



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ESTUDIO Y DISEÑO DE LA MIGRACIÓN DE LA RUTA
NÚMERO 32 DE CABLE DE COBRE DE LA CENTRAL NORTE
DE CNT A FIBRA ÓPTICA COMO MEDIDA PARA SOPORTAR
SERVICIO DE BANDA ANCHA FIJA”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

MONAR MONAR JOSÉ DARÍO

TORRES MORANTE GEOMAIRA LISSETTE

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos la materia integradora. Por esto agradecemos a nuestro maestro Ing. Washington Medina por la paciencia y apoyo incondicional guiándonos en este camino, nuestros compañeros con quienes hemos compartido ideas y conocimiento, a nuestros profesores por su conocimiento y experiencia.

Monar Monar José Darío

Torres Morante Geomaira Lissette

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, por ser uno de los pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos y familia en general, a mis hermanos y hermana por su apoyo incondicional. También dedico este proyecto a mi novia que con su cariño y comprensión siempre me brindó su apoyo constante.

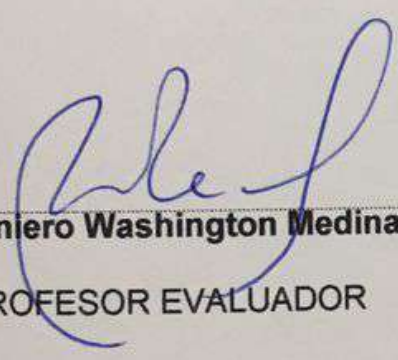
Monar Monar José Dario

DEDICATORIA

A mis padres, su ejemplo, esfuerzo y constancia son mi motivación, a mis amadas hermanas que ponen alegría a mi vida.

Geomaira Lissette Torres Morante

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



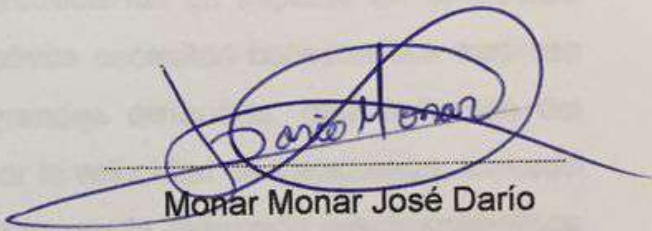
Ingeniero Washington Medina
PROFESOR EVALUADOR

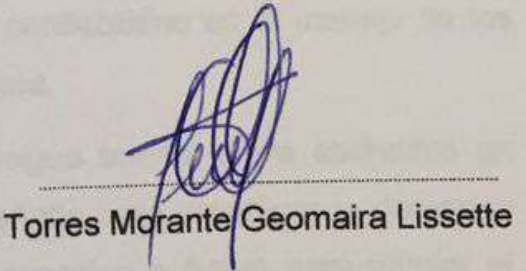


Dr. Boris Ramos
PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL 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"


Monar Monar José Darío


Torres Morante Geomaira Lissette

RESUMEN

Corporación Nacional de Telecomunicaciones – Empresa Pública (CNT-EP) es la fusión de las anteriormente llamadas Andinatel y Pacifictel, gracias a la fusión de estas dos empresas CNT ha dado un gran avance tecnológico ofreciendo una mayor gama de servicios a un mayor número de abonados.

Utilizando una red de cobre se brinda servicio de voz e internet a sus abonados residenciales y corporativos, los clientes manejan cada día un mayor volumen de datos y necesitan tanto velocidad de transmisión como confiabilidad, el cable de cobre queda limitado en ancho de banda produciendo un impacto en el servicio brindado por la empresa, los clientes corporativos necesitan conectar sus matrices con las diferentes sucursales ubicadas a grandes distancias, otra limitación del cable de cobre es que a mayor distancia menor la velocidad de transmisión, sumado a esto, éste medio de transmisión es afectado por la inducción electromagnética generando intermitencias en el canal de datos y como consecuencia un servicio ineficiente que no cubre las expectativas y demandas de los abonados.

Como medida de solución para estos problemas se propone el tema de este proyecto que es el diseño de una red de fibra óptica, este medio de transmisión ofrece grandes beneficios en ancho de banda y confiabilidad en el manejo de los datos y es inmune a la interferencia electromagnética.

