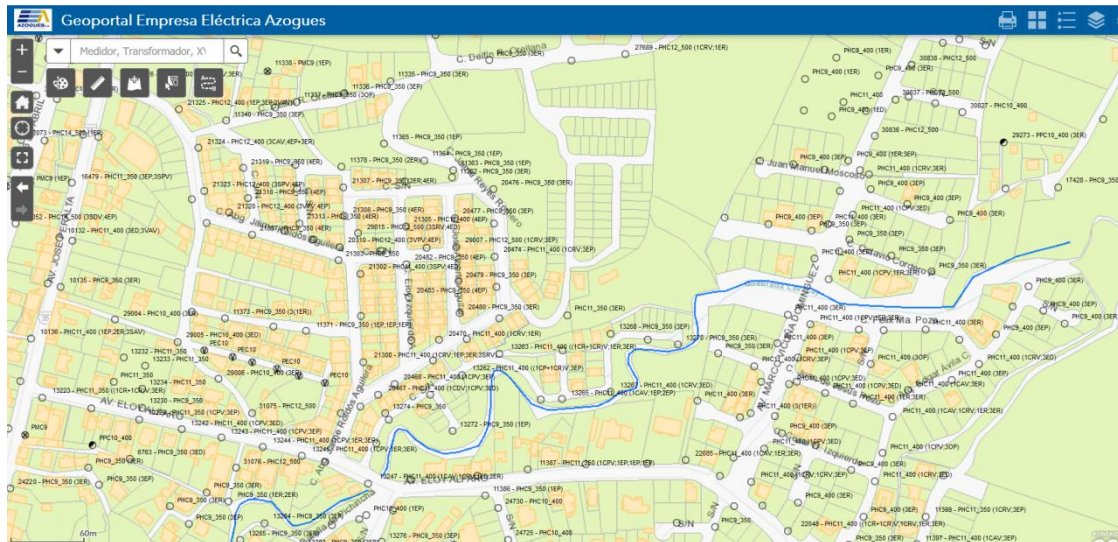


Fig. 35. Planimetría del Sector.

Fuente: (Empresa Eléctrica Azogues (EEA). https://gisapp.eea.gob.ec/Geoportal_EEA/)

Para el diseño se utilizó la planimetría publicada en el Geo portal de la Empresa Eléctrica Azogues, la misma que a más de tener el catastro actualizado del sector cuenta ya con la postearía existente georreferenciada, la cual se utiliza para proyectar el diseño de red y sus componentes, garantizando así un diseño exacto y evitando en gran parte el tiempo de trabajo, levantamiento de información y georreferenciación en campo, que actualmente es limitado por el aislamiento producto de la emergencia sanitaria por covid-19.

Esta planimetría tiene también datos catastrales que son de suma importancia para saber la ubicación de los domicilios de los clientes que disponen del servicio eléctrico y potenciales clientes para el estudio.

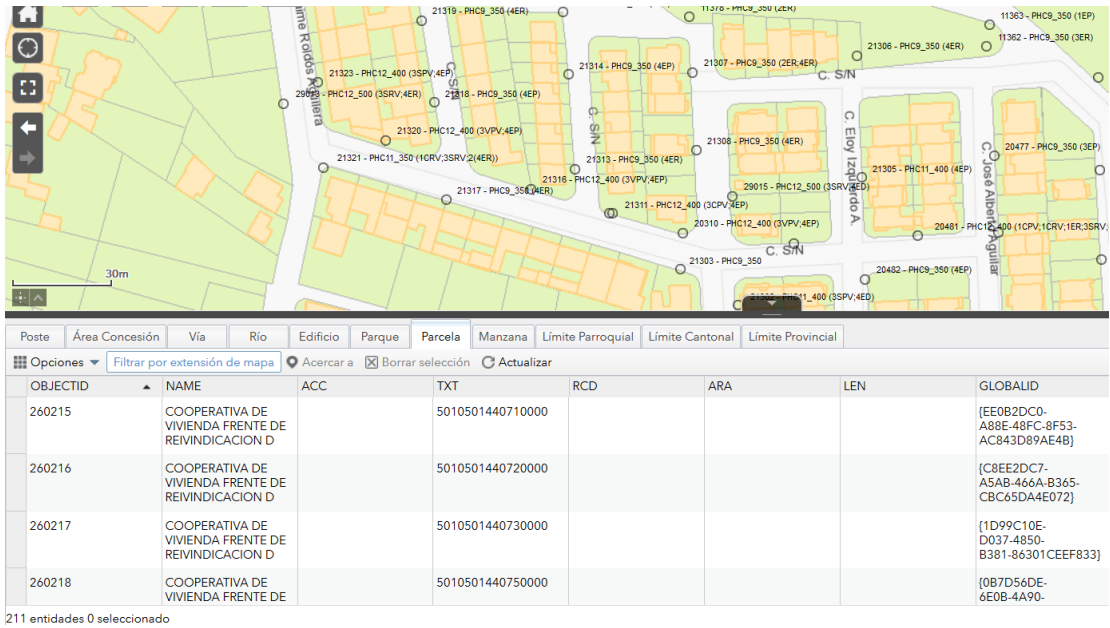


Fig. 36. Planimetría con información catastral.
Fuente: (Empresa Eléctrica Azogues (EEA). https://gisapp.eea.gob.ec/Geoportal_EEA/)

3.3.3 EXTRACCIÓN DE LA INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA.

Pasos para recolección de Información Georreferenciada para diseño de Redes PON (Fuente Sistema de Información Geográfica de la EEA).

- 1.- En función de la base de datos de infraestructura de EEA. (Base de datos de distribución publica disponible para descarga en página WEB EEA).

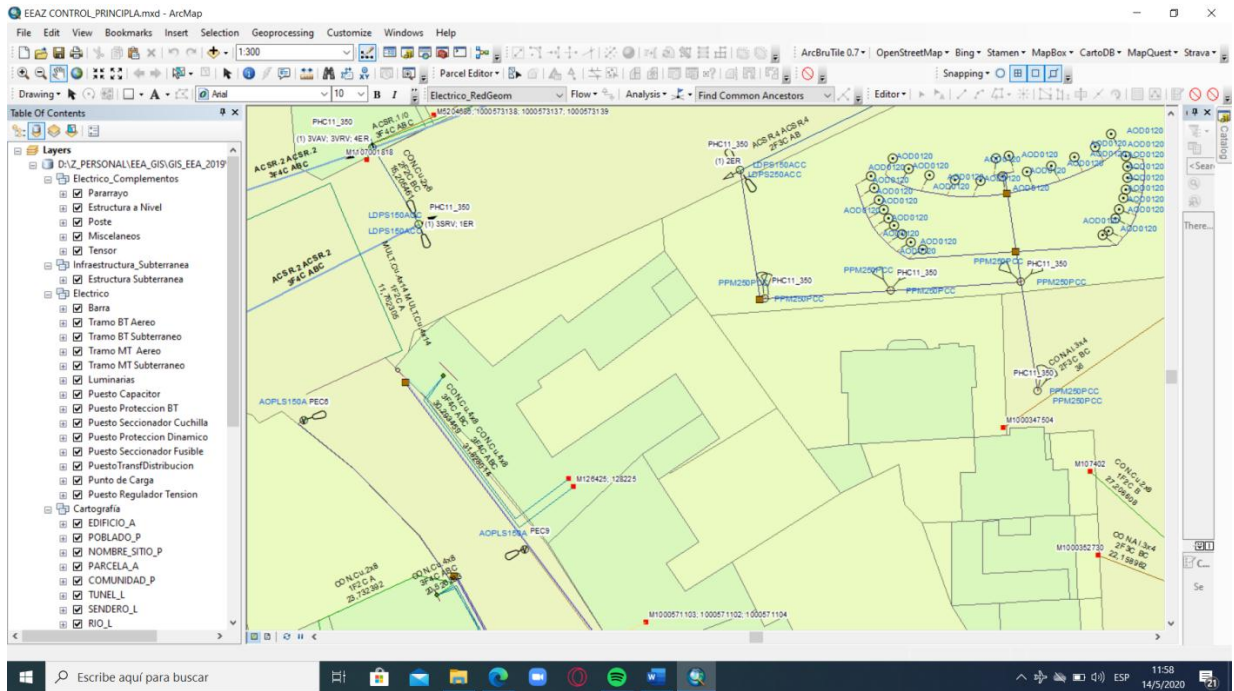


Fig. 37. Análisis del Sistema de información Geográfica.
Fuente: (Autor)

2.- Con uso de software ArcMap, licencia estudiantil, se efectúa el siguiente procedimiento:

2.1.- Crear un polígono para delimitar área de cobertura (cerco geográfico): (Cercos_D01_Gpon.shp).

Para crear este cerco se toman puntos o coordenadas que están debidamente georreferenciados delimitando así nuestra zona de trabajo, en la siguiente tabla se presentan los puntos que corresponden a las coordenadas del cerco de estudio.

id	y	x
1	9691748,332	745141,27
2	9691556,299	745589,34
3	9691472,329	745314,06
4	9691918,654	745627,59
5	9691667,178	745305,77
6	9692258,807	745388,61
7	9692252,241	746138,11
8	9692066,403	746146,17

Tabla 4. Coordenadas del cerco.
Fuente: (Autor)

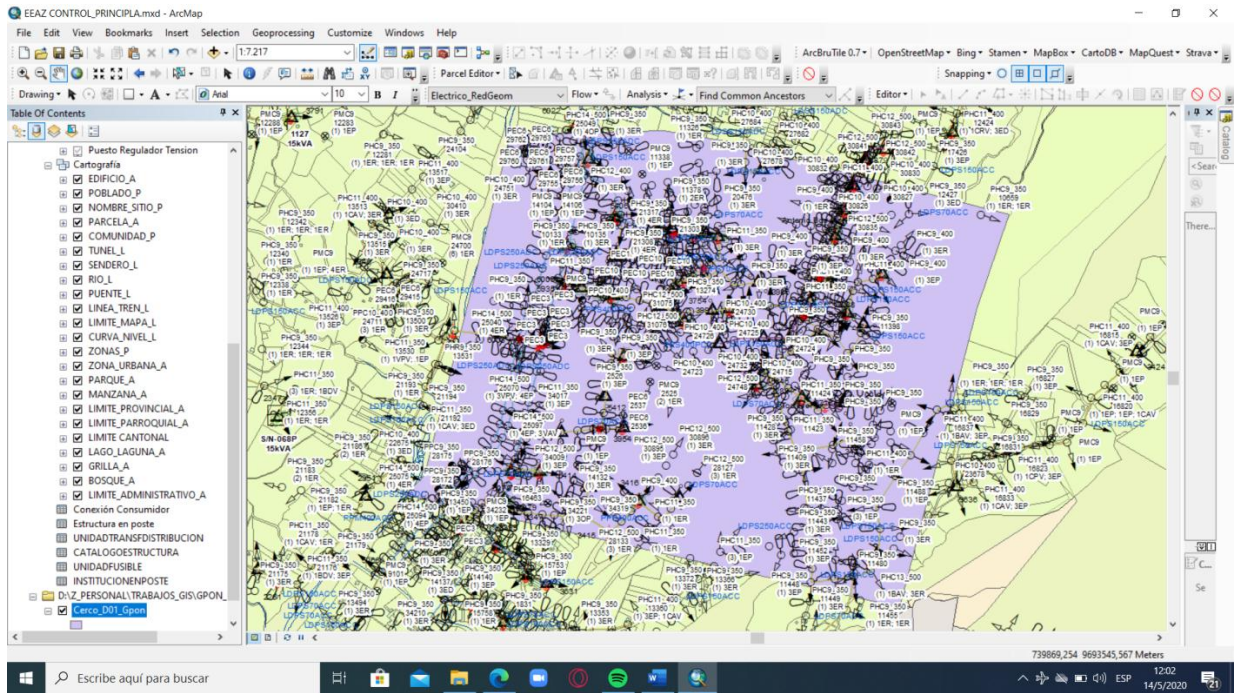


Fig. 38. Delimitación del cerco geográfico.

Fuente: (Autor)

2.2.- Con ayuda del cerco generado se extrae la información necesaria para el diseño.

2.2.1 Efectuar Clip (corte) de capa MANZANAS DB EEA, y creación de vector tipo polígono Manzanas_Gpon_PR.shp.

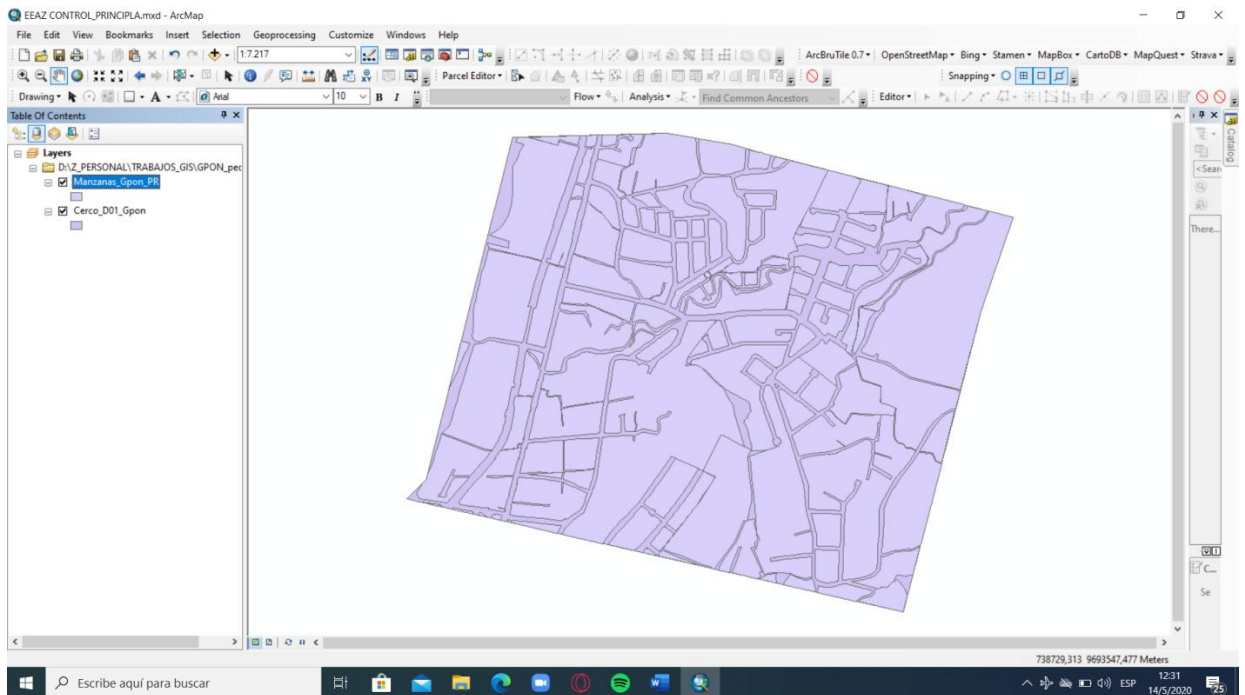


Fig. 39. Corte de capa manzanas y creación del polígono.

Fuente: (Autor)

2.2.2 Efectuar Clip (corte) de capa PARCELAS DB EEA, y creación de vector tipo polígono Parcelas_Gpon_PR.shp.

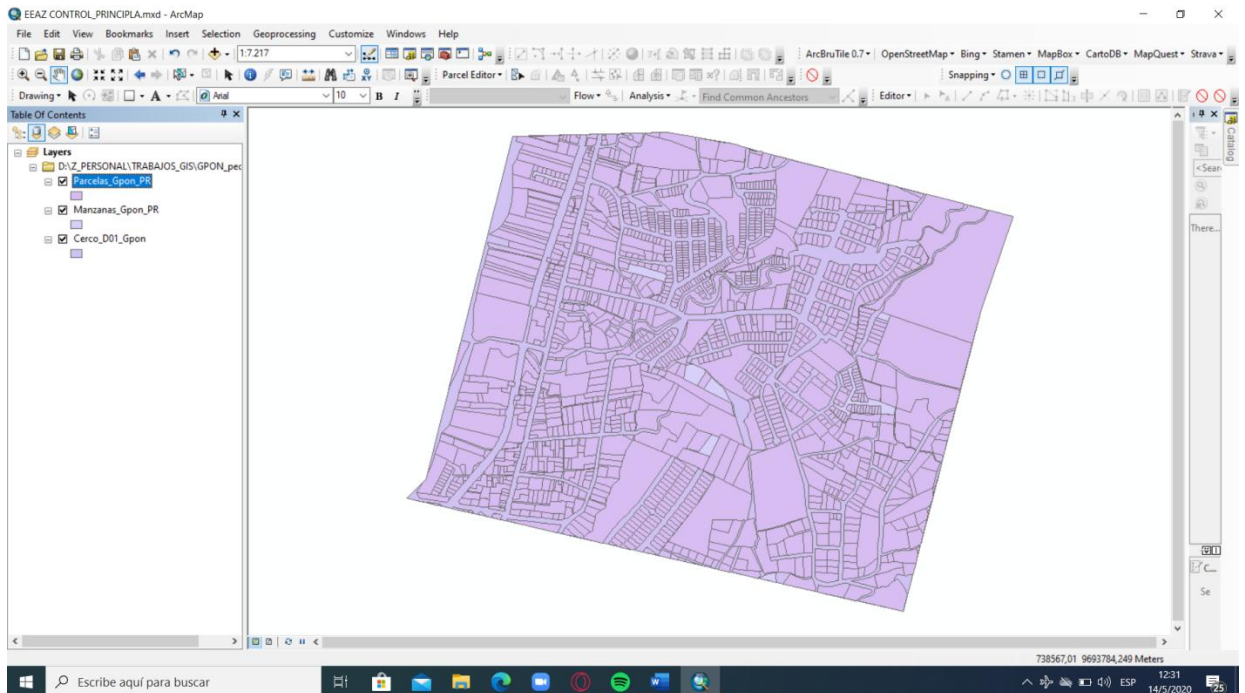


Fig. 40. Corte de capa parcelas
Fuente: (Autor).

