



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DWDM EN UNA RED GEON PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CUATRO SERVICIOS (VOZ, DATOS, IPTV Y CÁMARA IP) PARA LA URBANIZACIÓN BOSQUES DE LA COSTA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL “.

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del Título de:

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

ING. PEDRO JAIRÓN AYALA ESPINOZA

ING. DIEGO ROGELIO PAGUAY VARGAS

Guayaquil – Ecuador

2018

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme haber llegado hasta esta etapa de mi vida, a mis padres que aún me acompañan por el camino de la vida con sus consejos y recomendaciones.

A todos los docentes que hasta el día de hoy han conformado parte de mi formación personal y profesional. A mi esposa e hijo que son ahora pilares fundamentales de este nuevo inicio. A mis hermanos que en su debido tiempo también colaboraron con su grano de arena para que yo alcance este logro que también lo considero como suyos. A todo el grupo de compañeros que de una u otra forma hizo que este proyecto de titulación sea más tolerable ya que aportarán con su conocimiento en la resolución de los distintos desafíos que esta presentó.

Al Dr. Fredy Villao por la gran ayuda brindada en este proyecto. Por todo el conocimiento compartido, por su pasión por enseñar y dejar su legado a través de nosotros sus queridos alumnos.

Ing. Pedro Jairon Ayala Espinoza.

Mi sincero agradecimiento principalmente a Dios por ser el proveedor y el sustento durante este proceso y darme fuerza para culminar este proyecto, además a las personas que han hecho posible la realización del presente proyecto de titulación y en especial gratitud a todos mis compañeros y compañeras que estuvieron involucrados en el presente proyecto de titulación por su incondicional apoyo en los momentos críticos.

Al Dr. Freddy Villao, por su valiosa colaboración, la paciencia que tuvo y el apego que demostró durante la realización del Presente proyecto quien con nobleza y entusiasmo depositó en mí sus vastos conocimientos. Y a la prestigiosa ESPOL, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación por las enseñanzas en ella recibidas.

Ing. Diego Rogelio Paguay Vargas.

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación esta dedicado a Dios y de forma muy especial a mis padres, a mis hermanos, a mis sobrinos a mi amado hijo Dante, el cual me motiva a ser una mejor persona cada día. A mi esposa que tuvo la voluntad necesaria para ayudarme en este reto que emprendimos.

Ing. Pedro Jairon Ayala Espinoza

Este trabajo está dedicado para mis seres queridos presentes, igual para aquellos que ya no están presentes pero que dejaron su huella en mí y que brindaron de alguna manera su apoyo para este nuevo clico profesional.

Ing. Diego Rogelio Paguay Vargas

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Cesar Martín, PhD.

SUBDECANO DE LA FIEC

Freddy Villao Quezada, PhD.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Ms. C. Juan Romero

MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”.

Ing. Pedro Jairón Ayala Espinoza

Ing, Diego Rogelio Paguay Vargas

RESUMEN

El presente proyecto expone el estudio y análisis de los sistemas DWDM (multiplexado denso por división en longitudes de onda) en una red GEPON, para proveer 4 servicios (voz, datos, iptv y cámaras ip) en la Urb. Bosques de la Costa de la ciudad de Guayaquil, dicha urbanización sufre de constantes fallas con los servicios tales como telefónico o tiene los servicios por separado de diferentes proveedores.

Esta investigación se direcciona hacia la caracterización de los sistemas DWDM en red GEPON y sus grandes beneficios como son las bajas tasas de pérdida de señal, la gran capacidad de transmisión y un alto grado de confiabilidad en los distintos tipos de redes haciéndolas inmunes a las interferencias electromagnéticas de radio frecuencia, convirtiéndose en un medio sumamente seguro de transmisión de señales.

Se pretende proveer 4 servicios (voz, datos, iptv y cámaras IP) de excelente calidad por lo que se determinará el tipo de red más apropiado como propuesta para ser implementado dentro de la Urb. Bosques de la Costa, dicha red se basa bajo las conclusiones obtenidas de los diversos tipos de investigación aplicados en el campo de estudio, adquiriendo una red GEPON con la que se puede brindar no solo un servicio si no varios servicios de calidad, finalmente se detallan los presupuestos referenciales para la implementación del diseño con el fin de tener una mejor percepción del costo de implementación del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN	vi
CAPÍTULO 1	1
1. Planteamiento de la Problemática	1
1.1 Identificación del Problema	1
1.2 Justificación	4
1.2.1 Mercado Objetivo	4
1.2.2 Seguridad	5
1.2.3 Costo de Implementación	5
1.3 Solución Propuesta	6
1.3.1 Metodología del Diseño	6
1.3.2 Pertinencia Legal	7
1.4 Objetivos de la Tesis	8
1.4.1 Objetivo General	8
1.4.2 Objetivos Específicos	8
1.5 Metodología	8
1.6 Alcance	9
CAPÍTULO 2	11
2. Estado del Arte	11
2.1 Telecomunicaciones	11
2.1.1 Tipos de Redes de Fibra Óptica	12
2.1.2 Tecnología de las Redes Ópticas	13
2.1.3 Transmisión de Datos	16
2.1.4 Fibra Óptica	18
2.2 Canales de Transmisión	27

2.2.1	Televisión	27
2.2.1.1	Concepto	27
2.2.1.2	Tipos	28
2.2.1.3	Tecnología de transmisión de la IPTV	30
2.2.2	Internet	31
2.2.2.1	Tipos de Conexiones	31
2.2.2.2	ISP	34
2.2.2.3	Tecnología de Transmisión	34
2.3	Marco Conceptual	35
2.4	Técnicas de Transmisión de Señales	36
2.4.1	Aplicaciones	38
2.4.2	Tecnología DWDM	39
2.5	Tecnología utilizada que comparten canales de Transmisión en Ecuador	41
2.5.1	Características Técnicas	41
2.5.2	Elementos de la Transmisión de señales	42
2.5.3	Transmisión de Señales	43
2.6	Acceso GEPON	48
2.6.1	Introducción	48
2.6.2	Estructura GEPON	49
2.6.3	Operación de Tecnología GEPON	51
2.6.4	Tecnología de la red GEPON	51
CAPÍTULO 3		53
3.	Diseño de la Propuesta	53
3.1	Justificación	53
3.2	Consideraciones iniciales para el diseño de una red GEPON	54
3.2.1	Alcance del proyecto	54
3.3	Descripción general	55
3.3.1	Estructura de la red GEPON	55
3.3.2	Niveles de potencia en las redes GEPON	59

3.3.3	Cálculo del enlace	60
3.4	Diseño de la Red GEPON	63
3.4.1	Localización Geográfica	63
3.4.2	Análisis de rutas	64
3.4.3	Diagrama lógico de la red	67
3.4.4	Diagrama físico de la Red	69
3.4.5	Selección de Equipos	71
3.4.6	Determinación y Ubicación de equipos a utilizar	73
CAPÍTULO 4		87
4.	Estudio de Factibilidad	87
4.1	Factibilidad Operativa (Diseño de la red)	87
4.1.1	Mapeo y Localización Geográfica	87
4.1.2	Estructura montable y desmontable del proyecto	88
4.2	Factibilidad económica	88
4.2.1	Equipamiento GEPON	88
4.2.2	Análisis de mercado, servicios ofrecidos y tecnología utilizada	89
4.2.3	Evaluación Financiera	91
4.2.3.1	Valor Actual Neto	92
4.2.3.2	Tasa Interna de Retorno	92
4.2.3.3	Relación Costo/Beneficio	93
4.2.3.4	Punto de Equilibrio	93
CONCLUSIONES		94
RECOMENDACIONES		95
BIBLIOGRAFÍA		96
ANEXOS		104

INTRODUCCIÓN

La utilización de los sistemas DWDM dentro de una red GEPON permite aumentar de una forma económica la capacidad de transporte, ya que uno de los aspectos dominantes en el campo de las telecomunicaciones sigue siendo la creciente demanda de ancho de banda.

En el capítulo 1 se desarrolla la problemática que posee los proveedores de servicio con respecto al salto a una capacidad mayor. La mejor alternativa que tienen los operadores consiste en DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), que permite aumentar de una forma económica la capacidad de transporte de las redes existentes, por tanto, bajo esta premisa se plantea como solución la implementación de los DWDM dentro de una red GEPON, para la Urb. Bosques de la Costa.

El capítulo 2 contiene definiciones de los diferentes tipos de tecnología en redes de acceso del cual se destaca el por qué se escogió la tecnología GEPON, presentando la arquitectura del sistema con sus respectivos bloques funcionales tales como la OLT, ODN y ONU. Finalmente, el estudio de la tecnología DWDM en el despliegue del modelo de red con los elementos necesarios para satisfacer la necesidad actual y cubrir la demanda que se pudieran presentar en años subsiguientes.

En el capítulo 3 se desarrolla el diseño de red FTTH para la Urb. Bosque de la Costa de la ciudad de Guayaquil, donde se destaca la demanda actual y futura en base al levantamiento de información de la localidad, la cual nos ayuda a determinar la ubicación de los equipos de acuerdo al presupuesto óptico obtenido. Finalmente, se presenta la estructura del diseño utilizando el software AUTOCAD 2017.

En el capítulo 4 se realiza un detalle de los equipos y fabricantes con el propósito de obtener un correcto presupuesto económico que se refleja en el volumen de la obra, concluyendo con la entrega del flujo de caja para ver si es factible el presente proyecto.

CAPITULO 1

1. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

1.1 Identificación del Problema

En la actualidad estamos asistiendo a una auténtica revolución de las comunicaciones avanzadas, derivada principalmente de la liberalización del sector y del crecimiento de los usuarios de Internet, los servicios de datos y la telefonía móvil. Entre las soluciones que tienen la mayoría de los proveedores de telecomunicaciones para satisfacer este aumento de la demanda de tráfico están las de instalar fibra óptica, aunque esta es una solución costosa y en algunos casos inviable.

No obstante, el principal problema al que se enfrentan los proveedores de servicio es el relacionado con el salto a una capacidad mayor. La mejor alternativa que tienen los operadores consiste en DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), que permite aumentar de una forma económica la capacidad de transporte de las redes existentes.

La técnica DWDM (Multiplexación por división en longitudes de ondas densas con sus siglas en inglés) suministra espaciamientos de canales de 50 GHz (0,4 nm), 100 GHz (0,8 nm) o 200 GHz (1,6 nm), donde se pueden colocar varios cientos de longitudes de onda en una sola fibra. La mayoría de los sistemas DWDM típicos utilizan 40 u 80 canales, aunque se pueden alcanzar los 160 **(EXFO, 2015)**. Esta característica, permite utilizar una red óptica existente, para redimensionar la transmisión de los hilos de fibra en canales independientes que permiten transmitir por el mismo hilo varias señales ópticas, de modo que maximiza el uso del mismo y aumenta la cantidad de datos transmitidos a la misma velocidad, generalmente para garantizar el óptimo funcionamiento se lo utiliza en redes a corta distancia, aunque en la actualidad ya se han desarrollado

diversos dispositivos que permiten el uso de ésta tecnología a grandes distancias.

Entre las tecnologías más interesantes del momento, esta GEPON, compuesta de fibra óptica que permite una mayor velocidad de transmisión y recepción de datos a través de una sola fibra, con una arquitectura de punto a multipunto, entre sus usos varios esta la fibra óptica al hogar (FTTH), o a un edificio (FTTB). Permiten el acceso Triple Play (Video, Voz y Datos), surgió con la necesidad de potenciar las redes de cobre, que en un momento se llegó creer que eran obsoletas. Ahora la fibra óptica de última tecnología, brindan soluciones adecuadas a cada necesidad. Entre las características de GEPON encontramos: velocidad: 2,4 Gbps (downstream) / 1,2 Gbps (upstream), distancia máxima (lógica): 60 km, distancia máxima (física): 20 km, seguridad a nivel protocolo: Cifrado.

Gran parte de las redes de comunicaciones se apoyan en la transmisión a través de fibra óptica, las mismas que manejan diversos canales de transporte y comparticiones para ofrecer diversos servicios tales como televisión e internet en el mismo canal, haciendo que el canal de transmisión maneje un óptimo rendimiento tanto en espacio para la transferencia de datos como el valor operativo de la logística de su implementación.

Camino a la actualización de mejorar el servicio, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) optimiza el servicio que brinda mediante la instalación de la nueva infraestructura de red de fibra óptica con tecnología GPON que se puede observar en la figura 1.1, mediante la cual dan un servicio con mayor velocidad en la conexión de internet y la transmisión de datos.

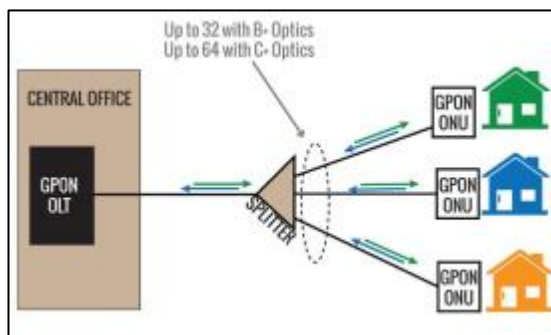


Figura 1.1: Esquema de la Red GPON

Fuente: (Gigabyte Passive Optical Networks , 2017)

En la actualidad la demanda de ancho de banda por parte de los clientes de las redes cada vez es mayor, debido al aparecimiento de nuevos servicios ofrecidos por las operadoras, entre los cuales se destacan: redes privadas virtuales, telefonía sobre IP, videoconferencia, televisión de alta definición, video sobre demanda, juegos en línea. Actualmente, la red GPON solo transmite voz y datos en sus canales de distribución sin haberse explotado la opción de transmitir video e integrarse con otros servicios como IPTV y Cámaras IP como servicios complementarios donde se aprovecharía de manera óptima toda la infraestructura de la red.

La demanda de las redes internas de los usuarios, unido al formidable crecimiento del tráfico de Internet, acentuaron el problema presente hoy en las redes de acceso, el ancho de banda disponible, formando un cuello de botella en la última milla de la red (la red de acceso), debido a que las tecnologías usadas actualmente (xDSL, HFC, entre otras) no soportan los nuevos servicios que la convergencia de las redes ofrece. Estos servicios solamente pueden ser sustentados en una única red mediante el uso de fibras ópticas, convirtiendo a las fibras en el mejor canal de transmisión en la actualidad, desde el punto de vista de capacidad de información.

Por ejemplo, ninguno de los proveedores ofrece el servicio de IPTV ni la de vigilancia a través de cámaras de seguridad de manera integrada a la fibra

existente, sino que usan distintos canales para transmitir señal de video en las urbanizaciones, servicio de alta demanda por los usuarios debido al riesgo delincencial en la ciudad y en el país. En este contexto, la integración de cámaras de vigilancia dentro del hogar se ha hecho meritorio para que se incluya como servicios de seguridad y vigilancia dentro de los paquetes promocionales de Triple Pack (TV digital, telefonía e internet), no como un lujo sino como una necesidad del ciudadano para lograr el bienestar y tranquilidad de su familia.

Por lo que la presente investigación propone el estudio pertinente para evaluar la factibilidad de la implementación de cuatro servicios integrados (voz, datos, IPTV y cámara IP) mediante una red GEPON para la urbanización Bosques de la Costa de la ciudad de Guayaquil en un mismo canal de transmisión a nivel nacional.

1.2 Justificación

1.2.1 Mercado Objetivo

Según los datos que informa la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), en su página web, hasta diciembre de 2017, 8.807.079 cuentas de internet móvil fueron reportadas en el país y hasta el cuarto trimestre de 2017 la densidad del servicio de internet móvil alcanzó el 52,50%. Asimismo, la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) igualmente en su página web publica que ha implementado con fibra óptica varias ciudadelas de vía a la Costa, alrededor de 30 mil puertos de internet y líneas han migrado de cobre a una nueva tecnología que permite un mayor ancho de banda y ofrecer todo tipo de servicios multimedia. La administración de CNT explicó que “durante estos 10 años se han implementado un total de 20.515 km en red de fibra óptica con tecnología GPON, lo que ha permitido conectar 200 cantones a nivel nacional”.

Estas cifras reflejan que el crecimiento de estos servicios va en aumento por la demanda y la frecuencia de uso de la misma. Cada día es mayor la necesidad

de mantenerse conectado y las empresas ofrecen diversos servicios que permiten disfrutar de manera inmediata el acceso a telefonía e internet exclusivamente.

1.2.2 Seguridad

Cabe mencionar que el servicio de video desde el acceso por cámaras es un servicio necesario para controlar la seguridad de un hogar, oficina y cualquier otro bien mueble donde se desarrollen las actividades diarias, sobre todo las actividades comerciales y mercantiles, por lo que se vuelve necesario incluir este servicio en la convergencia de servicios que se puede ofrecer en un mismo canal de comunicación a un valor que represente una economía para el cliente.

1.2.3 Costo de Implementación

Debido a la masificación y a los bajos costos de los equipos de video vigilancia actuales, los mismos que se encuentran ya instalados en una buena parte de las residencias del caso de estudio y análisis (**Axis Communications, 2011**), se realiza una comparación entre las características de los sistemas de vigilancia analógico que incluye cámaras análogas, grabaciones basadas en servidores y Grabadores de Video Digital (DVR, Digital Video Recorder) y los sistemas de video vigilancia basado en IP que incluyen cámaras IP o de red, infraestructura IP, servidores, software de gestión de video y almacenamiento (**Armijos, 2015**).

Por lo tanto, con la complementación de estos nuevos servicios en el mismo canal de transmisión de datos que utiliza la telefonía e internet, se reducirá considerablemente el costo operativo de los paquetes de servicios ofrecidos y se apuntaría a manejar negocios inteligentes desde la perspectiva de los servicios que puede proveer la fibra óptica tanto para los consumidores como para las empresas proveedoras de estos servicios (**VALENCIA, 2008; CINTEL, 2006**).

1.3 Solución Propuesta

Dentro del mercado ecuatoriano no existe un producto que le ofrezca el servicio de IPTV y cámaras de vigilancia como parte de una solución integral que reúna la diversión, la comunicación y la seguridad que las familias ecuatorianas necesitan y que le asegure su negocio tanto a nivel operativo como a nivel financiero.

1.3.1 Metodología del Diseño

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), que significa multiplexación por división en longitudes de onda densa, es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm). Es un método de multiplexación muy similar a la multiplexación por división de frecuencia que se utiliza en medios de transmisión electromagnéticos. Varias señales portadoras (ópticas) se transmiten por una única fibra óptica utilizando distintas longitudes de onda de un haz láser cada una de ellas. Cada portadora óptica forma un canal óptico que podrá ser tratado independientemente del resto de canales que comparten el medio (fibra óptica) y contener diferente tipo de tráfico. De esta manera se puede multiplicar el ancho de banda efectivo de la fibra óptica, así como facilitar comunicaciones bidireccionales, como se puede observar en la figura 1.3.1, se trata de una técnica de transmisión muy atractiva para las operadoras de telecomunicaciones ya que les permite aumentar su capacidad sin tender más cables ni abrir zanjas (**VALENCIA PINO, 2011**).

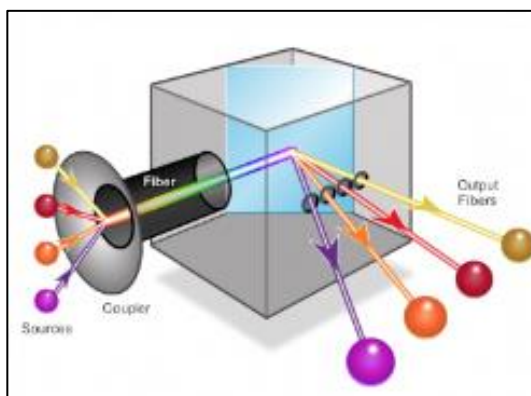


Figura 1.3.1: Multiplexación por división en longitudes de onda densas

Fuente: (Fibre optic DWDM, 2015)

También se puede integrar la IPTV denominada TV digital que es un servicio basado en la compresión, transmisión y descompresión de las señales de vídeo usadas para la incorporación de nuevos servicios y es susceptible de incorporar en el futuro señales de TV de alta definición que se ha visto enormemente impulsada por el desarrollo de estándares de codificación. La presente propuesta lograría la consolidación de todas las redes, creando una sola red que transporte todos los servicios a mayores velocidades, evaluando la mejora de tres características esenciales: mayor capacidad de transmisión de datos, confidencialidad de la información y velocidad en tiempo real. Los nuevos servicios como cámaras IP e IPTV han tenido un incremento en la última década, debido a que se han ido introduciendo numerosas mejoras técnicas con sostenibilidad económica, que facilitan el despliegue de redes de comunicaciones capaces de proporcionar los canales de transmisión suficientes para nuevos servicios, como es el caso de los sistemas DWDM (**FOSCAM, 2010**).

1.3.2 Pertinencia Legal

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones en su - TITULO II - REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES - Capítulo I - Establecimiento y explotación de redes – Artículo 12: Convergencia, señala que el Estado impulsará el establecimiento y explotación de redes y la prestación de servicios de telecomunicaciones que promuevan la convergencia de servicios, de conformidad con el interés público y lo dispuesto en la presente Ley y sus reglamentos. La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones emitirá reglamentos y normas que permitan la prestación de diversos servicios sobre una misma red e impulsen de manera efectiva la convergencia de servicios y favorezcan el desarrollo tecnológico del país, bajo el principio de neutralidad tecnológica.

1.4 Objetivos de la Tesis

1.4.1 Objetivo General

Analizar la factibilidad de la infraestructura y diseñar una red GEPON utilizando como referencia la Urb. Bosques de la Costa de la ciudad de Guayaquil, para proveer cuatro servicios (IPTV, cámaras IP, telefonía e internet).

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar la infraestructura para el proyecto considerando el medio de transmisión y los servicios ofrecidos a través de la fibra óptica.
- Evaluar los costos de implementación del multiservicio dentro del mismo canal que actualmente usan los servicios voz y datos que las empresas de telecomunicación ofrecen al mercado ecuatoriano.
- Plantear un diseño de red FTTH-GEPON utilizando la tecnología DWDM, eficaz y de alta calidad que sea idónea para brindar mayor cobertura con multiservicios dentro del mismo canal de transmisión de datos desde la última milla hacia el abonado, manteniendo estándares de calidad.

1.5 Metodología

El diseño para la presente investigación será de tipo *experimental prospectivo* debido a que se implementará un canal de comunicación que mantenga en funcionamiento una red GEPON con multiservicios, de corte *longitudinal* debido a que las pruebas deben hacerse con mediciones de rigurosidad con parámetros establecidos por los estándares de telecomunicaciones; con estudio de carácter **aplicativo**, utilizado principalmente la comparación de tecnologías utilizadas en el mercado ecuatoriano, tanto para ofertar servicios como para una comparación de infraestructuras utilizadas a nivel mundial con las mismas características requeridas aquí en el país.

Será método **descriptivo** que permitirá detallar claramente los factores relevantes para la operatividad de los diversos servicios (IPTV, cámaras IP, telefonía e internet), en el mismo canal de transmisión de datos, así como las principales características técnicas necesarias para obtener un mejor rendimiento del canal de comunicación seleccionado, se utilizará metodología mixta para apoyar la evaluación de costos en que incurren las empresas de telecomunicaciones que ofrecen estos servicios desde la evaluación de diversos escenarios tanto favorables como poco esperados, así como la gestión de medición posterior a la recolección de datos.

Como método para la recolección de datos se utilizará **cuestionarios** aplicados a los residentes de la urbanización, la misma que se enfocarán en las necesidades de la población participante, la infraestructura actual y propuesta, costos y beneficios del servicio, que permitirán mejorar la valoración de la propuesta de implementación, en la que se formulará en base a la escala de Likert.

Se utilizará la **entrevista estructurada** a expertos en telecomunicaciones, la misma que permitirá conocer en detalle el manejo de las operaciones de transmisión, transporte y distribución de señales a nivel nacional para, desde esa perspectiva, optimizar los recursos de distribución y carga operativa y técnica.

1.6 Alcance

Conocer en profundidad los sistemas DWDM, (*multiplexado compacto por división en longitudes de onda*), para la implementación de una red GEPON, a través del análisis técnico de las transmisiones y la integración de los servicios ofrecidos dentro de un mismo canal de comunicación los 4 servicios (IPTV, cámaras, telefonía e internet), en este caso IPTV y cámaras IP, como parte de un nuevo producto que ofrezcan las empresas de telecomunicaciones al mercado ecuatoriano.