Con el diseño de una red FTTH GPON se consigue brindar a los abonados un servicio de calidad y económico, la red está diseñada para satisfacer la demanda actual, pero además, se ha considerado una proyección a futuro para brindar el servicio a nuevos abonados, el tendido de una nueva red es una inversión considerablemente alta, se analizó un período de recuperación de capital de dos años, dado que la red está diseñada con una proyección a futuro, se podrá brindar servicio a nuevos clientes sin la necesidad de ampliar la red o realizar nuevas inversiones en tendido de red.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	iv
RESUMEN.....	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
CAPÍTULO 1.....	1
1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RUTA NÚMERO 32.	1
1.1 Problemática.	1
1.2 Objetivo	2
1.3 Mapa de la ruta.	3
1.4 Estado del arte.	5
1.4.1 Diseño de una red con tecnología GPON para la parroquia Cumbayá en Quito.....	5
1.4.2 Diseño e instalación de una red FTTH para la ciudad de Vicálvaro de Madrid España	8
CAPÍTULO 2.....	10
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Redes FTTx.....	10
2.1.1 Configuración punto a punto	10
2.1.2 Configuración punto multipunto - PON	11
2.1.2.1 OLT	12
2.1.2.2 ODN	12
2.1.2.3 ONT	12
2.1.2.4 Splitter	13
2.2 Red de transmisión PON.	13
2.2.1 Ventanas de transmisión	14
2.2.1.1 Canal descendente	14
2.2.1.2 Canal ascendente	15

2.3	Ventajas y desventajas de una red PON.	15
2.4	Técnicas de modulación.	16
2.4.1	WDM	17
2.4.2	TDM.....	17
2.5	Fibra óptica.....	18
2.5.1	Composición de la fibra óptica	18
2.5.2	Tipos de fibra óptica	19
2.5.2.1	Fibra multimodo	19
2.5.2.2	Fibra monomodo.....	19
2.5.3	Atenuaciones en los sistemas ópticos	20
2.5.3.1	Pérdida por absorción	21
2.5.3.2	Pérdida por dispersión	21
2.5.3.3	Pérdida por acoplamiento	22
2.5.4	Ventajas de la fibra óptica respecto al cable de cobre	23
2.5.5	Desventajas de la fibra óptica respecto al cable de cobre	23
2.5.6	Conectores ópticos	23
2.5.7	Uniones entre fibras	25
2.6	Estándares para instalacion de fibra óptica	26
2.7	Entes reguladores.	26
2.7.1	Ministerio de Telecomunicaciones	27
2.7.2	Agencia de regulación y control de las telecomunicaciones	27
2.8	Estándares para la instalacion de la fibra óptica.	27
2.9	Estándares de cables ópticos.	30
2.10	Tipos de tendido de una red de fibra óptica.	32
2.10.1	Tendido de una red de fibra óptica aérea	33
2.10.2	Tendido de una red de fibra óptica canalizada.....	34

CAPÍTULO 3.....	35
3. DISEÑO DE LA RED Y ANÁLISIS DE COSTOS.....	35
3.1 Delimitación del area de cobertura.35¡Error! Marcador no definido.	
3.2 Estudio de la demanda.....	37
3.3 Análisis de los abonados.....	38
3.4 Planes de servicios de telefonía fija.....	39
3.5 Planes de servicio de internet y telefonía fija.....	40
3.6 Estudio de tráfico.....	40
3.6.1 Cálculos de la tasa de transmisión de datos del enlace descendente	41
3.6.2 Cálculos de la tasa de transmisión de datos del enlace ascendente	41
3.7 Demanda futura.....	42
3.8 Diseño de la red.	42
3.9 Equipos.	42
3.9.1 Equipos de transmisión	43
3.9.1.1 OLT	43
3.9.1.1.1 Características técnicas del OLT.	44
3.9.2 Equipo de recepción ONT.....	45
3.9.2.1 Características técnicas del ONT	45
3.9.3 Componentes de distribución	45
3.9.3.1 ODF	45
3.9.3.1.1 Características técnicas.	46
3.9.3.2 NAT	47
3.9.3.2.1 Características técnicas.	47
3.9.3.3 FDT.....	47
3.9.3.3.1 Características técnicas.	48
3.9.4 Consideraciones.....	49

3.9.4.1 Relación de splitteo máxima	49
3.9.4.2 Ubicación de los splitters	49
3.9.4.3 Capacidad.....	49
3.9.4.4 Alcance máximo de la red.....	49
3.9.4.5 Fibra óptica a utilizar	50
3.9.4.6 Normativa CNT	50
3.10 Presupuesto óptico.....	51
3.11 Diseño en Autocad.	53
3.12 Análisis de costos.....	57
3.13 Recuperación de capital.	61
CAPÍTULO4.....	74
4.MEDICIONES REALES	74
4.1 Medición con un OTDR	74
4.2 Simulaciones	76
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA.....	82
ANEXOS	87

CAPITULO 1

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RUTA NÚMERO 32.