2.2.3 Efectuar Clip (corte) de capa VIAS DB EEA, y creación de vector tipo línea Vias_Gpon_PR.shp.

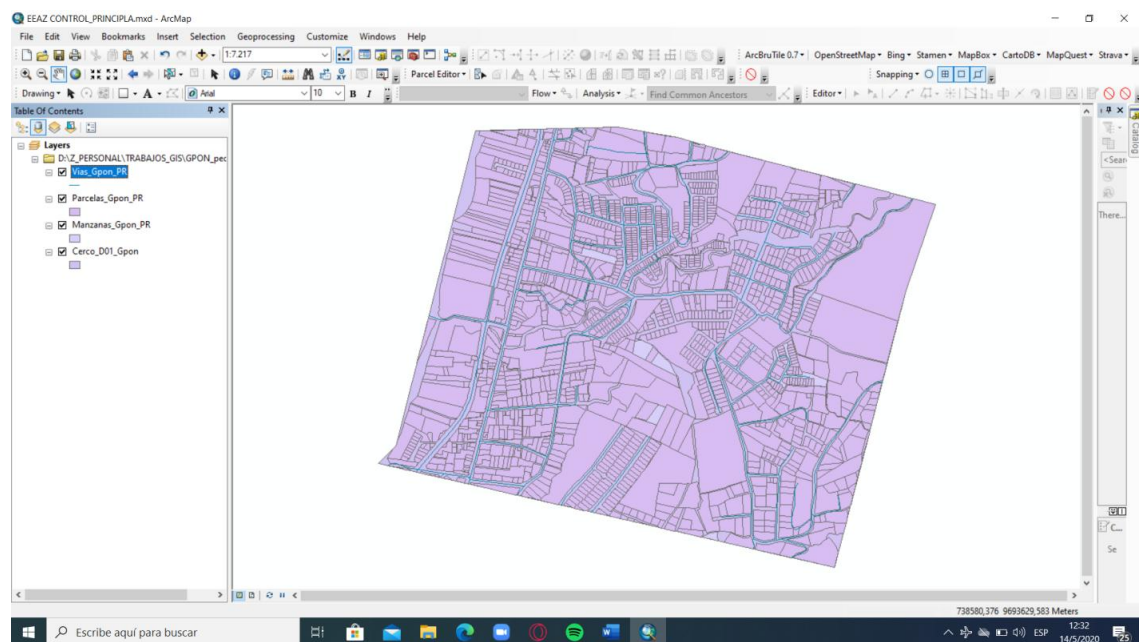


Fig. 41 Corte de capa vías.
Fuente: (Autor)

2.2.4 Efectuar Clip (corte) de capa POSTES DB EEA, y creación de vector tipo PUNTO Postes_Gpon_PR.shp.

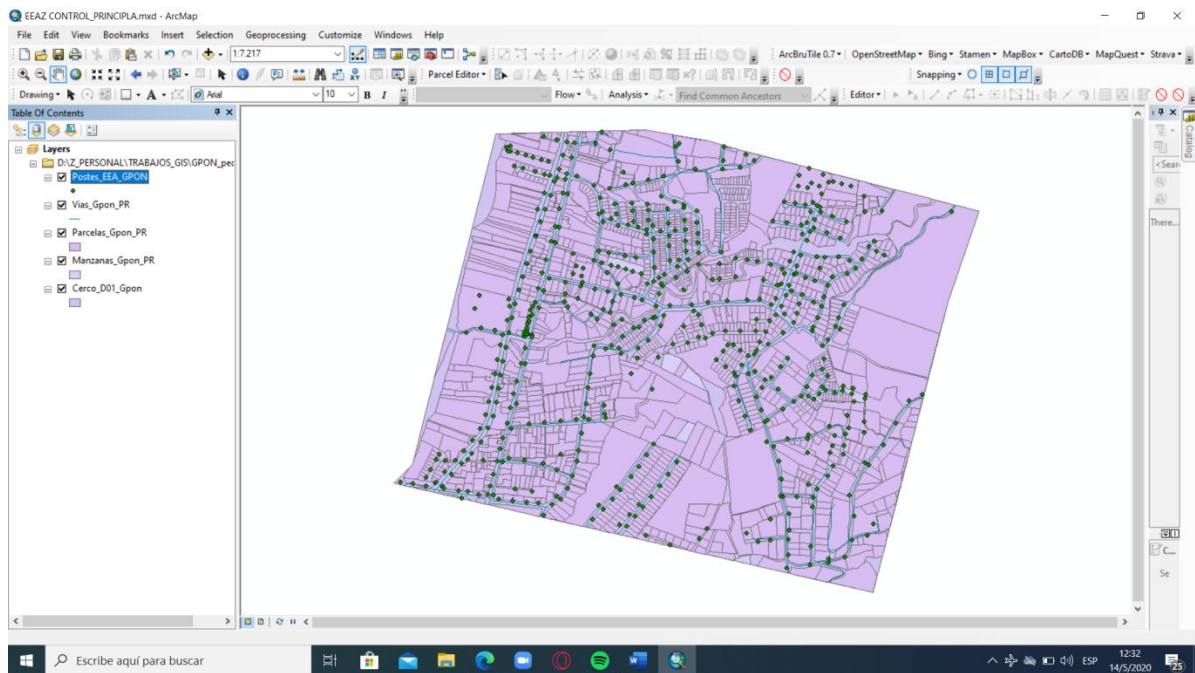


Fig. 42 Corte de capa postes.
Fuente: (Autor)

3.- Se procede a diseñar red de distribución GPON mediante la ubicación de elementos CAJAS y Fibra.

3.1 Creación de capa vectorial tipo Punto para representación de NAP's NAP_GPON.shp.

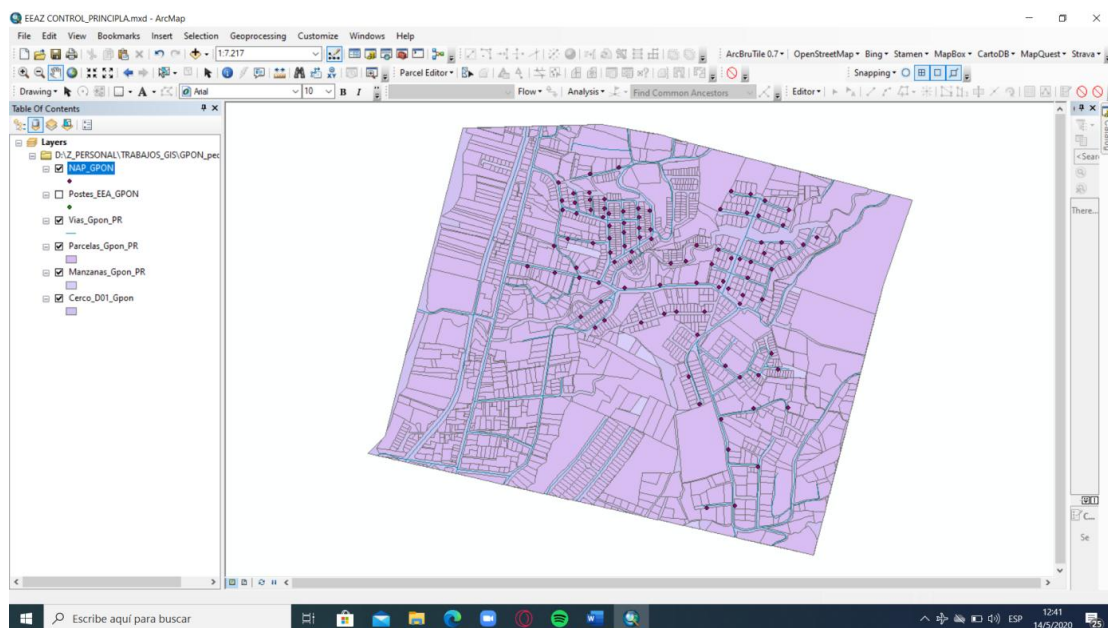


Figura 43. Creación de la Capa Nap.
Fuente: (Autor)

3.2 Creación de capa vectorial tipo línea para representación de ruta de fibra óptica.

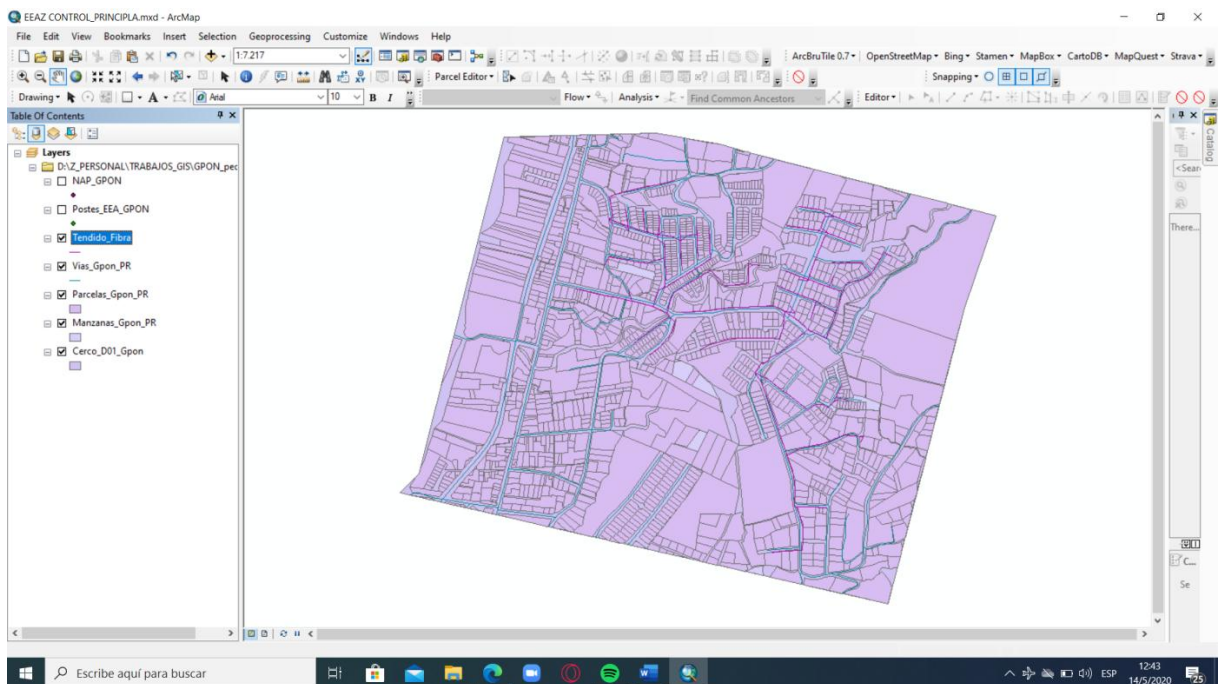


Fig 44. Creación de la capa feeder.
Fuente: (Autor)

4. Resultado de sobreposición de capas (archivos vectoriales .shp).

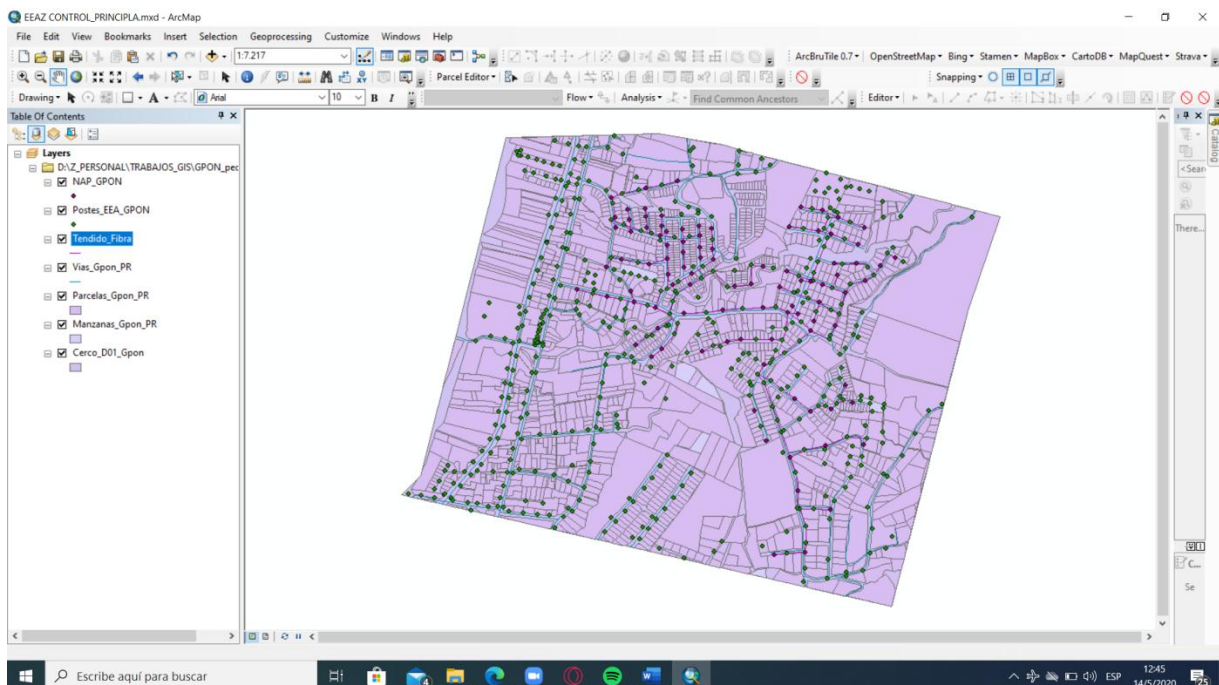


Fig 45. Sobreposición de todas las capas.
Fuente: (Autor)

5. Mediante la herramienta conversión TO_CAD se los archivos .shp a un documento .dwg (AutoCAD), la exportación puede ser total o por capas.

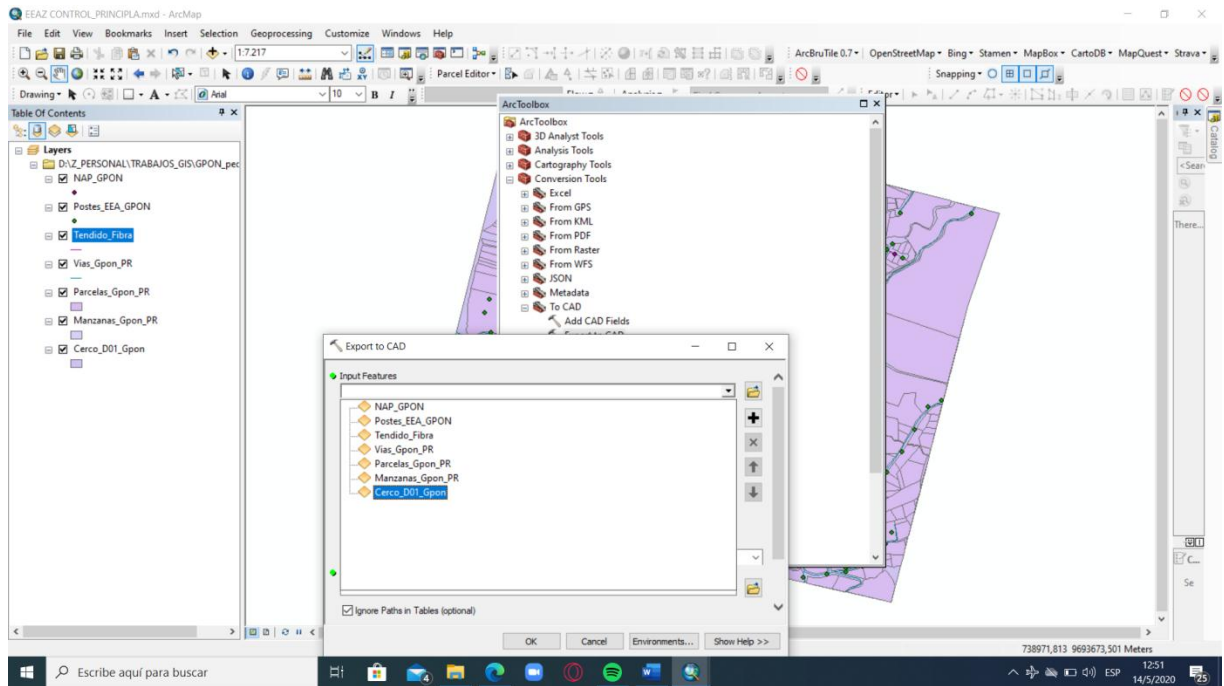


Fig 46. Exportación de archivos a AutoCAD.
Fuente: (Autor)

6.- Se procede a editar archivo .dwg conformeme los requerimientos de diseño establecidos para la red para cada capa CAD_GPON_PR_CHARASOL_export.DWG.

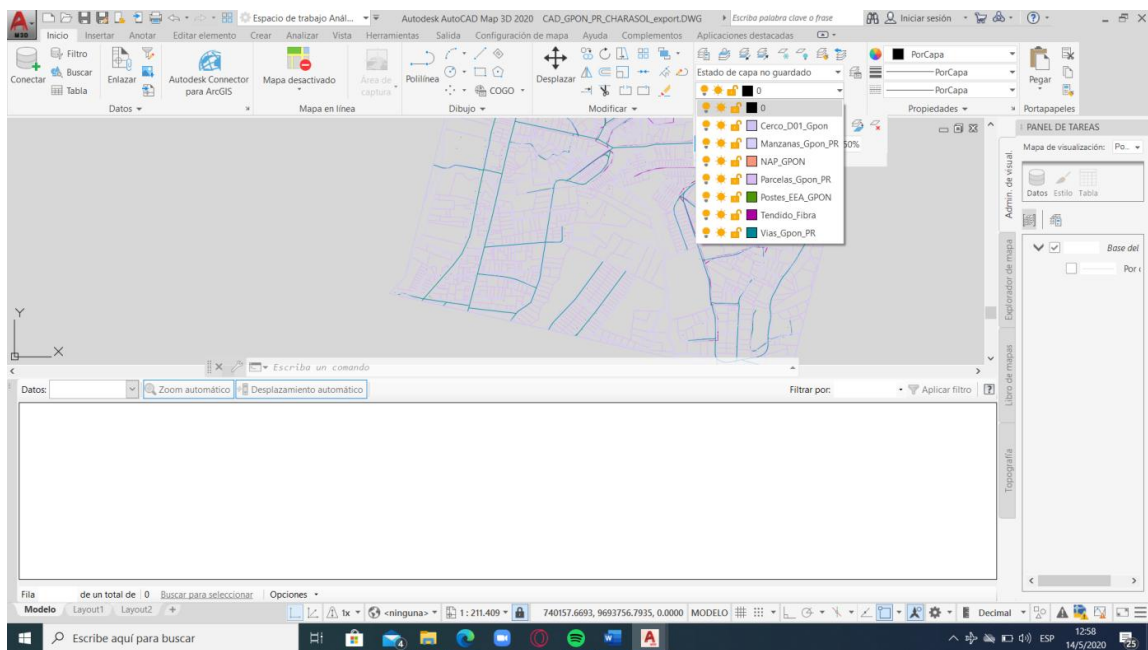


Fig 47. Edición del archivo en AutoCAD.
Fuente: (Autor)

7.- Resultado final de edición Red_GPON_PREYES_CHARASOL.dwg

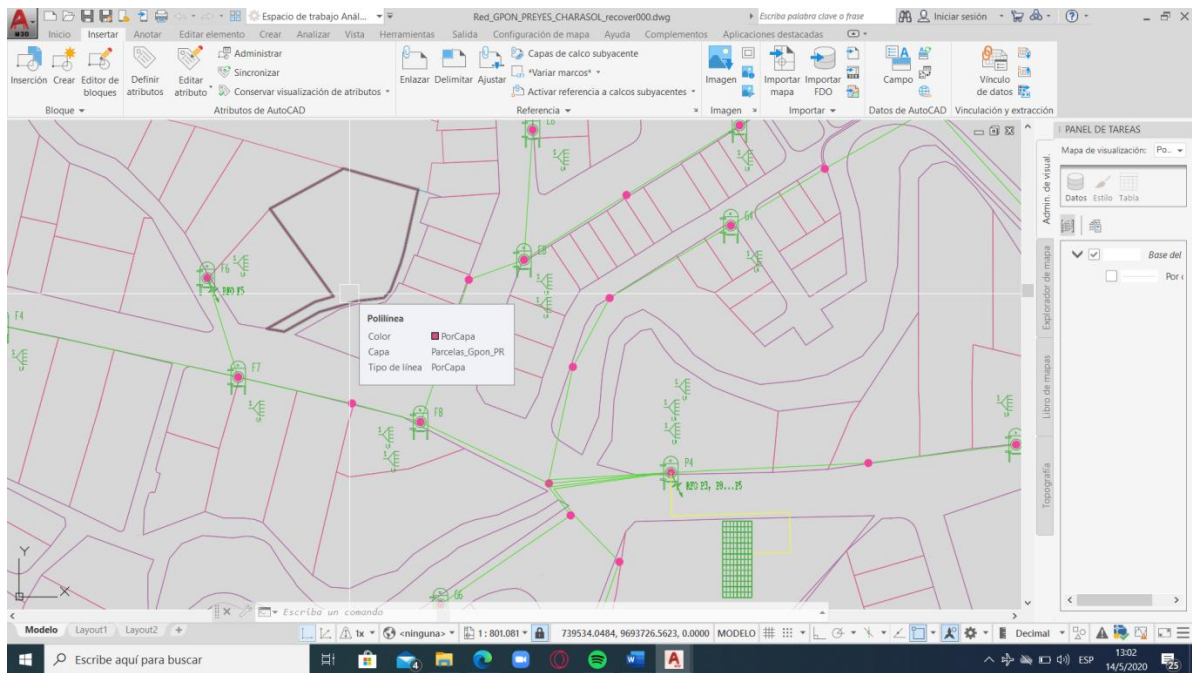


Fig. 48. Resultado de la edición de planimetría y diseño de red.
Fuente: (Autor)

3.4 CONSIDERACIONES DEL DISEÑO.

3.4.1 RED FEEDER.

También conocida como fibra troncal, de acuerdo a la normativa vigente en la figura 51 (Esquema red Feeder) se encuentra representado el modelo de red desde la OLT hasta la manga troncal con una distancia de 110 metros, que se ha diseñado para el sector se encuentra identificada de la siguiente forma: FT01_00_00(96)(1..10).