Analizar la factibilidad de la infraestructura y diseñar una red GEPON que abarque la Urb. Bosques de la Costa de la ciudad de Guayaquil, donde se identifique la provisión de cuatro servicios (IPTV, cámaras IP, telefonía e internet).

Planificar la red FTTH-GEPON utilizando tecnología DWDM, respondiendo a estándares de calidad, identificando la transmisión de datos desde la última milla hacia el abonado, con características de eficaz y de alta calidad, idónea para brindar mayor cobertura con multiservicios dentro del mismo canal de transmisión.

Identificación de los costos involucrados en la implementación del multiservicio dentro del mismo canal que actualmente usan los servicios voz y datos que las empresas de telecomunicación ofrecen al mercado ecuatoriano.

CAPITULO 2

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Telecomunicaciones

Las telecomunicaciones sirven para transmitir información, pero esa información puede adquirir infinitas formas o empaquetarse de múltiples maneras, que se encuadran bajo el concepto de contenidos. Las redes y servicios de telecomunicación manejan los contenidos que pueden ser de cualquier naturaleza: películas, música, cursos de formación, páginas web, documentos, fotografías, vídeos o simple voz.

Con las posibilidades tecnológicas actuales esos contenidos pueden estar almacenados en un servidor situado en cualquier lugar y ser accesibles desde todos los lugares del planeta. Es decir, están almacenados en la “nube”, lo que permite disponer de ellos con todo tipo de dispositivos y estés donde estés. En la actualidad las telecomunicaciones son algo imprescindible para las personas, las empresas y las Administraciones Públicas y su importancia se multiplica con el número de usuarios. Cuanto más usuarios haya conectados a los sistemas de telecomunicaciones mayores son las posibilidades y las necesidades de comunicación. **(Chillida, 2016)**

En la actualidad existen una gran cantidad de normas las cuales definen cómo funcionan las redes ópticas en las telecomunicaciones y entre ellas la recomendación UIT-T G.984.1, que define una red flexible de acceso de fibra óptica capaz de soportar los requisitos de ancho de banda de los servicios comerciales y residenciales los cuales abarcan sistemas con velocidades de 2.4 Gbit/s en sentido descendente y 1.2 Gbit/s o 2.4 Gbit/s en dirección ascendente, lo cual se describe como sistemas de red óptica pasiva con capacidad gigabit (GPON), simétrica y asimétrica. Esta Recomendación propone la general característica para GPON en función de los requisitos de servicio de los

operadores. **(Recomendación ITU-T G.984.1, 2009)**

2.1.1 Tipos de Redes de Fibra Óptica

Las redes en base a fibra óptica se las denomina FTTx, es un término genérico para designar cualquier acceso de banda ancha sobre fibra óptica que sustituya totalmente el cobre del bucle de acceso. El acrónimo FTTx se origina como generalidad de las distintas configuraciones desplegadas (FTTN, FTTC, FTTB, FTTH...), que se puede visualizar en la figura 2.1.1, diferenciándose por la última letra que denota los distintos destinos de la fibra (nodo, acera, edificio, hogar...).

FTTH: Se la determina como fibra hasta el hogar, se orienta en la utilización de cables de fibra óptica (drop) y sistemas de distribución ópticos (splitter), ajustados a estos procesos para la distribución de servicios avanzados, como el duoplay (telefonía, Internet) a los hogares y negocios de los abonados. **(Recomendación UIT-T G.984.1, 2009)**

FTTC.- Fibra hasta la manzana tiene la finalidad de dar servicios de banda ancha de alta velocidad para negocios y hogares con la diferencia de acortar la distancia que viaja la conexión de la línea de cobre. Esto se logra mediante la instalación de "DSLAM de la calle" que actúan como un cambio pequeño cerca de la casa o negocio. La conexión entre estos DSLAM Street y la central telefónica es de fibra (por lo tanto de fibra hasta el gabinete). **(Recomendación UIT-T G.984.1, 2009)**

FTTN.- Fibra hasta el nodo, es una arquitectura de telecomunicaciones que se basa en cables de fibra óptica para alimentar un nodo que sirve a un barrio. Por lo general los clientes llegan a conectarse por cableado de par trenzado. El área que cubre por el gabinete es por lo general menos de 1.500m de radio y esta puede contener cientos de clientes. **(Recomendación UIT-T G.984.1, 2009)**

FTTB.- Se la nombra fibra hasta el edificio, se llega con un enlace de fibra óptica hasta el edificio o condominios, aquellas propiedades que contienen múltiples

departamentos o espacios de trabajo. La fibra óptica finaliza antes de que llegue a los suscriptores que viven o trabajan el espacio en sí, sino que llega a la propiedad que contiene ese espacio que viven o trabajan. **(Recomendación UIT-T G.984.1, 2009)**

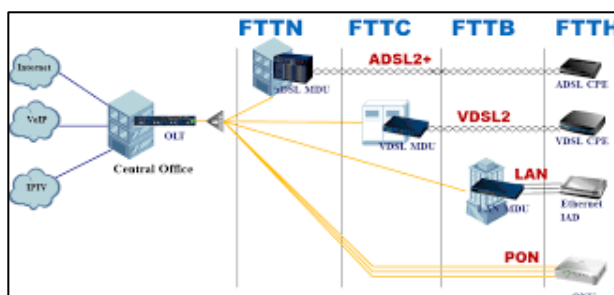


Figura 2.1.1: Tipos de redes de Fibra Óptica.

Fuente: (IP Playground, 2016)

2.1.2 Tecnología de las Redes Ópticas

Unas de las grandes ventajas que tiene la fibra óptica sobre el cable coaxial, es la posibilidad de un mayor ancho de banda y menor interferencia por ruido, es la causa principal por lo que se creó las redes PON. Una red PON es una red que les permite a los usuarios contar con un mayor ancho de banda y mejore servicio al contar con acceso por medio de fibra óptica, por lo tanto, estas redes permiten reemplazar los elementos activos en una red por elementos pasivos, lo que permite que los costos de la red se reduzcan en un gran porcentaje, las redes PON son usadas principalmente para redes FTTx. **(Tecnologías de Redes PON, 2010)**

- a) **APON (Redes Ópticas Pasivas ATM).** – De acuerdo al estándar de la ITU-T G.983, se basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrona) con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de ONUs que estén conectadas, como se observa en la figura 2.1.2 (a). Su inconveniente inicial era la limitación de los 155 Mbps que más adelante se aumentó hasta los 622 Mbps.

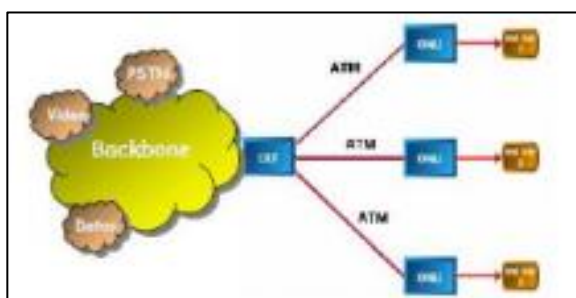


Figura 2.1.2 (a): Arquitectura básica de una red APON.

Fuente: (Gilbert & Paul, 2014)

- b) BPON (Broadband PON).** - Se define en varias revisiones al estándar ITU-T 983 de las cuales están desde la G.983.1 que es la original de esta tecnología, hasta la G.983.8. La especificación G.983.1 de B-PON define una arquitectura de forma simétrica, es decir, que la velocidad para la transmisión de datos en el canal de bajada es el mismo para el canal de subida (155 Mbps), posteriormente esta norma fue revisada un tiempo después para lograr un aumento en las velocidades de transmisión y para permitir arquitecturas asimétricas (155 Mbps de subida y 622 Mbps de bajada).
- c) GPON (Gigabit-Capable PON).** - Es otra tecnología perteneciente a la arquitectura PON, la cual está aprobada por la ITU-T en 4 recomendaciones, la G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984.4. Las velocidades manejadas por esta tecnología son mucho más rápidas, ofreciendo hasta 2,488 Gbps y la posibilidad de tener arquitecturas asimétricas. Por lo general las velocidades más usadas por los administradores de equipos con arquitectura GPON usan velocidades de 2.488 Gbps para el canal de bajada y de 1.244 para el canal de subida. Esto proporciona velocidades muy altas para los abonados ya que si se dan las configuraciones apropiadas las velocidades pueden ser de hasta 100 Mbps a cada usuario.

- d) **GEPON (Gigabit Ethernet PON).** - Es una perfecta combinación de la tecnología Ethernet y la tecnología PON. Esto elimina el uso de componentes activos de fibra óptica entre OLT y ONU, disminuyendo efectivamente el costo, facilitando el mantenimiento de la red y usa tecnología WDM que permite hasta 20 Km de distancia de trabajo.

Observando la figura 2.1.2 (b), el OLT es un equipo distribuidor encargado de conectar los elementos a la red principal. A partir de este equipo se obtiene varias trayectorias, a cada una le corresponde un solo hilo de fibra óptica cuya capacidad es de 1 Gbps de información. Este ancho de banda se reparte entre los usuarios finales, es decir el 1 Gbps se divide entre los receptores conectados a la ONU, para proporcionar desde la interfaz Ethernet el servicio que el cliente desee. **(Repositorio de la ESPE, 2010)**

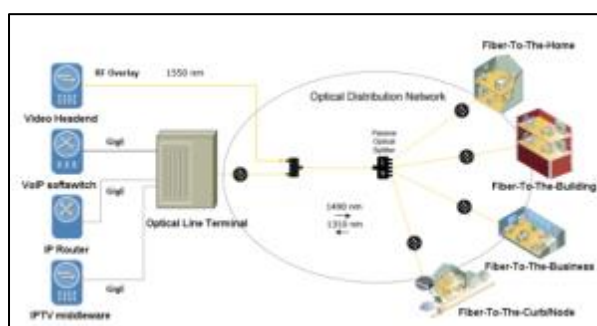


Figura 2.1.2 (d): Ejemplo de una red GPON.

Fuente: (Morales, 2012)

- e) **EPON (Ethernet PON).** - Este sistema se basa principalmente en el transporte de tráfico Ethernet en vez del transporte por medio de celdas de ATM, por lo que resulta ser muy ineficiente. Este sistema aplica los beneficios que trae usar la fibra óptica en el transporte vía Ethernet. EPON se apega a la norma de IEEE 802.3 y funciona con velocidades de Gigabit, por lo cual la velocidad con la que dispone cada usuario final depende del número de ONU's que se interconecten a cada OLT como se observa en la figura 2.1.2 (e). Una ventaja de este sistema es que ofrece QoS (Calidad

del servicio) en ambos canales (Downstream y upstream). (**Tecnologías de Redes PON, 2010**)

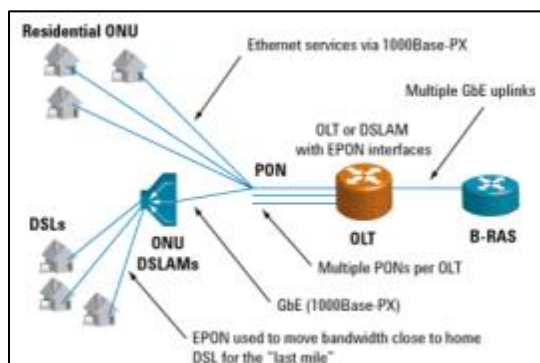


Figura 2.1.2 (e): Arquitectura básica de una red EPON.

Fuente: (Morales, 2012)

2.1.3 Transmisión de Datos

El saber de la transmisión de datos a través de la fibra óptica se basa en los fundamentos de guías de onda mediante el cual se transportan rayos de luz (provenientes de diodos o fuentes láser) a lo largo de delgadas fibras de vidrio o plástico, estas señales son enviadas o captadas por equipos activos capaces de codificarlas la luz en sistema binario, transformándolas en información fácil de interpretar por los equipos electrónicos.

Para simplificar el entendimiento de este fenómeno de envío de señales lumínicas a través de la fibra óptica, se realizará un enfoque solamente con base en las leyes en la óptica geométrica, dejando de lado la teoría electromagnética. El índice de refracción n , se determina, $n = c / v$, como la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y en el medio específico, es decir que cuando se incrementa el índice de refracción, disminuye la velocidad de la luz en dicho medio, como si se tratase de un medio más espeso. En la figura 2.1.3 (a), se puede observar la transmisión geométrica que muestra cómo al pasar el rayo incidente del medio n_1 al medio n_2 , se descompone en 2 vectores, el primero llamado rayo reflejado que continúa siendo parte del medio n_1 , continuando su trayecto con el mismo ángulo de inclinación, pero en diferente sentido y el rayo

refractado que pasa al medio 2 en la misma dirección, cambiando el ángulo de inclinación. Por otro lado, la ley de Snell indica que el frente del rayo reflejado y frente del rayo refractado (figura 2.1.3(a)) tienen un punto en común de cruce y allí las distancias d_1 y d_2 se recorren en el mismo tiempo, generando un ángulo crítico. Cada rayo incidente con un ángulo superior al crítico no tendrá componente de refracción y la eficiencia de la reflexión será superior al 99%, lo que se traducirá en una reflexión interna total y bajo este principio se debe realizar la transmisión de luz a lo largo del núcleo de la fibra óptica como se puede ver en la figura 2.1.3(b). (Legrand, 2016)

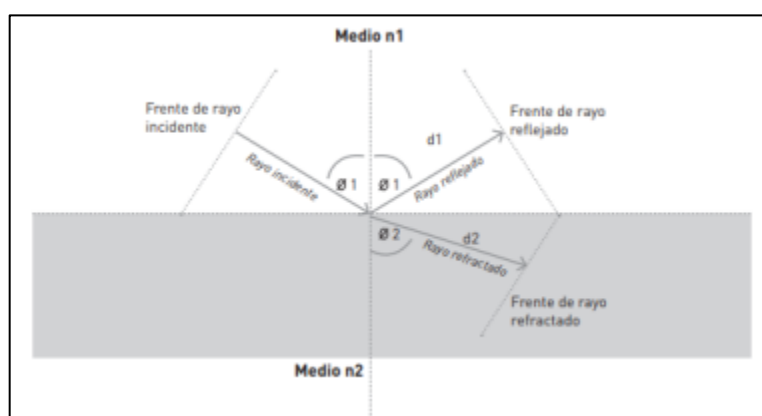


Figura 2.1.3 (a): Transmisión Geométrica.

Fuente: Sigma Network (2017)

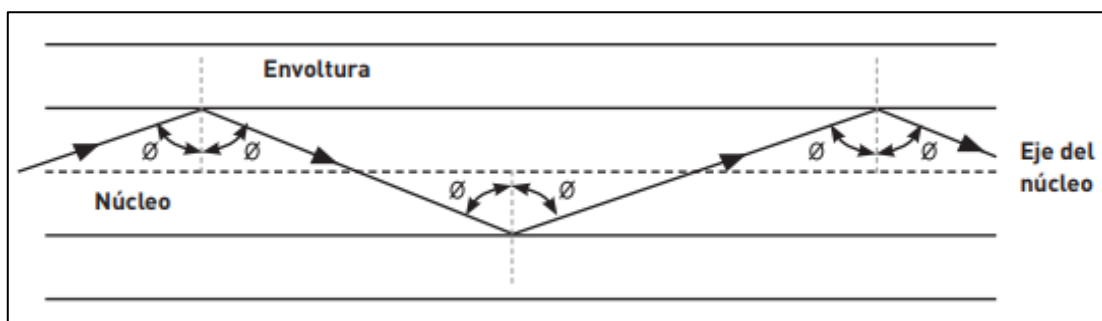


Figura 2.1.3 (b): Transmisión a lo largo de la fibra óptica.

Fuente: Sigma Network (2017)

Se requieren dos filamentos para una comunicación: TX y RX, por lo que existen tipos de comunicación entre las transmisiones de datos.

- **Simplex o unidireccional:** Se produce en una sola dirección, deshabilita el receptor de tal forma que actúa sólo el transmisor. Se recomienda en comunicaciones donde no se produzca interacción hombre-máquina.
- **Half Duplex:** Se realiza en ambas direcciones, sin embargo, se puede transmitir en un sentido a la vez; transmisor y receptor se sincronizan en una sola frecuencia.
- **Full Duplex:** Permite transmisión bidireccional en los dos sentidos simultáneamente por el mismo canal; transmisor y receptor se sincronizan en dos frecuencias, una para enviar y otra para recibir señales por el mismo canal.

2.1.4 Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de comunicación que utiliza la luz confinada en una fibra de vidrio para transmitir grandes cantidades de información en el orden de Gigabits (1×10^9 bits) por segundo. Para transmitir los haces de luz se utiliza una fuente de luz como un LED (Light-Emitting Diode) o un diodo láser. Debido a que el láser trabaja a frecuencias muy altas, la fibra óptica es casi inmune a la interferencia y el ruido.

El grosor del filamento es comparable al grosor de un cabello humano, es decir, aproximadamente de 0,1 mm, un cable de fibra óptica está compuesto básicamente por: núcleo, manto, recubrimiento, tensores y chaqueta, pero puede variar de acuerdo al fabricante como ejemplo se puede ver en la figura 2.1.4.



Figura 2.1.4: Estructura del cable de Fibra Óptica.

Fuente: Sigma Network (2017)

Los diferentes tipos de Fibra Óptica, obtenidos al variar determinadas características, permiten optimizar la utilización de los cables ópticos, tanto en el aspecto económico como en el de su utilización. **(Grupo Cofitel, 2011)**

- **Fibra Óptica Monomodo.** - Sus principales ventajas es el ancho de banda prácticamente ilimitado y bajo nivel de atenuación, su núcleo es de menor diámetro por lo que aconsejan su utilización en aplicaciones WAN o Telecom (larga distancia), entre las cuales sobresalen:
 - **G.652 (C y D):** Fibra monomodo cuya longitud de onda de dispersión nula está situada en torno a 1310 nm, optimizado para uso en la región de longitud de onda de 1310 nm, y que puede utilizarse también a longitudes de onda en la región de 1550 nm (en las que la fibra no está optimizada). Esta fibra puede utilizarse para transmisión analógica y digital, de éstas, la longitud de onda de corte de la fibra cableada y la dispersión por modo de polarización (PMD, polarization mode dispersion) pueden verse apreciablemente afectadas por la fabricación

o la instalación del cable. Además, las características recomendadas se aplicarán igualmente a las fibras individuales, a las fibras incorporadas en un cable enrollado en una bobina y a las fibras en cables instalados como se puede ver en la figura 2.1.4(a).

- **G.655:** En esta recomendación se describe una fibra monomodo cuya dispersión cromática (valor absoluto) tiene que ser mayor que algún valor diferente de cero en toda la gama de longitudes de onda de la utilización prevista. Esta dispersión suprime el efecto no lineal conocido por mezcla de cuatro ondas, que puede ser particularmente perjudicial en una multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM, Wavelength Division Multiplexing). La fibra está optimizada para uso en una región prescrita entre 1500 nm y 1600 nm. De éstas, la longitud de onda de corte de la fibra en cable puede ser afectada significativamente por la fabricación o la instalación. En todos los demás casos, las características recomendadas se aplicarán por igual a fibras individuales, fibras incorporadas en un cable enrollado en una bobina, y fibras en un cable instalado.
- **G-656:** Esta recomendación describe una fibra monomodo con dispersión cromática de un valor distinto de cero en toda la gama de longitudes de onda de 1460-1625 nm. Esta dispersión reduce el crecimiento de los efectos no lineales que pueden ser particularmente perjudiciales en los sistemas de multiplexación por división en longitud de onda densa (DWDM). La longitud de onda de corte de la fibra cableada y la dispersión por modo de polarización (PMD) pueden resultar afectadas considerablemente por la fabricación o la instalación del cable. Por lo demás, las características recomendadas se aplican igualmente a una fibra aislada, a las fibras incorporadas en un cable arrollado en una bobina y a las fibras en cables instalados.
- **G.657:** En esta Recomendación se describen dos categorías de cables de fibras ópticas monomodo adecuados para su utilización en las redes

de acceso, con inclusión del interior de los edificios al extremo de esas redes.

Las fibras de la categoría A son adecuadas para su utilización en las bandas O, E, S, C y L (es decir, a lo largo de la gama de 1260 a 1625 nm). Las fibras y los requisitos en estas categorías son un subconjunto de las fibras G.652.D y tienen las mismas características de transmisión e interconexión. Las principales mejoras son una menor pérdida por flexión y unas especificaciones dimensionales más estrictas, factores ambos tendientes a mejorar la conectividad.

Las fibras de la categoría B son adecuadas para transmisiones a 1310, 1550 y 1625 nm en distancias limitadas asociadas al transporte de señales dentro de los edificios. Estas fibras tienen diferentes características de empalme y conexión que las fibras G.652, pero funcionan correctamente a valores de radios de flexión muy bajos.

Propiedades geométricas / mecánicas	G.652.B	G.652.D	G.655
Diámetro Revestimiento	$125 \pm 1.0 \mu\text{m}$	$125 \pm 0.7 \mu\text{m}$	$125 \pm 1 \mu\text{m}$
Concentricidad Núcleo / Revestimiento	$\leq 0.6 \mu\text{m}$	$\leq 0.5 \mu\text{m}$	$\leq 0.6 \mu\text{m}$
No Circularidad Revestimiento	$\leq 1.0 \%$	$\leq 0.7 \%$	$\leq 1.0 \%$
Diámetro Recubrimiento Primario	$242 \pm 7 \mu\text{m}$		
Concentricidad Recubrimiento Primario / Revestimiento	$\leq 12 \mu\text{m}$		
No Circularidad Recubrimiento Primario	$\leq 7 \%$		$\leq 5 \%$
Proof Test	$\geq 8.8 \text{ N} / \geq 1 \% / \geq 100 \text{ Kpsi}$		

Figura 2.1.4 (a): Fibra Óptica Monomodo – Norma Técnica UIT- G.

Fuente: Optral (2017)

Las características básicamente de la fibra óptica son: atenuación, ancho de banda, apertura numérica (AN).

- 1) Atenuación:** Se habla de atenuación cuando se pierde parte de la señal en el núcleo, pese a que no exista refracción, esta medida en decibelios (dB)

por unidad de longitud (dB/Km). Las pérdidas están causadas por varios factores por lo que pueden clasificarse en: Extrínsecas / Intrínsecas.

- **Extrínseca:**

- a) Pérdidas por curvatura:**

- Defectos de fabricación.
 - Procedimientos de instalación.
 - Se denominan microcurvaturas e influyen en largas distancias.

- b) Pérdidas por conexión y empalme:**

- Pérdidas de inserción del conexionado (0,3 - 0,8 dB).
 - Empalmes mecánicos (0,4 - 0,2 dB).
 - Empalmes por fusión (<0,2 dB) valor típico (<0,1 dB).
 - Preparación del empalme o conexión, corte defectuoso, suciedad de las superficies a empalma, características distintas de las Fibras ópticas, etc.

- **Intrínsecas:**

- a) Pérdidas inherentes de la fibra óptica:**

- Pérdidas por absorción por metales de transición Fe, Cu, Cr, Ni, Mn.
 - Pérdidas por absorción por el agua en forma de iones de OH.

- b) Irregularidades del proceso de fabricación:**

- Variación del \varnothing del núcleo.

2) Ancho de Banda: Capacidad del medio para transportar la información. Inversamente proporcional a las pérdidas: mayor ancho de banda = pérdidas más bajas. Este ancho de banda está limitado por la dispersión total de la fibra (ensanchamiento del pulso) en fibra óptica multimodo y por la dispersión cromática (Bcromática), así como la dispersión por polarización

en fibra óptica monomodo. El ancho de banda de una fibra multimodo se puede calcular según:

$$B_{\text{total}} = (B_{\text{modal}}^{-2} + B_{\text{cromática}}^{-2})^{-1/2}$$

- a) **Dispersión modal:** Conocida como dispersión multimodo, causada por los diferentes modos que sigue un rayo de luz en la fibra. Rayos recorren distancias diferentes y llegan en tiempos diferentes como se puede observar en la figura 2.1.4 (b).

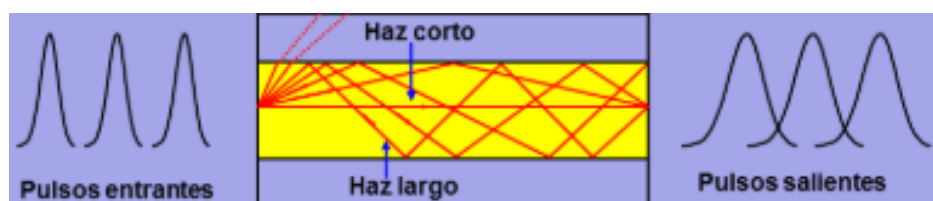


Figura 2.1.4 (b): Dispersión modal.