El capítulo que se desarrolla a continuación, expone información de la ruta número 32 de la red de cobre de CNT, muestra datos como el mapa de la ruta, el número de abonados y el nombre de las calles por las que pasa la ruta, se expone también la tecnología implementada y en servicio de la red. Este análisis desarrolla la motivación principal del proyecto, esta consiste en describir y diseñar una red FTTH GPON permitiendo al usuario final disfrutar del servicio de banda ancha fija, de esta manera mejorar la tecnología de la red de abonados.

1.1. Problemática

La creciente demanda en los servicios de telecomunicaciones obliga a las empresas a mejorar los servicios ofrecidos a sus clientes, para aumentar la velocidad de transferencia de datos y el volumen de información transmitida se necesita incrementar la capacidad del canal de transmisión disponible para el usuario y disminuir la tasa de error del sistema para que la transmisión sea confiable y de calidad, este requerimiento se ha vuelto un reto para las empresas a nivel de infraestructura física.

La solución más común y comercializada en Ecuador ha sido ADSL, esta tecnología permite transmitir el servicio de internet sobre la red original que fue creada para transmitir el servicio de voz, permitiendo con esto aprovechar el cable de cobre ya instalado. Los problemas que presenta ADSL se encuentran principalmente a nivel físico, una de las características propias del cable es que es muy sensible al ruido y a la interferencia, éste se ve expuesto a la inducción electromagnética cuando se producen fuertes lluvias en la ciudad de Guayaquil, lo que da como resultado que se generen falsas llamadas de manera aleatoria a diferentes abonados. [1]

La distancia del enlace y la velocidad de transmisión son otras limitaciones que se presentan en las redes implementadas con ADSL en la tabla 1 se muestra información sobre las diferentes tecnologías.

TECNOLOGÍA	VELOCIDAD	DISTANCIA
ADSL	256Kbps a 8Mbps	3,6Km
ADSL LITE	0.5Mbps a 1Mbps	3,6Km
VDSL	13Mbps a 52Mbps	300m

Tabla 1 Tecnología y cable de cobre

El cable de cobre es un medio económico y muy utilizado pero no es capaz de ofrecer mejores resultados que los ya expuestos en la Tabla 1, queda limitado tanto en distancia como en velocidad de transmisión [1]

1.2. Objetivos

El objetivo general del proyecto es el estudio y diseño de una red de fibra óptica para realizar la migración del cable de cobre de la central norte de CNT como medida para soportar servicio de banda ancha fija.

También se han desarrollado tres objetivos específicos que son los siguientes:

- Análisis de la actual red de cobre que parte de la central norte y llega a la ciudadela Kennedy.
- Diseño de la nueva red de fibra óptica que reemplazará a la actual red de cobre de la ciudadela Kennedy.
- Análisis de costos y presupuestos del nuevo tendido de fibra óptica.

En el capítulo 3 se podrán observar las diferentes capturas del diseño realizado en Autocad con una explicación detallada de la simbología utilizada, además, de los costos de implementación del proyecto. En el capítulo 4 se exponen los resultados del proyecto simulaciones, conclusiones y recomendaciones.

1.3. Mapa de la ruta

En la Figura 1.1 se presenta el mapa de la ruta número 32, este cable parte de la central norte ubicada en la Ciudadela Naval con un cable de 1800 pares, avanza por la calle Padre Jaime Roldós hasta la calle 11A y continúa por la calle Benito Juárez para terminar el recorrido en la ciudadela Kennedy. En esta ruta se encuentran implementados dos distribuidores que son el número 433

ubicado en la av. del Periodista y el 498 ubicado en la parte posterior de la clínica Kennedy. [2]



Figura 1.1 Tendido del cable de cobre ruta 32 [2]