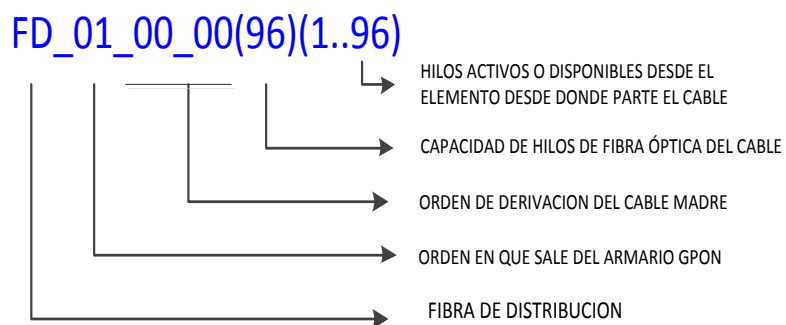


Fig. 49. Identificador del cable de fibra óptica.
Fuente: (Normativa CNT EP)

Uno de los componentes principales de esta red es la manga troncal donde se realizará el primer nivel de splitteo 1:8, se alojarán 10 splitters los mismos que alimentarán las tres redes de dispersión con sus respectivas reservas de cable de fibra.

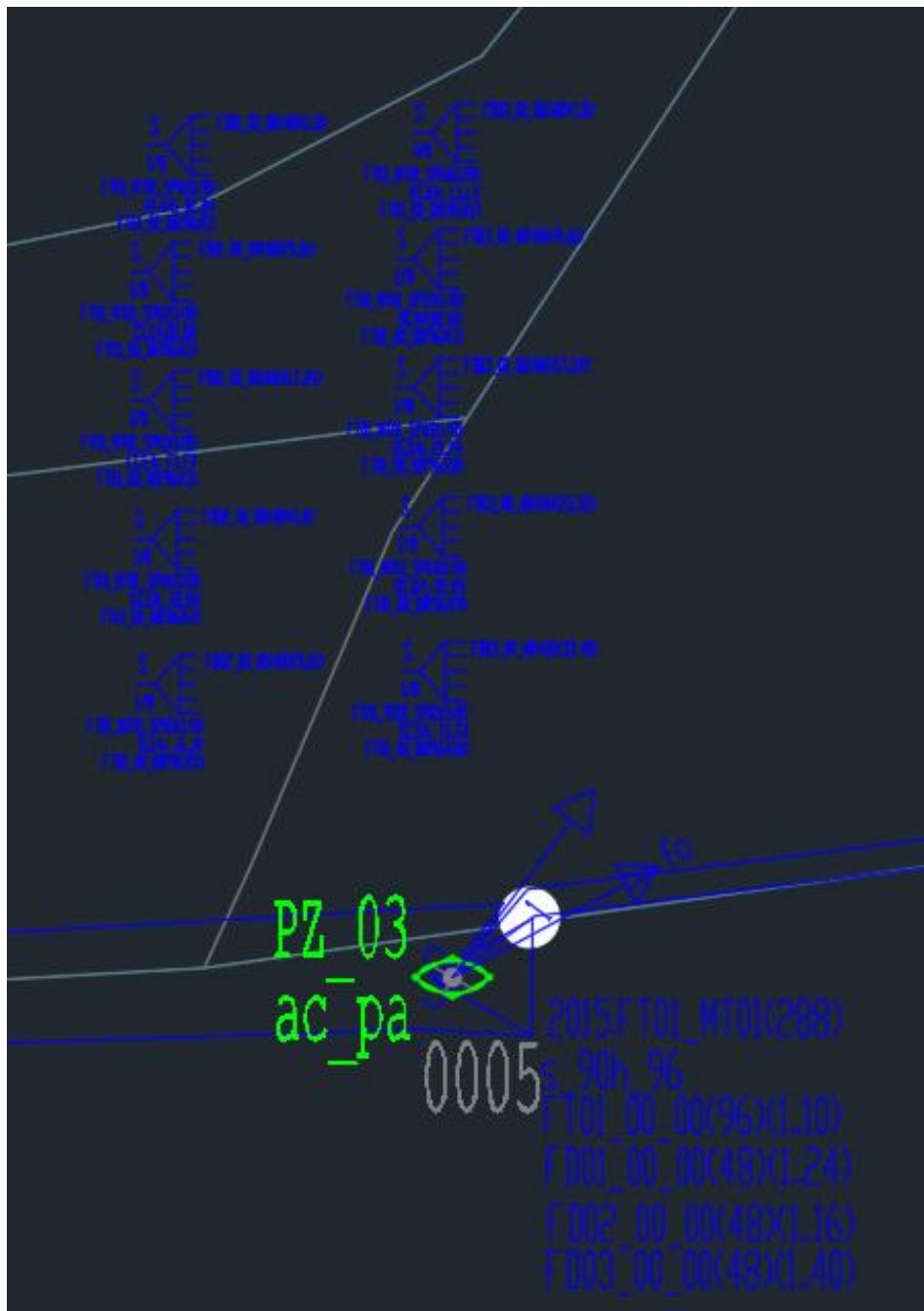


Fig. 50. Esquema manga troncal.

Fuente: (Autor)

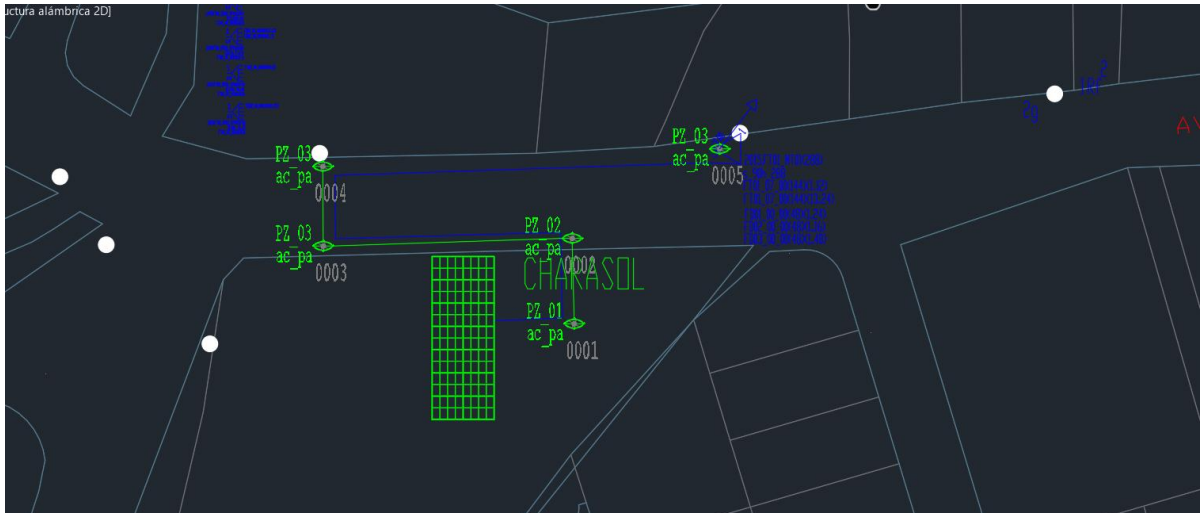


Fig. 51. Esquema red feeder.
Fuente: (Autor)

3.4.2 RED DE DISTRIBUCIÓN.

Esta red es la parte intermedia de la ODN (Optical Distribution Network), la misma que se encuentra ubicada a continuación de la manga troncal de la red feeder, esta red culmina su extensión en cada uno de los splitter ubicado en las cajas ópticas NAP.

En la figura 52 se muestra la red de distribución la misma que se ha diseñado para brindar el servicio de telecomunicaciones al sector Banco de la Vivienda Etapas 1 y 2, en la misma se puede apreciar que es de gran extensión ya que cubre toda el área de interés, con el objetivo de centrar cada NAP entre 8 abonados o clientes.

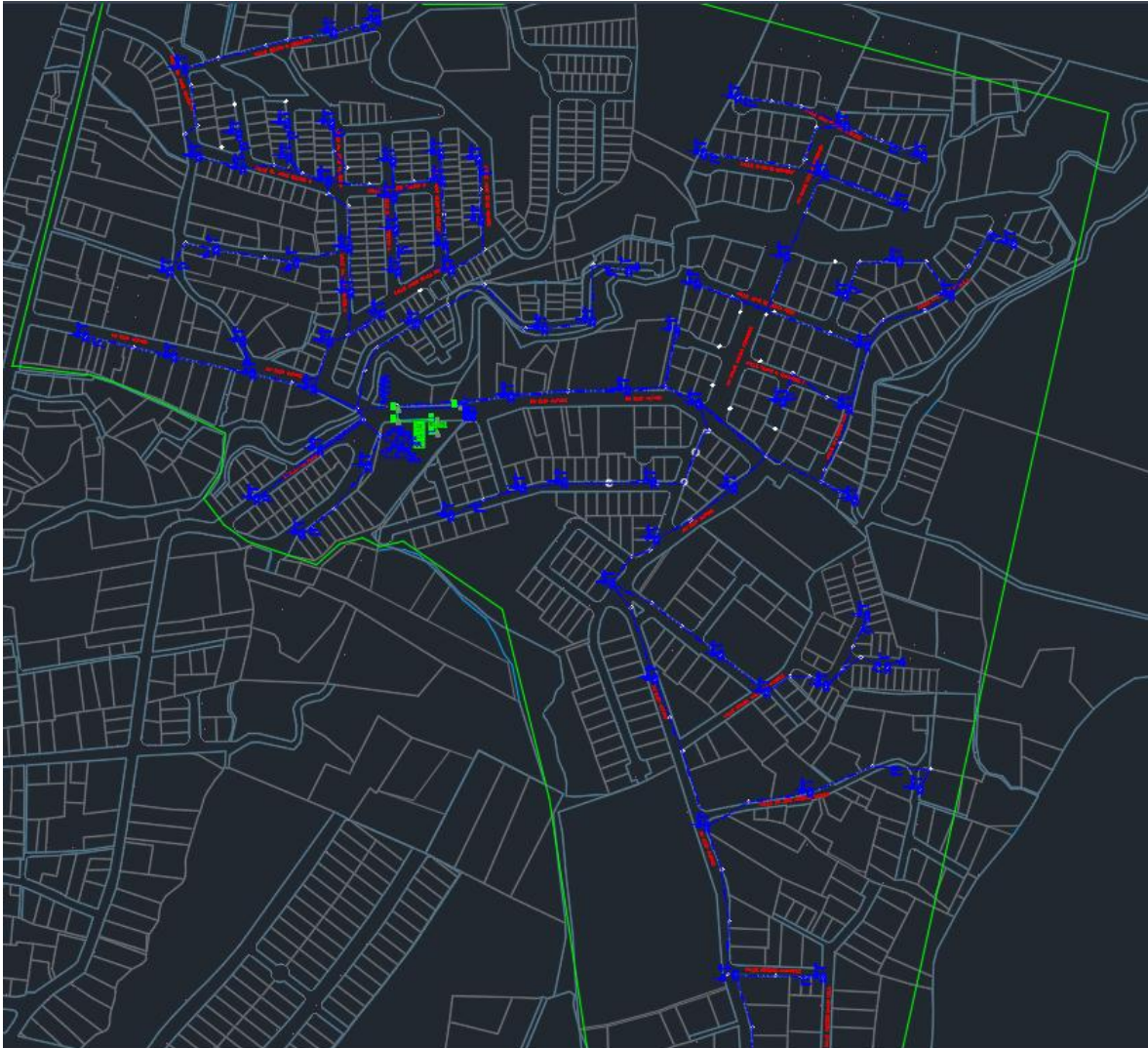


Fig. 52. Esquema Red de Distribución.
Fuente: (Autor)

Nuestra red de distribución se encuentra conformada por tres sub redes de distribución:

FD01_00_00(48)(1..24)

FD02_00_00(48)(1..16)

FD03_00_00(48)(1..40)

La fibra de distribución FD01 está conformada por serie A hasta la serie F (A, B, C, D, E, F) de las NAPs, cabe indicar que cada serie se encuentra compuesta por 4 NAPs por ejemplo: serie A = A1, A2, A3, A4, en esta red se encuentra la NAP más distante, la NAP A1 a una distancia de 1343 metros de la manga troncal.

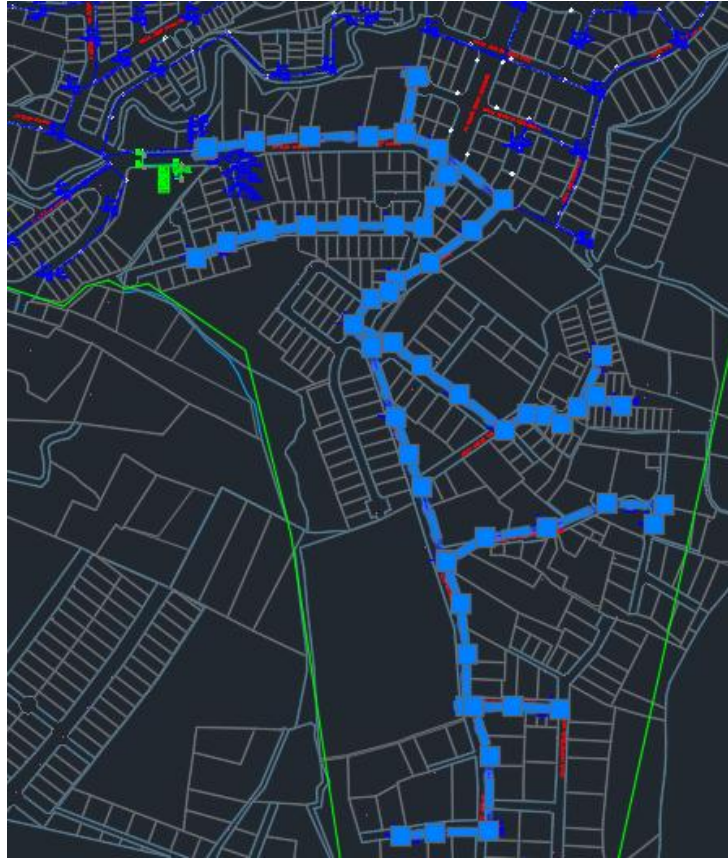


Fig. 53 Esquema fibra de distribución FD01.
Fuente: (Autor)

De la misma forma la fibra de distribución FD02 está constituida por la serie G hasta la serie J (G, H, I, J) siendo esta la red más pequeña.

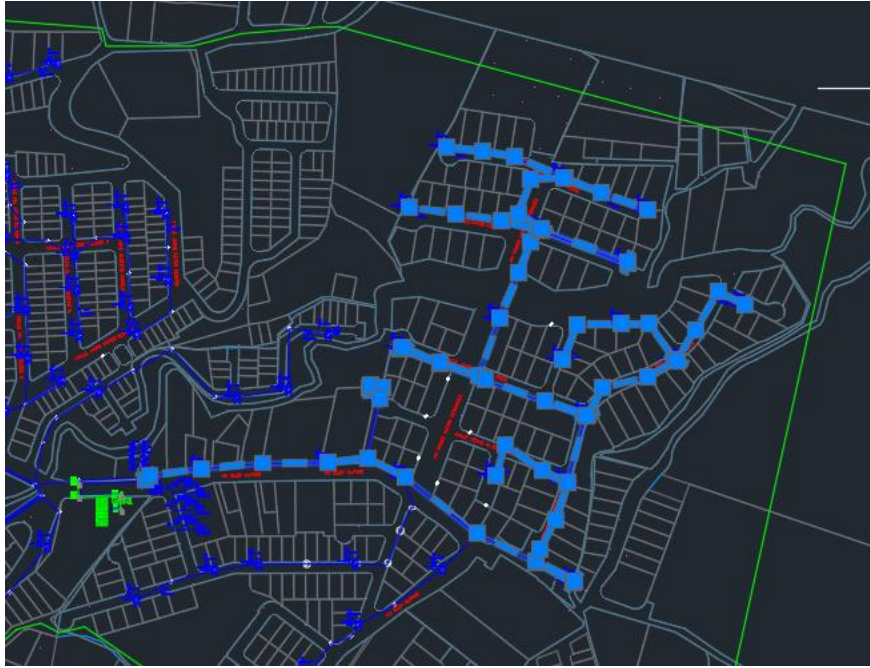


Fig. 54. Esquema fibra de distribución FD02.
Fuente: (Autor).

Por último, tenemos la fibra de distribución FD03 que se encuentra conformada por las series restantes, serie K hasta la serie T (K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T) esta red de distribución es la más grande en el diseño ya que aquí se encuentra la mayor cantidad de predios poblados por ende potenciales clientes del servicio.

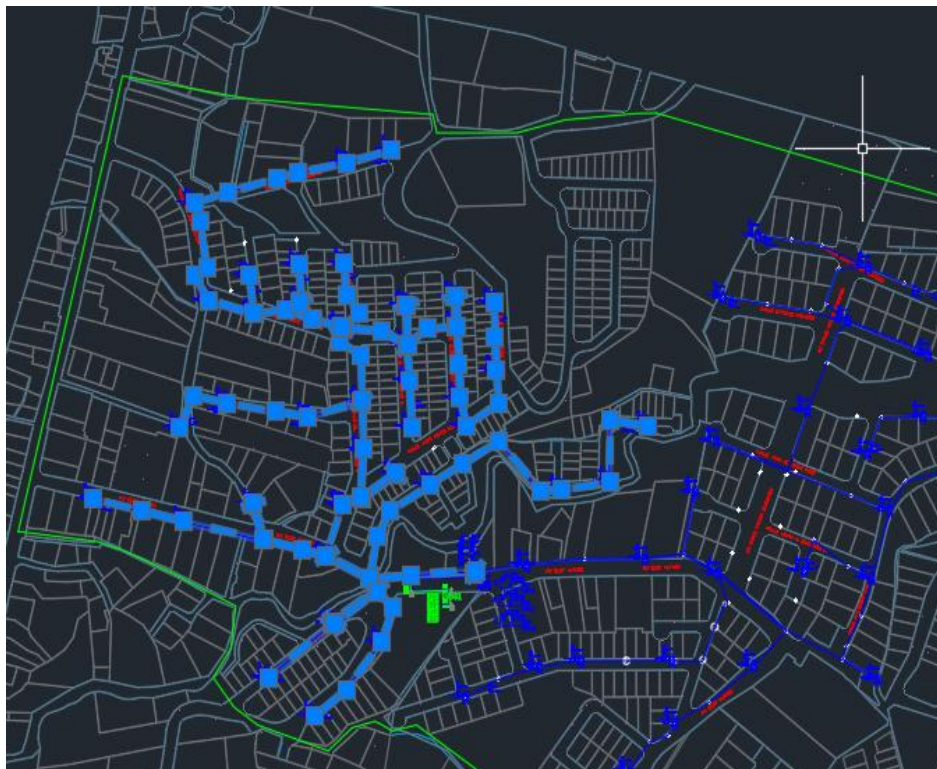


Fig. 55. Esquema fibra de distribución FD03.
Fuente: (Autor).