Fuente: Fujitsu (2015)

- b) **Dispersión cromática:** Pulso compuesto por varias longitudes de onda, cada longitud de onda viaja a diferente velocidad (debido a que el índice de refracción varía según la longitud de onda), cómo se puede observar en la figura 2.1.4 (c).

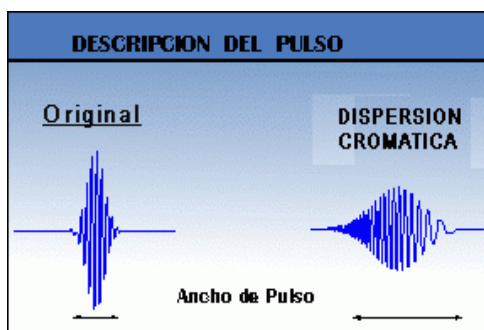


Figura 2.1.4 (c): Dispersión modal.

Fuente: Conceptos Básicos Fibra de Optica, (2016)

- c) **Dispersión por Polarización:** Cuando una fibra es perfectamente circular la constante de propagación entre las polarizaciones es la misma y por tanto también lo es la velocidad de propagación de cada polarización. Pero como muestra la siguiente figura, en el caso de una fibra monomodo cuando no es perfectamente circular la velocidad de propagación de cada polarización (en este tenemos dos modos degenerados polarizados linealmente) va a ser distinta produciéndose la dispersión por polarización del modo PMD.

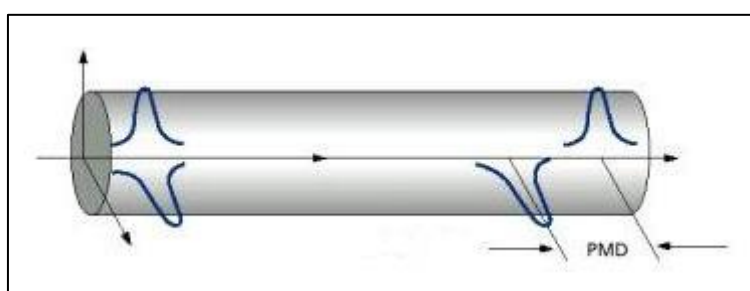


Figura 2.1.4 (d): Dispersión por polarización.

Fuente: Molinari (2009)

- 3) **Apertura Numérica (AN):** Ángulo máximo de acoplamiento para que los rayos de luz sean capturados por el núcleo de la fibra óptica, a mayor AN las pérdidas son más bajas, como se puede observar en la figura 2.1.4.3.

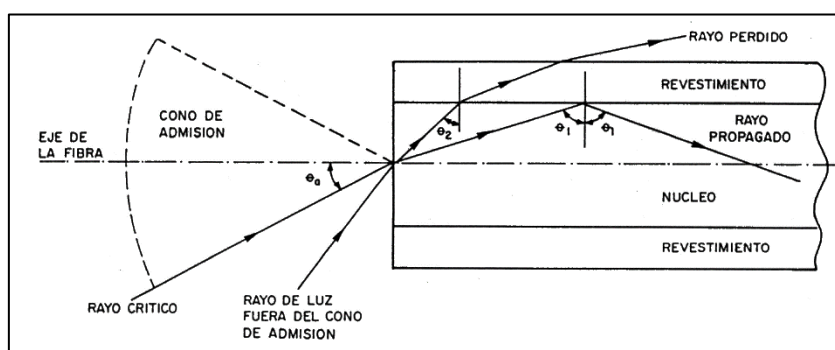


Figura 2.1.4 (e): Apertura Numérica.

Fuente: (Martin, 2014)

En la recomendación UIT-T G.694.1 se utilizan los términos definidos como

son: Multiplexación por división aproximada de longitud de onda (CWDM, coarse wavelength division multiplexing) y multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM, dense wavelength division multiplexing).

La multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM), es una tecnología del tipo WDM, que se caracteriza por un espaciamiento de canal menor que el de la tecnología WDM aproximada (CWDM), tal como se define en la Rec. UIT-T G.694.2. En general, los transmisores utilizados en las aplicaciones DWDM requieren un mecanismo de control que les permita cumplir con los requisitos de estabilidad de frecuencia de las aplicaciones, contrario a lo que ocurre con los transmisores CWDM que no lo necesitan.

El plan de frecuencias que se define en la recomendación ITU-T G.694.1, indica el espaciamiento de canal tales como:

ITU-T G.694.1 Standard DWDM Channel Assignments

200 GHz spacing = 20 Channels in C Band

100 GHz spacing = 40 Channels in C Band

50 GHz spacing = 80 Channels in C Band

25 GHz spacing = 160 Channels in C Band

Las frecuencias centrales nominales para sistemas con WDM densa (en THz) permitidas, para espaciamientos de canales de 12,5 GHz en una fibra, se definen de la siguiente manera:

- $193,1 + n \times 0,0125$, donde n es un entero positivo o negativo incluido el 0

Las frecuencias (en THz) permitidas, para espaciamientos de canales de 25 GHz en una fibra, se definen de la siguiente manera:

- $193,1 + n \times 0,025$, donde n es un entero positivo o negativo incluido el 0

Las frecuencias (en THz) permitidas, para espaciamientos de canales de 50 GHz en una fibra, se definen de la siguiente manera:

- $193,1 + n \times 0,05$, donde n es un entero positivo o negativo incluido el 0

Las frecuencias (en THz) permitidas, para espaciamentos de canales de 100 GHz en una fibra, se definen de la siguiente manera:

- $193,1 + n \times 0,1$, donde n es un entero positivo o negativo incluido el 0

En la figura 2.1.4 (f) se indican algunas frecuencias centrales nominales en las bandas C y L, basadas en el espaciamento de canal mínimo de 12,5 GHz, referidas a una frecuencia de 193,1 THz. Asimismo, en el cuadro 1 se ilustran los planes de frecuencia de 25, 50 y 100 GHz en la misma región. Los puntos extremos se incluyen a título informativo, y no son normativos. (UIT, 2012)

Frecuencias centrales nominales (THz) para espaciamentos de				Longitudes de ondas centrales nominales (nm) aproximadas
12,5 GHz	25 GHz	50 GHz	100 GHz y espaciamentos superiores	
*	*	*	*	*
*	*	*	*	*
*	*	*	*	*
195,9375	–	–	–	1530,04
193,1625	–	–	–	1552,02
193,1500	193,150	193,15	–	1552,12
193,1375	–	–	–	1552,22
193,1250	193,125	–	–	1552,32
193,1125	–	–	–	1552,42
193,1000	193,100	193,10	193,1	1552,52
193,0875	–	–	–	1552,62
193,0750	193,075	–	–	1552,73
193,0625	–	–	–	1552,83
193,0500	193,050	193,05	–	1552,93
193,0375	–	–	–	1553,03
193,0250	193,025	–	–	1553,13
193,0125	–	–	–	1553,23
193,0000	193,000	193,00	193,0	1553,33
192,9875	–	–	–	1553,43
192,9750	192,975	–	–	1553,53
192,9625	–	–	–	1553,63
*	*	*	*	*

Figura 2.1.4 (f): G.694.1 – Ejemplo de frecuencias centrales nominales del plan con DWDM

2.2 Canales de Transmisión

Los canales de transmisión tienen que ver con las características de la tecnología, las clases de tecnología y la expresión de la tecnología. La escala de modernidad de la tecnología nos permite adentrarnos en temas como las actividades en ciencia y tecnología. **(Carvajal, 2013)**

Lo que podemos entender de los canales de transmisión es que están asociados directamente con la tecnología y todo lo que conlleva, desde sus características hasta su clasificación, para así darnos una imagen más clara de cómo funciona el mecanismo de transmisión por los diferentes canales existentes, adicionalmente menciona lo que se pretende lograr con la utilización de estos canales y lo que produce la transmisión tecnológica. A continuación, detallaremos dos de los canales actualmente más utilizados por las personas para la transmisión.

2.2.1 Televisión

2.2.1.1 Concepto

La Televisión Digital se la determina como el conjunto de tecnologías de transmisión y recepción de imagen y sonido a través de señales digitales. A diferencia de la televisión analógica, la Televisión Digital codifica las señales de forma binaria. De esta forma, es posible, gracias a los diferentes formatos de compresión de señal existentes, la transmisión de varias señales en un mismo canal y la creación de aplicaciones interactivas a través de canales de retorno entre el consumidor y productor de contenidos. La Televisión Digital es la difusión de las señales de televisión que utiliza la más moderna tecnología digital para transmitir de forma optimizada imagen y sonido de mayor calidad como se observa la figura 2.2.1.1, permitiendo ofrecer adicionalmente otros servicios interactivos o de acceso a la sociedad de la información. **(Television Digital, 2017)**

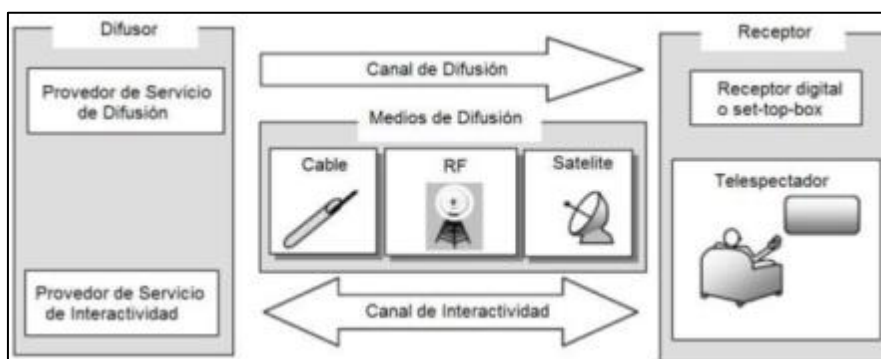


Figura 2.2.1.1: Esquema de la televisión digital.

Fuente: (Television Digital, 2017)

2.2.1.2 Tipos

Las diferencias entre las diferentes formas en las que se ofrece la televisión digital responde a una mezcla de motivos, de los que van de lo más puramente comercial hasta los que han sido propiamente del avance tecnológico, por lo que existen diferentes formas de televisión digital, dependiendo del medio y el modo de transmisión, entre las que se encuentran las siguientes:

- **Televisión digital por satélite:** Esta modalidad se basa en la utilización de satélites de comunicaciones para la transmisión de la señal de televisión en un formato digital. En esta transmisión por satélite se distinguen dos tramos: el enlace ascendente, mediante el cual se produce el envío de información desde el centro emisor al satélite y el enlace descendente que transmite esta información desde el satélite de comunicaciones hacia la zona que este cubre en la superficie terrestre para evitar interferencias entre ambos enlaces, cada uno de ellos utiliza una banda de frecuencias diferente. La mayoría de transmisiones por satélite está codificada digitalmente. Esto permite ofrecer más canales de televisión utilizando la misma cantidad de ancho de banda. Este sistema está formado por la estación transmisora, ubicada en el país o fuera del mismo y las estaciones receptoras de dichas señales (antena

parabólica receptora, equipo decodificador), ubicadas en cualquier lugar del país. **(Repositorio UCSG, 2014)**

- **Televisión digital por cable:** Se refiere a la transmisión de señales digitales mediante los sistemas de televisión por cable actualmente son por cables de fibra óptica, permitiendo el alto desarrollo y creciente de accesibilidad de esta tecnología.

Las redes utilizadas en la distribución de este tipo de servicios se dividen en cuatro secciones: cabecera, red troncal, red de distribución y red de acometida hacia los abonados. Este tipo de servicio es muy distribuido debido a que proporciona gran cantidad de contenidos distintos a los de la televisión habitual, y a pesar de ser un servicio de suscripción se ha vuelto un producto muy atractivo requerido por usuarios con posibilidad de pago.

- **Televisión digital por ADSL:** La televisión digital por ADSL es el producto de utilizar la tecnología digital en la señal de televisión, para luego difundirla por medio de protocolos asimétricos (xDSL) hasta llegar al hogar de usuario por medio de la línea telefónica. De la misma manera que sucede con el cable, se configuran los denominados servicios "triple play" con la convergencia de los servicios de voz, televisión e Internet.

El ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line-Línea Digital Asimétrica de Abonado) es una técnica de transmisión de banda ancha que, aplicada sobre los bucles de abonado de la red telefónica, permite la transmisión sobre ellos de datos a alta velocidad. Para ello, se utilizan frecuencias más altas que las empleadas en el servicio telefónico y así no interferir con ellas, permitiendo de este modo el uso simultáneo del bucle para el servicio telefónico y para la transmisión de datos. **(Repositorio UCSG, 2014)**

- **Televisión digital por dispositivos móviles:** La televisión digital para dispositivos móviles se la puede definir como aquel servicio de difusión de televisión con tecnología digital, el cual se presta utilizando como soporte ondas radioeléctricas, terrestres o por satélite, y cuya señal es recibida en dispositivos o equipos móviles o portátiles (teléfono móvil, ordenador portátil, etc.). Los datos pueden ser a través de una red celular existente o de una red privada.

La televisión digital móvil genera una experiencia más personal, privada, independiente, multimedia, interactiva y flexible, permitiendo que el usuario no tenga que estar frente a un aparato y en un sitio en particular para disfrutar de sus programas favoritos.

- **Televisión digital terrestre:** Es la transmisión de imágenes en movimiento y su sonido asociado (televisión) mediante una señal digital (codificación binaria) y a través de una red de repetidores terrestres. Aplicando la tecnología digital se consiguen mayores posibilidades, como proveer un mayor número de canales, mejor calidad de imagen o imagen en alta definición y mejor calidad de sonido. (Repositorio UCSG, 2014)

2.2.1.3 Tecnología de transmisión de la IPTV

IPTV (Televisión por Protocolo de Internet) es una tecnología que está alcanzando un gran auge en estos últimos años en todo el mundo. La IPTV usa el protocolo IP sobre una infraestructura de red de paquetes conmutados para brindar el Multicasting TV, el Video bajo Demanda (VoD), el servicio "Tripleplay", el "VoIP", y otros servicios más al consumidor por medio de banda ancha, con la garantía de mantener la calidad de servicio con una conexión de internet. La IPTV se puede desarrollar con tecnologías de transmisión de alta velocidad como el ADSL2, ADSL2+ y el VDSL. (IPTV, 2016)

Algunas de las tecnologías utilizadas para la red de transmisión del servicio de IPTV, son las redes FTTH, como se le conoce a esta tecnología utiliza fibra óptica para el servicio de IPTV a negocios y hogares. Utiliza equipo para mandar información de 400-500 usuarios por área de cobertura. La fibra óptica va desde la central del proveedor, directamente hasta el equipo receptor del cliente y así también tenemos FTTC, tecnología que utiliza fibra óptica hasta un punto físico donde la señal se bifurca para mandarla a los hogares y negocios por medio de cable coaxial.

Esta técnica se usa para reducir los costos de arquitectura de la red. Es más barato utilizar fibra óptica hasta un punto específico y desde ese punto utilizar cables coaxiales hacia cada usuario como puede ver la gráfica 2.2.1.3.

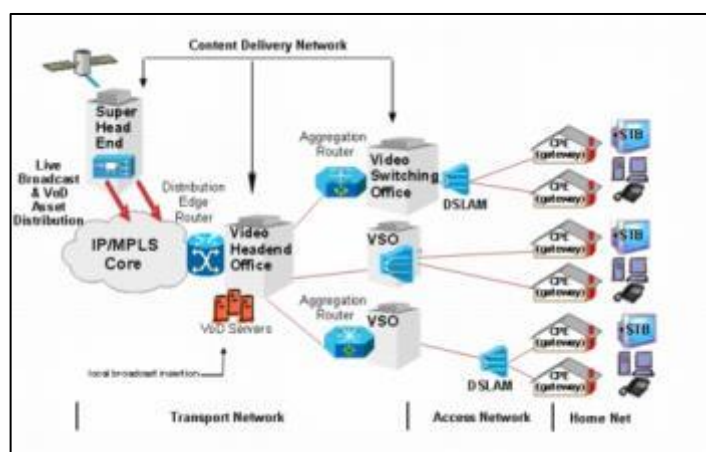


Figura 2.2.1.3: Arquitectura IPTV

Fuente: IST (2010)

2.2.2 Internet

2.2.2.1 Tipos de Conexiones

Hay muchas formas en que un dispositivo electrónico personal puede conectarse a Internet, como puede observar la figura 2.2.2.1. Todos usan hardware diferente y cada uno tiene un rango de velocidades de conexión. A medida que la tecnología cambia, se necesitan conexiones de Internet

más rápidas para manejar esos cambios. Pensé que sería interesante enumerar algunos de los diferentes tipos de conexiones a Internet que están disponibles para uso doméstico y personal, junto con sus velocidades promedio. (Salinas, Pérez, & Sanjurjo, 2015)



Figura 2.2.2.1: Tipos de conexiones a Internet

Fuente: eConectia (2017)

- **Analógico: Acceso telefónico a Internet:** También llamado acceso telefónico, una conexión a Internet analógica es económica y lenta. Con un módem conectado a su PC, los usuarios se conectan a Internet cuando la computadora marca un número de teléfono (que es proporcionado por su ISP) y se conecta a la red. Dial-up es una conexión analógica porque los datos se envían a través de una red telefónica análoga de conmutación pública. El módem convierte los datos analógicos recibidos en digitales y viceversa. Debido a que el acceso telefónico utiliza líneas telefónicas normales, la calidad de la conexión no siempre es buena y las velocidades de datos son limitadas. Las velocidades típicas de conexión de acceso telefónico van desde 2400 bps hasta 56 Kbps. Hoy, el análogo ha sido ampliamente reemplazado por banda ancha (cable y DSL). (Sánchez, 2014)

- **DSL:** Significa Línea de Suscriptor Digital. En una conexión DSL, está utilizando una línea telefónica de 2 vías para conectarse a Internet, sin molestar a su teléfono. DSL es la forma más común de conexión a internet hogareña hoy en día, y también es muy popular para las pequeñas empresas. Hay muchas variantes de él, todas con diferentes velocidades. Los dos tipos básicos de DSL son los ADLS y SDSL.
- **FTTN (Fibra al nodo):** La instalación de fibra óptica en una caja de conexiones (nodo) en un vecindario o parque empresarial que atiende a unos pocos cientos de clientes en un radio de aproximadamente una milla. FTTN será significativamente más rápido que DSL, pero no tan rápido como la fibra. **(Plaza, 2014)**
- **Fibra óptica:** Internet óptico o de fibra óptica es el reemplazo prometedor para DSL y Cable. Ya se usa en algunas líneas T1 y T3; sin embargo, es raro verlo en las casas en este momento. Tiene una velocidad máxima muy alta, y la velocidad se puede actualizar continuamente a medida que el tiempo aporta una mejor tecnología sin tener que cambiar el cable físico. **(Vazquez, 2014)**
- **Satélite:** Internet satelital es como suena. Es bueno para las personas que viajan mucho o viven en un lugar muy aislado que no pueden obtener ninguno de los otros tipos de conexión "normal". No puedo imaginar justificar el satélite para la conexión principal de una empresa, pero para que los empleados individuales lo tengan, a veces puede tener sentido. Tiende a ser el tipo de internet más caro, y no es demasiado rápido. Sin embargo, pagas por la conveniencia y te aporta mucho.
- **Inalámbrico:** La conexión inalámbrica a Internet es como un satélite, sin embargo, en lugar de utilizar un satélite que orbita la

tierra, está utilizando torres de telefonía celular para conectarse a Internet. Esto es un poco más rápido y más barato que el satélite (generalmente), pero también es un poco menos conveniente. La conexión inalámbrica a menudo es la mejor opción en ubicaciones rurales y remotas por la sencilla razón de que a menudo es una de las únicas opciones.

2.2.2.2 ISP

Un proveedor de servicios de Internet (ISP) es una organización que proporciona servicios para acceder, usar o participar en Internet. Los proveedores de servicios de Internet pueden estar organizados de diversas formas, como comerciales, de propiedad comunitaria, sin fines de lucro o privados. Los servicios de Internet que suelen proporcionar los ISP incluyen acceso a Internet, tránsito de Internet, registro de nombres de dominio, alojamiento web, servicio de Usenet y colocación. **(Greene & Smith, 2013)**

2.2.2.3 Tecnología de Transmisión

Se ha desarrollado una nueva tecnología de transporte de datos que se basa en rayos láser denominados “vórtices ópticos” (**OAM, Orbital Angular Momentum**), utilizando técnicas de multiplexado del momento angular orbital, debido a que la luz se desplaza como un tornado en vez de hacerlo con la forma de onda de los medios actuales. Según estos científicos, ésta podría ser una solución al continuo incremento de la demanda de ancho de banda, que es la cantidad de datos por segundo que pueden ser transmitidos a través de los canales de comunicación de la red. Por otra parte, han ideado fabricar una nueva fibra que consigue que la velocidad de la luz a través de ella se acerque a la **transmisión en el vacío**. Hay que tener en cuenta que, en condiciones normales, la velocidad de propagación de la luz a través de una fibra convencional de sílice es un 30% inferior a la velocidad de la luz en el vacío. Para acercarse a ese valor pensaron en una fibra en cuyo núcleo hubiese aire. Con esta idea ya no sólo se incrementa la velocidad de transporte, sino que se disminuye otro parámetro muy crítico para muchas

aplicaciones de tiempo real: la latencia, es decir, lo que tardan los datos en alcanzar el extremo receptor desde que son enviados desde el extremo emisor (**Rodriguez A. , 2013**).

Existe una nueva técnica de modulación (usada para transportar información) llamada **Probabilistic Constellation Shaping (PCS)**, que permitió alcanzar una **velocidad de transmisión de 1 TB a través de la fibra óptica**. Esta técnica funciona aumentando el rendimiento con el que se transmiten los datos a través del canal de fibra óptica. Para ello emplea más señales de transmisión con una ratio de amplitud baja (llamadas constelaciones) que de amplitud amplia. Según los investigadores, estas constelaciones se adaptan mejor al canal de transmisión y son más resistentes al ruido y otros defectos en la línea (**Olmo, 2018**).

2.3 Marco Conceptual

Con el nacimiento de la fibra óptica se rompieron todos aquellos esquemas de velocidad de transmisión que coexistieron en el pasado, lo que generó una nueva visión en la administración de redes, ya que el mundo habitualmente enviaba información mediante pulsos eléctricos y no mediante efectos ópticos (luz). Es por eso que se realizó un puente entre el mundo eléctrico y el mundo óptico, ya que los componentes necesarios para migrar al mundo óptico no existían en ese entonces, a pesar de que la fusión cumplió con el objetivo, de aumentar las velocidades de transmisión, no se estaba aprovechando en su totalidad la velocidad que ofrecía este nuevo medio de transporte.

Inicialmente, se creó la Multiplexación por División de Onda (WDM Wavelength Division Multiplexing), por la necesidad de enviar mayor información en menor tiempo, y así, hacer un mejor uso de ancho de banda existente. Se crearon evoluciones de éste primer método de Multiplexación, una de esas evoluciones fue denominada CWDM que significa Multiplexación por división en longitudes de onda ligeras, se basa en una rejilla o separación de longitudes de onda de 20 nm (o 2.500 GHz) en el rango de 1.270 a 1.610 nm, pudiendo así transportar

hasta 18 longitudes de onda en una única fibra óptica monomodo, fue estandarizado por la ITU, en la recomendación de la norma G.694.2, posteriormente nace el DWDM (Multiplexación por división en longitudes de onda densa), son usadas para largas distancias y soportan en la actualidad hasta 800 Gbps (80 longitudes de onda a 10 Gbps), lo que hoy en día representa la técnica de mayor velocidad de transmisión mediante fibra óptica, entre otros beneficios. **(Recomendación UIT-T G.694.1)**

Para la elaboración de este proyecto se considera las necesidades de tráfico existentes entre cada uno de los moradores de la urbanización, para definir el ancho de banda necesario y así lograr proveer los servicios previamente mencionado. Se diseñará una arquitectura que soporte más de tres fallas en las interfaces que la componen. Conjuntamente, se analizarán las características de cada una de las interfaces, para definir cada uno de los equipos que van a formar parte la red. Finalmente, se definirá la arquitectura definitiva que tendrá la red DWDM para las los moradores de la urbanización.

2.4 Técnicas de Transmisión de Señales

Dentro de las redes GEPON se trabaja con lo que es la multiplexación la que consiste en combinar dos o más canales de información en uno solo. Hay muchos tipos de multiplexación, pero GEPON utiliza DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) es decir, multiplexa o superpone varias longitudes de onda en una sola fibra usando un haz de luz láser o LED.