En la Figura 1.2 y Figura 1.3 se muestra un mapa con la distancia total de la ruta y el nombre de las calles por las que pasa el tendido del cable. El cable principal tiene una longitud total de 1732 metros sin contar la longitud de los cables de la red de abonados que parte de los distribuidores hasta el abonado final. Los cables implementados en el feeder son de características muy diferentes a los cables implementados en la red de abonados. [2]



Figura 1.2. Recorrido de la ruta 32

Las imágenes del recorrido del feeder se han dividido en dos capturas debido a la longitud del cable

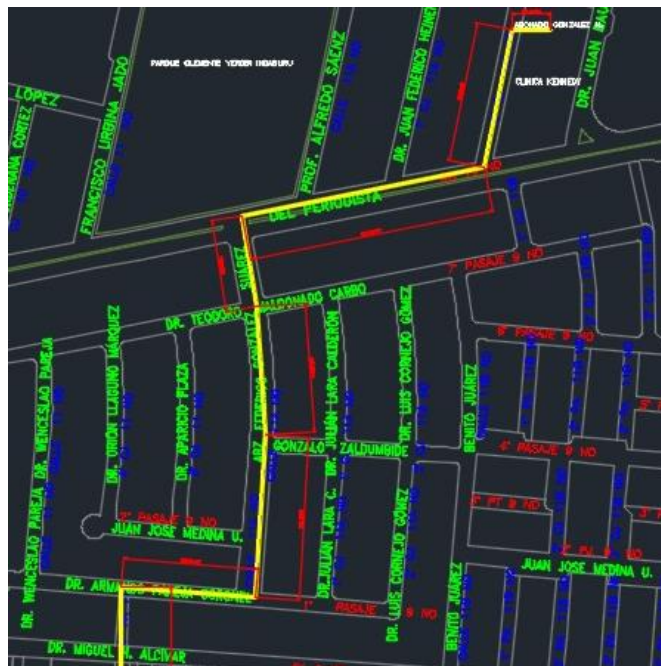


Figura 1.3. Recorrido final de la ruta 32

CNT cuenta con un gestor en base de datos, aquí se consulta los módulos o números telefónicos, se obtienen los datos del cliente, e información sobre la red primaria, secundaria y datos sobre la central. Para este ejemplo en particular podemos observar que el cliente es el Sr. Hernán González con teléfono número 292325 a nivel de red está en el distribuidor 4448 del armario 498 de la caja F2 y par de caja 3. Este es uno de los clientes de la ruta número 32. Ver Figura 1.4 [2]

The screenshot displays a software window titled "Consulta números de servicio (rsrv)" with a menu bar containing "Número", "Mas datos", "Servicios suplementarios", "Troncales", and "Comp". The main content area is divided into several sections:

- Datos del número de servicio:**
 - Número servicio: 42292325 | GONZALEZ GARCIA HERNAN GO | Conformación: pbx | Nro. pet asig: []
 - Segmento: 4 | Descripción: MASIVO
 - Actividad: Y | Descripción: PLUS
 - Dirección: CIUDADELA KENNEDY CLINICA KENNEDY SECTOR GAMMA CONS113
 - Catastro: Zona [-1], Sector [-1], Manzana [-1], Lado [--], Predio [-1], Mejora [-1]
 - Categoría: 3 COMERCIAL | Subcategoría: 1 COMERCIAL
 - Est. Servicio: 1 INSTALADO | Est. técnico: 1 EN SERVICIO
- Red secundaria:**
 - Distribuidor: 4448 NORTE
 - Armario: 498
 - Caja: F2
 - Par caja: 3
- Red primaria:**
 - Dist listón: 4448 NORTE
 - Listón: 562 | Cable: 32
 - Par listón: 38 | Par cable: 1688
- Canal:**
 - Panel: [-1]
 - Sistema: [-1]
 - Canal: [-1]
- Datos de la central:**
 - Central: 4448 | Red proyectada: []
 - Len: []
 - Adaptador: [] | No. deriv: []
- Datos de celular:**
 - Tipo aparato: [-1]
 - Eq. cliente: []

Buttons for "Modems adicionales" and "Pares adicionales" are located at the bottom right.

Figura 1.4 Base de datos [2]

1.4. Estado del arte

Se realizará el análisis de dos proyectos en los que se implementó una red FTTH GPON como medida para soportar servicio de banda ancha.