3.4.3 RED DE DISPERSIÓN.

Esta red conforma la última milla de la red FTTH, es el tramo que se encuentra comprendido desde la salida del splitter de las NAPs, hasta la roseta óptica la misma que se instala en el domicilio de cada cliente.



Fig 56. Esquema red de dispersión.
Fuente: (Autor).

Cada NAP pertenece a un área de dispersión, como se aprecia en la figura 56 (Esquema de Red de Dispersión) se han posicionado de tal manera que cubran un área de 6 a 8 predios, con lo cual se garantiza que se podrá llegar a la totalidad de abonados del sector de estudio, en el diseño se ha creado una capa que se denomina límite de dispersión para cada NAP la misma que se muestra en color rojo.

3.5 PRESUPUESTO ÓPTICO.

Los elementos que aportan a la atenuación de la señal son: los ODF, los conectores, las fusiones, los splitters cuya atenuación depende del número de puertos en que se divida la señal; y la FO propiamente dicha, cuya atenuación depende de la longitud de onda de medición.

La atenuación máxima de la red ODN no debe superar los **28 dB**. Esta restricción obedece a los umbrales de trabajos de los equipos OLT y ONT, para lo cual se considera el peor caso en cuanto a niveles de atenuación.

Los valores umbrales usados se basan en la Norma ITU-T G.984 que define las redes GPON.

En base a lo anterior se definen los siguientes valores:

Se establece un margen de resguardo de **3 dB**. Este margen tiene por objeto absorber las posibles modificaciones que se presenten a futuro en el tendido de la red, y que impliquen aumento en la atenuación de las ODNs.

VALORES DE UMBRAL EN OLT:

Potencia Mínima de Emisión: +1,5 [dBm]

Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm]

Sensibilidad Mínima: -28 [dBm]

Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm]

VALORES DE UMBRAL EN ONT:

Potencia Mínima de Emisión: +0,5 [dBm]

Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm]

Sensibilidad Mínima: -27 [dBm]

Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm]

Con los datos expuestos se procede a calcular el presupuesto óptico para la NAP más distante, para esto se suman las pérdidas que se dan en conectores, fusiones y en la distancia total del cable de fibra óptica desde la OLT hasta la NAP, en la figura 56 (Presupuesto óptico) se detallan todos estos valores y se muestra el resultado obtenido en el peor de los casos para la NAP A1 obteniendo un valor de **24.19 dBm** el mismo que se encuentra por debajo del umbral máximo permitido para su óptimo funcionamiento que es 28 dBm.

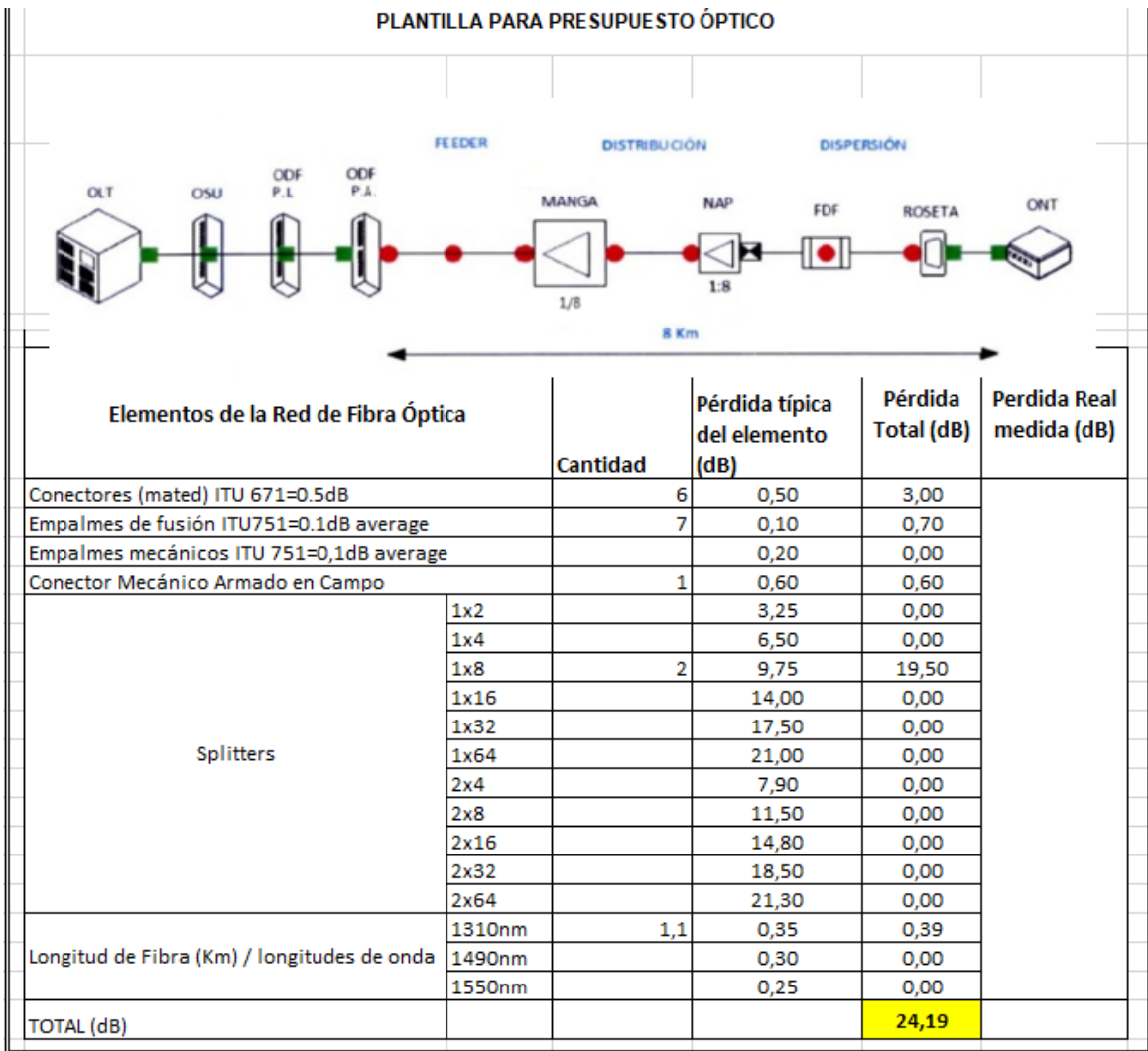


Fig. 57. Presupuesto óptico.
Fuente: (Autor)

3.6 MÓDULO HUAWEI SMARTAX MA5603T.

Para que la plataforma F01S300 se la pueda configurar como OLT para exteriores se requiere que se implante un módulo Huawei SmartAX MA5603T, el cual provee gran densidad de tráfico para ser utilizado en GPON y tiene una cantidad medía en cuanto a slots de servicio, estando conformado por 6, adicionalmente existe otras variaciones de módulos para mayor cantidad de clientes como el modelo MA5600T que cuenta con 16 slots de servicio, y para menor cantidad de clientes MA5608T que presenta 2 slots de servicio, en la figura 58 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., Huawei SmartAX MA5600T) se presenta la estructura típica de la red de acceso del módulo MA5603T [9],[16].

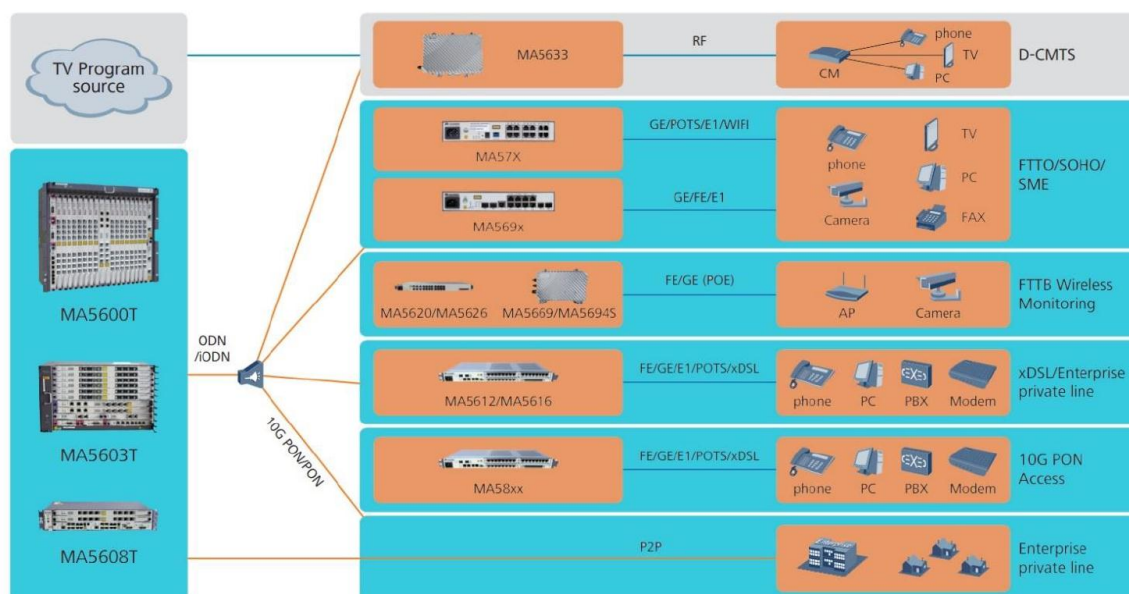


Fig. 58. Estructura típica de red de acceso de MA5603T.
Fuente: (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., Huawei SmartAX MA5600T)

Las características principales de sus atributos GPON son:

- Número de puertos por tarjeta 16.
- Sensibilidad de potencia recepción por puerto -35 dBm.
- Número máximo de direcciones MAC (Media Access Control) Soportado 32768
- Radio MAX splitter 1:128.
- Distancia máxima de fibra 20 Km.
- Longitud de onda operativa Tx: 1490 nm / Rx: 1310 nm.
- Velocidad por puerto del módulo SFP (Small Form-factor Pluggable. transceptor): de **Tx: 2.488 Gbit/s / Rx: 1.244 Gbit/s.**
- Potencia óptica de salida mínima: 6 dBm.
- Potencia óptica de salida máxima: 10 dBm [9][16].

Luego de revisar las características indicadas por el fabricante de la OLT (**Tx: 2.488 Gbit/s / Rx: 1.244 Gbit/s**), y los resultados obtenidos en nuestro presupuesto óptico podemos determinar lo siguiente:

- Estándar GPON: velocidad en bajada 2488,320 Mbit/s
- Nivel de Splitting en la red FTTH: 1:8 en el Manga troncal y 1:8 en cada NAP.
- Número de usuarios “por fibra”: 8 en NAP x 8 NAPs = 64 usuarios. Lo que vendría a representar nuestro nivel de splitteo 1:64.
- Velocidad disponible para cada usuario: $2488,320 / 64 = 38,88 \text{ Mbit/s}$.

3.7 PRESUPUESTO DE VOLUMEN DE OBRA.

El presupuesto se realiza tomando en cuenta los valores que actualmente rigen en el mercado y se incluye el valor de la OLT a un costo de \$1500, los elementos constitutivos de la red feeder y de distribución, cuyo valor se detalla en el Anexo B (Presupuesto de volumen de obra). El costo total sería de \$40543,09.

Si se considera la expectativa de 388 clientes iniciales, con un plan de servicio de 20x20 Mbps, con un valor promedio en el mercado de \$27.89, se tendría un ingreso mensual de \$10821.32, cubriendo el total de la inversión en los 4 primeros meses de la implementación del servicio.

Precio	Tecnología	Bajada	Subida
\$27.89*	Fibra Óptica	20 Mbps	20 Mbps
\$40.32*	Fibra Óptica	30 Mbps	30 Mbps

Tabla 5. Planes de internet gpon que brinda la empresa Cnt.
Fuente: (<https://www.cnt.gob.ec/planes-internet>)

CONCLUSIONES

- El uso actual que le dan los usuarios del sector al servicio de internet, en teletrabajo y estudio mediante sesiones virtuales ratifica la necesidad de mayor velocidad en los servicios.
- Con este estudio se confirma la tecnología Gpon como la más adecuada una vez comprobada la factibilidad técnica para su implementación, ya que con este tipo de arquitectura se abaratan los costos de los servicios y se aprovecha toda la infraestructura de cobre existente, canalización, portería necesaria para poder realizar la implementación de la red.
- Una red FTTH es totalmente escalable a diferencia de sistemas basados en medios de transmisión inalámbrico y cobre, cuyas limitaciones se ven reflejadas en el ancho de banda y distancias de cobertura respectivamente, el estándar GPON es la tecnología actual que mejor se adaptó a los requerimientos del sector ya que nos permite brindar servicios convergentes de grandes capacidades de trasmisión de datos logrando así satisfacer las necesidades de los usuarios.
- El cálculo de presupuesto óptico con una pérdida de 24.19 dBm (en el caso más crítico) no afecta el rendimiento de la red y que ésta se mantiene dentro de los rangos óptimos operativos

RECOMENDACIONES

- Debido a la constante migración hacia las comunicaciones ópticas se recomienda para proyectos similares, proyectar reservas para futuros clientes, convirtiendo así a la red en un sistema escalable.
- Tener muy en cuenta la demanda existente y proyectada, en su futura construcción no sobredimensionar la red lo que influiría directamente en el costo de la misma volviéndose así un gasto innecesario al momento de construir la red al no contarse con clientes en determinado sector.
- Un aspecto importante para que el diseño de una red sea rentable y accesible físicamente a todos los usuarios es tener un límite de dispersión adecuado, en el cual cada NAP pueda cubrir el máximo de clientes.
- Según la potencia de transmisión de la OLT, tomar muy en cuenta los estándares empleados a nivel nacional, la longitud del tendido de fibra óptica no debe superar los 6 km.
- Verificar las estructuras aéreas o subterráneas se encuentran habilitadas para la futura construcción de la red.
- Cerciorarse con los organismos municipales y en este caso la empresa eléctrica, de que no existan proyectos de regeneración de vías y mejoras eléctricas que conlleven a un cambio de postería.
- Al ser una zona residencial en rápido crecimiento, se requiere el despliegue de esta tecnología, dejando la posibilidad de que se sumen clientes a futuro con una proyección a 10 años. Por lo que el uso de cables de gran capacidad en la red feeder como de distribución garantiza la escalabilidad de la red para futuras ampliaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. J. Ganuza and F. M. Fernanda Vicens, “Las Redes de Nueva Generación en España. Situación actual y retos para el futuro Karla Perca,” 2010.
- [2] ARCOTEL | Boletín Estadístico Cierre 2018, “Boletín Estadístico Cierre 2018,” p. 30, 2019.
- [3] “Fibra óptica - EcuRed.” [Online]. Available: https://www.ecured.cu/Fibra_óptica. [Accessed: 28-Mar-2020].
- [4] L. D. Vizcaino Armas, “Diseño De Una Red Gpon En El Nodo Caranqui Para El Sector 19 De Enero De La Ciudad De Ibarra, Basado En El Estándar Itu-T G.984, Para Cnt Ep,” no. 2010, p. 213, 2015.
- [5] R. C. Castro Mandujano, “Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres,” 2019.
- [6] F. J. D. E. Caldas and F. Tecnológica, “Universidad distrital,” pp. 3–5, 2017.
- [7] V. Heredia Sandoval and D. Astudillo-Salinas, “Diseño de una red de fibra hasta el hogar para la ciudad de Cuenca,” pp. 57–64, 2016.
- [8] D. Of, A. M. Prototype, F. O. R. Vista, H. Neighborhood, F. Ciu-, and D. A. D. B. Locality, “Redes de Ingeniería Redes de Ingeniería,” vol. 4, no. 1, pp. 77–84, 2013.
- [9] R. D. Agila, “Diseño De Una Red Gpon Para El Barrio ‘El Paraíso De Jipiro’ Del Cantón Loja, Provincia De Loja, Usando Un Armario F01S300,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1–78, 2019.
- [10] “Datos curiosos sobre el consumo de los servicios digitales en Ecuador | Diario El Mercurio.” [Online]. Available: <https://ww2.elmercurio.com.ec/2019/11/28/datos-curiosos-sobre-el-consumo-de-los-servicios-digitales-en-ecuador/>. [Accessed: 14-Mar-2020].
- [11] D. El Universo, “El tráfico de internet en los hogares creció hasta 63 % en medio de la pandemia del COVID-19 | Economía | Noticias | El Universo.” [Online]. Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/06/23/nota/7881924/internet-fijo-servicio-operadoras-demanda-cuarentena-covid-19>. [Accessed: 01-Jul-2020].
- [12] “¿Cómo ha sido la evolución de la conectividad? | Infochannel.” [Online]. Available: <https://www.infochannel.info/como-ha-sido-la-evolucion-de-la-conectividad>. [Accessed: 10-Mar-2020].
- [13] C. L. Araujo, “ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA RED FTTH CON TECNOLOGIA GPON PARA EL ISP TRONCALNET EN EL CANTON CAÑAR,” *Nhk 技研*, vol. 151, pp. 10–17, 2015.

- [14] P. López-Roldan and S. Facheli, “El diseño de la muestra. Metodología de la investigación social cuantitativa.,” *Rev. Educ. y Derecho.*, no. 17, 2017.
- [15] R. Hernández, C. Fernández, and P. Baptista, “Selección de la muestra,” *Metodol. la Investig.*, pp. 170–196, 2014.
- [16] “Huawei SmartAX MA5600T OLT Datasheet.”

GLOSARIO

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de Abonado Digital Asimétrica)

ADSS: All dielectric self-supporting (Dielectrico - Autosoportado)

AES: Advanced Encryption Standard (Estandar de encriptación avanzada)

ARCOTEL: Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

FDH: Fiber Distribution Hub (Gabinete de Distribución de Fibra).

FTTB: Fiber-to-the-building (Fibra hasta el edificio)

FTTC: Fiber to the Curb (Fibra hasta el armario)

FTTH: Fiber to the home (Fibra hasta el hogar)

GPON: Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (Gigabit-capable Passive Optical Network).