Esta técnica de transmisión es muy atractiva para las operadoras de telecomunicaciones ya que les permite aumentar su capacidad de ancho de banda, el DWDM es bidireccional y los datos de subida (upstream) y los de bajada (downstream) comparten la misma fibra, en nuestro caso enviaremos datos, voz y iptv, cámaras ip simultáneamente.

a) Downstream en GEPON: Los paquetes son transmitidos desde el OLT en modo broadcast TDM (Time Division Multiplexing). En TDM siempre se está

emitiendo con un periodo temporal fijo, independientemente de que haya datos disponibles o no. Todos los datos se transmiten a todas las ONT's y los splitters se limitan a replicar los datos. Cada ONT filtra los datos y se queda sólo con los que van dirigidos a su usuario. El resto de los datos son desechados porque corresponden a otros abonados. Los datos van cifrados para que una ONT no pueda leer los datos de otro usuario. **(Redes GEPON, 2017)**

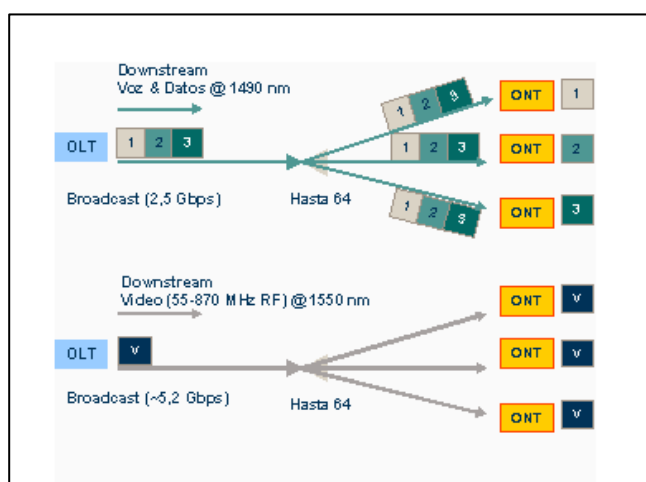


Figura 2.4. (a): Downstream en GEPON

Fuente: Millán (2012)

- b) Upstream en GEPON:** Los paquetes son enviados por el ONT en modo TDMA (Time División Múltiple Access). Los datos van desde el ONT de cada abonado al OLT de la operadora. Los datos de todos usuarios se juntan en el splitter. En TDMA el ONT sólo se transmite cuando es necesario para que no se produzcan colisiones al enviar los datos al OLT. El OLT es el que indica al ONT cuándo debe emitir para que no se produzcan estas colisiones y debe saber la distancia de todas las ONT's para tener en cuenta el tiempo de llegada de cada una.

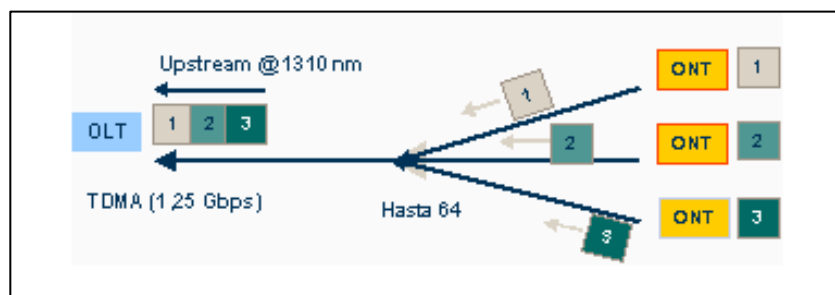


Figura 2.4. (b): Upstream en GEPON

Fuente: Millán (2012)

En aplicaciones de transmisión de datos más grandes, la transmisión de datos puede ser multimodo, modo único o una combinación de ambos, dependiendo de los requisitos de ancho de banda y distancia de transmisión. Estas aplicaciones generalmente utilizan un mayor volumen o longitudes de cableado más largas, o en algunos casos, admiten centros de datos, edificio a edificio, campus y comunicación de red de operador.

2.4.1 Aplicaciones

Los avances tecnológicos en el Ecuador aumentaron en los últimos años, como es el caso de las redes GPON, el cual ha permitido la mejora de los servicios ya sea el internet o telefonía, actualmente son los servicios que más demanda tienen en el mercado, por lo que se aplica estas redes GPON para proveer dichos servicios, por el momento ha permitido llegar a casi toda la población a través de esta tecnología que usa como medio de transmisión la fibra óptica.

Aparte estas redes GPON también están siendo usadas en sistemas de vigilancia y monitoreo a nivel urbano, aplicadas también en urbanizaciones para proveer los servicios dúo (voz y datos), además son implementadas en las infraestructuras de los nuevos edificios y centros comerciales con la finalidad de que ellos tengan su propia red por la cual podrán proveer los servicios necesarios.

Estas nuevas aplicaciones que van surgiendo de acuerdo a la necesidad que se

tenga implican retos mayores ante la necesidad de acceder a nuevos conocimientos para analizar, verificar y, quizás, implementar nuevas tendencias de transmisión, tales como los servicios de IPTV y Cámara IP.

En la actualidad, ninguna empresa pública o privada ofrece en el país el servicio IPTV y Cámara IP, pero se han considerado estudios puntuales en ciertas operadoras. Actualmente las empresas de telecomunicaciones poseen una infraestructura capaz de brindar el servicio IPTV y CAMARA IP, pero aún no están interesadas en comercializarlos. Para CNT, esta plataforma es considerada como un proyecto a futuro, Netlife no ve viabilidad económica, mientras Movistar no brinda servicios fijos. Por otro lado, todas las empresas de Telecomunicaciones poseen una amplia cobertura, en el caso de CNT y Netlife, utilizan una red con fibra óptica y XDLS para zona residencial a diferencia de Movistar, que utiliza enlaces de radio para llegar a los clientes y brindar servicios de canal de banda ancha. Las transmisiones de video bajo un parámetro de calidad son puntos relevantes del servicio de IPTV. En esto se destaca CNT, al continuar con pruebas mediante el servicio de VOD, CNT Play. Por otro lado, Netlife no desarrolla este tipo de aplicaciones y para Movistar, es irrelevante la señal que envíen por el medio de transmisión contratado. **(Moya, 2016)**

2.4.2 Tecnología DWDM

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) es una tecnología de multiplexación óptica utilizada para aumentar el ancho de banda sobre las redes de fibra existentes. DWDM funciona combinando y transmitiendo múltiples señales simultáneamente en diferentes longitudes de onda en la misma fibra. La tecnología crea múltiples fibras virtuales, multiplicando así la capacidad del medio físico, como se puede observar en la figura 2.4.3.

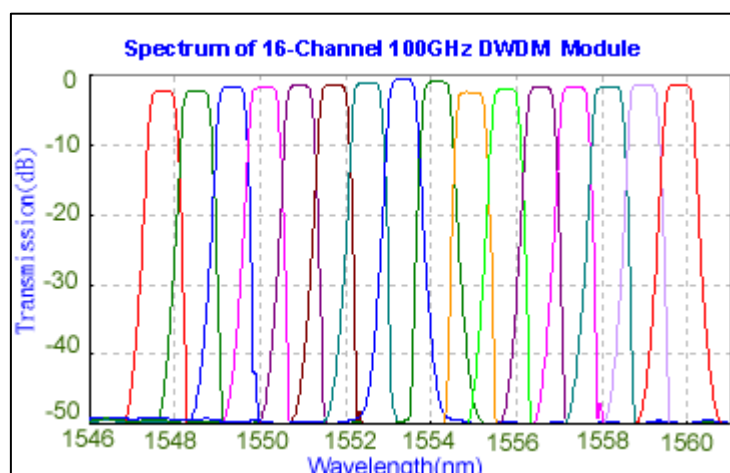


Figura 2.4.2: Tecnología DWDM

Fuente: García Morales (2012)

Esta tecnología permite crear múltiples fibras virtuales, multiplicando así la capacidad del medio físico, por lo tanto, cada portadora óptica forma un canal óptico que permite ser tratado independientemente del resto de canales que comparten el medio (fibra óptica) y contener diferente tipo de tráfico, lo que permite multiplicar el ancho de banda efectivo de la fibra óptica, así como permitir comunicaciones bidireccionales.

Los DWDM está diseñado para transmisiones de larga distancia donde las longitudes de onda están compactadas, permitiendo comprimir 32, 64 o 128 longitudes de onda en una fibra. Para que estos sistemas puedan transmitir son necesarios dos dispositivos complementarios: un multiplexor en lado transmisor y un demultiplexor en el lado receptor.

En DWDM se consigue un mayor número de canales ópticos reduciendo la dispersión cromática de cada canal mediante el uso de un láser de mayor calidad, fibras de baja dispersión o mediante el uso de módulos DCM "Dispersion Compensation Modules", de esta manera es posible combinar más canales reduciendo el espacio entre ellos, actualmente se pueden conseguir 40, 80 o 160 canales ópticos separados entre sí 100 GHz, 50 GHz o 25 GHz respectivamente. **(UIT-G.694.1, 2011)**

2.5 Tecnología utilizada que comparten canales de Transmisión en Ecuador

En Ecuador existen básicamente tres tipos de tecnologías que permiten compartir canales de transmisión entre los cuales tenemos:

- **ADSL:** Esta tecnología transmite información sobre líneas telefónicas tradicionales de cobre que ya se encuentran instaladas en casas y negocios sin causar interferencia en los servicios de voz habituales. Puede alcanzar velocidades de varios Mbps y dependiendo de su aplicación puede ser simétrica (SDSL) o asimétrica (ADSL).
- **FTTx:** Estas redes permiten soluciones con mayor eficacia en transporte de información, mayor ancho de banda, tecnologías en servicios de internet, voz, entre otras. Comparado con las redes de cobre, la fibra óptica ofrece mayor seguridad de la información, mayor estabilidad, resistencia a las interferencias electromagnéticas, menor degradación de la señal, permitiéndole trabajar con altos niveles de tráfico de datos, contenidos multimedia y otros, de manera confiable y rápida, a través de una red certificada bajo normas y estándares establecidos
- **HFC:** Estas redes fueron mejoradas y en la actualidad permiten el envío y recepción de información a través del mismo cable sin interferir con la transmisión habitual de contenido de Televisión con los estándares DOCSIS 3.0 y 3.1. Al igual que DSL pueden alcanzar velocidades de varios Mbps, pero se ven afectados por la distancia, es por esto que utilizan tecnología de Fibra Óptica hasta el Headend y los nodos de distribución, y desde este punto utilizan cable coaxial con amplificadores cada cierta distancia.

2.5.1 Características Técnicas

Las características esenciales de ADSL, FTTx y HFC se resumen como sigue:



Velocidad máxima; Down: 1,5-8 Mbps; Acceso a Internet, vídeo bajo demanda, acceso remoto a LAN, acceso a bases de datos, multimedia interactiva; televisión de alta definición, en distancias cortas



Al tenerse mayor cantidad de puertos por nodos podría tener una relación de concentración mayor. Pérdidas de inserción del conector (0,3 - 0,8 dB); Empalmes mecánicos (0,4 - 0,2 dB); Empalmes por fusión (<0,2 dB) valor típico (<0,1 dB).



combinación de cable y fibra óptica; Impedancia característica de la red 75 Ohmios. El ancho de banda va desde 4 Mhz a los 860 Mhz, canal susceptible al ruido.

2.5.2 Elementos de la Transmisión de señales

Ecuador en los últimos años evidencia una revolución en las telecomunicaciones, el MINTEL (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información) ha desarrollado importantes acciones para fomentar la diversificación y universalización de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), **(MINTEL, 2016)**.

El país cuenta aproximadamente con 60 mil kilómetros de fibra óptica como el principal elemento de transmisión, el despliegue en el 2017 se incrementó en el 30%, lo que permitió que la mitad de la población ecuatoriana acceda a las TIC. **(Ecuador Inmediato, 2017)**.

A fin de posibilitar el acceso a servicios de gran ancho de banda a usuarios

localizados a distancias que no es posible llegar con tecnologías xDSL, (x línea de suscripción digital) por sus limitaciones técnicas en cuanto a sus condiciones de funcionamiento (**Abreu, 2009**), se vuelven atractivas las tecnologías disponibles y topologías implementables de redes FTTH (fibra óptica hasta el hogar) (**CNT EP, 2015**).

Una red de arquitectura FTTH con tecnología GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit) permite soluciones con mayor eficacia en transporte de información, mayor ancho de banda, tecnologías en servicios de internet, voz, televisión IP entre otras. Comparado con las redes de cobre, la fibra óptica ofrece mayor seguridad de la información, mayor estabilidad, resistencia a las interferencias electromagnéticas, menor degradación de la señal, permitiéndole trabajar con altos niveles de tráfico de datos, contenidos multimedia y otros, de manera confiable y rápida, a través de una red certificada bajo normas y estándares establecidos.

La expansión de las Redes Ópticas metropolitanas a niveles de red troncal, distribución y dispersión, generan un nuevo reto para los diseños, técnicas de implementación y mantenimiento de redes de acceso. Una vez superadas las dificultades de los costos de diseño, implementación y certificación, las nuevas redes ópticas pasivas PON son el nuevo escenario para las redes de acceso, de esta manera se resuelven los problemas de ancho de banda, fiabilidad, operación, mantenimiento y cobertura que se presentan en las redes de cobre.

2.5.3 Transmisión de Señales

En Ecuador el servicio de internet a través de conexiones físicas ha crecido de manera exponencial entre 2001 y 2015 como se observa en la figura 2.5.3 (a), dicho crecimiento está influenciado tanto por la innovación y desarrollo tecnológico, como por las políticas y estrategias gubernamentales de conectividad y de prestación de servicios implementadas en los últimos años. Para julio del 2014, a nivel nacional existían 35.111 kilómetros de fibra óptica. CNT es la propietaria de la red de fibra óptica más grande en el país, con más

de 12.410 km de fibra desplegada en el país, lo que permite la conexión de 23 provincias del territorio continental (**El Telégrafo, 2014**).



Figura 2.5.3 (a): Acceso a las telecomunicaciones en Ecuador

Fuente: Ministerio de Telecomunicaciones (2016)

En septiembre del 2017, Ecuador cuenta con 59.861 km de fibra óptica. El gobierno impulsa el crecimiento de la fibra óptica en el país, considerando su despliegue como un motor para el logro de varios objetivos, consolidados en fomentar la calidad de los servicios de telecomunicaciones, en beneficio de los ecuatorianos (**Computerworld, 2017**).

Para el 2019, CNT finalizará la instalación de 1.280 km de fibra óptica entre Ecuador continental y Galápagos, con la implementación del cable se multiplica la capacidad por 10.000 y se pone a la región insular al mismo nivel del continente (**El ciudadano, 2017**).

Mediante Resolución TEL-431-13-CONATEL-2014 de 30 de mayo de 2016, se estableció para aplicación nacional la definición: “Banda ancha: Ancho de banda entregado a un usuario mediante una velocidad de transmisión de bajada (proveedor hacia usuario como puede ver en la figura 2.5.3 (b)) mínima efectiva igual o superior a 1024 Kbps, en conexión permanente, que permita el suministro combinado de servicios de transmisión de voz, datos y video de manera simultánea.”

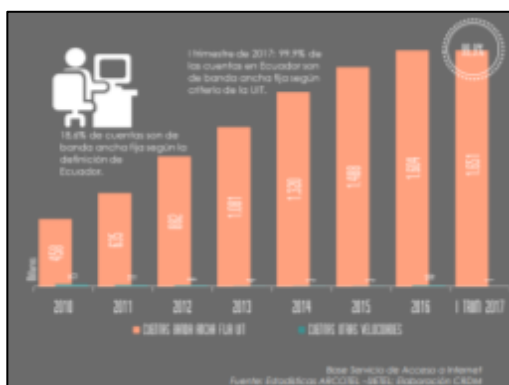


Figura 2.5.3 (b): Cuentas de Banda Ancha Fija (UIT)
Fuente: ARCOTEL (2016)

En Ecuador, el servicio de Internet fijo a través de conexiones alámbricas ha crecido, siendo así que para el primer trimestre del año 2017 el 59% de cuentas se proporcionan a través de cobre, el 18% a través de cable coaxial y el 14% a través de fibra óptica y apenas un 9% se proporciona por medios inalámbricos.

Para el primer trimestre del año 2017 se observa que, el número de conexiones a Internet fijo, que utiliza como medio de transmisión Hybrid Fiber Coaxial – HFC o también identificado como Cable Modem tiene mayor cobertura en las provincias de Guayas con el 41% y Pichincha el 40% aproximadamente del total de conexiones registradas a nivel nacional, tal como se muestra en la figura 2.5.3 (c).

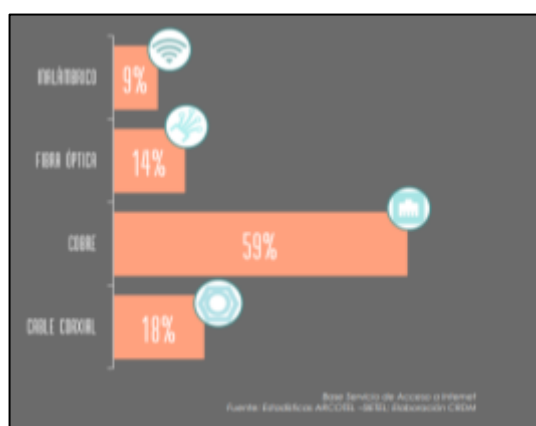


Figura 2.5.3 (c): Conexiones fijas por Tecnología
Fuente: ARCOTEL (2016)

Respecto a las conexiones fijas por fibra óptica, para el primer trimestre del año 2017 se evidencia una gran diferencia entre el número de conexiones entre provincias, es así que de igual forma a las tecnologías ya mencionadas, la provincia de Pichincha tiene la mayor cantidad de conexiones con el 43%, seguida de Guayas con el 33% de conexiones de fibra óptica registradas a nivel nacional, tal como se muestra en la figura 2.5.3 (d).



Figura 2.5.3 (d): Conexiones fijas por Fibra Óptica
Fuente: ARCOTEL (2016)

El servicio de audio y video por suscripción ha presentado un crecimiento notable en los últimos años a nivel nacional, sobre todo por la alta demanda de televisión codificada satelital la cual hasta el primer trimestre del año 2017 alcanzó un 68%. Para el caso de la televisión codificada por cable y codificada terrestre no se observa un crecimiento (**Redes GPON, las nuevas redes de operador, 2016**).

Al relacionar el número total de suscriptores con la población total estimada en el Ecuador, se conoce que la densidad del servicio a nivel nacional hasta el mes de marzo del año 2017 es del 30.44%, tal como se muestra en la figura 2.5.3 (e).

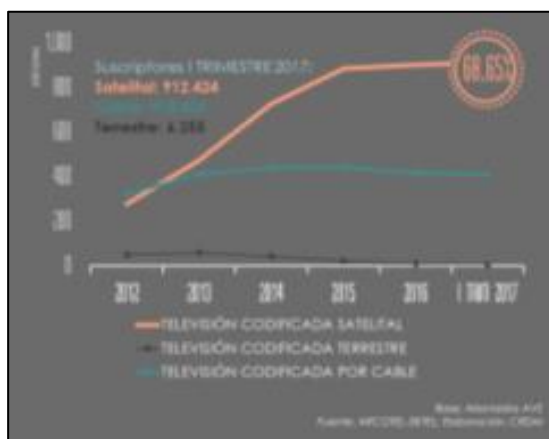


Figura 2.5 (e): Densidad de Servicio AVS

Fuente: ARCOTEL (2016)

La red de fibra óptica se acerca más al usuario final, llegando inclusive hasta su domicilio dependiendo de su configuración (FTTx), es por esto por lo que existen varias opciones de red de acceso usando fibra óptica. Las tecnologías de fibra óptica ofrecen mejor calidad de servicio debido a que no es afectada por interferencias electromagnéticas, esto genera una capacidad extremadamente alta comparada con otras tecnologías, adicionalmente puede transmitir información hasta 80 km antes de ser amplificada.

Tradicionalmente la fibra óptica ha sido usada en la red de transporte exclusivamente debido al alto costo de sus materiales y ciertas limitaciones técnicas que presenta el manejo de pulsos de luz para transmitir información, el desarrollo de las redes pasivas ópticas (PON – Passive Optical Network) permitió la utilización de elementos relativamente más económicos que no usan equipos electrónicos, lo que permitió que la aceptación de las FTTx haya aumentado a nivel mundial en niveles extraordinarios.

2.6 Acceso GEPON

2.6.1 Introducción

La tecnología GEPON es una Ethernet rápida sobre redes ópticas pasivas que son fibra punto a multipunto a las premisas (FTTP) / fibra al hogar (FTTH) arquitectura en la cual la fibra óptica individual se utiliza para servir a múltiples locales o usuarios. Una arquitectura 'PON' consiste en una terminación de línea óptica (OLT) en el lado del proveedor y una o muchas unidades de red óptica (ONU) en el lado del usuario, como se puede observar en la figura 2.6.1. **(Keiser, 2014)**

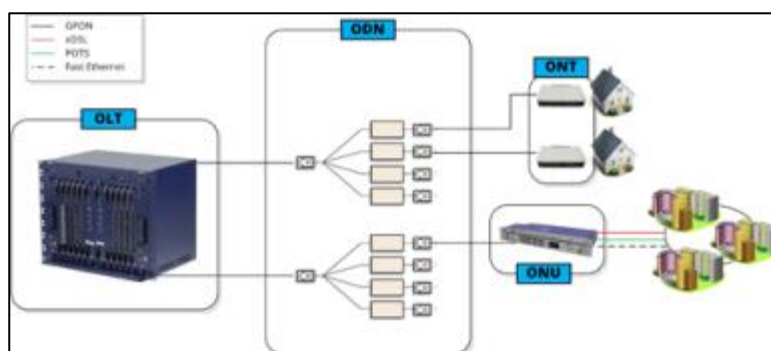


Figura 2.6.1: Tecnología GPON.

Fuente: Redes GPON (2016)

GEAPON proporciona conectividad perfecta para cualquier tipo de comunicaciones paquetizadas basadas en IP ya que emplea una sola red (capa 2) que usa IP para transportar datos, voz y video. Dado que los dispositivos Ethernet están presentes en todas partes, desde la red doméstica hasta redes troncales regionales, nacionales y mundiales, la implementación de GEAPON ha demostrado ser rentable. También proporciona comunicación segura ya que el cifrado se proporciona en ambos extremos, es decir, en sentido ascendente y descendente, por lo que las posibilidades de escucharse se desvanecen. A medida que las tasas de transferencia en Ethernet aumentan día a día, la escalabilidad de la tecnología GEAPON es ilimitada. Esta tecnología es la solución ideal para aquellos operadores de servicio de CATV o de Datos, que pretenden emigrar al modelo de Triple Play, o Triple Servicio, lo cual implica

Internet Banda Ancha, Telefonía y TV, con la posibilidad de transportar TV digital sobre el protocolo IP (IPTV). (Mac, 2015)

2.6.2 Estructura GEPON

Básicamente la estructura de una red GEPON, contiene una terminal de línea óptico (OLT) ubicado en la central, algunos elementos pasivos de ramificación óptica, denominados splitter, varios terminales de red ópticos (ONT) también denominados ONU (Unidad de Red Óptica), los que se encuentran en la casa del usuario y presentan las interfaces hacia los dispositivos que con los cuales se hace uso del servicio. (Kramer, 2014)

- a) **OLT (Optical Line Terminal – Terminación de Línea Óptica):** Es uno de los componentes claves utilizados en redes GEPON, por lo general está ubicado en el cuarto central de control, es un elemento activo, desde él se llevar a cabo la conversión entre las señales eléctricas utilizadas por los equipos del proveedor de servicios y las de fibra óptica señales utilizadas por la red óptica pasiva. Las cuales parten hacia el usuario final, tienen una capacidad para dar servicios a un gran número de abonados. En el mercado existen tres tipos de OLT, como se puede observar en la figura 2.6.2 (a), en cada una con una potencia media diferente que dependerá del tipo de proyecto que se vaya a implementar. (Repositorio de la UG, 2015)

Tipo	Pot. Media Min.
A	-4
B+	+1
C	+5

Figura 2.6.2 (a): Tipos de OLT.

Fuente: Autores.