1.4.1. Diseño de una red con tecnología GPON para la parroquia Cumbayá en Quito.

La investigación se proyectó hacia la caracterización de una nueva red de fibra para poder proveer el servicio de banda ancha y voz minimizando la interferencia, la pérdida de señal y aumentando las

tasas de transmisión. Se escogió la ciudad de Cumbayá debido al alto índice de clientes potenciales entre los que se citó clientes residenciales; pymes y corporativos. También se consideró el crecimiento comercial y empresarial del lugar. La población total en el año 2013 era de 21.078 personas de las cuales el 68.97% está interesada en el servicio de internet. En este sector la empresa líder en brindar este servicio es CNT por lo que el proyecto desarrolló un diseño que le permitió a la empresa ofrecer los servicios con una mejor calidad y satisfacer la demanda de parte de los clientes. [3]

En determinadas áreas se necesitó implementar un cableado aéreo debido a la dependencia de disponibilidad de la empresa pública. Las tasas de transmisión que se analizaron fueron de 622Mbps para tráfico simétrico y de 2.4Gbps descendente y de 1.2Gbps ascendente en tráfico asimétrico. [3]

Para el diseño de la red se consideró que al usuario final llegue una fibra óptica con un solo hilo y que comparta por el mismo medio tanto el enlace de subida como el enlace de bajada, toda la red utiliza fibra óptica monomodo que trabaja en la longitud de onda de 1290nm en sentido descendente y 1310nm en sentido ascendente con multiplexación en tiempo. [3]

La ciudad de Cumbayá fue dividida en seis sectores y caracterizada por colores, con naranja el sector en el que se encuentra la universidad de San Francisco, sectores comerciales y residenciales dándole a esta zona mayor preponderancia, con azul la zona altamente comercial como restaurantes, artesanías y un sector habitacional, con verde establecimientos como hoteles y casas; con amarillo se caracterizó la zona que posee al hospital de Los Valles, con violeta un sector netamente residencial y por último con rojo un sector habitacional como se muestra en la figura 1.5. [3]

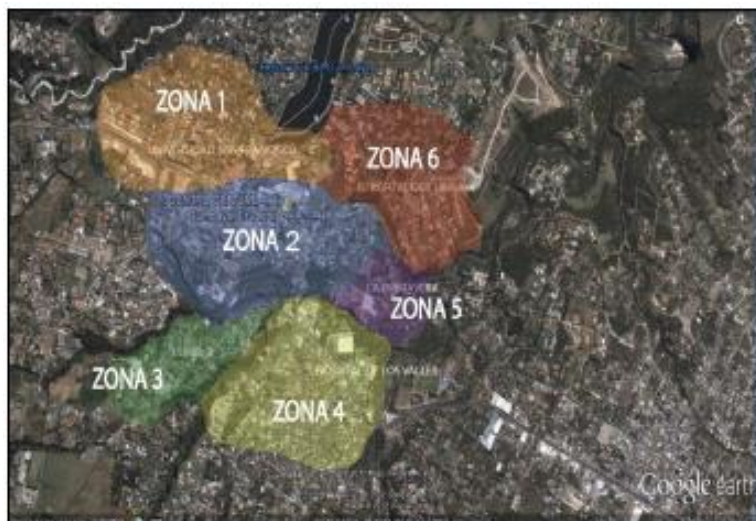


Figura 1.5 Distribución de zonas [3]

Para la topología se implementó un OLT como punto central y en cada zona uno o varios splitters primarios, el OLT alimentó a cada uno de los splitters primarios entregando un único hilo de backbone que recorrió todo el sector y se conectó con cada uno de los splitters primarios, cada splitter primario entregó sus hilos a un splitter secundario y a partir de estos se realizó la conexión con los diferentes ONT. [3]

Luego de realizar los cálculos de la longitud de la fibra a utilizar, se debe sumar un 20% de holgura por criterios de previsión y reserva de cable, otros 10Km adicionales para ramificaciones secundarias y redundancia en los splitters, se implementó fibra monomodo compatible con G.652 un OLT huawei, un ONT Global Telecom. [3]

Para proteger el cable de posibles daños, en los polos terminales bajo tierra debe existir un conductor metálico con el objetivo de ser utilizado como polo, también se consideró el contacto con el agua y la humedad. Debido a que la fibra está bajo tierra se debe considerar una longitud extra de 6 metros que será utilizada en caso de reparación. [3]