HDTV: High Definition Televisión (Televisión de alta calidad)

IP: Internet Protocol (Protocolos de Internet)

IPTV: Internet Protocol Television (Televisión por Protocolo de Internet)

ISP: Internet Service Provider (Proveedor de servicios de internet)

ITU – T: International Telecommunication Union – Telecommunication Sección (Unión Internacional de Telecomunicaciones)

LAN: Local Área Network (Red de área Local)

MAC: Media Access Control (Control de acceso al medio)

MDF: MAIN DISTRIBUTION FRAME (TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL)

MSAN: MULTISERVICE ACCESS NODE (NODO DE ACCESO MULTISERVICIO)

NAP: NETWORK ACCESS POINT (PUNTO DE ACCESO A LA RED)

ODF: OPTICAL DISTRIBUTION FRAME (CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA)

ODN: OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK (RED DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA)

OLT: OPTICAL LINE TERMINAL (LÍNEA DE TERMINAL ÓPTICA)

ONU: OPTICAL NETWORK UNIT (UNIDAD DE RED ÓPTICA)

ONT: OPTICAL NETWORK UNIT (TERMINAL DE RED ÓPTICO)

OMCI: ONT MANAGEMENT AND CONTROL INTERFACE (INTERFAZ DE CONTROL Y

ADMINISTRACIÓN DE ONT)

PON: PASSIVE OPTICAL NETWORK (RED ÓPTICA PASIVA)

QOS: QUALITY OF SERVICE (CALIDAD DE SERVICIO)

POST: PLAIN OLD TELEPHONE SERVICE (SERVICIO TELEFÓNICO TRADICIONAL)

SAI: SERVICIO DE ACCESO A INTERNET

SFP: SMALL FORM-FACTOR PLUGGABLE TRANSCEPTOR (TRANSCEPTOR DE FACTOR DE FORMA PEQUEÑO CONECTABLE)

SM: SINGLE MODE (MONOMODO)

TDM: TIME DIVISION MULTIPLEXING (MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE

TIEMPO)

XDSL: X DIGITAL SUBSCRIBER LINE (LÍNEA DE SUSCRIPTOR DIGITAL)

ODF-CON SPLITTER REDES GPON		
ESTRUCTURA POZO		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA ADOSADA		
CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA MINIPOSTE		
TRANSFORMADOR AEREO		
HERRAJE DE RETENSION DE FIBRA GPON		
HERRAJE CRUCE AMERICANO GPON 2 EXTENSION Y 1 EXTENSION		
ESQUEMA ARMARIO GPON		
OCUPACIÓN MONODUCTO CANALIZACION EXISTENTE		
OCUPACIÓN BIDUCTO CANALIZACION EXISTENTE		
EMPALME DE FIBRA DE DISTRIBUCION SALIDA DEL ARMARIO		
MANGUERA CORRUGADA		
CAJA TERMINAL FIBRA OPTICA		
ARMARIO FTTH 288C PARA ESQUEMATICO		
NORTE		
POSTE FIBRA DE VIDRIO		
ODF OLT		

ANEXO B: PRESUPUESTO VOLUMEN DE OBRA

DISTRIBUIDOR:		DETALLE DE SERVICIOS RED DISTRIBUCION				COSTO	
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CODIGO SAP	CHARASOL MT01	CANTIDAD TOTAL	COSTO	
						UNITARIO	TOTAL
574007	SUMINISTRO E INSTALACION HERRAJE DE DISPERSION PARA POSTE	u		78,00	78,00	\$ 4,04	\$ 315,12
542331	SUMINISTRO E INSTALACION HERRAJE DE POZO PORTA CONSOLA 0,80 M	u		4,00	4,00	\$ 20,42	\$ 81,68
542340	SUMINISTRO Y COLOCACION DE HERRAJE DE POZO PORTA RESERVAS 3 CANALES DE FO	u		4,00	4,00	\$ 22,71	\$ 90,84
580112	SUMINISTRO E INSTALACION DE MANGUERA CORRUGADA 3/4" (INCLUIVE ABRAZADERA ENT)	m		16,00	16,00	\$ 2,34	\$ 37,44
580204	SUMINISTRO Y COLOCACION DE IDENTIFICADOR ACRILICO AEREO 12,50 cm X 6 cm	u		176,00	176,00	\$ 7,67	\$ 1.349,92
580205	SUMINISTRO Y COLOCACION DE IDENTIFICADOR ACRILICO CANALIZADO O DE INTERIORES 8 cm X 4 cm	u		5,00	5,00	\$ 5,44	\$ 27,20
580210	SUMINISTRO Y COLOCACION DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA OPTICA CON TUBO ENT DE 3 m DE 3"	u		1,00	1,00	\$ 46,84	\$ 46,84
581013	PRUEBA REFLECTOMETRICA UNIDIRECCIONAL POR HILO EN DOS VENTANAS GRN - TRAZA REFLECTOMETRICA	Hilo		80,00	80,00	\$ 4,64	\$ 371,20
584006	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA GRN	Hilo		46,00	46,00	\$ 2,10	\$ 168,00
584009	FUSION DE 1 HILO DE FIBRA OPTICA	u		160,00	160,00	\$ 7,43	\$ 1.188,80
584011	SANGRADO DE BUENAS DE FIBRA OPTICA	u		54,00	54,00	\$ 6,24	\$ 337,56
584012	SANGRADO DE BUENAS DE FIBRA OPTICA	u		24,00	24,00	\$ 14,64	\$ 351,36
584013	SUMINISTRO E INSTALACION DE HERRAJE DE RETENCION PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSION (VANO 1,20m)	u		54,00	54,00	\$ 6,97	\$ 376,38
584014	SUMINISTRO E INSTALACION DE HERRAJE DE RETENCION PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 1,20m)	u		29,00	29,00	\$ 12,33	\$ 357,57
584015	SUMINISTRO E INSTALACION DE HERRAJE DE RETENCION PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO 1,20m)	u		49,00	49,00	\$ 13,33	\$ 657,57
584016	SUMINISTRO E INSTALACION DE HERRAJE DE RETENCION PARA FIBRA ADSS 4 EXTENSIONES (VANO 1,20m)	u		20,00	20,00	\$ 14,52	\$ 290,40
584017	SUMINISTRO E INSTALACION DE MANGA SUBTERRANEA PORTA SPLITTER DE 288 TIPO DMMO (ABERTURA Y CIERRE)	u		1	1	\$ 293,86	\$ 293,86
584018	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CABLE DE DISTRIBUCION AEREA WAP DE 16 PUERTOS SC/ARC CON DERIVACION	u		80,00	80,00	\$ 139,80	\$ 11.184,00
584019	SUMINISTRO Y COLOCACION SPLITTER PLC (1X8) CONECT/ARIZADO	u		80,00	80,00	\$ 7,84	\$ 627,20
584020	SUMINISTRO Y COLOCACION SPLITTER PLC PARA FUSION (1X8)	u		10	10	\$ 30,65	\$ 306,50
584021	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AEREO ADSS DE FIBRA OPTICA MINIMUNDO DE 48 HILOS G.652.D VANO 1,20 m	m		3389,50	3389,50	\$ 2,74	\$ 9.287,23
584022	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AEREO ADSS DE FIBRA OPTICA MINIMUNDO DE 12 HILOS G.652.D VANO 1,20 m	m		435,00	435,00	\$ 1,77	\$ 769,95
584023	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AEREO ADSS DE FIBRA OPTICA MINIMUNDO DE 6 HILOS G.652.D VANO 1,20 m	m		2811	2811,00	\$ 1,71	\$ 4.806,61
584024	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 96 FIBRAS OPTICAS MINIMUNDO G652.D.	m		155	155,00	\$ 3,67	\$ 568,65
						TOTAL	\$ 39.272,91
						MONTOS PARCIALES	\$ 38.103,70

ANEXO C: ENCUESTA APLICADA.

1. ¿Qué plan de internet tiene contratado?:

1 a 3Mbps

4 a 5Mbps

2. ¿Cuál es el número de dispositivos que se conectan a internet en su hogar?

1 a 3

4 a 6

7 a 10

3. ¿De la siguiente lista cuales son los dispositivos que posee Ud. en su hogar?

Pc.

Laptop.

Smart TV.

Smartphone o Tablet.

4. ¿Esta Ud. satisfecho con el servicio de internet?

SI.

NO.

5. ¿De las siguientes actividades cuales están realizando en su domicilio a través de internet?

Entretenimiento.

Estudio.

Trabajo.

PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **PEDRO SANTIAGO REYES MONCAYO**, portador (a) de la cédula de ciudadanía Nro. **0302007620**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED GPON PARA EL SECTOR BANCO DE LA VIVIENDA ETAPA 1 Y 2 DE LA PARROQUIA BORRERO CHARAZOL**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de Los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, 18 de septiembre de 2020

F:

PEDRO SANTIAGO REYES MONCAYO
0302007620

El Bibliotecario de la Sede Azogues

CERTIFICA:

Que, **PEDRO SANTIAGO REYES MONCAYO**. Con cédula de ciudadanía **Nro. 0302007620** de la carrera de **INGENIERÍA EN SISTEMAS**.

No adeuda libros, a esta fecha.

Azogues, 18 de septiembre de 2020



Eco. Fabián Rodríguez Herrera
BIBLIOTECARIO

Biblioteca Universitaria
MONS. "FRÖILAN POZO QUEVEDO"

Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 15-sept.-2020 10:37 -05

Identificador: 1387734919

Número de palabras: 11245

Entregado: 1

revisión tesis 2 Por Pedro Reyes

Índice de similitud

8%

Similitud según fuente

Internet Sources: N/A
Publicaciones: N/A
Trabajos del estudiante: N/A

2% match (Internet desde 02-may.-2019)

<http://yuditecnologys.blogspot.com/2013/08/un-canal-de-ttrasmicion-que-tiene-que.html>

1% match (Internet desde 13-nov.-2019)

<http://usecim.net/2019/07/09/del-cobre-a-la-fibra-como-han-contribuido-las-diferentes-tecnologias-a-la-evolucion-de-la-conectividad/>

1% match (Internet desde 10-sept.-2020)

<https://www.eluniverso.com/noticias/2020/06/23/nota/7881924/internet-fijo-servicio-operadoras-demanda-cuarentena-covid-19>

1% match (Internet desde 18-mar.-2017)

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/37315/D-103429.pdf?isAllowed=y&sequence=-1>

1% match (Internet desde 10-sept.-2020)

<https://ww2.elmercurio.com.ec/2019/11/28/datos-curiosos-sobre-el-consumo-de-los-servicios-digitales-en-ecuador/>

1% match ()

<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6449>

1% match (Internet desde 19-jul.-2020)

<https://docplayer.es/61691757-Tesis-de-maestria-redes-gpon-ftth-evolucion-y-puntos-criticos-para-su-despliegue-en-argentina-por-alvaro-osorio-g.html>

1% match (Internet desde 25-nov.-2017)

<https://documents.mx/download/link/cd-1760>

RESUMEN Los sistemas de comunicaciones y transmisión de datos que se basan en fibra óptica se han posicionado como el más utilizado, debido a que posee mejores características y beneficios para la transmisión de servicios Triple Play (audio, voz, video y datos), y de manera específica para servicios de comunicaciones que requieren alta velocidad en la transmisión de datos. En este proyecto se realiza el estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH que se basa en el estándar de la tecnología GPON para proveer de servicios de comunicaciones y datos a los sectores Banco de la Vivienda Etapa 1 y 2 de la parroquia Charasol, dada la necesidad de comunicación a grandes velocidades y de contar con un medio confiable para la transmisión de datos que permita cumplir con actividades de teletrabajo, estudios, entretenimiento, etc en los hogares en las condiciones actuales a causa del confinamiento. La arquitectura actual que se encuentra implementada en el sector es de tecnología ADSL misma que presenta grandes inconvenientes por falta de crecimiento en ancho de banda y disponibilidad a grandes distancias, con lo cual este diseño de red busca mejorar el servicio a través de una nueva tecnología. En la red de comunicaciones de fibra óptica se analiza de forma individual cada elemento físico de la red y se los integra para que conformen un único sistema y así poder evaluar sus características tanto en el presupuesto óptico de funcionamiento como en el volumen de obra y costos para su construcción, determinando así su facticidad técnica y operativa. Palabras clave: FTTH Fiber to the home. (Fibra hasta el hogar), GPON Gigabit-capable Passive Optical Network (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit), [ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line \(Línea de Abonado Digital Asimétrica\)](#),. Fibra Óptica. 1. MARCO TEÓRICO I 1.1 Introducción. Las telecomunicaciones basadas en redes de cobre han sido el pilar principal en los últimos 100 años. En la Actualidad se ha dado una revolución en cuanto a las tecnologías usadas en este sector, con el reemplazo de estas redes por unas de última generación (Next Generation Networks, NGNs) establecidas en el uso de fibra óptica. Substituir el uso del cobre por fibra óptica permite un mejor desempeño en las prestaciones de telecomunicaciones actuales, logrando velocidades de acceso superiores a los 100 Mbps. Estas NGNs están cambiando completamente el sector de las telecomunicaciones y tendrán un impacto muy significativo en la economía de este sector, principalmente por las siguientes razones: al existir el incremento en el ancho de banda, permite el desarrollo y mejora de nuevas aplicaciones en la industria del entretenimiento y contenidos audiovisuales. Nuevos servicios como video bajo demanda o IPTV y en general, se abre un abanico de posibilidades para todo este tipo de aplicaciones que se basan en el uso de Internet (Play to Play, juegos en línea, etc.). Una ventaja inobjetable es que este tipo de redes brindan la capacidad de simultaneidad, misma que es muy limitada en la mayoría de las velocidades basadas en tecnologías de cobre actualmente disponibles [1]. 1.2 CONEXIONES DE INTERNET FIJO POR TECNOLOGÍA. Actualmente disponemos de muchas formas de acceder a Internet, los medios más comunes de transmisión físicos o alámbricos (cable) y medios inalámbricos que nos permiten conectar nuestros dispositivos a la red. En nuestro país, ha crecido el acceso al servicio de Internet fijo mediante el uso de conexiones por fibra óptica, de tal manera que para el cuarto trimestre del año 2019 el 37,03% de las suscripciones se proveen a través de fibra óptica, 33,65% mediante el uso de cobre, el, el 21,89% a través de cable coaxial y apenas un 7,43% realizan por medios inalámbricos [2]. Fig. 1. Conexiones fijas por tecnología. 1.3 FIBRA ÓPTICA. Hoy en día es el más utilizado de los medios de transmisión en telecomunicaciones, ya que presenta muy pocas pérdidas en comparación a otros medios de transmisión, también posee una gran capacidad para el envío de datos e información ya sea a distancias cortas o largas [3]. La Historia de las telecomunicaciones realizadas por la fibra óptica es corta. Los registros datan a partir de 1977, se apostó por [un sistema de prueba en Inglaterra; dos años después](#), los pedidos de este material empezaron a aumentar considerablemente [3]. A comienzos en 1959, a partir de algunos estudios físicos orientados a la óptica, se produjo un nuevo descubrimiento en el uso de la luz, misma [que se llamó rayo láser](#), siendo [aplicado a](#)

las telecomunicaciones con el propósito de mejorar las velocidades a las que se transmitían los mensajes y cobertura [3]. No obstante este uso del láser se vio muy limitado debido a que en esos tiempos no disponían de un medio adecuado para que puedan viajar las ondas electromagnéticas estimuladas por los fotones originados en la fuente de luz llamada láser [3]. Fue hasta entonces cuando técnicos y científicos especializados en esta nueva tecnología óptica juntaron esfuerzos para lograr la producción de un medio o canal, conocido en la actualidad como la fibra óptica. En el año de 1966 nació la idea de emplear la guía óptica como medio de comunicación [3]. Esta manera de utilizar la luz como medio para el transporte de información se explica de la siguiente forma: No es más que una onda electromagnética de semejante naturaleza que las ondas de radio, la diferencia radica en que la longitud de este tipo de ondas es del orden de micrómetros en vez de metros o centímetros [3]. Este concepto en el que las comunicaciones se realizan por ondas luminosas ha sido conocido desde hace ya muchos años. No obstante, a mediados de los años setenta fue que se publicaron los resultados de los trabajos teóricos realizados. Mismos que indicaban que se podía confiar en este haz luminoso que se transporta en una fibra transparente flexible y proveer así un medio análogo óptico en el transporte de señales por alambres electrónicamente [3]. Uno de los inconvenientes técnicos que se debía solucionar para el desarrollo de la fibra óptica radicaba en las fibras mismas, ya que al absorber la luz dificultaba el proceso. Para poder realizar la comunicación práctica, la fibra óptica debe ser capaz de transmitir por algunos kilómetros las señales luminosas [3]. El vidrio ordinario detiene el paso de un haz luminoso a pocos metros. Por esta razón se han desarrollado nuevos tipos de vidrios sumamente puros que disponen de transparencias mayores que la del vidrio ordinario. Estos vidrios comenzaron a fabricarse a principios de los años setenta. Este fue lo que impulsó a la industria de fibras ópticas. La utilización de láseres o diodos emisores de luz como principal fente luminosa en los cables de fibras ópticas. Uno y otro han sido miniaturizados logrando formar componentes en sistemas fibro-ópticos, lo cual ha requerido mayor labor en el área de investigación y desarrollo [3]. Estos láseres emiten luz "coherente" intensa que se mantiene en un camino muy estrecho. La luz que emiten los diodos es "incoherente" que no es fuerte ni concentrada. Su uso dependerá de los requisitos técnicos para el diseño del circuito de fibras ópticas [3].

1.3.1 ESTRUCTURA DE LA FIBRA ÓPTICA. La estructura de una cable de fibra óptica es de forma cilíndrica, se encuentra constituido por un núcleo en su parte central, y es por donde se conduce la luz, la estructura que cubre al núcleo se llama cladding y sobre esta se encuentra la sección llamada coating en nuestro medio conocido también como "chaqueta" la misma que protege y brinda soporte mecánico, En la siguiente figura (Ver Figura 2), se puede ver claramente la estructura de la fibra óptica [4]. Fig. 2. Sección transversal de la fibra óptica

1.3.2 NÚCLEO. Es la parte medular o central de la fibra óptica, y es por donde viaja la luz, debido a sus características intrínsecas brinda un índice de refracción completamente distinto al del recubrimiento, este índice del núcleo (n_1) es mayor que el índice de refracción del recubrimiento (n_2); $n_1 > n_2$ [4].

1.3.3 CLADDING. Conocido también como revestimiento o Cladding cubre y protege al núcleo, debido a que tiene que brindar protección mecánica al hilo de fibra óptica y bloquear la salida de luz del núcleo [4].

1.3.4 COATING. Conocido también como chaqueta brinda protección a posibles daños al incrementar el ancho de la fibra para que su manipulación sea mucho más fácil [4].

1.4 VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA. ? Gran ancho de banda, que permite tráfico o flujo elevado de datos (en el orden del Ghz). ? ? Pequeña en tamaño, facilita el trabajo en espacios pequeños. Flexibilidad, Al instalar se pueden formar radios de curvatura inferiores a 1 cm, facilitando de esta forma su instalación. ? Ligereza, Su peso está en el orden de unos gramos por kilómetro, siendo nueve veces menos en relación a un cable de cobre convencional. ? Inmunidad completa a interferencias de origen electromagnético, con lo que se garantiza la calidad de transmisión, debido a que la señal es inmune a las tormentas. ? Seguridad: Cualquier tipo de intrusión en fibra óptica es muy fácil de detectar debido al debilitamiento de la energía luminosa al momento de su recepción, también no radia nada, lo que es muy importante en el uso de aplicaciones que demandan un alto nivel de confidencialidad. ?

? No genera interferencias al ser un medio no metálico. Insensibilidad a los parásitos, propiedad muy utilizada en el medio industrial con perturbaciones elevadas (como, por ejemplo, en túneles de trenes eléctricos). Dicha propiedad permite la coexistencia por ductos con cables de energía eléctrica [3]. ? Baja atenuación independientemente de la frecuencia, lo que permite la comunicación en grandes distancias sin el uso de equipos intermedios. ? ? ? Resistencia mecánica (resistencia a la tensión, al poseer bajo peso). Resistencia a la intemperie ya sea humedad, frío, calor o corrosión. Facilidad en la localización de fallos o cortes en su estructura gracias a un proceso que se basa en la telemetría, permitiéndonos así detectar rápidamente la distancia del fallo y su posterior reparación.

1.5 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA. Existen varios tipos de clasificaciones de la fibra, según al tipo de trasmisión de la luz por el núcleo son de dos tipos.