- b) **ODN (Divisor Óptico Pasivo - Splitter):** En las redes de GEPON, se implementa lo que son splitter el cual hace posible la división de la señal óptica original hacia dos o más fibras distintas a sus salidas. Cada splitter

posee un valor de pérdida en dB (decibeles), como se observa en la figura 2.6.2 (b), entre más ramificaciones tenga mayor es la pérdida que posea dicho splitter. La transmisión en la ODN es bidireccional pudiéndose emplear la misma fibra para el tráfico ascendente y descendente para cada uno de ellos. **(Repositorio de la UG, 2015)**

Splitters (cant)	Unit Att (dB)
1x2	3.50
1x4	7.00
1x8	10.50
1x16	14.00
1x32	17.50
1x64	21.00
2x4	7.90
2x8	11.50
2x16	14.80
2x32	18.50
2x64	21.30

Figura 2.6.2 (b): Valores de pérdida de Splitters.

Fuente: Autores.

- c) ONT (Optical Network Terminal – Terminal de Red Óptica):** En el sistema GPON, se trata del equipo que ofrecerá el servicio al usuario y que conectará directamente con la OLT. Este equipo es básicamente un convertidor de medios y que utilizando diferentes longitudes de onda es capaz de transmitir y recibir de forma simultánea y por una sola fibra monomodo información digital correspondiente a voz, datos y vídeo. También en el mercado existen tres tipos de ONT, como puede observar en la figura 2.6.2 (c), cada una con una señal receptora diferente que dependerá del tipo de proyecto que se vaya a implementar. **(Repositorio de la UG, 2015)**

Tipo	Sensibilidad Mínima del Receptor
A	-25
B+	-27
C	-26

Figura 2.6.2 (c): Tipos de ONT.

Fuente: Autores.

d) ONU (Optical Network Unit – Unidad de Red Óptica): La ONU es uno de los elementos que pueden registrarse contra una OLT. En este caso se trata de dispositivos de distribución que dan servicio a más de un usuario. Por un lado, ofrece conectividad GPON para la interconexión con la OLT y por otro dispone de diferentes tecnologías para dotar de servicio a los usuarios. Habitualmente suelen ofrecerse con la posibilidad de emplear VDSL2, ADSL2+, Fast Ethernet y POTS. **(Repositorio de la UG, 2015)**

2.6.3 Operación de Tecnología GEPON

- **Ambientes tipo campus:** Pueden ser ambientes universitarios, industrias, en donde necesita un ancho de banda superior con el propósito de ejecutar sus operaciones en manera rápida y eficiente. Se trabaja con fibra óptica a nivel de backbone con la asistencia de equipos activos para la distribución de la señal, GEPON, como tecnología, permite transportar fibra óptica más allá del backbone, con costos bajos y de forma eficiente. **(Miller, 2013)**
- **Operadoras de telecomunicaciones:** En la actualidad existe una manera por la cual las operadoras telefónicas pueden llegar hasta su cliente con fibra óptica de forma eficiente y a bajo costo, mayor ancho de banda, y como resultado la prestación de servicios como es el triple play (Voz, Datos, Video) y con garantía que la ejecución del circuito es rentable a largo plazo.

2.6.4 Tecnología de la red GEPON

El sistema GEPON utiliza la tecnología WDM para lograr una transmisión bidireccional de fibra única con datos de longitud de onda de enlace ascendente de 1310nm y de enlace descendente de 1490nm y transmisión de voz, servicios

de CATV que utilizan un portador de longitud de onda de 1550nm. OLT colocado en el lado de la oficina central, conexiones del canal de distribución y control, y funciones de monitoreo, gestión y mantenimiento en tiempo real. La ONU se coloca en el lado del usuario, y la OLT y la ONU se han conectado en un modo 1: 16/1: 32 a través de una red de distribución óptica pasiva. **(Seguí, Pineda, & Mauri, 2013)**

Para separar las señales de múltiples usuarios en la misma fibra óptica, se pueden usar los siguientes dos tipos de tecnologías de multiplexación.

- **Transmisión de datos de enlace descendente utilizando tecnología de transmisión.** En GEPON, el proceso de transmisión de datos de enlace descendente desde OLT a múltiples ONU se envía por transmisión de datos. Los datos se transmiten en sentido descendente desde la OLT a múltiples ONU en forma de paquetes de longitud variable. Cada paquete lleva un encabezado de paquete EPON, identificando de forma única si el paquete está dirigido a la ONU-1, ONU-2 o ONU-3. También se puede identificar como un paquete de difusión enviado a todas las ONU o a un grupo de la ONU específico (paquete de multidifusión). Cuando los datos llegan a la ONU, la ONU recibe e identifica los paquetes dirigidos a ella a través de la correspondencia de direcciones, y descarta los paquetes enviados a otras ONU. Después de registrar la ONU, se asigna un LLID único. Cuando el OLT recibe los datos, compara la lista de registro de LLID. Cuando la ONU recibe datos, solo recibe tramas o tramas de difusión que se ajustan a su propio LLID.
- **Flujo de datos ascendente utilizando la tecnología TDMA:** La OLT compara la lista de registro de LLID antes de recibir los datos; cada ONU envía una trama de datos en un intervalo de tiempo uniformemente asignado por la OLT de la oficina central; los intervalos de tiempo asignados (por la tecnología de determinación de distancia) compensan la diferencia en las distancias de las ONU, evitando la colisión entre las ONU.

CAPITULO 3

3. DISEÑO DE LA PROPUESTA

3.1 Justificación

Las nuevas tecnologías y servicios de video, voz y datos, la multiplicación de las plataformas digitales, y el aumento del flujo de información digital de hoy en día hace imperiosa la necesidad de estar al corriente con estas tecnologías representadas a través de la capacidad de tráfico de datos que brinda una red FTTH (fibra hasta el hogar).

La alta instancia que tienen los servicios de voz, video y datos entre todo usuario sin diferencia de edad, da la oportunidad de la creación de una nueva industria enfocada a los servicios multiplataforma en forma digital. La fibra óptica, que alcanza altas velocidades para el flujo de esta información es una tecnología que cada vez está llegando a todos los hogares sin diferencia socioeconómica alguna.

El crecimiento urbano de la ciudad se desarrolla en la vía a Samborondón, La Aurora, Vía a Salitre y Vía a la Costa. Esta expansión responde, sobre todo, a tres factores principales: falta de oferta de conjuntos habitacionales en la zona central de Guayaquil, inseguridad y fluidez en la entrega de créditos hipotecarios, lo que ha incidido para que estos lugares sean parte de este desarrollo urbano y comercial tan importante.

Se justifica la formulación del presente proyecto con los resultados del estudio y análisis de los sistemas DWDM en una red GEPON para la implementación de cuatro servicios (voz, datos, iptv y cámara ip) en unas de las urbanizaciones de la Vía de la Costa, como es la Urb. Bosques de la Costa, en las etapas Altos del Bosque, Brisas del Bosque y Jardines del Bosque. Se propone realizar el diseño de la red GEPON para atender la demanda comercial de servicios fijos

para 400 clientes.

La urbanización Bosques de La Costa está ubicada en el Km. 9.8 de la vía a la costa, frente a la Urb. Puerto Azul, como puede observar en la figura 3.1, a tan solo tres minutos de la ciudadela Los Ceibos, pionera en ser la primera urbanización Ecoamigable de Guayaquil, con una política ambiental de respeto al ecosistema, ofreciendo un nuevo estilo de vida a su familia, con total confort y en armonía con la naturaleza.



Figura 3.1: Urb. Bosque de la Costa.

Fuente: Autores.

3.2 Consideraciones iniciales para el diseño de una red GEPON

Los accesos a la información y datos utilizados como parte de esta investigación son proporcionados por el área de instalaciones de fibra óptica de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP), quienes han facilitado para el presente estudio diversos accesos a los reportes e informes que vinculan el proyecto de GEPON en la zona de la vía a la costa.

3.2.1 Alcance del proyecto.

El propósito de nuestro proyecto es brindar servicios de alta disponibilidad a los 400 abonados interesados en nuestro servicio dentro de la urbanización Bosques de la Costa, considerando que el mismo se encuentra en una zona de desarrollo urbanístico con un importante crecimiento poblacional y comercial con relación a los otros sectores de la urbe, además cubrirá las demandas de

los futuros usuarios.

De acuerdo a la información técnica obtenida CNT EP, en el sector de la Urbanización Bosques de la Costa, se proyectó los servicios de telefonía e internet, usando como medio de transmisión la fibra óptica dando una cobertura a un área de 590 Km² y llegando a un total de 560 hogares.

3.3 Descripción general

3.3.1 Estructura de la red GPON

La red GPON es una red completamente pasiva en todo lo que la conforman, y se compone esencialmente por: splitters ópticos, cable de fibra óptica y elementos de protección de fusión y para derivación de ruta, como puede observar en la siguiente gráfica.

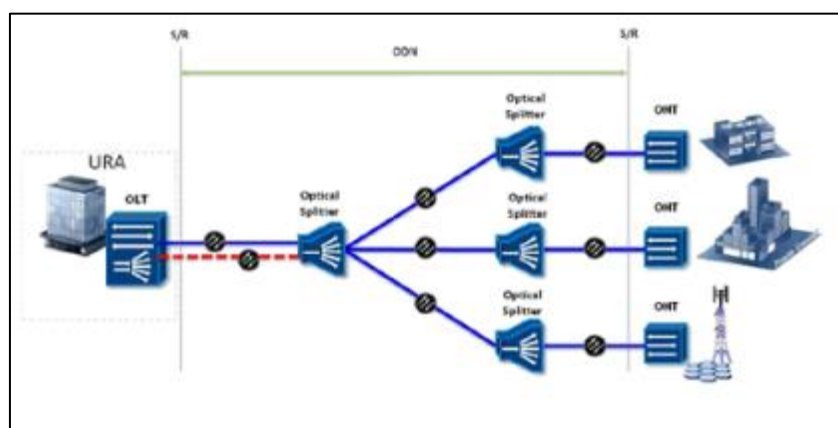


Figura 3.3.1: Estructura de una Red GPON.

Fuente: (CNT, 2018)

Para el dimensionamiento de la red GPON en la urbanización Bosques de la Costa, se consideró el área de cobertura establecida en los planos de la urbanización, y de la demanda comercial que alcanzó 400 abonados para la urbanización y 184 para una proyección del crecimiento poblacional aledaño, considerando la capacidad de adquisición económica de cada usuario, los mismos que garantizarán el éxito del proyecto.

El área a cubrir para nuestro proyecto es de 590 Km², según la información entregada por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P. En la figura 3.3.1, presentamos de manera resaltada el área de cobertura en la cual se incluye la ubicación de los OLT.



Figura 3.3.1: Área de cobertura de la Urb. Bosques de la Costa.

Fuente: Google Earth Pro.

Con la planimetría del sitio que contiene lotización, nombre de calles y nombre de edificios, se realizó el levantamiento de la información al respecto de las viviendas y la demanda que se proyecta, los mismos que se trabajaron en base a la simbología que se detalla en la siguiente tabla N° 1:



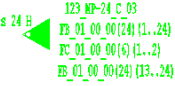



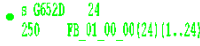












DISTRIBUIDOR ó CENTRAL		Numero: Nodo/Central:	Codigo Id. Nombre:
POSTE HORMIGON ARMADO		P-XX	Poste-Numero
EMPALME FIBRA OPTICA		Tipo s/a hilos Distribuidor_Manga Principal-No. hilos_Rack_No. ODF	Backbone_No._No._No.(hilos)(F. activas) Cliente_No._No._No.(hilos)(F. habilitadas) Backbone_No._No._No.(hilos)(F. reserva)
RESERVA FIBRA OPTICA		Distribuidor nombre Central	No. reserva, numero de hilos, tipo FO, dist. reserva Ubicacion, pozo No./poste No. empalme ó enlace
PROG. RESERVA FIBRA OPTICA		Metro progresiva Metro progresiva	
METRO FIBRA OPTICA		Metro progresiva inicial ó final	
FIBRA OPTICA EXISTENTE		Tipo/No. hilos distancia Backbone_No.-No._No.(hilos)(Hilos activos)	
ICONO POZO EJE CANALIZACION		Pozo_xx	
SUBIDA A POSTE ó MURAL FIBRA OPTICA		Subida a Poste ó Mural Fibra Optica mts. eje a eje + 8mts.	
HERRAJE RETENSION TIPO "A" FIBRA OPTICA ADSS		Herraje tipo "A" Nos. herrajes Nos. preformados	
HERRAJE DE PASO TIPO "B" FIBRA OPTICA ADSS		Herraje tipo "B" conico Nos. herrajes	
GANCHO TENSOR PLASTICO		Gancho tensor plastico No.	
H.Distribución poste		Herraje Distribución para poste	
CAJA OPTICA 2 ó 4 PUERTO		Caja optica No.	
ROSETA OPTICA		Roseta optica No.	
ODF EXISTENTE		No. ODF (No. posiciones) Tipo/subterráneo-aereo Cliente No. No. No.(hilos)(hilos habilitados)	
POZO DE MANO POZO BLOQUES		PZ_XXX numero de pozo ca_pa tipo, suelo-material	
SPLITTER		s/a subterránea/aérea TIPO entrada y salida	
CAJA DE DISTRIBUCION OPTICA SUBTERRANEA		X1: NUMERO DE NAP CAPACIDAD	

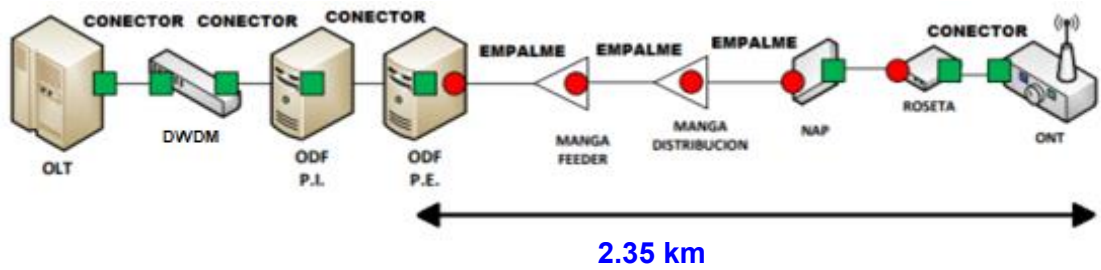
Tabla 1: Simbología utilizada.

Fuente: Autores

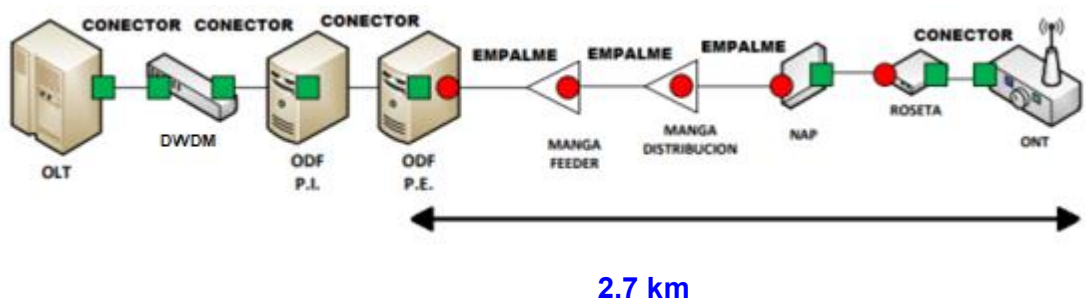
La Urb. Bosques de la Costa manejará un diagrama general, sin embargo, el despliegue de ONT en la Urb. Bosques de la Costa se distribuirá en las etapas Altos del Bosque, Brisas del Bosque y Jardines del Bosque se diseñará en base al modelo de cliente masivo casas y el modelo de clientes masivo edificios.

ETAPA ALTOS DEL BOSQUE

MASIVOS / CASAS

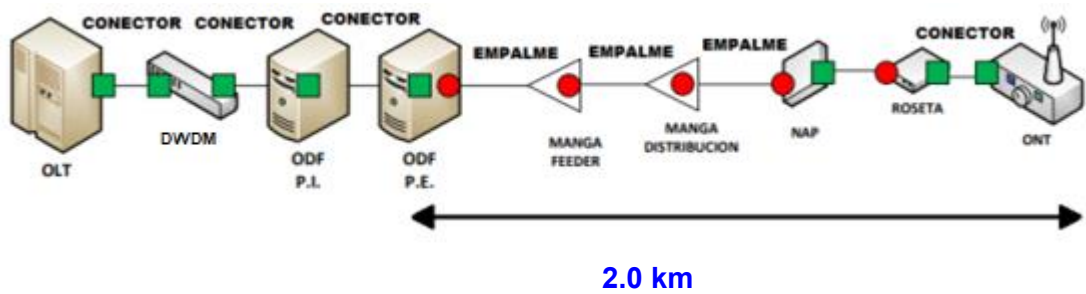


MASIVOS / EDIFICIOS



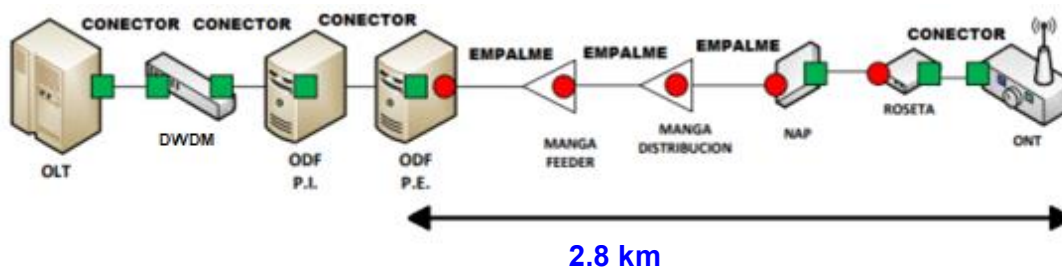
ETAPA BRISAS DEL BOSQUE

MASIVOS / CASAS



ETAPA JARDINES DEL BOSQUE

MASIVOS / CASAS



3.3.2 Niveles de potencia en las redes GEPON

La red de acceso PON soportará una atenuación máxima en base a la potencia máxima garantizada por el OLT menos la potencia mínima aceptada por la ONT. Para fijar los niveles de potencia para la orden de las redes GPON se debe de tomar en cuenta que el alcance máximo de este tipo de red es de 20 Km, con un máximo de 64 usuarios por puerto PON de la OLT, sumándose a esto el coeficiente de atenuación típico de los cables de fibra óptica, atenuación por empalmes y atenuación por conectorización. Los equipos activos se los clasifican en base a sus niveles de potencia admitidos y se los categoriza para las ODN'S como se observa en la tabla N° 2, por lo que se diseña esta red para un presupuesto óptico máximo de 25 dB, valor que está al margen de atenuación máximo establecido por la norma ITU-T G.984.6, por lo que el proyecto se clasifica en uno tipo **Clase B**.

Clasificación	Permitidas para ODN
Clase A	5- 20 dB
Clase B	10-25 dB
Clase B+	13-28 dB
Clase C	15-30 dB
Clase C+	17-32 dB

Tabla 2: Niveles de Potencia en redes GEPON.

Fuente: Autores.

3.3.3 Cálculo del enlace

Durante el diseño de la red GEPON se debe tomar en cuenta un gran número de parámetros al enlazar dos puntos a través de fibra óptica. Este diseño propuesto tiene que garantizar que el esquema maneje una velocidad que satisfaga el ancho de banda, además la señal que debe llegar al receptor debe tener el nivel mínimo adecuado para asegurar que la señal generada sea exactamente la misma que la emitida en el transmisor.

Para conseguir este requerimiento, el proceso del cálculo de la red se basa en el cálculo por atenuación o análisis de las potencias; en el diseño se debe tener en cuenta las pérdidas que son generadas por todos los elementos de la red, adicionalmente, se debe suponer un margen de seguridad, que implique pérdidas que pueden mostrarse por diversas causas y que no son previsible. En la tabla N° 3 se detallan las atenuaciones por cada elemento pasivo de una red GPON:

ELEMENTOS		PÉRDIDA (dB)
Conector		0,40
Fusión (empalme)		0,10
Empalme Mecánico		0,20
SPLITTERS	1x2	3,50
	1x4	7,00
	1x8	10,50
	1x16	14,00
	1x32	17,50
	1x64	21,00
Fibras Longitud de Onda	1310nm	0,35
	1490nm	0,30
	1550nm	0,25

Tabla 3: Atenuación de elementos pasivos en la ODN.

Fuente: Autores.

Se comprobó que la ONT más alejada de la OLT de la Central Cerro Azul donde están los ODF's principales del feeder FT01_00_00 existente, se encuentra a 1730 mts de distancia y la ONT más cercana está a 980 mts. Tomando en cuenta las distancias anteriores se concluye que es aceptable dentro de los rangos de alcance de la OLT que es 20 km, por lo que no será tan alta la potencia de la ráfaga que se debe enviar. En la actualidad se ha logrado que en los equipos se integre y simplifique el trabajo con ráfagas de diferente nivel de potencia.

Las pérdidas a considerar son:

a) Atenuación ocasionada por la fibra en función de la distancia, entre la OLT y la ONT, a la que denominaremos A_d .

• Cliente más alejado de la OLT:

- Para 1330 nm: $A_d = 1,730 \text{ km} * 0,35 / \text{km}$

$$\mathbf{A_d = 0,600 \text{ dB}}$$

- Para 1550 nm: $A_d = 1,730 \text{ km} * 0,25 / \text{km}$

$$\mathbf{A_d = 0,432 \text{ dB}}$$

• Cliente más cercano de la OLT:

- Para 1330 nm: $A_d = 0,980 \text{ km} * 0,35 / \text{km}$

$$\mathbf{A_d = 0,343 \text{ dB}}$$

- Para 1550 nm: $A_d = 0,980 \text{ km} * 0,25 / \text{km}$

$$\mathbf{A_d = 0,245 \text{ dB}}$$

b) Atenuación debida a los conectores tipo APC, se utilizará un conector a la salida de la OLT, dos conectores en el ODF distribuidor, dos conectores en la NAP, un conector en la roseta óptica y dos conectores en la ONT, teniendo un total de 8 conectores para cada enlace.

Ac = Atenuación del conector dB * Cantidad de conectores

- Cliente más cercano:
 - $A_{c1} = 0,40 \text{ dB} * 8$
 - **$A_{c1} = 3,20 \text{ dB}$**
 - Cliente más cercano
 - $A_{c2} = 0,40 \text{ dB} * 8$
 - **$A_{c2} = 3,20 \text{ dB}$**
- c) Atenuación debida a los splitters, por lo que se ha expuesto se tomará en cuenta los siguientes valores de acuerdo con los splitter utilizados, splitter de 1:4, 1:8.

Ast = Cantidad de splitter * Atenuación del splitter dB

- Cliente más alejado:
 - $A_{st1} = 2 * 10,5 \text{ dB} (1:8)$
 - **$A_{st1} = 21 \text{ dB}$**
 - Cliente más cercano:
 - $A_{st2} = 1 * 7 \text{ dB} (1:4) + 1 * 10,5 \text{ dB} (1:8)$
 - **$A_{st2} = 17,5 \text{ dB}$**
- d) Atenuación debida a los empalmes por tramo.

Ae = Cantidad de empalmes * Atenuación del empalme dB

- Cliente más alejado:
 - $A_{e1} = 6 * 0,10 \text{ dB}$
 - **$A_{e1} = 0,60 \text{ dB}$**

- Cliente más cercano:
 - $A_{e2} = 5 * 0,10 \text{ dB}$
 - **$A_{e2} = 0,50 \text{ dB}$**

Atenuación Total =

- Cliente más alejado:
 - **$A_t = A_{e1} + A_{st1} + A_{c1} + A_d$**
 - $A_t = 0,60 \text{ dB} + 21 \text{ dB} + 3,20 \text{ dB} + 0,600 \text{ dB}$
 - **$A_t = 25,4 \text{ dB (a 1310 nm)}$**

 - **$A_t = A_{e1} + A_{st1} + A_{c1} + A_d$**
 - $A_t = 0,60 \text{ dB} + 21 \text{ dB} + 3,20 \text{ dB} + 0,432 \text{ dB}$
 - **$A_t = 25,2 \text{ dB (a 1550 nm)}$**

- Cliente más cercano:
 - **$A_t = A_{e2} + A_{st2} + A_{c2} + A_d$**
 - $A_t = 0,50 \text{ dB} + 17,5 \text{ dB} + 3,20 \text{ dB} + 0,343 \text{ dB}$
 - **$A_t = 21,54 \text{ dB (a 1310 nm)}$**

 - **$A_t = A_{e2} + A_{st2} + A_{c2} + A_d$**
 - $A_t = 0,50 \text{ dB} + 17,5 \text{ dB} + 3,20 \text{ dB} + 0,245 \text{ dB}$
 - **$A_t = 21,44 \text{ dB (a 1550 nm)}$**

3.4 Diseño de la Red GEPON

3.4.1 Localización Geográfica

La urbanización BOSQUES DE LA COSTA se encuentra localizada en el Km. 9.8 de la vía a la costa, frente a la Urb. Puerto Azul, como puede observar en la figura 3.4.1.