1.4.2. Diseño e instalación de una red FTTH para la ciudad de Vicálvaro de Madrid España

El objetivo del proyecto fue mejorar la tecnología del bucle de abonado, se planteó implementar y desplegar una tecnología FTTH para homogeneizar la red bajo una misma tecnología física de acceso. El estado de la red en el año 2009 presentaba una solución común y comercial como es ADSL en el país de España presentaba también para algunos operadores un sistema HFC que consistía en la mejora de ADSL instalado una red híbrida que tuviera tanto fibra óptica como cable de cobre, lo que implicaba mayor costo debido a que se instalaría una zona de fibra óptica que era la zona que conectaba las centrales y la zona de usuarios con cable coaxial y este a su vez mantenía las desventajas propias de ser un medio de cobre [4]

Se dividió la estructura de la red en niveles y el proyecto se enfocó en dos niveles el de soporte o nivel de conductos que incluye todos los conductos de la red especificando estándares y estructuras de antenas y equipos, y el nivel físico en el que se analizaron los medios y canales de transmisión, aquí se encuentran los cables ópticos, microcables, y antenas transmisoras. [4]

Para el diseño de la red se consideró la distancia máxima de transmisión, los diferentes tipos de atenuación, tipo de fibra y los conectores. Para el tendido de la nueva red se implementó una fibra monomodo G652B con dos hilos uno para tráfico ascendente y uno para tráfico descendente utilizando multiplexación WDM, se utilizó conectores tipo SC, LC, MU dependiendo de que en parte de la red se iban a implementar. [4]

Para la instalación se consideraron factores como la cantidad de viviendas a las que se debía brindar el servicio, los nodos cercanos a estas viviendas para poder realizar las conexiones llegando a cada

nodo un cable de 8 fibras como mínimo las canalizaciones verticales en los edificios suben hasta la planta más alta y de aquí se segregan las fibras que irán a cada una de las viviendas. Fue necesario instalar microconductos para los edificios con pocas viviendas. Para áreas con viviendas unifamiliares se ubicaron nodos y se conectaron las viviendas a los nodos con un enlace punto a punto. [4]

Antes de realizar las perforaciones se verificó que estas no afecten a los horarios de trabajo de las personas que viven cerca de los lugares afectados. Las áreas para la instalación de nodos debe ser un área segura y debe tener la menor distancia con los usuarios finales, debe contar además con accesibilidad para la red urbana. Para el área de armarios se necesita implementar un sitio que tenga acceso para mantenimientos pero que sea discreto evitando zonas húmedas y lugares expuestos a inundaciones. [4]

CAPÍTULO 2.

2. MARCO TEÓRICO.

En este capítulo se presentan aspectos importantes sobre las redes FTTH, los elementos que conforman la red y los parámetros de transmisión, además se analizarán las ventajas y desventajas de diseñar una red punto multipunto o red PON

2.1. Redes FTTx

Las redes FTTx. son redes consideradas de banda ancha, es decir son redes con la capacidad de transportar datos a alta velocidad y de manera simétrica hasta el usuario final y utilizan como medio de transporte la fibra óptica, FTTH es una red de esta familia FTTx por lo que es considerada una red de banda ancha, en la Figura 2.1 se muestra una configuración de esta red. Se puede observar que la fibra óptica llega hasta el hogar del abonado final. [3]

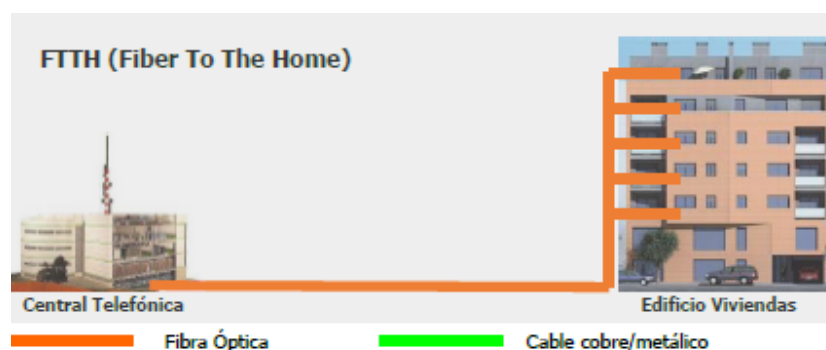


Figura 2.1 Red FTTH [4]