1.5.1 FIBRA MONOMODO. La propagación se realiza en un solo modo de luz directamente sin contar con reflexión, reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra, de esta forma nos permite enviar la información a distancias mucho más grandes (> 10Km) con buenas tasas de transferencia[5]. Este tipo de fibra brinda una mayor capacidad de transporte de información. Posee una ventana de paso que está en el orden de los 100 GHz/km. El mayor volumen de flujo se alcanzan con esta fibra, pero así mismo su implementación es la más compleja [3]. En la figura 3 (Fibra Óptica Monomodo) se visualiza como son transmitidos los rayos que poseen una trayectoria que persigue al eje de la fibra, llamándose a este tipo de propagación "monomodo" (único, modo de propagación, o camino del haz luminoso). Estas fibras poseen un diámetro del núcleo que va en el mismo orden de la magnitud de longitud de onda de estas señales ópticas, que es de unos 5 a 8 mm [3]. El núcleo está formado por un material cuyo índice de refracción es completamente diferente al de su cubierta, de esta forma estamos hablando de fibras del tipo monomodo cuyo índice es escalonado. La capacidad de trasportar grandes cantidades de información se establece como la principal ventaja de este tipo de fibras, debido a sus pequeñas dimensiones involucran un manejo más delicado y incluyen conflictos de conexión que actualmente continúan manejándose mal [3]. Fig. 3. Fibra óptica monomodo.

1.5.2 FIBRA MULTIMODO. Este tipo de fibra óptica permite que la luz se propague en diferentes formas (> a 1000 modos diferentes), esta forma de propagación incrementa el rango de error lo cual no es muy recomendable cuando se va a enviar información a distancias muy grandes, esta fibra es comúnmente utilizada en distancias cortas no superiores a 10 Km [5]. ? Estas fibras multimodo tienen un índice de gradiente gradual, posee una ventana de paso que está en el orden de los 500 MHz/km. Su fundamento radica en que el índice de refracción del interior del núcleo disminuye y no es único cuando se traslada desde el núcleo hacia la cubierta [3]. El haz de luz se halla enfocado sobre el eje de la fibra, como se puede ver en la figura 4 (Fibra Óptica Multimodo). Este tipo de fibras admiten reducir la dispersión que se dan entre algunos modos de propagación en la fibra a través del núcleo. Algunos tipos de fibra multimodo que poseen el índice de gradiente gradual cuyo tamaño es de 62,5/125 m (diámetro del núcleo/diámetro de la cubierta), se encuentra normado, pero también se pueden hallar otros tipos [3]: ? Fibra Multimodo de índice escalonado 100/140 mm. ? Fibra Multimodo de índice de gradiente gradual 50/125 mm.

Fig. 4. Fibra óptica multimodo.

1.6 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA ÓPTICA.

1.6.1 ANCHO DE BANDA. Posee un ancho de banda superior a los cables trenzados de cobre (UTP/STP), y de par trenzado o coaxiales, los niveles son de 1,7Gbps en redes de distribución publica, las frecuencias de luz visible más altas llegara a 39Gbps, los cables UTP son los más utilizado en instalaciones de red por su costo y fácil manipulación, con este tipo de cable se puede alcanzar velocidades de 10Mbps, 100Mbps y con nuevas tarjetas ethernet hasta 1GB, la fibra óptica nos permite la trasmisión de diferentes tipos de información como datos, voz, video y más [5].

1.6.2 DISTANCIA. Al tener un índice de atenuación bajo podemos transmitir a grandes distancias sin el uso de repetidores.

1.6.3 INTEGRIDAD DE DATOS La trasmisión por fibra óptica mantiene una frecuencia de errores BER(Bit Error Rate) por debajo de los 10 F-11, por lo cual no es necesario aplicar algún tipo de procedimiento para mejorar la velocidad ya que esta funciona con protocolos de alto nivel en trasferencia de datos [5].

1.6.4 DURACIÓN. Al no ser un metal la fibra óptica es inmune a

la corrosión y temperaturas, el revestimiento es capaz de soportar gran esfuerzo mecánico en su manipulación por lo que en proyectos de redes se manejan esperanzas de vida útil de 20 años[5]. 1.6.5 SEGURIDAD. Como mencionamos anteriormente la fibra óptica al no estar compuesta por algún metal conductor es completamente inmune a señales intrusas o radiación electromagnética externa, razón por la cual puede ser utilizada en entornos industriales sin necesidad de protecciones adicionales o especiales[5]. 1.7 TECNOLOGÍAS DE ACCESO. 1.7.1 ¿QUÉ ES FTTx?. Actualmente la fibra óptica es la guía de onda comercial que posee mayor capacidad de transmisión de datos en términos de ancho de banda y es literalmente inmune al ruido electromagnético. El acrónimo FTTx es muy conocido como Fibre-to-the-x, de donde x puede indicar diferentes destinos[6]. Entre los más importantes tenemos: 1.7.2 FTTP (Fiber To The Premises). Topología conocida como fibra hasta los locales. Esta forma de comunicaciones en la que la fibra óptica va desde la oficina central hasta el final a los locales ocupados por el suscriptor. FTTP se puede clasificar según el lugar donde termina la FO en: FTTH y FTTB [5]. Fig. 5. Arquitectura FTTP 1.7.3 FIBRA HASTA EL HOGAR (FTTH). Actualmente existe una gran demanda de internet de alta velocidad, las redes FTTH han evolucionado vertiginosamente, siendo una de sus principales características la alta velocidad de transmisión de datos (> 1Gbps) de forma simétrica, asignación dinámica de recursos y protección básica incorporada [7]. Esta tecnología de acceso tiene la capacidad de soportar grandes cantidades de contenidos y calidad superior para aplicaciones de video y transmisión de datos, uso y transporte de datos en la nube, permitiendo así brindar servicios triple-play desde el hogar. Según el tipo de distribución ya sea punto a punto o centralizada, y punto a multipunto o en cascada se determinara el tipo de arquitectura FTTH a emplear, el tipo de fibra óptica a usar se debe en gran parte a la distribución que se empleará ya que pueden existir lugares donde pueda separarse la fibra con el uso de divisores ópticos o splitters y las distancias son un factor influyente en la expansión de la red [7]. El tipo de distribución Punto a punto (Point to Point), utiliza una arquitectura ODN (optical distribution network), donde la fibra nace en el nodo central y llega sin interrupciones de forma directa hasta el usuario final, de esta forma cada usuario tiene un enlace directo al nodo central, proporcionando así una ruta óptica continua desde el nodo hasta el domicilio, este tipo de red es muy costoso debido a su mayor despliegue [7]. La distribución punto a multipunto, (Point to Multipoint), presenta usa sola fibra de alimentación, que parte desde el nodo central hacia uno de ramificación y de ahí al domicilio del usuario final, en los puntos donde se ramifica la red se utilizan dispositivos ópticos pasivos divisores comúnmente conocidos como splitter, este tipo de red es comúnmente conocida como PON, por el uso de estos dispositivos [7]. Fig. 6. Hogar FTTH. 1.7.4 FTTB (Fiber To The Building). Fibra hasta el edificio, esta arquitectura de red de transmisión de la fibra óptica termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados (comercial o residencial). La caja de distribución del edificio se encuentra generalmente en un cuarto de telecomunicaciones ubicado en la planta baja, donde están los equipos que transforman las señales ópticas en señales eléctricas y llegan al usuario final mediante el cableado estructurado desplegado en el edificio [5]. Fig. 7. Arquitectura FTTB. 1.7.5 FTTC (Fiber To The Curb). Este tipo de tecnología se la conoce como fibra hasta la acera, FTTC en este sistema la fibra óptica llega hasta una plataforma que sirve para un número determinado de abonados, cada uno de estos está conectado a la plataforma por medio de un cable coaxial o par trenzado. La caja de distribución que se encuentra en el poste, posee también equipos que transforman la señal y mediante cables aéreos de cobre llegan hasta el usuario final, comúnmente la caja de distribución o armario están ubicados a una distancia menor a 300 metros desde una casa o negocio [5]. FTTC permite la entrega de servicios de banda ancha, tales como Internet y protocolos de comunicaciones de alta velocidad o alguna forma de xDSL normalmente utilizada entre el nodo y los clientes. El tráfico de datos varía según el protocolo exacto utilizado y la distancia a la cual está el cliente del nodo [5]. Fig. 8. Arquitectura FTTC. 1.7.6 FTTN (Fiber to the node). En la red FTTN (Fiber To The Node), fibra hasta el nodo, la fibra óptica se despliega desde la central hasta un nodo del

vecindario, el nodo es un cuarto de telecomunicaciones donde existen equipos que se transforman las señales ópticas provenientes desde la central a señales eléctricas, mediante cables de cobre dan cobertura a un barrio o distrito. Los cables de cobre son de par trenzado, que están desplegados a una distancia típicamente de 1Km desde el nodo hasta los usuarios finales [5]. FTTN generalmente utiliza la infraestructura de par trenzado o cables coaxiales existentes para proporcionar un servicio de última milla. Por esta razón, la fibra hasta el nodo es menos costosa de implementar. Sin embargo, a largo plazo, su potencial de ancho de banda es limitado en relación con las implementaciones que aporta la fibra a los abonados [5]. Fig. 9. Arquitectura FTTN.

1.7.7 REDES ÓPTICAS ACTIVAS (AONs).

Se implementan elementos activos que demandan energía eléctrica para su funcionamiento y admiten mayores distancias entre los abonados y la central. Establecido [en el estándar IEEE 802.ah, las redes ethernet](#) llegan a [proveer un ancho de banda simétrico](#) alcanzando [velocidades superiores a 1Gbps por puerto](#) en [una única fibra utilizando dos longitudes de onda](#) diferentes y multiplexadas por [cada fibra óptica](#). De este modo vamos a tener un slot de transmisión por cada longitud de onda, uno de los slots se maneja como canal de transmisión y el slot restante como canal de recepción. Esto nos permite llegar a tener una transmisión de datos Full-Dúplex utilizando una conexión punto a punto con un ancho de banda dedicado al usuario [5]. En la figura 10 (Red Óptica Activa), se puede observar que una AON utiliza un equipo de conmutación alimentado eléctricamente, que gestiona la distribución de las diferentes señales a cada uno de los clientes definidos [5]. Fig. 10. Red óptica activa.

1.7.8 REDES ÓPTICAS PASIVAS (PONs).

La red PON constituye un sistema de telecomunicaciones a través fibra óptica en el cual se establece la comunicación punto-multipunto entre el equipo principal OLT (optical line Terminal) y los equipos terminales de los abonados ONT [5]. Una de sus principales características es que no poseen equipos activos o de consumo eléctrico entre el abonado final y el punto principal de distribución. Estas redes son robustas debido a que manejan [una arquitectura de punto a multipunto como la estructura en árbol](#). Para poder segmentar la señal entre los diferentes usuarios utilizan splitters llamados divisores ópticos pasivos. Generalmente entre 32, 64 usuarios dependiendo del nivel de splitteo actualmente se habla hasta de 128 usuarios [5]. La principal ventaja de estas redes es que solo se necesitan equipos activos iniciales y terminales. Para poder distribuir el tráfico intermedio en la red se usan splitters, que reparten la señal por las diferentes fibras que se administran a cada punto de conexión. Como se muestra en la figura 11 (Red Óptica Pasiva), por el canal de transmisión la OLT envía toda información a las ONT, de una forma punto-multipunto, cada ONT procesa la información que le corresponde, y por el canal de recepción de la ONT envía la información hacia el OLT, a través de multiplexación por división en el tiempo. De esta manera las comunicaciones se efectúan por un solo par de fibras hasta el splitter, donde se conecta por un hilo de fibra cada ONT (usuario). El splitter es un elemento muy sencillo, no posee elementos que necesiten energía eléctrica para su alimentación ni elementos móviles, los splitters se puede situar en campo ya sea en una manga, en un armario o una NAP sin ninguna limitación especial [5]. Fig. 11. Red Óptica Pasiva.

1.8 TIPOS DE REDES PON.

1.8 .1 APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network).

Una red del tipo óptica pasiva ATM, se encuentra definida en la última actualización del estándar UIT-T G.983, mismo que fue el primer estándar desarrollado para las redes PON. Se fundamenta en la transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM con una tasa máxima de 155 Mbps que se divide entre a cada una de las ONU que se encuentren conectadas. Una desventaja constituye en la incapacidad de administración de video, debido a la carencia en longitud de onda asignada para este efecto [5]. Fig. 12. Redes ópticas pasivas ATM.

1.8.2 BPON (Broadband Passive Optical Network).

La [Red Óptica Pasiva de Banda Ancha](#) establece una mejora de las redes APON, para conseguir un mayor [acceso a servicios como VPL, distribución de video](#), ethernet y multiplicación de [longitud de onda \(WDM\)](#), alcanzando así [un mayor ancho de banda](#). Admite un tráfico asimétrico en el canal descendente de 622 Mbps y canal ascendente de 155 Mbps; y un tráfico simétrico en canal descendente y ascendente de 622 Mbps. Otras características de esta tecnología es que tiene un alcance de 20

Km y con un máximo de 64 usuarios por puerto BPON [5]. Fig. 13. Redes ópticas pasivas BPON. 1.8.3 EPON (Ethernet Passive Optical Network). A comienzos de 2001, la IEEE estableció un grupo de estudio al que llamaron Ethernet en la Última Milla. Este grupo se generó un nuevo detalle de las redes ópticas pasivas, llamada Ethernet PON (EPON). La diferencia de esta arquitectura con respecto a las anteriores es que no transporta las celdas ATM, sino lo realiza directamente en tráfico nativo ethernet. Utiliza el estándar 8b/10b (línea de codificación) y a medida que es posible, conserva el espíritu de la recomendación 802.3, que incluye el uso full dúplex de acceso[5]. Un aspecto importante que muestra esta tecnología la optimización en el tráfico IP frente a la típica ineficiencia de las tecnologías basadas en ATM. También, la interconexión de equipos EPON es más sencilla que la interconexión de tecnologías APON/BPON, GPON puesto que no necesita arquitecturas SDH para efectuar el transporte WAN [5]. Fig. 14. Redes ópticas pasivas EPON. 1.8.4 GPON (Gigabit Passive Optical Network). Según el estándar ITU-T G.984 una red GPON se encuentra constituida por un sistema de terminación de línea óptica (OLT, optical line termination), una unidad de red óptica (ONU, optical network unit) o una terminación de red óptica (ONT, optical network termination) con una red de distribución óptica (ODN, optical distribution network) que permite su interconexión, Generalmente hay una relación de tipo uno a muchos entre la OLT y las ONU/ONT [4]. Fig. 15. Estructura red GPON 1.9 REDES GPON VS OTRAS TECNOLOGÍAS. 1.9.1 ADSL DE SEGUNDA GENERACIÓN VS RED GPON. La tecnología ADSL es de las arquitecturas más comunes en el mundo utilizadas para la conexión a Internet. No obstante, redes de nueva generación y tecnología basadas en fibra óptica y en especial el estándar GPON, han llamado la atención de todos los proveedores, medios de comunicación y usuarios debido a las velocidades que se pueden alcanzar en la transmisión de datos y características como se observa en la tabla [8]. Tabla 1 Ventajas red Gpon Vs red Adsl 2 generación. Analizando la tabla 1 podemos observar que GPON es superior a ADSL ya que garantiza el acceso de un número mayor de usuarios por nodo (al poseer mayor ancho de banda), alcanza mayores distancias con mínimas pérdidas hasta el abonado reduciendo así el número de conexiones entre centrales y permitiendo así que los usuarios puedan acceder a todos los servicios, esta distribución se basa en punto a multipunto reduciendo el tendido de cables, lo que conlleva a la reducción de los costos por mantenimiento, su infraestructura de acceso totalmente pasiva al no contar con equipos activos intermedios reduciendo así el consumo alimentación y puntos de fallos [8]. En la Figura 16 (Comparación estadística tecnología entre GPON y xDSL) se observa una comparativa entre distancia vs velocidad en la transmisión de datos con las diferentes arquitecturas que trabajan de manera eficiente, sin presentar pérdidas en los servicios como: TDM, IPTV, VOD. Una vez analizados los resultados de la comparación podemos decir que el estándar GPON se mantiene constante en la transmisión de los datos mientras que ADSL pierde la consistencia en determinada distancia [8]. Fig. 16. Comparación estadística tecnología entre GPON y xDSL 1.9.2 MODELOS DE REDES GPON. Hay que considerar principalmente dos modelos de redes GPON al momento de realizar un diseño: flexibles y rígidas, las cuales se emplean dependiendo la necesidad del diseño de crecimiento de demanda proyectada [9]. 1.9.3 MODELO DE RED GPON FLEXIBLE. Las redes flexibles permiten obtener la eficiencia en el uso de puertos GPON de la OLT y escalabilidad en su crecimiento; el componente principal en este tipo de redes es el gabinete de distribución FDH (Fiber Distribution Hub), que hace posible la gestión de cables en instalaciones [9]. El FDH es el elemento pasivo que cuenta con ranuras para insertar splitters 1:32 tipo plug and play (enchufar, conectar y usar), en cuyo lado primario se conecta las fibras del cable feeder y en el secundario las fibras de la red de distribución. En la figura número 15 se presenta un armario de GPON [9]. Fig 17. Ejemplar de armario GPON - FDH De esta forma se optimiza el empleo de los puertos de la red OLT debido a que conforme crezca la red, realizamos los puentes de conexión entre la red feeder y red de distribución en el armario habilitando los puertos en orden secuencial desde el puerto uno en adelante, hasta llegar a completar el máximo de su capacidad [9]. 1.9.4 MODELO DE RED GPON RÍGIDA. En este modelo, el despliegue de la red ya se asigna un puerto de la OLT para cada sector del

área de cubierta, es así que por ejemplo en el puerto uno se asigna únicamente para los abonados que pertenecen a un determinado sector 1 y el puerto 32 para los abonados que pertenecen al sector 2 , esta segmentación rígida se produce debido a que las mangas que contienen los splitters se distribuyen en diversas aéreas geográficas claves para alcanzar mayor cobertura [9]. En la figura número 18 (Modelo de red GPON rígida) se presenta un modelo de red rígida con dos niveles de splitteo, el primero se lo coloca al final de la red y se splittea en relación 1:4 y da inicio a la red de distribución. El segundo nivel de splitteo se lo hace en relación 1:8 y se lo coloca generalmente en el interior de la caja óptica (NAP) y es donde inicia la red de dispersión. Distribuyendo de esta manera un puerto de la OLT entre 32 abonados [9].

Figura 18. Modelo de red GPON rígida

1.10 COMPONENTES DE LA RED GPON.

1.10.1 OPTICAL LINE TERMINATION (OLT).

Uno de los equipos principales es el equipo terminal óptico OLT, este equipo permite la conexión de la red de distribución con los equipos del proveedor de servicios, por lo general la OLT se encuentra ubicada en el nodo central en un rack de telecomunicaciones, dispone de diferentes equipos de enfriamiento como una tarjeta de ventiladores, también posee tarjetas que permiten la gestión y el control, tarjetas de tráfico y servicios como telefonía, las diferentes tarjetas de servicios tienen puertos que representan directamente a un hilo de fibra óptica troncal conocida como Feeder [5].

Fig. 19. OLT.

1.10.2 RED FEEDER.

Es la red troncal que permite la conexión entre el equipo ODF ubicado en el nodo central y el armario FDH, el cable de la red troncal típicamente va canalizado por ductos o de forma aérea por herrajes, hasta llegar al armario donde se encuentran ubicados los splitters [5].

1.10.3 SPLITTER.

Este dispositivo óptico pasivo, se emplea comúnmente en redes de distribución, cuando el enlace punto a punto no es capaz de satisfacer la demanda de clientes. Un splitter divide la señal de forma exacta a la original, manteniendo así la misma longitud de onda, pero con menor potencia, en el mercado existen splitters de hasta 1/128 salidas, según la cantidad de salidas pueden tener 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64 y 1/128 salidas [5].

Fig. 20. Splitter 1/8.