Figura 3.4.1: Ubicación de la Urb. Bosque de la Costa.

Fuente: Google Earth Pro.

3.4.2 Análisis de rutas

Para la ejecución de nuestro proyecto se utilizará la red Feeder FT01_00_00 existente de la Central Cerro Azul de la CNT que pasa a lo largo de la Vía a la Costa, cuya ruta es aérea totalmente; al pie de la Urbanización se realizará un empalme aéreo de donde se derivarán dos feeder nuevos que van hacia la Urbanización Bosque de la Costa por vías canalizadas propias de la urbanización.

La ruta consta con disponibilidad de pozos que va desde la Garita de la Urbanización en donde se encontrará la manga de derivación la que permitirá enlazarnos con la Central Cerro Azul donde está ubicado la OLT y más elementos activos de la red, como se observa en la figura 3.4.2.

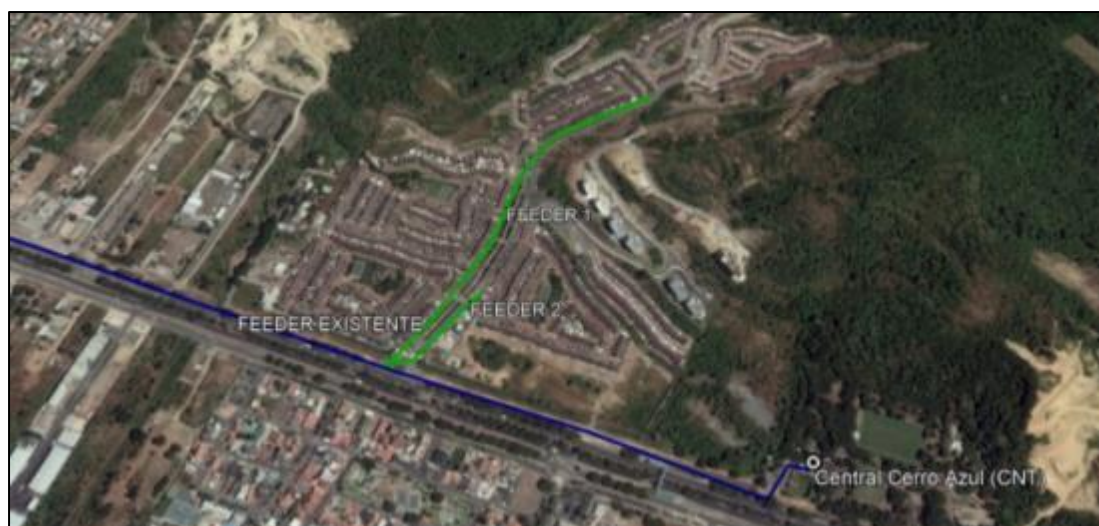


Figura 3.4.2: Ruta del Feeder Principal.

Fuente: Google Earth Pro.

Realizado la distribución del feeder principal, el cual permitirá dar cobertura a toda la urbanización, se procede a segmentar dicha urbanización en 4 partes, para poder realizar la distribución interna hacia los clientes, como se puede observar en la figura 3.4.3.



Figura 3.4.3: Segmentación de la Urb. Bosques de la Costa.

Fuente: Google Earth Pro.

A continuación, en las siguientes figuras 3.4.4, 3.4.5 y 3.4.6 se muestran las rutas de distribución para las etapas: Altos del Bosque, Brisas del Bosque y Jardines del Bosque adicional la parte de los Edificios de la Urb. Bosques de la Costa, todas estas rutas son canalizadas.



Figura 3.4.4: Distribución del MT03.

Fuente: Autores.



Figura 3.4.5: Distribución del MT04.

Fuente: Autores.



Figura 3.4.6: Distribución del MT05 y MT06.

Fuente: Autores.

3.4.3 Diagrama lógico de la red

Aquí detallan los tres elementos primordiales a emplearse en la red GPON, proyectado al nuevo servicio que prestará la CNT a la urbanización bosques de la costa a sus clientes en la zona urbana.

En la oficina central se tiene la interconexión internacional de Internet la que se crea con CNT, inmediatamente se pasa al router principal de distribución que se enlazara al equipo OLT, a través del cual se podrá salir la conectividad del backbone principal de fibra creando una ramificación en la urbanización Bosques de la Costa, y se realizará la división para los usuarios mediante splitter's, finalmente de éstos saldrán los hilos de fibras hacía las NAP'S (minipostes) de lo cual saldrán los puertos que serán para cada usuario final donde se conectarán las ONT'S en los diferentes domicilios de los abonados, como se puede observar en la figura 3.4.3.

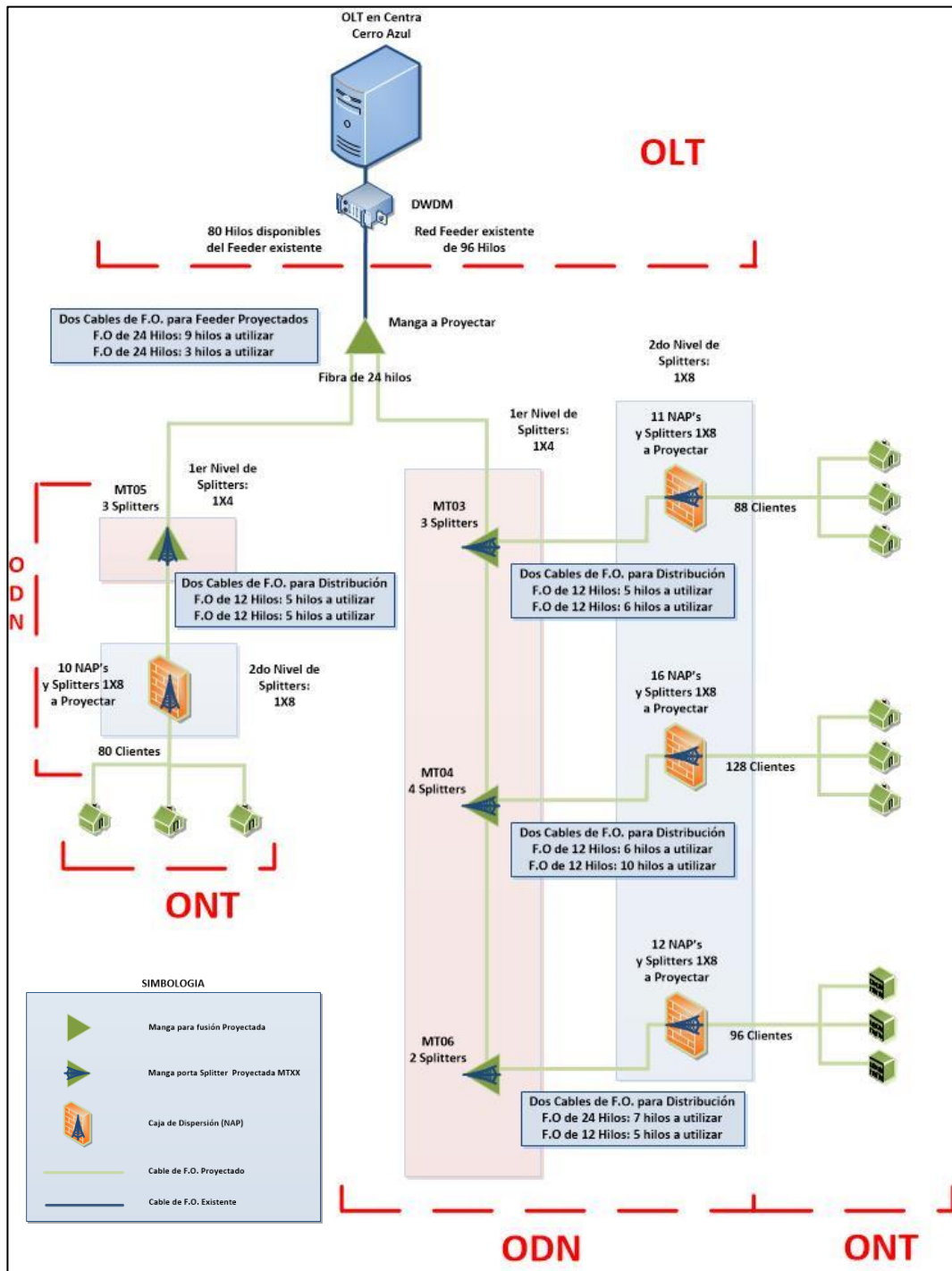


Figura 3.4.3: Diagrama lógico de la red

Fuente: Autores.

3.4.4 Diagrama físico de la Red

Inmediatamente después del análisis, selección de la ruta, y de las consideraciones iniciales que se han trazado como requerimientos para el diseño de la red GPON para la implementación de cuatro servicios (voz, datos, iptv y cámara ip) para la urbanización Bosques de la Costa de la ciudad de Guayaquil; se ha establecido la topología adecuada a usarse en el diseño es la de punto a multipunto entre el OLT y los ONT'S con splitteo distribuido.

Los splitter's estarán colocados en la planta externa de la red, con una distribución de éstos en capacidades de 1 a 4 para los de primer nivel los que se hallaran conectados al backbone principal y éste último estará conectado a un puerto PON de la OLT con una capacidad de tráfico de 1,2 Gbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream). Los splitter's de 1 a 8 para el splitteo de segundo nivel se interconectarán a los de primer nivel, los mismos que serán colocados en las NAP's que estarán dentro de los minipostes, según la densidad poblacional de los clientes actuales y a la tasa de crecimiento futura de la población.

Para el cableado hacia el abonado se ha fijado usar una fibra óptica tipo Drop de 2 hilos G657 el que tiene la característica de insensibilidad a curvaturas que por lo usual se suele presentar en el momento de la instalación; posteriormente se tendrá conexión con el equipo activo ONU en el domicilio del abonado, como se puede apreciar en la figura 3.4.4.

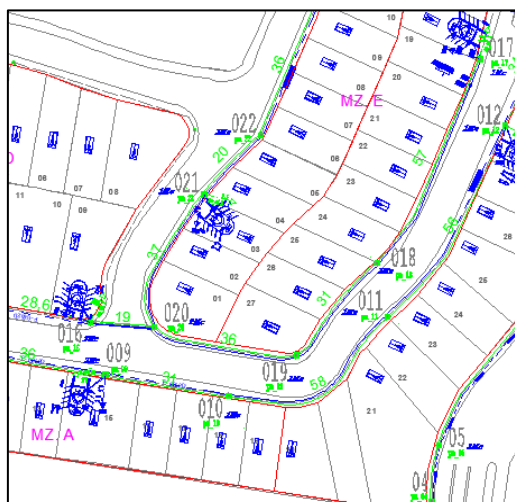


Figura 3.4.4: Diagrama físico de la red

Fuente: Autores.

Los volúmenes de obra correspondiente al diseño se indica en las siguientes Tablas N° 4 y N° 5.

DESCRIPCION	UNIDAD	TOTAL
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	12,00
SANGRADO DE BUFFER FIBRA OPTICA	U	1,00
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 72-96	U	1,00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4"	M	112,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA AÉREA PARA FUSIÓN DE 96 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	1,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 96 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	1,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 288 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	3,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PATCH CORD SIMPLEX SC/APC-SC/APC de 20 mts G.652D	U	12,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X4)	U	10,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	U	1,00
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 6 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	M	280,96
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 24 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	M	1244,50
INSTALACION DE PORTA RESERVAS FIBRA OPTICA POZO	U	8,00

Tabla 4: Volumen de Obra de la Red de Feeder.

Fuente: Autores.

DESCRIPCION	UNIDAD	TOTAL
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	131,00
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	39,00
PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	HILO	392,00
PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	HILO	49,00
SANGRADO DE BUFFER FIBRA OPTICA	U	26,00
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6 - 48	U	26,00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4"	M	286,00
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN MURAL NAP DE 8 PUERTOS SC/APC CON DERIVACION	U	9,00
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN MURAL NAP DE 8 PUERTOS SC/APC SIN DERIVACION	U	40,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U	332,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	U	49,00
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 12 HILOS G.652.D VANO 80 METROS	M	1794,68
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 24 HILOS G.652.D VANO 80 METROS	M	3873,02
INSTALACION DE PORTA RESERVAS FIBRA OPTICA POZO	U	8,00

Tabla 5: Volumen de Obra de la Red de Distribución.

Fuente: Autores.

3.4.5 Selección de Equipos

Para el diseño de la red GEPON, el equipo terminal de línea óptica instalado en la Central Cerro Azul es MA5800-X15 de marca HUAWEI, que tiene las siguientes características mencionadas en la figura 3.4.5:


OLT HUAWEI Modelo: MA5800-X15	ESPECIFICACIONES
	Puerto Uplink: 8 puertos GE FX
	Tasa máxima de Splitteo: 1: 128
	Puertos PON: 8 puertos PON
	Altura: IU
	Dimensión: 440mm x 44 mm x 380 mm
	Humedad relativa: 10% 90% sin condensación
	Compatibilidad: soporta ONT de distintos fabricantes
	Peso: 3kg
	Temperatura ambiente: -15°C 55°C
	Temperatura de almacenamiento: 40-70°C
	Fuente de alimentación: 12 V 0.5A AC/DC
	Estándar: ITU-T G.954.2
	Capacidad de transmisión: Ventanas de 1310nm y 1490nm
Velocidad de transmisión: Downstream de 2,4 GBPS Y en Upstream de 1,2 Gbps	
Administración: telnet, SNMP, WEB	

Figura 3.4.5: Características Técnicas de la OLT.

Fuente: Autores.

De la misma manera en la Central Cerro Azul cuenta instalado el equipo GAOTek Single Fiber DWDM Mux / De-Mux, como se observa en la figura 3.4.6.



Figura 3.4.6: GAOTek Single Fiber DWDM Mux/De-Mux
Fuente: (GAO Tek & GAO Group, 2018)

Para el equipo terminal en la red GEPON, el cual será ubicado en las casas de los abonados se escogió la ONT de Marca Huawei modelo HG8110H, el cual se especifica sus características en la figura 3.4.7.

ONT Huawei Modelo: HG8247H	Especificaciones
 <p data-bbox="571 1462 687 1480">EchoLife HGB247H</p>	<p data-bbox="911 1205 1155 1249">Dimensiones (H x W x D): 220 mm x 160 mm x 32 mm</p>
	<p data-bbox="911 1317 1155 1361">Puertos del lado de la red: GPON</p>
	<p data-bbox="847 1440 1219 1485">Puertos del lado del usuario: 4 GE + 2 POTS + 1 USB + Wi-Fi + 1 CATV</p>

Figura 3.4.7: Características Técnicas de la ONT.
Fuente: Autores.

Con respecto al primer nivel de splitter de nuestro proyecto se considerará Splitter PLC (Planar Lightwave Circuit Splitter) para fusión de 1 a 4, tiene configuración compacta de tamaño menor y de pequeño espacio de ocupación, tiene una pérdida típica de 7dB; así también en el segundo nivel de splitters se

propone Splitter PLC de 1 a 8 conectorizado, con pérdida de elemento de 10,5 dB, como puede ver en la figura 3.4.8; se escogió estos splitters por los siguientes motivos:

- Los Splitters de tecnología plana PLC 1xN tienen bajas pérdidas de inserción, uniformidad y pueden trabajar entre las longitudes de onda de 1260 a 1650 nm.
- Todos los Splitters son compatibles con los estándares de fibra monomodo G.652 D.



Figura 3.4.8: Splitter Óptico APC 1X4.

Fuente: Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

Se considerarán los empalmes por fusión tanto en la parte de las derivaciones de la Red Feeder y la Red de distribución, por el motivo a que tiene menor pérdida por reflexión e inserción que a diferencia de un empalme mecánico, es más fiable y duradero. Los Patchcords a utilizar serán de conectores FC y SC en sus extremos con pulidos APC de longitud de 10 mts.

3.4.6 Determinación y Ubicación de equipos a utilizar

- **Ubicación, dimensionamiento y tipos de OLTs.**

La OLT y el DWDM disponibles para el presente proyecto, están ubicadas en la Central Cerro Azul en el Km 9 de la vía a la Costa, con las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 2°11'7.76", Longitud: 79°57'49.08", tal como se muestra en la figura 3.3.6.

La OLT originalmente tiene 16 tarjetas de servicios que contienen 8 puertos PON, dando un total de 128 puertos. Cada puerto PON suministra a 32 clientes, cuando se utiliza doble nivel de splitters (1/4, 1/8) que es el caso de nuestro proyecto, entonces el número total de clientes que cubre una OLT es de 4096 clientes.

El DWDM que es un multiplexor de división de longitud de onda densa (multiplexor / demultiplexor) que multiplexa varias secuencias de señales en una sola fibra con un soporte máximo de 40 longitudes de onda diferentes. Se pueden configurar diferentes distribuciones de red para cumplir con diferentes requisitos de red. Puede ser operado y controlado de forma independiente.

Para este proyecto, la demanda existente más la demanda comercial proyectada da un total de 584 usuarios, entonces dividiendo esta cantidad para la capacidad de un puerto PON indicado anteriormente, da un valor de 19 puertos PON.

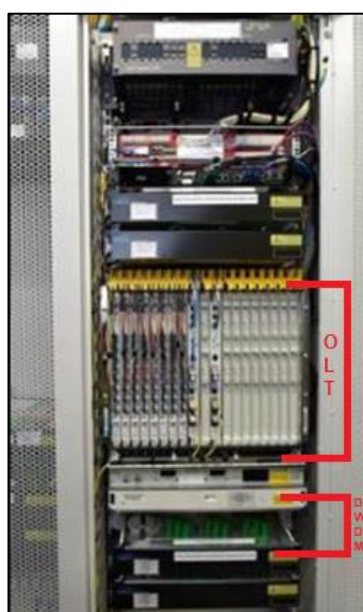


Figura 3.4.6: Ubicación de la OLT en la Central de CNT.

Fuente: Propiedad de CNT.

La OLT originalmente tiene 16 tarjetas de servicios que contienen 8 puertos PON, dando un total de 128 puertos. Cada puerto PON suministra a 32 clientes, cuando se utiliza doble nivel de splitters (1/4, 1/8) que es el caso de nuestro proyecto, entonces el número total de clientes que cubre una OLT es de 4096 clientes.

Para este proyecto, la demanda existente más la demanda comercial proyectada da un total de 584 usuarios, entonces dividiendo esta cantidad para la capacidad de un puerto PON indicado anteriormente, da un valor de 19 puertos PON.

- **Longitud de Feeder y buffers utilizados**

En este proyecto se utilizará la Red Feeder de CNT.EP existente que se encuentra en la vía a la costa, todo el tramo es aéreo desde la Central Cerro Azul hasta el ingreso de la Urb. Porto Al Sol; ubicada en el Km 12.5 de la vía a la Costa, es decir a 2.7 Km más adelante que la Urb. Bosque de la Costa; a la altura del ingreso de la Urb. Bosque de la Costa se construirá un empalme para sacar los dos Feeder que alimentarán a la urbanización, el primero irá por la canalización telefónica ubicada entre los pozos telefónico PM_01 hasta el PM_31, y el segundo Feeder irá por la canalización telefónica ubicada, desde el pozo PM_01 cruzando los pozos PM_03 al PM_37. Estos cables de fibra óptica son monomodo, normado por la ITU G.652D, que se identifica mediante la nomenclatura FT02_03_00(24)(1..9), FT02_00_00(12) (1...3). Las nomenclaturas utilizadas para la identificación de los Feeder se muestran en la tabla N° 6:

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
FT	Fibra Troncal o Feeder
1	Número que indica el orden de salida del cable de la central telefónica
00_00	Número que indica el orden de derivación del cable Troncal o Feeder
24	Capacidad de hilos de Fibra Óptica del cable
(8...13)	Hilos activos o disponibles desde el elemento desde donde parte el cable

Tabla 6: Descripción de elementos de cable Feeder.

Fuente: Autores.

El feeder FT02 recorre a lo largo de la de la vía principal de la Urb. Bosque de la Costa llegando con una longitud máxima de 1,2 km, incluyendo las reservas del cable de fibra óptica ubicadas en las cámaras o pozos telefónicos de acuerdo a la tabla N° 7:

NÚMERO DE RESERVA	NÚMERO DE POZO	CANTIDAD DE F.O (MT)
1	PM_08	30
2	PM_13	30
3	PM_36	20
4	PM_16	30
5	PM_19	30
6	PM_27	30
7	PM_40	45

Tabla 7: Ubicación de las reservas del Feeder FT02_03_00.

Fuente: Autores.

De acuerdo al diseño, estas reservas deben quedar cada 150 o 200 metros en los pozos telefónicos, dependiendo de las etapas de la urbanización Bosque de la Costa, donde la longitud mínima de cada reserva es de 30 metros.

El feeder FT02_03_00 de 24 hilos, tiene 2 buffers con 12 hilos cada uno, donde el primer buffer alimentará las mangas porta splitters existentes

MT03, MT04, MT06, con los números de hilos de buffers que se describen en la tabla siguiente:

FT02_03_00 de 24

BUFFER	HILOS DE BUFFER	HILOS OCUPADOS	HILOS DISPONIBLES	MANGA PORTA SPLITTER
1	1....12	1,2,3	4 al 12	MT03
1	1....12	4,5,6,7	8 al 12	MT04
1	1....12	8,9	10 al 12	MT06
2	1....12	0	1 al 12	

FT02_00_00 de 12

BUFFER	HILOS DE BUFFER	HILOS OCUPADOS	HILOS DISPONIBLES	MANGA PORTA SPLITTER
1	1....12	1,2,3	4 al 12	MT05

Tabla 8: Números de Hilos Ocupados y Disponibles.

Fuente: Autores.

- **Tipos de Splitter Óptico, división y ubicación**

Para todos los modelos de topología GEAPON, se recomiendan hasta dos niveles de splitter, ya que con la instalación de un tercer nivel aumentan las pérdidas en el presupuesto óptico, lo que reduce la longitud de la fibra para cumplir el umbral de pérdidas, por tal motivo se ha escogido el modelo masivo/casa dos niveles de splitter.

La razón de división dependerá de la demanda y ubicación del splitter óptico. Existen dos tipos de splitter, el primario y el secundario; para el primario es necesario tener una fibra de respaldo y se lo utiliza especialmente para atender las necesidades de demanda comercial e industrial. El splitter óptico secundario necesita de un solo enlace de fibra óptica para atender las necesidades de las demandas residenciales.

- **Ubicación de las cajas de distribución**

Todas las cajas de distribución óptica (NAP's) van a ser instaladas en los minipostes existentes dentro de la urbanización como puede observar en la figura 3.4.7; para la instalación de las líneas físicas canalizadas se utilizará

como referencia el Reglamento 568 del ARCOTEL específicamente en el Capítulo II artículo 5. La numeración de las cajas ópticas será desde la más lejana hasta la más cercana de la OLT de forma ascendente. Cabe mencionar que al interior de las cajas de distribución óptica se encuentran los splitters de segundo nivel cuya derivación es de 1 a 8.



Figura 3.4.7: Ubicación de la NAP`S dentro de la Urbanización.

Fuente: Autores.

- **Ubicación para las mufas de distribución o FCP primario.**

La razón principal para la cual se escogió utilizar mangas (mufas) porta splitter en lugar de armarios ópticos (FDH) es el aspecto económico, debido a que la instalación de un FDH tiene un costo aproximado \$15000.00, a diferencia de la manga porta splitter, cuyo costo es de \$1500.00, lo que representa un significativo ahorro económico.

De acuerdo al análisis efectuado anteriormente, se estableció que para nuestro proyecto se requieren 12 puertos PON, esto significa que se instalará el mismo número de splitters de primer nivel de 1x4, distribuidos en las mangas porta splitters.