La conexión entre el nodo de distribución o central y el abonado final puede ser realizada con varias configuraciones físicas entre éstas están la configuración punto a punto y la configuración punto multipunto. [5]

2.1.1. Configuración punto a punto

En esta configuración la fibra se conecta entre el nodo y el abonado, es implementada generalmente para empresas debido al elevado costo de instalación, otro motivo que hace necesaria esta configuración para las empresas es que necesitan conectar ubicaciones apartadas entre una

matriz y diferentes sucursales en las que manejan una elevada tasa de datos. En la Figura 2.2 se muestra un ejemplo de una configuración de red punto a punto se observa los enlaces dedicados que salen de la central al hogar del abonado. [5]

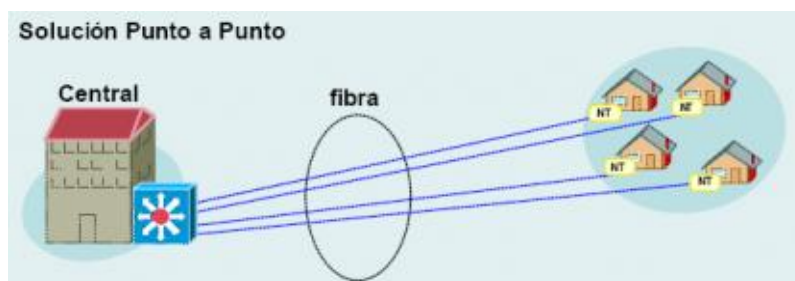


Figura 2.2 Red punto a punto [6]

2.1.2. Configuración punto multipunto pon

Esta configuración es conocida como red PON, las redes FTTH se basan en estas configuraciones, esta es una red pasiva es decir que no posee elementos activos en el bucle de abonados. En la Figura 2.3 se muestra una configuración punto multipunto se puede observar claramente que se ha implementado en la configuración un distribuidor que hace que se conecte la central con varios puntos finales lo que se denomina multipunto. [7]

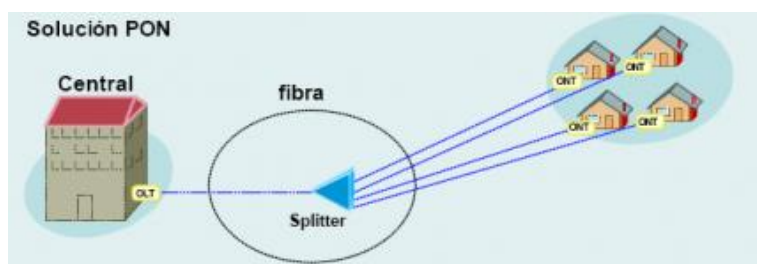


Figura 2.3 Enlace punto – multipunto [6]

A lo largo de una red PON se pueden observar los siguientes elementos pasivos:

2.1.2.1. OLT

El OLT (óptical line termination – terminación óptica de línea), se encuentra en la cabecera de la central y es el que gestiona el tráfico de información de la red, esta información es obtenida de diferentes fuentes, pueden ser estas una PSTN (Public Switched Telephone Network – Red telefónica publica conmutada) para los servicios de voz o de internet para servicios de VoIP y de datos. [4]

2.1.2.2. ODN

ODN (optical distribution network – red de distribución óptica) Se define así a la red en general encargada de distribuir la señal desde la central hasta los hogares. Está formada por cables de fibra, splitters y armarios, en la Figura 2.4 se puede observar de manera general una red de distribución óptica [4]

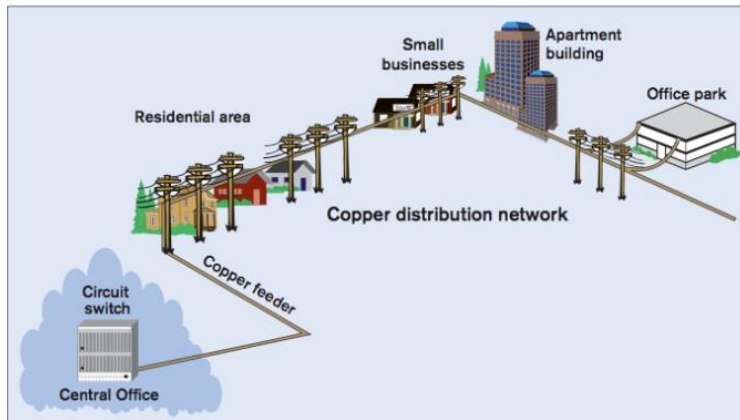


Figura 2 4 Red de distribución óptica [8]