1.10.4 OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK (ODN).

Es toda la red óptica pasiva, en donde no se encuentran instalados ningún dispositivo activo o que necesiten de energía eléctrica para funcionar, esta red está conformada por la red troncal feeder, la red de distribución y dispersión, en la misma se encuentran ubicados los armarios, los splitters y las cajas de distribución (NAP) [5].

1.10.5 RED DE DISTRIBUCIÓN.

Esta red permite la interconexión entre en armario FDH y la caja de distribución NAP, las mismas que pueden estar ubicadas en postes de forma aérea, en pozos si es subterránea, dependiendo de esta distribución los cables de fibra óptica puede ser aéreo o canalizado [5].

1.10.6 CAJA DE DISTRIBUCIÓN OPTICA (NAP).

Conocida como NAP, realiza la conexión entre la red de distribución con cada abonado de forma individual, de tal forma es un punto específico donde se pueden realizar operaciones de mantenimiento y mediciones, en la misma se encuentran los pigtaills que permiten conectar los hilos del cable de distribución con los conectores de la NAP [5].

Fig. 21. NAP.

1.10.7 RED DE DISPERSIÓN.

Es el segmento de red constituido desde la NAP caja de distribución hasta la roseta óptica la misma que se encuentra ubicada en el Domicio del abonado, el cable utilizado en esta red se llama drop el mismo que posee solo dos hilos de fibra óptica siendo así aún más fácil su manipulación [5].

1.10.8 ROSETA ÓPTICA.

La roseta Óptica, como se observa en la figura 22, es el punto terminal de una red de acceso GPON y conecta la red de dispersión con el equipo activo ONT (Óptica Network Terminal) mediante el patchcord. En la roseta óptica se realizan mediciones o pruebas de las pérdidas en todo el enlace o sistema de comunicaciones [5].

Fig. 22. Roseta Óptica.

1.10.9 OPTICAL NETWORK TERMINAL (ONT)

Es un equipo activo el mismo que se encuentra ubicado en el domicilio del cliente, este equipo recibe la señal óptica transmitida y la convierte en señal eléctrica, este dispositivo consta de puertos para telefonía, televisión e internet, siendo así capaz de ofrecer servicios de triple-Play. A este equipo llegan todas las tramas de datos provenientes de la OLT [5].

Fig 23. ONT.

2. CAPITULO II

2.1 Introducción

Actualmente, las ciudades han convertido muchos espacios en lugares tecnológicos, ya sean lugares de esparcimiento centros comerciales, parques, centros de estudio y hogares. Estos espacios cuentan con servicios tecnológicos que demandan mayor

ancho de banda, en los sectores Banco De la Vivienda etapa 1 y 2 de la parroquia Charasol no se cuenta con un acceso a internet de alta velocidad, partiendo de esta premisa, se necesita contar primero con una infraestructura que soporte gran transferencia de datos e internet, a través de medios de transmisión y una tecnología que cubra esta demanda basada en fibra óptica, la misma que nos permite alcanzar velocidades de transmisión más altas comparadas a las otorgadas por un par de cobre, aparte de esta ventaja que posee esta tecnología, el costo es mucho más rentable y soporta sobre su infraestructura servicios convergentes de Triple-Play.

2.2 Antecedentes Penetración de Internet y Servicios en el Ecuador.

Actualmente disponemos de muchas formas de acceder a Internet, los medios más comunes de transmisión físicos o alámbricos (cable) y medios inalámbricos que nos permiten conectar nuestros dispositivos a la red. En nuestro país, ha crecido el acceso al servicio de Internet fijo mediante el uso de conexiones por fibra óptica, de tal manera que para el cuarto trimestre del año 2019 el 37,03% de las suscripciones se proveen a través de fibra óptica, 33,65% mediante el uso de cobre, el, el 21,89% a través de cable coaxial y apenas un 7,43% realizan por medios inalámbricos [2].

CONEXIONES FIJAS POR TECNOLOGIA 50.00% 40.00% 30.00% 20.00% 10.00% 0.00% 2019 2018 INALAMBRICO FIBRA OPTICA COBRE CABLE COAXIAL Fig 24.

Conexiones fijas por Tecnología. En Latinoamérica [Ecuador lidera la penetración de internet, de acuerdo a últimos datos por Internet World Stats \(a 2017\)](#). El [Ecuador](#) estaba dentro de los países más poblados con mayor penetración de internet en Latinoamérica, liderando así con el 81% sobre países como Argentina con un registro del [78,6%, Chile con el 77%, Brasil con el 65,9%, México con el 65,3%. Mientras que países vecinos: Colombia alcanza el 58,1% y Perú el 56%](#). Adicional a estos [datos](#) la firma [Hootsuite \(a enero de 2019\)](#) muestran [que el 79% de los ecuatorianos tienen acceso a internet](#) [10]. Un estudio realizado [sobre la intención de compra de internet en Ecuador \(agosto 2019\)](#), [el 97% de](#) las personas encuestadas ratificaron el uso diario del internet a través de equipos personales como un celular o smartphone (99%), [computador portátil \(70%\)](#), y [una tendencia creciente de Smart TV \(62%\)](#) [10]. Los medios más usados por los ecuatorianos revelan que la conexión a internet en el hogar es el más usado, con el 87%, existen también otros medios con altos porcentajes: el 81% dispone de internet en celular mediante plan de datos, 79%, a través de wifi, 60,7% consume televisión paga, 51,5% Netflix y 12% otras plataformas como Spotify, IPTV, HBO, entre otros [10]. Los equipos que más se utilizan los ecuatorianos para conectarse a internet son; teléfonos inteligentes el 98%, laptop 69,9%, SmartTV 62%, pc de escritorio 46,7%, tablet o ipad 34,1%, consolas de video juegos 25,3%.[10] Entre las actividades que más realizan en internet tenemos: Redes sociales 82,5%, trabajo 79,5%, información/noticias 74,2%, videos/películas 65,5%, trámites y pagos 64%, deberes/educación 62%, juegos en línea 21,8% y otros 1,3% [10]. Partiendo de estos estudios el ancho de banda mínimo para el funcionamiento correcto de aplicaciones de video (Netflix) y redes sociales que se necesita es de 5 a 8 Mbps sin considerar el número de equipos conectados lo cual limitaría aún más el ancho de banda disponible. A todos estos datos presentados, habría que sumarle el creciente uso de internet en los hogares debido a la emergencia sanitaria, esto seguramente aumentará de forma exponencial los datos registrados a partir de marzo del 2020 hasta la actualidad. El consumo [de internet en los hogares creció](#) en un [63 % en medio de la pandemia del COVID-19](#), "Antes del COVID-19 el internet solo utilizábamos para chatear en los celulares, ahora el uso se ha compartido [para tres laptops y una computadora de escritorio](#), permitiendo [que dos](#) personas adultas [trabajen y estudien dos adolescentes](#)" Relata [Karen Franco, quien a inicios](#) del mes [de abril](#) migro su plan [de 10 megas](#) a uno de 20 megas para cubrir de esta forma la nueva demanda de su hogar [11]. Hasta la segunda semana de marzo disponer de internet fijo se volvió una necesidad, de forma [opcional: 47 de cada 100 hogares en el Ecuador](#) disponían del servicio, [según cifras](#) presentadas por el [Ministerio de Telecomunicaciones \(Mintel\)](#). [11]. [Sin embargo](#), a partir [de](#) mediados de [marzo](#) este [servicio](#) paso a convertirse [en esencial debido a la cuarentena declarada](#) en nuestro país [por la pandemia del](#) virus [COVID-19 que obligó a alrededor de 425 000 empleados de más de 6000](#)

[empresas, públicas](#), privadas [y estudiantes a trabajar desde sus hogares](#) [11]. Este consumo se vio reflejado [en un aumento de aproximadamente el 40 % de tráfico de datos](#) y consumo [en internet fijo, durante las semanas de aislamiento, según el monitoreo que](#) efectúan [semanalmente la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones \(Arcotel\), a comienzos del mes de marzo pasado](#) mediante el uso [de herramientas de Business Intelligence \(BI\), con](#) el objetivo [de verificar la estabilidad](#) en los servicios [de internet fijo y móvil](#) [11]. La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), registro a mediados de marzo, apenas declarada la cuarentena en nuestro país, 12 600 abonados optaron por mejorar sus planes de internet de 20 y 30 megas [11]. Las personas con edades superiores a 30 años posiblemente recordaran el primer servicio de conexión a internet se establecía en líneas telefónicas fijas. Este servicio se facilitó con el uso de cables de par trenzado telefónicos (redes de cobre). La demanda en aumento en estos tiempos permitió lograr una mayor velocidad en [transmisión de datos impulsada por la aparición de nuevas aplicaciones,](#) siendo [necesario](#) buscar [nuevas tecnologías](#) como [xDSL \(Digital Subscriber Line\), con](#) capacidades [de transmisión simétrica y asimétrica](#) alcanzando velocidades de [128 Kbps hasta 52 Mbps](#) [12]. [Con el](#) aumento en el [uso de Internet, las redes sociales y las aplicaciones tecnológicas que](#) requerían de mayor ancho de banda, los servicios que hacían uso de las redes de cobre se volvieron muy limitados. Uno de los desafíos planteados era aumentar la velocidad de las conexiones, En la evolución xDSL, vimos marcada una limitación al tratar de incrementar su capacidad y la distancia de cobertura del servicio [12]. En el año 2008, en los primeros resultados de las pruebas de [la tecnología que](#) casualmente [se convertirían en una alternativa al](#) uso de redes de cobre se pusieron [en marcha en América Latina. Desde entonces, las redes](#) ópticas empezaron a ocupar espacios importantes debido a que han alcanzado a lo largo de este tiempo su etapa de madurez [12]. Con el pasar de años y la aparición y evolución de muchas tecnologías, algunos proveedores esta haciendo uso la fibra óptica en construcciones de redes troncales y de acceso llamadas "última milla", ofreciendo así servicios de triple play (voz, vídeo [y datos](#)) [con fibra](#) óptica hasta [los hogares de las personas](#) [12]. Las tecnologías basadas en la arquitectura FTTH ya son una realidad a nivel mundial siendo ampliamente utilizada en nuestra región. Una ventaja indiscutible de la [red óptica pasiva \(PON\) es que,](#) al ser [100% pasiva en su](#) constitución desde [la central y el suscriptor, no hay](#) [componentes](#) intermedios [necesiten energía, como es el caso de la](#) red óptica. El uso de [amplificadores en](#) servicios de [televisión por cable \(redes HFC\) en la configuración Nodo + X, donde X es mayor que cero](#) [12]. No obstante, [la](#) red de cobre continúa [desempeñando un papel importante en](#) muchos países [a](#) causa de [la alta](#) demanda del servicio telefónico, mismo que ha ido disminuyendo estos últimos años. Los proveedores que brindan servicios a nivel nacional siguen utilizando redes de cobre cubrir la demanda donde las redes de fibra óptica no han sido implementadas, debido a esto continuamos viendo gastos hasta cierto punto innecesarios en la expansión y el mantenimiento de este tipo de redes [12]. A futuro, ante una creciente migración de las redes de cobre a redes de fibra óptica. Esta evolución a la tecnología PON está solventando la mayoría de problemas de tráfico de datos, mayores velocidades de comunicación y el ancho de banda que es aún más requerido para proveer varios servicios el orden de los gigabits [12]. A parte de la red óptica (GPON), el estándar [PON está evolucionando hacia la llamada XG-PON con capacidades](#) que llegan a [10G asimétricas, XGS-PON con 10G simétrica y NG-PON2 que permite la combinación de hasta 8 longitudes de onda con 10G cada una, totalizando hasta 80G de ancho de banda por puerto](#) [12]. Fig 25. Evolución de las tecnologías para acceso a Internet. La propuesta del estudio y diseño de una red con tecnología GPON en los sectores Banco de la Vivienda etapa 1 y 2 de la parroquia Charasol, pretende mejorar la velocidad, calidad de conexión de servicios y aplicaciones a los residentes y futuros residentes en la zona de influencia. Con este diseño y estudio se determinará las ventajas de implementación de la Tecnología GPON siendo una de ellas satisfacer la actual demanda de conectividad del sector al usar mayores velocidades de transmisión en datos, vídeo y voz.

2.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En la actualidad la tecnología y las telecomunicaciones están

avanzando a gran velocidad, por tal motivo las redes que se encuentran implementadas no llegan a satisfacer las velocidades de conexión, transmisión de datos y servicios multimedia. La conexión por medio de la tecnología ADSL mediante la utilización de un par telefónico de cobre nos permite alcanzar velocidades hasta de 5Mbps, siendo esta una de las principales limitaciones de esta tecnología ya que al aumentar la distancia entre el punto de acceso y el ISP disminuye la velocidad de conexión, por ende la tecnología GPON es la más atractiva para poder alcanzar velocidades de conexión superiores al Gbps en servicios de telecomunicaciones, permitiéndonos llegar de esta forma directa a sectores como Domicilios, oficinas, edificios e urbanizaciones de los sectores Banco De la Vivienda etapa 1 y 2 de la parroquia Charasol, sectores muy poblados y por ende con demanda en velocidades de conexión y transmisión de datos.

2.4 OBJETIVO GENERAL: Realizar el estudio y diseño de una red en los sectores Banco de la Vivienda etapa 1 y 2 de la parroquia Charasol, para la conexión y transmisión de datos con el uso de la tecnología GPON, que permita proveer servicios de alta velocidad.

2.4.1 Objetivos Específicos: Objetivo 1: Establecer las necesidades de servicio de transmisión de datos en el área de influencia, a través del levantamiento de información, que permita contar con datos reales de servicio requerido. Objetivo 2: Comprobar el uso de la tecnología gpon como la más adecuada mediante el análisis de sus características y ventajas para satisfacer las necesidades de transmisión de datos del sector. Objetivo 3: Diseñar una red utilizando la tecnología GPON con el estándar FTTH para brindar un servicio óptimo y estable de transferencia de datos. Objetivo 4: Verificar la Viabilidad de la implementación de una red de datos de alta velocidad mediante presupuestos óptico y de costos de la red, para garantizar la operatividad del diseño.

2.5 Estado del arte De las fuentes consultadas, se ha tomado como referencia investigaciones a nivel provincial y nacional relacionadas a la eficiencia del diseño de redes de fibra óptica usando tecnología GPON, motivo por el cual son base para el desarrollo del proyecto de tesis planteado. En el año 2016 en la ciudad de Cuenca, se realizó un estudio titulado "Diseño de una red de fibra hasta el hogar para la Ciudad de Cuenca" [7], para diseñar una red de Planta Externa de Fibra Óptica que permita brindar el servicio TRIPLE-PLAY. Esta investigación analiza los parámetros técnicos para la implementación de una red fibra óptica utilizando la tecnología GPON y mediante cálculos matemáticos determina la rentabilidad del proyecto. En el año 2015, en la ciudad de Quito – Ecuador, se presentó una investigación titulada "Análisis y Diseño de la red FTTH con tecnología GPON para el ISP troncal en el Cantón Cañar"[13], Investigación que demostró que la fibra óptica presenta las mejores características y ventajas frente a cualquier otro medio de transmisión y proveer servicios con calidad y confiabilidad que la sociedad necesita.

3. CAPITULO III 3.1 ESTUDIO DE MERCADO. Para dar inicio al estudio de mercado se realiza una descripción de las principales empresa proveedoras de los servicios de voz, internet en el sector, en donde se detallan los planes de cada servicio con sus respectivas tarifas. Como base para el desarrollo del diseño de la red de acceso GPON se hace un análisis de la demanda de los servicios Triple Play en los dos sectores, realizando un muestreo para verificar que existe la necesidad de estos servicios, teniendo como dato el número aproximado de clientes. Empresa ofertante del servicio de internet: [Corporación Nacional de Telecomunicaciones \(CNT E.P.\)](#) Servicio de Internet, [en la tabla 2 se detallan el plan y tarifa del servicio de internet que brinda la empresa CNT E.P. Tabla 2. Planes de internet adsl que brinda la empresa Cnt.](#)

3.1.1 ANÁLISIS DE MERCADO. Se eligió a la parroquia Charasol en específico a los sectores Banco de la Vivienda etapa 1 y 2 se realizó una encuesta sobre el servicio de internet disponible en el sector, para el desarrollo eficiente de la red de acceso GPON por presentar un elevado índice de crecimiento en el sector comercial, educativo y de vivienda habiendo un alto potencial de clientes residenciales basándose en las necesidades de la población, de disponer de una mejor calidad y confiabilidad en sus comunicaciones. Uno de los objetivos planteados en este proyecto es realizar el estudio para obtener la demanda de los servicios de conexión de internet y datos que presenta el sector, adecuando la tecnología GPON para cubrir la demanda. Cabe mencionar que la mayoría de los usuarios buscan un nuevo servicio que presente mejores características y funciones que el usado actualmente, entre

ellas, una mejor calidad, mayor velocidad durante la transmisión y recepción de datos. 3.2 TAMAÑO DE MERCADO. Luego de una revisión y análisis de los datos de clientes que disponen actualmente de la tecnología XDSL se pudo cuantificar un número de 222 clientes, los cuales también poseen el servicio de telefonía e internet, y clientes que solamente disponen de línea telefónica 116, estos son clientes potencialmente idóneos a los cuales se les podría migrar a un servicio de fibra óptica. Clientes línea telefónica 166 línea + Internet Xdsl 222 0 50 100 150 200 250 Fig. 26. Número de clientes por servicio. 3.2.1 CÁLCULO DE POBLACION Y MUESTRA. Partiendo de los datos anteriores se calcula la muestra con la aplicación de la siguiente fórmula: Fig. 27 Fórmula para calcular el tamaño de la muestra. • N = tamaño de la población • e = margen de error (porcentaje expresado con decimales) • z = puntuación z . • p = proporción esperada (en este caso 0.5)[14],[15]. La puntuación z es la cantidad de desviaciones estándar que una proporción determinada se aleja de la media. Tabla 3. Puntuación Z en función del nivel de confianza. Aplicando la Fórmula: Con un número de 388 clientes efectivos, un nivel de confianza de 95% y un margen de error de 5 se obtuvieron un tamaño de muestra de 194 clientes. Hay que tener en cuenta si deseamos tener un margen de error más pequeño, debemos tener un tamaño de muestra más grande para la misma población, cuanto más alto deseamos que sea el nivel de confianza, más grande tendrá que ser el tamaño de la muestra. 3.2.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS. Mediante el análisis de resultados se podrá determinar el estado actual del servicio que se tiene en el sector, el uso que le dan al mismo y la cantidad de dispositivos que ocupan para comunicación trabajo o entretenimiento. Se aplicó una encuesta vía telefónica con la que se obtuvo los siguientes resultados: 1. ¿Qué plan de internet tiene contratado?: 1 a 3Mbps 4 a 5Mbps Clientes 45% 1 a 3 Mbps 55% 4 a 5 Mbps Fig. 28. Planes de internet contratados por los habitantes del sector. Se puede observar que más del 50 % de los clientes tienen un servicio con una velocidad superior a la velocidad mínima que se puede contratar (3 Mbps), lo que muestra un incremento en [las necesidades de ancho de banda](#) por parte [de los](#) clientes. 2. ¿Cuál es el número de dispositivos que se conectan a internet en su hogar? 1a3 4a6 7a10 Clientes 20% 25% 55% 1 a 3 Dispositivos 4 a 6 Dispositivos 7 a 10 Dispositivos Fig. 29. Número de dispositivos en los hogares. Con los resultados obtenidos en la pregunta, se determina que el 75% de clientes necesitan mayor ancho de banda en base al número de equipos que tienen conexión a internet en el hogar. 3. ¿De la siguiente lista cuáles son los dispositivos que posee Ud. en su hogar? Pc. Laptop. Smart TV. Smartphone o Tablet. Clientes PC (ESCRITORIO) 42% LAPTOP 71% SMART TV 61% SMART PHONE 92% 0% 20% 40% 60% 80% 100% Fig. 30. Dispositivos que poseen las personas en sus hogares. En los domicilios del sector de estudio la presencia de dispositivos inteligentes y portátiles es muy alta, dichos dispositivos según su uso y aplicación demandan mayor ancho de banda en el consumo de internet y comunicaciones. 4. ¿Esta Ud. satisfecho con el servicio de internet? SI. NO. Clientes 40% Satisfechos 60% Insatisfechos Fig. 31. Satisfacción de clientes con el servicio actual. Según el número de equipos y el ancho de banda que disponen en sus hogares el servicio de internet no cubre con la demanda de equipos y por ende el nivel de insatisfacción es elevado. 5. ¿De las siguientes actividades cuáles están realizando en su domicilio a través de internet? Entretenimiento. Estudio. Trabajo. Clientes ENTRETENIMIENTO 67% ESTUDIO 86% TRABAJO 55% 0% 20% 40% 60% 80% 100% Fig. 32. Actividades realizadas mediante internet. En la situación actual que atraviesa el país, la educación, trabajo y entretenimiento se ha tenido que realizar en línea, la mayoría de profesionales realizan sus trabajos a través de reuniones o aplicaciones de teletrabajo (escritorio remoto), los estudiantes desde el nivel escolar hasta postgrados reciben de igual forma sus clases virtuales en diferentes plataformas donde el uso de internet se ha vuelto un servicio básico en los hogares. Este servicio de internet debe cubrir con la demanda de comunicaciones tanto en tráfico de envío como de recepción de datos, el entretenimiento en tiempos de cuarentena ha crecido significativamente ya que la mayoría de personas y hogares hacen el uso de un Smart tv para poder visualizar películas o series en plataformas como Netflix. 3.2.3 CÁLCULO DE LA DEMANDA PROYECTADA. El crecimiento de la tasa poblacional en el Ecuador es del 1.54%, de

[acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC](#). Se procede a calcular la demanda proyectada para un tiempo estimado de 10 años, iniciando con una demanda efectiva del número de clientes que existen actualmente en el sector: 338 y mediante el uso de estimación de tasa de crecimiento asumida se obtienen los siguientes resultados: Tasa de crecimiento anual = 1.54% Factor de crecimiento anual = $1 + 0.0154 = 1.054$ El número de clientes esperados para cada año = la del año anterior por el factor. 700 600 500 400 300 200 388 100

DEMANDA PROYECTADA	Numero de Clientes	408	430	453	477	502	529	557	587	618	651	0	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Fig. 33. Demanda Proyectada para 10 años.																							