Según especificaciones técnicas, una manga porta splitter puede contener hasta 24 splitters, pero considerando el espacio físico para el fácil mantenimiento e instalación de nuevos usuarios se decidió mantener un máximo de 3 a 4 splitters por manga, por lo que para el primer nivel en una manga son 3 splitter, se obtendrán 4 mangas porta splitters (equivalente a cada armario de fibra óptica); la abreviatura para definir una manga porta splitters estará dada por MTXX, donde X es el número de manga porta splitter que corresponda, por lo tanto se requieren de tres derivaciones del Feeder FT02_03_00(24)(1..9), sangrando la fibra en las reservas más cercanas a la proyección de ubicación de las mangas porta splitters, que de acuerdo al levantamiento realizado en la ruta del eje de canalización se utilizarán 3 reservas ubicada en la principal de la Urb. Bosques de la Costa. Por lo que se definen los siguientes MT's en el proyecto con su ubicación en la tabla N° 9:

MANGA PORTA SPLITTER	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD
MT03	Vía Principal de la URB.	2°11'1.67"S	79°58'10.85"O
MT04	Vía Principal de la URB.	2°10'54.93"S	79°58'9.24"O
MT06	Vía Principal de la URB.	2°10'55.06"S	79°58'3.93"O
MT05	Vía Principal de la URB.	2°11'0.52"S	79°58'8.82"O

Tabla 9: Ubicación Geográfica de las Mangas Porta Splitter.

Fuente: Autores.

La Red de Distribución inicia desde los puertos de salidas de los splitters de primer nivel, con el siguiente detalle:

- **MT03:** Ingresa el buffer azul de 12 hilos a la manga porta splitter que contiene 3 splitters de 1x4, saliendo 12 hilos es decir 12 NAP's.
- **MT04:** Ingresa el mismo buffer azul de 12 hilos a la manga porta splitter que contiene 4 splitters de 1x4, saliendo con 16 hilos es decir 16 NAP's.
- **MT06:** Ingresa el mismo buffer azul de 12 hilos a la manga porta splitter que contiene 2 splitters de 1x8, saliendo 16 hilos es decir 16 NAP's.
- **MT05:** Ingresa el buffer azul de 12 hilos a la manga porta splitter que contiene 3 splitters de 1x4, saliendo 12 hilos es decir 12 NAP's.

La cantidad de splitters tanto del primer nivel como del segundo nivel, necesarios para el desarrollo de este proyecto, se muestran en la tabla siguiente:

ID MT	CANTIDAD MAXIMA DE SPLITTER EN EL 1ER NIVEL (1X4)	CANTIDAD MAXIMA DE SPLITTER EN EL 2DO NIVEL (1X8)	MAXIMA CANTIDAD DE USUARIOS
MT03	3	12	96
MT04	4	16	128
MT05	3	12	96
ID MT	CANTIDAD MAXIMA DE SPLITTER EN EL 1ER NIVEL (1X8)	CANTIDAD MAXIMA DE SPLITTER EN EL 2DO NIVEL (1X8)	MAXIMA CANTIDAD DE USUARIOS
MT06	2	16	128
TOTAL			448

Tabla 10: Cantidad Máxima de usuario por Distrito.

Fuente: Autores.

La salida de los splitters de primer nivel se fusiona con cables de FO de 6, 12, 24 y 48 según el caso, los cuales llegan a las cajas NAP's que contienen splitters de 1x8, generando un segundo nivel de splitters, con la cantidad detallada en la tabla anterior.

- **Red de canalización existente.**

Los ejes de canalización existentes se dividen en 4 segmentos, que comprende un total de 17 tramos, tal como se muestra en la siguiente figura.

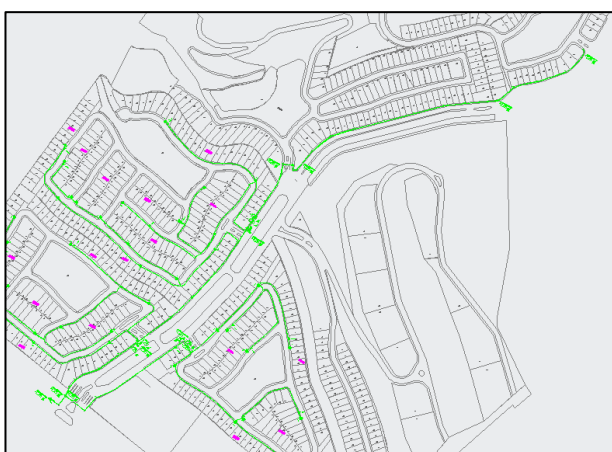


Figura 3.3.8: Ubicación de la canalización dentro de la Urbanización.

Fuente: Autores.

- **Diseño de derivaciones de Red Feeder**

En base a la cantidad de mangas porta splitters existentes, donde se proyectarán cuatros MT's identificadas como: MT03, MT04, MT06 y MT05, se requerirá sangrar el primer Feeder principal FT02_03_00(24) (1...9), derivando el cable de la siguiente manera:

- ✓ FT02_03_00(24) (1...3)
- ✓ FT02_03_00(24) (4...7)
- ✓ FT02_03_00(24) (8...9)

Y del segundo FT02_00_00(12) (1...3) del cual se deriva el MT05.

Asignando los hilos de los buffers disponibles de los Feeder principales, según se detalla en la tabla siguiente:

FT02_03_00 de 24				
BUFFER	HILOS	HILOS A UTILIZAR	ELEMENTO	CLIENTES ASIGNADOS
1	12	1 al 3	MT03	MASIVOS CASAS
1	12	4 al 7	MT04	MASIVOS CASAS
1	12	8 al 9	MT06	MASIVOS CASAS
FT02_00_00 de 12				
BUFFER	HILOS	HILOS A UTILIZAR	ELEMENTO	CLIENTES ASIGNADOS
1	12	1,2,3	MT05	MASIVOS CASAS

Tabla 11: Ocupación de Buffers de MT's a proyectarse.

Fuente: Autores.

- **Diseño de Red de Distribución**

La Red de Distribución, empieza desde los puertos de salida de los splitters de primer nivel; en los mismos que se fusionarán diferentes tipos de cables de fibra óptica con sus respectivas derivaciones hacia las NAP's, cabe destacar que estas cajas ópticas son ubicadas de acuerdo al área de dispersión y enumeradas desde la más lejana hasta la más cercana a la manga porta splitter. En las figuras 3.3.9, hasta la 3.3.12, se pueden observar los modelos propuesto para la red de distribución GEPON

utilizando los minipostes existentes dentro de la Urb. Bosques de la Costa.



Figura 3.3.9: Ubicación de la NAP`S dentro del MT03.

Fuente: Autores.



Figura 3.3.10: Ubicación de la NAP`S dentro del MT04.

Fuente: Autores.



Figura 3.3.11: Ubicación de la NAP`S dentro del MT05.

Fuente: Autores.



Figura 3.3.12: Ubicación de la NAP`S dentro del MT06.

Fuente: Autores.

- **Diseño de Manga Porta Splitter**

Para el diseño de la ODN de la MT03, se considerará la fusión de dos cables de fibras ópticas de distribución a las salidas de los splitters del primer nivel, siendo estos los siguientes:

- ✓ FD01_00_00(12) (1...5)
- ✓ FD02_00_00(12) (1...6)

Para el diseño de la ODN de la MT04, se considerará la fusión de dos cables de fibras ópticas de distribución a las salidas de los splitters del primer nivel, siendo estos los siguientes:

- ✓ FD01_00_00(12) (1...10)
- ✓ FD02_00_00(12) (1...10)

Para el diseño de la ODN de la MT05, se considerará la fusión de dos cables de fibras ópticas de distribución a las salidas de los splitters del primer nivel, siendo estos los siguientes:

- ✓ FD01_00_00(12) (1...5)
- ✓ FD01_00_00(12) (1...5)

Para el diseño de la ODN de la MT06, se considerará la fusión de dos cables de fibras ópticas de distribución a las salidas de los splitters del primer nivel, siendo estos los siguientes:

- ✓ FD01_00_00(24) (1...7)
- ✓ FD02_00_00(12) (1...5)

Se deberán formar las áreas de dispersión para cada NAP's, agrupándose de acuerdo a los clientes existentes y a la demanda comercial en el sector, para el caso de estas MT's se tienen 49 áreas de dispersión lo que equivalen

49 NAP's. La nomenclatura de cada NAP será alfanumérica agrupadas en cuatro, empezando desde la A1; cabe destacar que esta nomenclatura forma parte de las Normas Técnicas de la CNT E.P., por lo tanto, en las siguientes mangas troncales también las utilizaremos.

A continuación, se detallan los grupos a utilizarse en la MT03, recalcando que se dejará la reserva de un hilo para la caja C4:

A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3.

Se detallan los grupos a utilizarse en la MT04:

A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3, D4.

Se describe los grupos a utilizarse en la MT05, recalcando que se dejará la reserva de dos hilos para la caja C3 y C4:

A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4, C1, C2.

Se detallan los grupos a utilizarse en la MT06, recalcando que se dejará la reserva de cuatro hilos para las cajas D1, D2, D3, D4:

A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4.

- **Diseño de Red de Dispersión**

Para el diseño de la red de dispersión, se lo hizo con la prioridad de agrupar a los abonados, debiendo considerar que al momento de tener toda esta red desplegada no necesariamente todos los abonados proyectados contratarán algunos de los servicios ofrecidos. En la figura 3.3.13, se muestra un segmento de la red de dispersión del proyecto, para lo cual utilizamos el software AUTOCAD 2017.

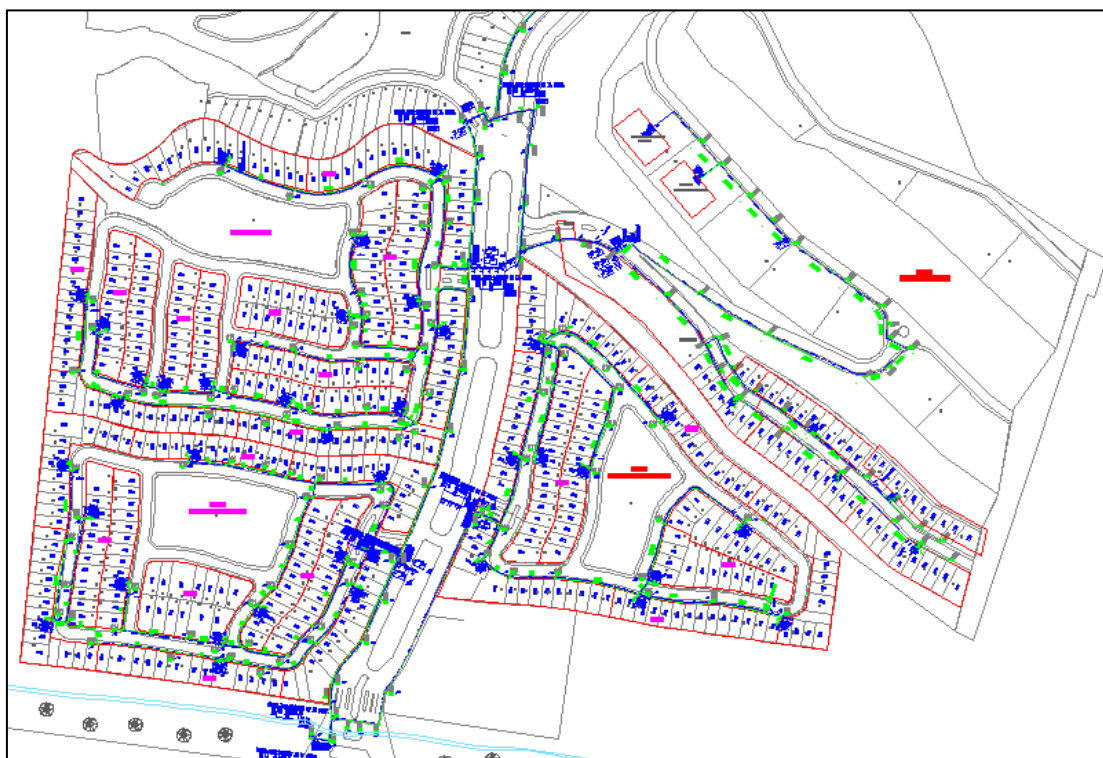


Figura 3.3.13: Segmento de la Red de Dispersión dentro de la Urbanización.

Fuente: Autores.

El diseño final de toda la red GEPON dentro de la Urb. Bosques de la Costa se puede visualizar en los anexos de esta investigación.

CAPITULO 4

4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

4.1 Factibilidad Operativa (Diseño de la red)

4.1.1 Mapeo y Localización Geográfica

Como se mencionó en el numeral 3.4.2 “Análisis de rutas”, el proyecto atraviesa la totalidad de la urbanización Bosques de la Costa. Al pie de la Urbanización se realizará un empalme aéreo al cable Feeder aéreo que viene desde la Central Cerro Azul de la CNT, de donde se derivarán dos feeder nuevos que van por vías canalizadas propias de la urbanización. Los pozos están ubicados desde la Garita en donde se ubica la manga de derivación.

Internamente, se ha dividido los servicios en 4 segmentos de distribución interna hacia los clientes que son: Altos del Bosque, Brisas del Bosque, Jardines del Bosque y Edificios de la Urb. Bosques de la Costa, como se observa en la figura 4.1.1.



Figura 4.1.1: Segmentación geográfica del servicio de distribución

Fuente: Google Earth Pro.

La OLT disponible para el presente proyecto, está ubicada en la Central Cerro Azul en el Km 9 de la vía a la Costa, con las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 2°11'7.76", Longitud: 79°57'49.08". Como se indicó anteriormente, en este proyecto se utilizará la Red Feeder de CNT existente que se encuentra en la vía a la costa, todo el tramo es aéreo desde la Central Cerro Azul hasta el ingreso de la Urb. Porto al Sol, ubicada en el Km 12.5 de la vía a la Costa; a la altura del ingreso de la Urb. Bosque de la Costa se construirá un empalme para sacar los dos Feeder que alimentarán a la urbanización. Todas las cajas de distribución óptica (NAP's) van a ser instaladas en los minipostes existentes dentro de la urbanización.

4.1.2 Estructura montable y desmontable del proyecto

Los precios referenciales de los equipos detallados en la tabla N° 12, los mismos que son de fácil montaje y desmontaje para el respectivo mantenimiento de la red son:

EQUIPO MONT DESMONT	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
NAP`s MT 3...6	56	\$ 84,99	\$ 4.759,44
Mufas de distribución	4	\$ 1.500,00	\$ 6.000,00
Splitter (1x4)	12	\$ 39,99	\$ 479,88
Splitter (1x8)	56	\$ 36,00	\$ 2.016,00
		TOTAL	\$ 13.255,32

Tabla N° 12: Equipos montables y desmontables

Fuente: Autores

4.2 Factibilidad económica

Dentro del mercado de las Telecomunicaciones se tienen diversos fabricantes para elegir los materiales y equipos, para considerarlos dentro del presupuesto de la Red GEAPON; entre los proveedores más destacados están Huawei, 3M, FTTH Council Americas y Furukawa.

4.2.1 Equipamiento GEAPON

Para nuestro proyecto, se toma en cuenta la OLT existente de marca HUAWEI modelo MA5800-X15 y GAOTek Single Fiber DWDM Mux / De-Mux que están

dentro la Central Cerro Azul, de propiedad de CNT, por lo cual no se considera su costo, ni adquisición; el equipo que sí se considera para nuestro proyecto GEPON es la ONT de Marca Huawei modelo HG8110H, el costo referencial del equipo se muestra en la tabla N° 13.

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
ONT HG8110H. Marca HUAWEI	584	\$ 112,99	\$ 65.986,16
		TOTAL	\$ 65.486,16

Tabla N° 13: Equipos del servicio

Fuente: Autores

En la tabla N° 14 se muestra el detalle del presupuesto referencial resumido de los costos de la red GEPON, que comprenden en la construcción e implementación, se ha proyectado las etapas que comprenden: Red feeder, Red de distribución y el trabajo de Canalización.

DETALLE	COSTO DE INVERSIÓN
Red feeder	\$ 3.169,12
Red distribución	\$ 30.139,21
Canalización	\$ 2.012,96
TOTAL	\$ 35.321,29

Tabla N° 14: Costo de Inversión para la implementación de la Red GEPON

Fuente: Autores

Los valores del presupuesto referencial en detalles se pueden visualizar en los anexos de esta investigación.

4.2.2 Análisis de mercado, servicios ofrecidos y tecnología utilizada

En el mercado ecuatoriano se encuentran diversos servicios ofrecidos desde las empresas de telecomunicaciones, las mismas que incluyen dentro de sus servicios el de televisión, internet y telefonía. Para el análisis se ha realizado una comparación de 4 empresas que proveen el servicio de manera individual y en pack.

Todas las empresas han sido evaluadas con una telefonía fija ilimitada, internet con un plan de 50 Mbps plus y televisión pagada con definición HD. Los actuales servicios ofrecidos no incluyen cámara IP, por lo que representa una ventaja competitiva al respecto de las propuestas analizadas. Sin embargo, se considera que este es un modelo de prototipo que puede inicialmente ser costoso, por lo que la ubicación en esta zona geográfica nos permite evaluar el segmento de mercado al cual estaría dirigido este pack. Las ofertas del mercado se visualizan en la siguiente tabla N° 15 y como se menciona, no incluye en cuarto servicio de cámaras IP:

	Telefonía	Internet (Plan 50 Mbps)	Televisión (SD HD)	TOTAL
PACK CNT	\$ 6,20	\$ 44,90	\$ 25,00	\$ 76,10
PACK CLARO	\$ 6,20	\$ 44,79	\$ 33,48	\$ 84,47
PACK TVCABLE	\$ 6,20	\$ 49,90	\$ 27,50	\$ 83,60
PACK UNIVISA	N/A	\$ 57,24	\$ 25,9	\$ 83,14

Tabla N° 15: Análisis de servicios similares en el mercado

Fuente: Autores

Como se puede visualizar en la tabla N° 15, los servicios de telefonía mantienen un promedio de \$ 6,20 exceptuando al servicio ofrecido por Univisa que no cuenta con este servicio integrado, en cuanto al servicio de Internet se consideró un plan de 50 Mbps para todos los operadores alcanzando un precio comercial promedio de \$ 49,21, mientras que el servicio de Televisión mantiene un precio comercial promedio de \$ 27,97. Por lo que, en pack el precio promedio del mercado es de \$ 81,39 con tres servicios (Internet + Telefonía + TV), en las condiciones descritas anteriormente.

Tomando en consideración el nuevo servicio adicional que son las cámaras IP, el costo del servicio contratado individualmente en el mercado es de \$250; ahora, incluyendo este servicio adicional en la red GEPON con el pack de servicios (Internet + Telefonía + TV), el costo por estos cuatro servicios (Internet + Telefonía + TV + Cámara IP) sería un costo de \$85.

Las proyecciones de venta del servicio actual, están regidas por un total de 584 instalaciones. Para la estimación del presupuesto general incluyendo el servicio de las cámaras IP, se ha considerado un equipo de venta, equipo de instalación o soporte entre otros, que se detallan más adelante. El costo de los equipos de las cámaras IP (se han considerado 4 cámaras por vivienda) se lo recuperará en el costo de instalación, cuyo precio estará alrededor de \$130, como se puede observar en la tabla N° 16.

Servicio	Valor
Instalación del servicio	\$ 130,00
Servicios x 4	\$ 85,00

Tabla N° 16: Valor proyectado del servicio.

Fuente: Autores

4.2.3 Evaluación Financiera

La evaluación financiera se la ha realizado en base a la estructura presentada a continuación en la tabla N° 17, con una proyección de crecimiento en 5 años dentro de la urbanización Bosques de la Costa.

ITEM	ACTIVIDAD	VALOR	Cantidad	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	INGRESOS			\$ 43.930,00	\$ 82.894,00	\$ 121.858,00	\$ 204.752,00	\$ 326.610,00	\$ 370.540,00
1	Gestion comercial								
	Instalacion	\$ 130,00	382	\$ 4.966,00	\$ 4.966,00	\$ 4.966,00	\$ 9.932,00	\$ 14.898,00	\$ 19.864,00
	Servicios x 4	\$ 85,00	382	\$ 38.964,00	\$ 77.928,00	\$ 116.892,00	\$ 194.820,00	\$ 311.712,00	\$ 350.676,00
	EGRESOS			\$ 114.562,77	\$ 76.066,59	\$ 99.077,60	\$ 107.590,40	\$ 119.279,60	\$ 123.176,00
2	Instalacion infraestructura			\$ 114.562,77	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Equipamiento general			\$ 13.255,32	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Equipos Servicio			\$ 65.986,16	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Red feeder			\$ 3.169,12	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Red distribución			\$ 30.139,21	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Canalización			\$ 2.012,96	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3	Gastos administrativos			\$ -	\$ 39.956,80	\$ 56.369,20	\$ 64.882,00	\$ 76.571,20	\$ 80.467,60
	Equipo de venta				\$ 20.160,00	\$ 18.480,00	\$ 18.480,00	\$ 18.480,00	\$ 18.480,00
	Equipo de instalacion			\$ 5.004,00	\$ 19.200,00	\$ 19.200,00	\$ 19.920,00	\$ 19.920,00	\$ 19.920,00
	Logistica				\$ 7.000,00	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00	\$ 7.000,00
	Comision por ventas (10%)				\$ 7.792,80	\$ 11.689,20	\$ 19.482,00	\$ 31.171,20	\$ 35.067,60
4	Gastos operativos				\$ 36.109,79	\$ 42.708,40	\$ 42.708,40	\$ 42.708,40	\$ 42.708,40
	Mantenimientos Infraest.				\$ 22.912,55	\$ 22.912,55	\$ 22.912,55	\$ 22.912,55	\$ 22.912,55
	Depreciacion equipos (10%)				\$ 13.197,23	\$ 13.197,23	\$ 13.197,23	\$ 13.197,23	\$ 13.197,23
	Reposicion equipos				\$ -	\$ 6.598,62	\$ 6.598,62	\$ 6.598,62	\$ 6.598,62
	UTILIDAD			\$ (70.632,77)	\$ 6.827,41	\$ 22.780,40	\$ 97.161,60	\$ 207.330,40	\$ 247.364,00

Tabla N° 17: Evaluación Financiera.

Fuente: Autores

Con estos resultados se puede conocer la viabilidad del proyecto, calculando los valores de los parámetros del VAN y del TIR.

4.2.3.1 Valor Actual Neto

Se lo calculará con la suma del flujo efectivo neto de cada año deduciendo el valor de la inversión inicial, de este resultado se tomará la decisión de invertir o no en el proyecto.

Donde:

	INGRESOS	EGRESOS	EFFECTIVO NETO
AÑO 0	\$ 43.930,00	\$ 114.562,77	\$ (70.632,77)
AÑO 1	\$ 82.894,00	\$ 76.066,59	\$ 6.827,41
AÑO 2	\$ 121.858,00	\$ 99.077,60	\$ 22.780,40
AÑO 3	\$ 380.184,00	\$ 107.590,40	\$ 272.593,60
AÑO 4	\$ 326.610,00	\$ 119.279,60	\$ 207.330,40
AÑO 5	\$ 370.540,00	\$ 123.176,00	\$ 247.364,00

Inv. Inicial	\$ 114.562,77
Flujo efectivo	\$ 247.364,00
Tasa	12%
Años	5
VAN	\$ 313.165,10

Este cálculo se lo realiza con la tasa de interés promedio que cobran los bancos a instituciones públicas que es del 12%, dando como resultado un valor positivo del \$ 313.165,10, mostrando que el proyecto es económicamente rentable.

4.2.3.2 Tasa Interna de Retorno

Representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero; es decir, es el punto donde el Valor Actual Neto (V.A.N.) de una inversión igual a cero. (V.A.N. =0)

A continuación, se puntualizan los valores de referencia para el TIR:

TIR > i -> Proyecto viable

$TIR < i \rightarrow$ Proyecto no viable

$TIR = i \rightarrow$ el inversionista es indiferente entre realizar el proyecto o no.

Mediante la función financiera de Excel se obtuvo un $TIR=94\%$, que al compararlo con la tasa de interés promedio (11,73%), es superior, por lo tanto, el proyecto si es económicamente viable.

4.2.3.3 Relación Costo/Beneficio

Considerando el periodo de desarrollo del proyecto que es de 5 años, se puede apreciar que uno de los indicadores financieros es positivo. Sin embargo, la necesidad del mercado es creciente y debe ser mejorada en su logística y accesibilidad técnica y operativa para que más personas accedan a las bondades de la fibra óptica y estos servicios incorporados en un mismo canal de comunicación.

La propuesta innovadora tiene una alta inversión, pero su costo/beneficio es altamente rentable en imagen, tecnología e inclusive precio, si se lo administra de manera adecuada

4.2.3.4 Punto de Equilibrio

El proyecto tiene un punto de equilibrio iniciado en el año 5 con una utilidad neta de \$ 247.364,00, que puede ir aun mejorando en el transcurso de los siguientes años.