3.3 MEMORIA TÉCNICA: Estudio y diseño de la red de acceso GPON en el sector Banco de la Vivienda Etapa 1 y 2. 3.3.1 INTRODUCCIÓN. La herramienta utilizada para realizar el diseño es AutoCAD en su versión 2020, el objetivo principal de este software es el diseño de planos, para lo cual ofrece una amplia librería de recursos como: colores, tipos y grosor de líneas para tramados, posee un sistema de capas que brinda una libertad de trabajo única que permite tener bien organizados los diferentes elementos que conforman en diseño, plano que se esté desarrollando. Con el objetivo de que en este sector se pueda disponer de un servicio de telecomunicaciones que soporte grandes volúmenes de tráfico y velocidades optimas de conexión se realizó el estudio y diseño del presente proyecto de ingeniería de red en telecomunicaciones con tecnología FTTH, con el uso de una red GPON. Los criterios de diseño realizados en el presente trabajo se fundamentan en las recomendaciones y estándares [aprobadas en la Unión Internacional de Telecomunicaciones \(UIT O ITU\) en la serie G \(Sistemas y Medios de Transmisión, Sistemas y Redes Digitales\)](#). En el área de estudio existen viviendas, urbanizaciones nuevas y en construcción por lo que este proyecto está diseñado para satisfacer la demanda actual y futura del sector. Fig. 34. Vista del Sector Banco de la Vivienda Etapa 1 y 2.

3.3.2 DISEÑO GEORREFERENCIADO. Para realizar el diseño es necesario obtener la planimetría georreferenciada del área de estudio, estos datos se pueden obtener de fuentes confiables como: IGM, INEC, Municipios, Consejos Cantonales, entre otros. Ésta es de gran valor y una mayor eficiencia en el diseño. Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta una vez obtenida la planimetría digital es verificar la escala, la misma debe ser en 1:1 de esta manera podemos garantizar que las distancias y longitudes son reales. Fig. 35. Planimetría del Sector. Para el diseño se utilizó la planimetría publicada en el Geo portal de la Empresa Eléctrica Azogues, la misma que a más de tener el catastro actualizado del sector cuenta ya con la postearía existente georreferenciada, la cual se utiliza para proyectar el diseño de red y sus componentes, garantizando así un diseño exacto y evitando en gran parte el tiempo de trabajo, levantamiento de información y georreferenciación en campo, que actualmente es limitado por el aislamiento producto de la emergencia sanitaria por covid- 19. Esta planimetría tiene también datos catastrales que son de suma importancia para saber la ubicación de los domicilios de los clientes que disponen del servicio eléctrico y potenciales clientes para el estudio. Fig. 36. Planimetría con información catastral. 3.3.3 EXTRACCIÓN DE LA INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA. Pasos para recolección de Información Georreferenciada para diseño de Redes PON (Fuente Sistema de Información Geográfica de la EEA). 1.- En función de la base de datos de infraestructura de EEA. (Base de datos de distribución publica disponible para descarga en página WEB EEA). Fig. 37. Análisis del Sistema de información Geográfica. 2.- Con uso de software ArcMap, licencia estudiantil, se efectúa el siguiente procedimiento: 2.1.- Crear un polígono para delimitar área de cobertura (cerco geográfico): (Cerco_D01_Gpon.shp). Para crear este cerco se toman puntos o coordenadas que están debidamente georreferenciados delimitando así nuestra zona de trabajo, en la siguiente tabla se presentan los puntos que corresponden a las coordenadas del cerco de estudio. id y x 1 9691748,332 745141,27 2 9691556,299 745589,34 3 9691472,329 745314,06 4 9691918,654 745627,59 5 9691667,178 745305,77 6 9692258,807 745388,61 7 9692252,241 746138,11 8 9692066,403 746146,17 Tabla 4. Coordenadas del cerco. Fig. 38. Delimitación del cerco geográfico. 2.2.- Con ayuda del cerco generado se extrae la información necesaria para el diseño. 2.2.1 Efectuar Clip (corte) de capa MANZANAS DB EEA, y creación de vector

tipo polígono Manzanas_Gpon_PR.shp. Fig. 39. Corte de capa manzanas y creación del polígono. 2.2.2 Efectuar Clip (corte) de capa PARCELAS DB EEA, y creación de vector tipo polígono Parcelas_Gpon_PR.shp. Fig. 40. Corte de capa parcelas. 2.2.3 Efectuar Clip (corte) de capa VIAS DB EEA, y creación de vector tipo línea Vias_Gpon_PR.shp. Fig. 41 Corte de capa vías. 2.2.4 Efectuar Clip (corte) de capa POSTES DB EEA, y creación de vector tipo PUNTO Postes_Gpon_PR.shp. Fig. 42 Corte de capa postes. 3.- Se procede a diseñar red de distribución GPON mediante la ubicación de elementos CAJAS y Fibra. 3.1 Creación de capa vectorial tipo Punto para representación de NAP`s NAP_GPON.shp. Figura 43. Creación de la Capa Nap. 3.2 Creación de capa vectorial tipo línea para representación de ruta de fibra óptica. Fig 44. Creación de la capa feeder. 4. Resultado de sobreposición de capas (archivos vectoriales .shp). Fig 45. Sobreposición de todas las capas. 5. Mediante la herramienta conversión TO_CAD se los archivos .shp a un documento .dwg (AutoCAD), la exportación puede ser total o por capas. Fig 46. Exportación de archivos a AutoCAD. 6.- Se procede a editar archivo .dwg confórmeme los requerimientos de diseño establecidos para la red para cada capa CAD_GPON_PR_CHARASOL_export.DWG. Fig 47. Edición del archivo en AutoCAD. 7.- Resultado final de edición Red_GPON_PREYES_CHARASOL.dwg Fig. 48. Resultado de la edición de planimetría y diseño de red. e! H 00(96)(1..96) 3.4 CONSIDERACIONES DEL DISEÑO. 3.4.1 RED FEEDER. También conocida como fibra troncal, de acuerdo a la normativa vigente en la figura 50 (Esquema red Feeder) se encuentra representado el modelo de red desde la OLT hasta la manga troncal con una distancia de 110 metros, que se ha diseñado para el sector se encuentra identificada de la siguiente forma: FT01_00_00(96)(1..10). FD_01_00_00(96)(1..96) HILOS ACTIVOS O DISPONIBLES DESDE EL ELEMENTO DESDE DONDE PARTE EL CABLE CAPACIDAD DE HILOS DE FIBRA ÓPTICA DEL CABLE ORDEN DE DERIVACION DEL CABLE MADRE ORDEN EN QUE SALE DEL ARMARIO GPON FIBRA DE DISTRIBUCION F.O. 96 HILOS G.652D – CUMBAYA - FEEDER 01 DESCRIPCION DE LA FIBRA OPTICA Y ELEMENTO Fig. 49. Identificador del cable de fibra óptica. Uno de los componentes principales de esta red es la manga troncal donde se realizará el primer nivel de splitteo 1:8, se alojarán 10 splitters los mismos que alimentarán las tres redes de dispersión con sus respectivas reservas de cable de fibra. Fig. 50. Esquema manga troncal. Fig. 51. Esquema red feeder. 3.4.2 RED DE DISTRIBUCIÓN. Esta red es la parte intermedia de la ODN (Optical Distribution Network), la misma que se encuentra ubicada a continuación de la manga troncal de la red feeder, esta red culmina su extensión en cada uno de los splitter ubicado en las cajas ópticas NAP. En la figura 52 se muestra la red de distribución la misma que se ha diseñado para brindar el servicio de telecomunicaciones al sector Banco de la Vivienda Etapas 1 y 2, en las misma se puede apreciar que es de gran extensión ya que cubre toda el área de interés, con el objetivo de centrar cada NAP entre 8 abonados o clientes. Fig. 52. Esquema Red de Distribución. Nuestra red de distribución se encuentra conformada por tres sub redes de distribución: FD01_00_00(48)(1.. 24) FD02_00_00(48)(1.. 16) FD03_00_00(48)(1.. 40) La fibra de distribución FD01 está conformada por serie A hasta la serie F (A, B, C, D, E, F) de las NAPs, cabe indicar que cada serie se encuentra compuesta por 4 NAPs por ejemplo: serie A = A1, A2, A3, A4, en esta red se encuentra la NAP más distante, la NAP A1 a una distancia de 1343 metros de la manga troncal. Fig. 53 Esquema fibra de distribución FD01. De la misma forma la fibra de distribución FD02 está constituida por la serie G hasta la serie J (G, H, I, J) siendo esta la red más pequeña. Fig. 54. Esquema fibra de distribución FD02. Por último, tenemos la fibra de distribución FD03 que se encuentra conformada por las series restantes, serie K hasta la serie T (K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T) esta red de distribución es la más grande en el diseño ya que aquí se encuentra la mayor cantidad de predios poblados por ende potenciales clientes del servicio. Fig. 55. Esquema fibra de distribución FD03. 3.4.3 RED DE DISPERSIÓN. Esta red conforma la última milla de la red FTTH, es el tramo que se encuentra comprendido desde la salida del splitter de las NAPs, hasta la roseta óptica la misma que se instala en el domicilio de cada cliente. Fig 56. Esquema red de dispersión. Cada NAP pertenece a un área de dispersión, como se aprecia en la figura 56 (Esquema de Red de Dispersión) se han posicionado de tal manera que cubran un área de 6 a

8 predios, con lo cual se garantiza que se podrá llegar a la totalidad de abonados del sector de estudio, en el diseño se ha creado una capa que se denomina límite de dispersión para cada NAP la misma que se muestra en color rojo.

3.5 PRESUPUESTO ÓPTICO. Los elementos que aportan a la atenuación de la señal son: los ODF, los conectores, las fusiones, los splitters cuya atenuación depende del número de puertos en que se divida la señal; y la FO propiamente dicha, cuya atenuación depende de la longitud de onda de medición. La atenuación máxima de la red ODN no debe superar los 28 dB. Esta restricción obedece a los umbrales de trabajos de los equipos OLT y ONT, para lo cual se considera el peor caso en cuanto a niveles de atenuación. Los valores umbrales usados se basan en la Norma ITU-T G.984 que define las redes GPON. En base a lo anterior se definen los siguientes valores: Se establece un margen de resguardo de 3 dB. Este margen tiene por objeto absorber las posibles modificaciones que se presenten a futuro en el tendido de la red, y que impliquen aumento en la atenuación de las ODNs. VALORES DE UMBRAL EN OLT: Potencia Mínima de Emisión: +1,5 [dBm] Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm] Sensibilidad Mínima: -28 [dBm] Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm] VALORES DE UMBRAL EN ONT: Potencia Mínima de Emisión: +0,5 [dBm] Potencia Máxima de Emisión: +5 [dBm] Sensibilidad Mínima: -27 [dBm] Saturación en Rx: Para Potencia recibida mayor a -8 [dBm] Con los datos expuestos se procede a calcular el presupuesto óptico para la NAP más distante, para esto se suman las pérdidas que se dan en conectores, fusiones y en la distancia total del cable de fibra óptica desde la OLT hasta la NAP, en la figura 56 (Presupuesto óptico) se detallan todos estos valores y se muestra el resultado obtenido en el peor de los casos para la NAP A1 obteniendo un valor de 24.19 dBm el mismo que se encuentra por debajo del umbral máximo permitido para su óptimo funcionamiento que es 28 dBm. Fig. 57.

Presupuesto óptico. 3.6 MÓDULO HUAWEI SMARTAX MA5603T. Para que la plataforma F01S300 se la pueda configurar como OLT para exteriores se requiere que se implante un módulo Huawei SmartAX MA5603T, el cual provee gran densidad de tráfico para ser utilizado en GPON y tiene una cantidad media en cuanto a slots de servicio, estando conformado por 6, adicionalmente existe otras variaciones de módulos para mayor cantidad de clientes como el modelo MA5600T que cuenta con 16 slots de servicio, y para menor cantidad de clientes MA5608T que presenta 2 slots de servicio, en la figura 58 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., Huawei SmartAX MA5600T) se presenta la estructura típica de la red de acceso del módulo MA5603T [9],[16]. Fig. 58. Estructura típica de red de acceso de MA5603T. Las características principales de sus atributos GPON son: ? Número de puertos por tarjeta 16. ? Sensibilidad de potencia recepción por puerto -35 dBm. ? Número máximo de direcciones MAC (Media Access Control) Soportado 32768 ? Radio MAX splitter 1:128. ? Distancia máxima de fibra 20 Km. ? Longitud de onda operativa Tx: 1490 nm / Rx: 1310 nm. ? Velocidad por puerto del módulo SFP (Small Form-factor Pluggable. transceptor): de Tx: 2.488 Gbit/s / Rx: 1.244 Gbit/s. ? Potencia óptica de salida mínima: 6 dBm. ? Potencia óptica de salida máxima: 10 dBm [9][16]. Luego de revisar las características indicadas por el fabricante de la OLT (Tx: 2.488 Gbit/s / Rx: 1.244 Gbit/s), y los resultados obtenidos en nuestro presupuesto óptico podemos determinar lo siguiente: ? ? ? Estándar GPON: velocidad en bajada 2488,320 Mbit/s Nivel de Splitting en la red FTTH: 1:8 en el Manga troncal y 1:8 en cada NAP. Número de usuarios "por fibra": 8 en NAP x 8 NAPs = 64 usuarios. Lo que vendría a representar nuestro nivel de splitteo 1:64. ? Velocidad disponible para cada usuario: 2488,320 / 64 = 38,88 Mbit/s.

3.7 PRESUPUESTO DE VOLUMEN DE OBRA. El presupuesto se realiza tomando en cuenta los valores que actualmente rigen en el mercado y se incluye el valor de la OLT a un costo de \$1500, los elementos constitutivos de la red feeder y de distribución, cuyo valor se detalla en la tabla 5. El costo total sería de \$40543,09. Tabla 5. Presupuesto volumen de obra. Si se considera la expectativa de 388 clientes iniciales, con un plan de servicio de 20x20 Mbps, con un valor promedio en el mercado de \$27.89, se tendría un ingreso mensual de \$10821.32, cubriendo el total de la inversión en los 4 primeros meses de la implementación del servicio. Tabla 6. Planes de internet gpon que brinda la empresa Cnt.

CONCLUSIONES ? Con los resultados del estudio de mercado se determinó que en el sector el servicio existente de

acceso a internet no cubre con las demandas actuales de los clientes y el nivel de satisfacción de los usuarios es del 35% con las velocidades contratadas. ? ? ? El uso actual que le dan los usuarios del sector al servicio de internet, en teletrabajo y estudio mediante sesiones virtuales ratifica la necesidad de mayor velocidad en los servicios. Una red FTTH es totalmente escalable a diferencia de sistemas basados en medios de transmisión inalámbrico y cobre, cuyas limitaciones se ven reflejadas en el ancho de banda y distancias de cobertura respectivamente. Nuestra red de acceso de fibra óptica FTTH, mediante el estándar GPON es la tecnología actual que mejor se adaptó a los requerimientos del sector ya que nos permite brindar servicios convergentes de grandes capacidades de transmisión de datos logrando así satisfacer las necesidades de los usuarios. ? Con este estudio se confirma la factibilidad técnica para su implementación, ya que con este tipo de arquitectura se abaratan los costos de los servicios y se aprovecha toda la infraestructura de cobre existente, canalización, portería necesaria para poder realizar la implementación de la red. ? ? El cálculo de presupuesto óptico con una pérdida de 24.19 dBm (en el caso más crítico) no afecta el rendimiento de la red y que ésta se mantiene dentro de los rangos óptimos operativos Al ser una zona residencial en rápido crecimiento, se requiere el despliegue de esta tecnología, dejando la posibilidad de que se sumen clientes a futuro con una proyección a 10 años. Por lo que el uso de cables de gran capacidad en la red feeder como de distribución garantiza la escalabilidad de la red para futuras ampliaciones. RECOMENDACIONES ? Debido a la constante migración hacia las comunicaciones ópticas se recomienda para proyectos similares, proyectar reservas para futuros clientes, convirtiendo así a la red en un sistema escalable. ? Un aspecto importante para que el diseño de una red sea rentable y accesible físicamente a todos los usuarios es tener un límite de dispersión adecuado, en el cual cada NAP pueda cubrir el máximo de clientes. ? Según la potencia de transmisión de la OLT, tomar muy en cuenta los estándares empleados a nivel nacional, la longitud del tendido de fibra óptica no debe superar los 6 km. ? Tener muy en cuenta la demanda existente y proyectada, en su futura construcción no sobredimensionar la red lo que influiría directamente en el costo de la misma volviéndose así un gasto innecesario al momento de construir la red al no contarse con clientes en determinado sector. ? ? Verificar las estructuras aéreas o subterráneas se encuentran habilitadas para la futura construcción de la red. Cerciorarse con los organismos municipales y en este caso la empresa eléctrica, de que no existan proyectos de regeneración de vías y mejoras eléctricas que conlleven a un cambio de postería. ANEXOS ANEXO A: SIMBOLOGIA DE PLANTA EXTERNA ANEXO B: PRESUPUESTO VOLUMEN DE OBRA 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63