CONCLUSIONES

- La evaluación de costos de implementación del multiservicio dentro del mismo canal, concluye con una viabilidad técnica, operativa y económica para el proyecto. Este cálculo se lo realiza con la tasa de interés promedio bancarios a instituciones públicas que es del 12%, dando como resultado un VAN del \$ 313.165,10; se obtuvo un TIR de 94%, que al compararlo con la tasa de interés promedio de 11,73%, es superior, por lo tanto, el proyecto es económicamente viable.
- El uso de las redes GEPON para ofrecer servicios novedosos como el servicio de las cámaras IP, dentro de las urbanizaciones privadas, son una solución muy práctica y eficiente para los problemas que presentan los propietarios de vivienda hoy en día. Adicional el mejor ancho de banda y la calidad del servicio, se proporciona la seguridad e integridad a los hogares.
- La inclusión de los DWDMN en una red GEPON permite la duplicación de la capacidad de transmisión por lo cual permite proveer varios servicios por un mismo medio de transmisión.
- La tecnología DWDM, permite llevar a cabo muchas operaciones en la capa física, el hecho de admitir una longitud de onda y transmitirla simultáneamente con otras sin que estas se interfieran, califica a DWDM como una tecnología de gran utilidad frente a otros tipos de multiplexación, porque permite satisfacer el incremento en volumen, sin necesidad de hacer nuevos tendidos de fibra.
- El DWDM permite a los proveedores de servicios, transmitir cualquier tipo de formato independiente de la aplicación que se haga, es decir se puede ofrecer un servicio de mayor ancho de banda, alcanzando los límites de capacidad deseados para transportar la información a lo largo del recorrido de un enlace de fibra óptica.

RECOMENDACIONES

- En la implementación de las redes GEPON, con el tipo de transmisión DWDM, es necesario que los empalmes ópticos deban ser realizados con precisión, puesto que una desalineación en los núcleos puede generar pérdidas considerables, de igual manera antes de empalmar dos fibras se debe considerar el datasheet de cada una de ellas, para asegurar la compatibilidad de las mismas.
- Con la infraestructura que se implemente en Bosques de la Costa, los sectores aledaños pueden también beneficiarse de estos servicios que ofrece la tecnología FTTH.
- Los valores comerciales deben revisarse para obtener un mejor detalle de las ofertas, promociones que deberían estar dentro de un plan de Marketing que apoye a la gestión comercial.
- En la actualidad la tendencia tecnológica y la innovación van en aumento día a día por lo cual se recomienda estar a la par de estos cambios y no desaprovechar los beneficios que nos ofrece las redes GEPON como: un ancho de banda mayor, mejor conectividad en tiempo real y sobre todo que está en un constante desarrollo.
- Deberá capacitarse y generar un modelo de gestión a fin de que tanto el equipo técnico como los abonados del servicio sepan cómo actuar, en coordinación con la Policía Nacional, en un momento de crisis y poner en marcha un plan de contingencia al respecto de alertas de seguridad, con respecto a las acciones delictivas que pudieran darse dentro de la propiedad de algún abonado que tenga el servicio de cámaras de videovigilancia.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] EXFO, «Multiplexación por división de longitud de onda densa,» 2015.
- [2] «Gigabyte Passive Optical Networks,» 2017.
Available: <http://www.gpon.com/>.
- [3] CINTEL, «Estudio del Sector de la Telecomunicaciones en Colombia,» 2006.
- [4] «Fibre optic DWDM,» 2015.
Available: http://wiki.ciscolinix.co.uk/index.php?title=Fibre_optic_DWDM.
- [5] FOSCAM, «FAQ (Preguntas frecuentes),» 2010.
- [6] R. J. M. Chillida, «Informeticfacil.com,» 13 06 2016.
Available: <http://www.informeticplus.com/que-son-las-telecomunicaciones>.
- [7] «Recomendación ITU-T G.984.1,» 2009.
Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es>.
- [8] «Recomendación UIT-T G.984.1,» 2009.
Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es>.
- [9] «Recomendación UIT-T G.984.1,» 2009.
Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es>.
- [10] «Recomendación UIT-T G.984.1,» 2009.
Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es>.
- [11] «Recomendación UIT-T G.984.1,» 2009.
Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-I/es>.
- [12] IP Playground, «Acceso fibra óptica comparativa,» 2016.
- [13] «Tecnologías de Redes PON,» 06 2010.
Available: http://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf.
- [14] V. Gilbert y E. E. Paul, «Simulador Enlaces de Redes de Fibra Optica,» 2014.
- [15] «Repositorio de la ESPE,» 2010.
Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2638/4/T-ESPE-029828-1.pdf>.

- [16] C. G. Morales, «MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN LONGITUDES DE ONDAS DENSAS,» 2012.
- [17] «Tecnologías de Redes PON,» 6 2010.
Available: http://www.tecnologia.technology/wp-content/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APOn_BPON_GEPON_GPON_EPON.pdf.
- [18] «Legrand,» 2016.
Available: https://www.legrand.cl/articulos_tecnicos/articulo_fibra_optica.pdf.
- [19] Sigma Network, «Familias de cables de fibra óptica,» 2017.
- [20] «Grupo Cofitel,» 2011.
Available: <https://www.c3comunicaciones.es/tipos-de-fibra-optica-actualizados/>.
- [21] Optral.es, «Fibra óptica monomodo G652,» 2017.
- [22] Fujitsu, «Fujitsu Develops Optical Transmission Technology to Double Communications Distance between Servers,» 2015.
- [23] 2016. [En línea]. Available: <http://lafibraoptica Peru.com/la-dispersion-cromatica-en-la-fibra-optica/>.
- [24] Molinari, «Polarización de la luz y fotografía digital,» 2009.
- [25] UIT, «Rec. UIT-T G.694.1 (06/2002),» 2012.
- [26] L. Carvajal, «Canales de Transmisión de la Tecnología,» 14 Julio 2013.
Available: <http://www.lizardo-carvajal.com/canales-de-transmision-de-la-tecnologia/>.
- [27] Television Digital, «Television Digital,» 1 08 2017.
Available: <http://www.televisiondigital.gob.es/TelevisionDigital/Paginas/television-digital.aspx>.
- [28] «Repositorio UCSG,» 2014.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1731/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-41.pdf>.
- [29] T. d. IPTV, «Tecnologías de IPTV,» 2016.
- [30] IST, «Arquitectura de soporte,» 2010.

- [31] S. S. Salinas, R. S. Pérez y C. L. Sanjurjo, Internet avanzado: guía profesional, Ideaspropias Editorial S.L, 2015.
- [32] E. G. Sánchez, Redes e Internet., Marpadal Interactive Media S.L., 2014.
- [33] C. Plaza, Ensayo sobre la regulación tecnológica: La era digital en Europa, Penguin Random House Grupo Editorial España. , 2014.
- [34] S. G. Vazquez, Elementos de sistemas de telecomunicaciones, Ediciones Paraninfo, S.A, 2014.
- [35] eConectia, «Tipos de conexiones a Internet,» 2017.
- [36] B. R. Greene y P. Smith, Cisco ISP Essentials, Cisco Press., 2013.
- [37] A. Rodriguez, «Nuevas tecnologías de fibra óptica,» 2013.
- [38] L. Olmo, «Científicos alemanes han desarrollado una técnica de transmisión de datos capaz de alcanzar un terabit por segundo a través de fibra óptica,» 2018.
- [39] «Redes GEPON,» 2017.
Available: <https://naseros.com/2017/03/13/como-funciona-una-conexion-de-fibra-gpon-y-ftth/>.
- [40] L. B. C. / E. U. Moya, «Servicio de IPTV en Guayaquil,» 2016.
Available: <http://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/19>.
- [41] El Telégrafo, «Ecuador tiene 35.111 km de fibra optica,» 2014.
- [42] Ministerio de telecomunicaciones, «Ecuador tiene 35.111 kilómetros de fibra óptica (Infografía),» 2016.
- [43] Computerworld, «Ecuador cuenta con 59.861 km de fibra óptica,» 2017.
- [44] El ciudadano, «CNT instalará 1.280 km de fibra óptica entre Ecuador continental y Galápagos,» 2017.
- [45] Redes GPON, las nuevas redes de operador, «Redes GPON, las nuevas redes de operador,» 2016.
- [46] G. Keiser, FTTX Concepts and Applications, John Wiley & Sons., 2014.
- [47] A. Mac, Power Friending: Demystifying Social Media to Grow Your Business,

- Penguin., 2015.
- [48] G. Kramer, Ethernet Passive Optical Networks, McGraw Hill Professional.,2014.
- [49] «Repositorio de la UG,» 2015.
Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6983>.
- [50] S. Miller, Optical Fiber Telecommunications, Elsevier. , 2013.
- [51] F. B. Seguí, M. G. Pineda y J. L. Mauri, IPTV, la televisión por Internet, Editorial Vértice., 2013.
- [52] «GAO Tek & GAO Group,» 2018.
Available: <https://gaotek.com/product/gaotek-single-fiber-dwdm-muxde-mux/>.
- [53] J. Velasco, «Record de transmisión con fibra óptica,» 2013.
Available: <https://hipertextual.com/2013/02/record-transmision-fibra-optica>.
- [54]
- [55] FOA, «Guide to fiber Optics & Premises Cabling,» 2014.
Available: <http://www.thefoa.org/>.
- [56] O. Cardona Cardona y C. A. Valdes, «CMTS y DOCSIS,» 2016.
Available: <https://sx-de-tx.wikispaces.com/CMTS+y+DOCSIS>.
- [57] «Estadísticas del mercado de las telecomunicaciones de Ecuador,» 2014.
Available: <http://www.telesemana.com/blog/2015/11/18/estadisticas-mercado-de-telecomunicaciones-de-ecuador/>.
- [58] Arcotel, «Casi cinco millones de ecuatorianos acceden a la television pagada,» 2016.
Available: <http://www.arcotel.gob.ec/casi-cinco-millones-de-ecuatorianos-acceden-a-la-television-pagada/>.
- [59] Telegrafo, «El 27% de ecuatorianos tiene televisión pagada (Infografía),» 2014.
Available: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/el-27-de-ecuatorianos-tiene-television-pagada-infografia>.
- [60] Eterna, «Eterna.Com,» 2014.
Available: <http://eterna.es/que-es-un-circuito-cerrado-de-television-cctv/>.
- [61] Aholab, «Filtrado Adaptativo,» 2014.
Available: <http://bips.bi.ehu.es/prj/ruido/>.

- [62] J. P. Alvarado, *Procesamiento digital de señales*, 2011.
- [63] ACE, «Elecciones y tecnología,» 2016.
Available: <http://aceproject.org/ace-es/topics/et/eta/eta01/eta01>.
- [64] AON, «Technology & Telecom,» 2016..
Available: <http://www.aon.com/colombia/products-and-services/industry-expertise/technology-telecom.jsp>.
- [65] T. Nolle, «Tendencias de telecomunicaciones para 2016: NFV avanza y también la nube de carriers,» 2016.
Available: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Tendencias-de-telecomunicaciones-para-2016-NFV-avanza-y-tambien-la-nube-de-carriers>.
- [66] SINC, «Tecnología de las telecomunicaciones,» 2016.
Available: <http://www.agenciasinc.es/Tecnologias/Tecnologia-de-las-telecomunicaciones>.
- [67] Tendencias21, «Tendencias de la Telecomunicación,» 2016.
Available: http://www.tendencias21.net/TENDENCIAS-DE-LA-TELECOMUNICACION_r21.html.
- [68] M. Talavera, «Estrategia nacional de conectividad: banda ancha, competitividad y desarrollo en México,» 2016.
Available: Estrategia nacional de conectividad: .
- [69] eLAC2007, «eLAC2007: Informe sobre infraestructura regional,» 2015.
Available: http://www.cepal.org/socinfo/noticias/noticias/2/32222/gdt_elac_meta_1.pdf.
- [70] R. J. M. Tejedor, «Dense Wavelength Division Multiplexing,» 1999.
Available: <http://www.advaoptical.com/en/products/technology/dwdm.aspx>.
- [71] CISCO, *Introduction to DWDM Technology*, 2001.
- [72] ADVA, «DWDM,» 2016.
Available: <http://www.advaoptical.com/en/products/technology/dwdm.aspx>.
- [73] Lighthwave, «DWDM & ROADM,» 2016.
Available: <http://www.lighthwaveonline.com/network-design/dwdm-roadm.html>.
- [74] CNT, «CNT LLEGA CON TECNOLOGÍA GPON A VARIOS

SECTORES DEL TERRITORIO NACIONAL,» 2015.

Available: <http://corporativo.cnt.gob.ec/cnt-llega-con-tecnologia-gpon-a-varios-sectores-del-territorio-nacional/>.

- [75] C. Loayza, «CNT LLEGA CON TECNOLOGÍA GPON A VARIOS SECTORES DEL TERRITORIO NACIONAL,» 2015.
Available: <http://corporativo.cnt.gob.ec/cnt-llega-con-tecnologia-gpon-a-varios-sectores-del-territorio-nacional/>.
- [76] ARCOTEL, «Servicio de acceso a internet,» 2016.
Available: <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-acceso-internet/>.
- [77] J. Torres García, *Análisis y Evaluación Comparada de redes de acceso GPON Y EP2P*, Gestión Académica-FIB, 2009.
- [78] I. de la Maza Gazmuri, «Derecho y tecnologías de la información,» *Fundación Fernando Fueyo Laneri*, p. 497, 2002.
- [80] ACE project, «Tecnología de telecomunicaciones,» 2016.
- [81] E. Martínez Martínez y A. Serrano Santoyo, «Medios de transmisión,» 2010.
- [82] Protocolo web.com, «La fibra óptica,» 2010.
- [83] Conectronica, «Características de las Fibras Ópticas,» 2011.
- [84] Electrónica y Nuevas Tecnologías, «Ifent,» 1 Diciembre 2004.
Available: <http://www.ifent.org/electronica.htm>.
- [85] N. Faith, «Techlandia,» 20 Enero 2009.
Available: https://techlandia.com/diferentes-tipos-televisores-lista_320939/.
- [86] Econectia, «Conectamos Contigo,» 22 Mayo 2017.
Available: <https://www.econectia.com/blog/tipos-de-conexiones-a-internet-cual-te-conviene-mas>.
- [87] Creative Commons, «CCM,» 18 Enero 2018.
Available: <http://es.ccm.net/contents/700-isp-proveedores-de-servicio-de-internet>.
- [88] M. Abreu, A. Castagna, P. Cristiani, P. Zunino, E. Roldós y G. Sandler, «CARÁCTERÍSTICAS GENERALES DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA AL HOGAR (FTTH),» 2009.

- [89] M. Josan, «Cómo funciona una conexión de fibra. GPON y FTTH,» 2017.
- [90] M. C. GARCÍA, «DWDM y CWDM,» 31 10 2012.
Available: <https://sx-de-tx.wikispaces.com/DWDM+y+CWDM>.
- [91] ENACOM, «Ente nacional de comunicaciones,» 5 6 2014.
Available: https://www.enacom.gob.ar/union-internacional-de-telecomunicaciones--uit-_p36.
- [92] ITU, «ITU Comprometidos para conectar el mundo,» 02 04 2016.
Available: <https://www.itu.int/en/ITU-T/publications/Pages/structure.aspx#Top>.
- [93] L. Quintero, «Red Alámbrica,» 28 marzo 2015.
Available: <http://redalambricas.blogspot.com/2011/03/clasificacion-de-la-redes-alambricas.html>.
- [94] A. K. Velez, «Redes inalámbricas tipos,» 05 09 2012.
Available: <http://redesinalambricas28.blogspot.com/>.
- [95] M. Rouse, «Techtarget,» 12 12 2016.
Available: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Red-de-area-extensa-WAN>.
- [96] P. J. M. M. Perez, «Definicion.com,» 05 12 2015.
Available: <https://definicion.de/wlan/>.
- [97] C. Vialfa, «ccm,» 27 07 2017.
Available: <http://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>.
- [98] P. BARQUERO, «CONECTRONICA,» 03 07 2013.
Available: <https://www.conectronica.com/fibra-optica/redes-opticas/hacia-las-redes-gpon-en-las-operadoras>.
- [99] M. TORRES, «RED GPON,» 10 08 2013.
Available: <http://epongpon.blogspot.com/>.
- [100] H. Ruiz, «La Prensa/Economía,» 13 08 2016.
Available: <https://www.laprensa.com.ni/2016/08/13/economia/2082714-redes-opticas-wdm-dwdm>.
- [101] AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE LAS COMUNICACIONES, «LOT,» 12 06 2015.

Available: <http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/09/Proyecto-Norma-Tecnica-para-el-Despliegue-y-Tendido-de-Redes.pdf>.

- [102] S. ROMERO, «La Tecnología de la Televisión Digital,» 2006.
Available: <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/26/40/a40.pdf>.
- [103] M. Serbal, «Medios de transmisión,» 2017.
- [104] «Huawei,» 2018.
Available: <http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/ont/optical-terminal>.
- [105] «Huawei,» 2018.
Available: <https://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/olt/ma5600t>.

ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto detallado de la implementación Red Feeder

ITEM	DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
FO001	ACTUALIZACIÓN DE PLANOS DE DISEÑO A PLANOS ASBUILT GEOREFENCIADOS DE ACUERDO A LA NORMA DE DIBUJO DE PLANTA EXTERNA LA CNT EP	0,50	\$ 78,83	\$ 39,42
FO002	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	12,00	\$ 10,72	\$ 128,64
FO003	SANGRADO DE BUFFER FIBRA OPTICA	1,00	\$ 17,11	\$ 17,11
FO004	SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 72-96	1,00	\$ 12,29	\$ 12,29
FO005	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4"	112,00	\$ 2,34	\$ 262,08
FO006	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA AÉREA PARA FUSIÓN DE 96 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	1,00	\$ 423,57	\$ 423,57
FO007	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 96 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	1,00	\$ 486,56	\$ 486,56
FO008	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 288 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	3,00	\$ 619,26	\$ 30,66
FO009	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PATCH CORD SIMPLEX SC/APC-SC/APC de 20 mts G.652D	12,00	\$ 27,92	\$ 335,04
FO010	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X4)	10,00	\$ 43,62	\$ 436,20
FO011	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 5 M DE 2"	1,00	\$ 67,03	\$ 67,03
FO012	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 6 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	280,96	\$ 2,11	\$ 146,10
FO013	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 24 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	1244,50	\$ 2,70	\$ 647,14
FO014	INSTALACION DE PORTA RESERVAS FIBRA OPTICA POZO	8,00	\$ 17,16	\$ 137,28
				\$ 3.169,12

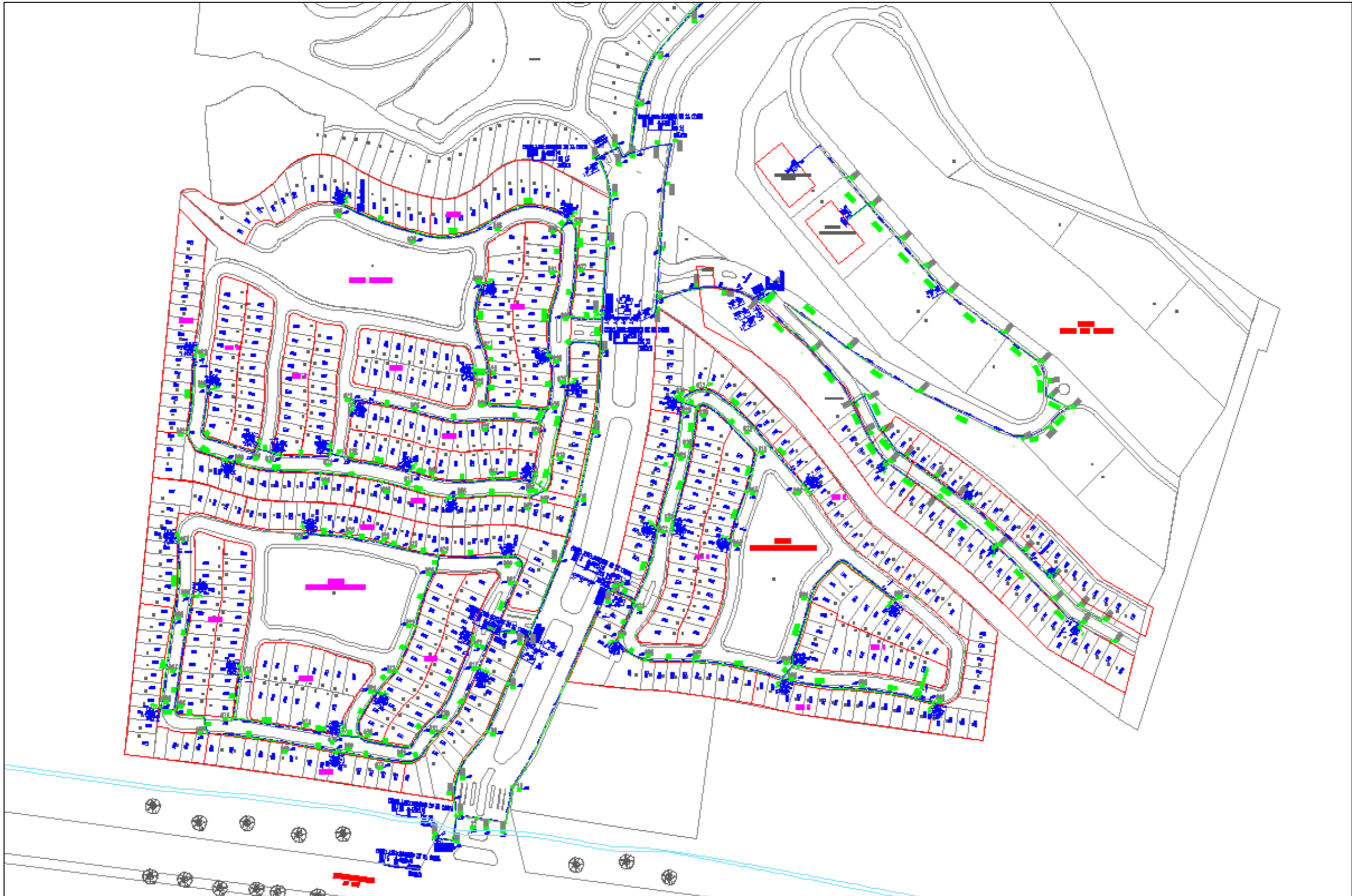
Anexo 2. Presupuesto detallado de la implementación Red Distribución

ITEM	DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
FO001	ACTUALIZACIÓN DE PLANOS DE DISEÑO A PLANOS ASBUILT GEOREFENCIADOS DE ACUERDO A LA NORMA DE DIBUJO DE PLANTA EXTERNA LA CNT EP	2,00	\$ 78,83	\$ 157,66
FO001	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	131,00	\$ 10,72	\$ 1.404,32
FO002	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	39,00	\$ 7,23	\$ 281,97
FO003	PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	392,00	\$ 8,57	\$ 3.359,44
FO004	PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	49,00	\$ 8,20	\$ 401,80
FO005	SANGRADO DE BUFFER FIBRA OPTICA	26,00	\$ 17,11	\$ 444,86
FO006	SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 6 - 48	26,00	\$ 9,46	\$ 245,96
FO007	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4"	286,00	\$ 2,34	\$ 669,24
FO008	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN MURAL NAP DE 8 PUERTOS SC/APC CON DERIVACION	9,00	\$ 220,88	\$ 1.987,92
FO009	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN MURAL NAP DE 8 PUERTOS SC/APC SIN DERIVACION	40,00	\$ 215,03	\$ 8.601,20
FO010	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	332,00	\$ 6,23	\$ 2.068,36
FO011	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	49,00	\$ 142,42	\$ 6.978,58
FO012	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 12 HILOS G.652.D VANO 80 METROS	1794,68	\$ 0,60	\$ 1.076,81
FO013	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO DE 24 HILOS G.652.D VANO 80 METROS	3873,02	\$ 0,60	\$ 2.323,81
FO014	INSTALACION DE PORTA RESERVAS FIBRA OPTICA POZO	8,00	\$ 17,16	\$ 137,28
				\$ 30.139,21

Anexo 3. Presupuesto detallado de la implementación Red Canalización

ITEM	DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
CS041	MONODUCTO (EN CANALIZACIÓN EXISTENTE)	0,00	\$ 2,09	\$ -
CS089	TAPÓN SIMPLE PARA FIBRA ÓPTICA (TAPÓN GUÍA 1 1/4'')	184,00	\$ 10,94	\$ 2.012,96
				\$ 2.012,96

Anexo 4. Diseño de Red GEPON de la Urb. Bosques de la Costa



Anexo 4. Canalización Existente dentro de la Urb. Bosques de la Costa