2.1.2.3. ONT

ONT (optical network termination – terminación óptica de red) Su función es filtrar la información originada en un ONT de cabecera hacia un usuario final, en la Figura 2.5 se puede observar la apariencia física de un ONT [9]



Figura 2.5 ONT [9]

2.1.2.4. Splitter

(Divisor óptico pasivo). Es un elemento muy importante en la red y se considera generalmente el principal dado que este elemento es el encargado de direccionar las señales hasta el abonado final es un divisor de potencia y conecta un OLT con diferentes ONT. En una red se podrá observar como varios usuarios comparten un mismo canal físico y esto se logra gracias a la implementación de los divisores ópticos, El divisor de señales generara tantas señales como fibras tenga conectadas a la salida. En la Figura 2.6 se puede observar como ingresa un hilo y se divide en 16 hilos [4]



Figura 2.6. Divisor óptico [10]

2.2. Red de transmisión PON

Existen dos canales para la transmisión, el canal ascendente y el canal descendente, estos viajan a través de un mismo medio físico que es la fibra óptica por lo que es necesario utilizar técnicas de modulación, a los datos se le asigna diferentes longitudes de onda una para el enlace de datos ascendente otra para el enlace de datos descendente y otra para en enlace de video. [11]

2.2.1. Ventanas de transmisión

La atenuación en la fibra óptica depende directamente de la longitud de onda a la que se transmite, existen cinco ventanas en las cuales la atenuación es mínima se las puede observar en la Tabla 2. [12]

Primera ventana	$\lambda = 850nm$; de $820nm$ a $850nm$
Segunda ventana	$\lambda = 1300nm$; de $1260nm$ a $1360nm$
Tercera ventana	$\lambda = 1550nm$; de $1530nm$ a $1565nm$
Cuarta ventana	$\lambda = 1625nm$; de $1565nm$ a $1625nm$
Quinta ventana	$\lambda = 1470nm$; de $1460nm$ a $1530nm$

Tabla 2. Ventanas de transmisión [12]

2.2.1.1. Canal descendente.

La información viaja desde el OLT hacia el abonado final sin necesidad de regeneración de la señal, es decir sin necesidad de implementar elementos activos, en este canal la red se comporta como una red punto – multipunto. Los diferentes splitters permiten el filtrado de la información del OLT hacia el ONT, para esto se implementa un protocolo de difusión TDM (time división multiplex) que consiste en enviar información en diferentes tiempos, El OLT tiene intervalos de tiempo establecidos que corresponden a cada uno de los ONT de

esta manera el ONT filtra la información en ese segmento de tiempo que le corresponde. [11]

En un diseño se puede considerar que la conexión entre el divisor y el ONT sea con un hilo o con dos hilos de fibra y de esto dependerá la longitud de onda que se utilice para la transmisión de señales. En la Tabla 3 se pueden observar estos valores. [11]

Un hilo de fibra		Dos hilos de fibra	
Voz y datos	1490nm	Voz y datos	1310nm
Video	1550nm	Video	1550nm

Tabla 3 Longitudes de onda para transmisión [11]

2.2.1.2. Canal ascendente.

La información viaja desde el ONT hacia el OLT, en este canal la red se comporta como punto a punto, el divisor se encarga de tomar la información enviada desde los diferentes ONTs y multiplexarla de esta manera es enviada por una sola salida de fibra hacia el OLT, para la transmisión de la información se implementa una técnica de modulación al igual que en el canal descendente, TDMA con esto se consigue que los ONTs envíen la información en diferentes intervalos de tiempo. Las longitudes de onda para la transmisión ascendente será la misma indiferente de si usa uno o dos hilos de fibra y será de 1310nm para voz y datos. [11]

2.3. Ventajas y desventajas de una red PON

En la Tabla 4 se muestra una comparación de los tipos de redes mencionados, se debe destacar que para los enlaces punto a punto la mayor

ventaja es la alta capacidad de transmisión por lo que este tipo de configuración es implementada en abonados corporativos.

Tipo de red	Ventajas	Desventajas
Punto a punto	Alta capacidad	Elevado costo de instalación
Punto multipunto	Alta capacidad. Reducción de costos debido a que no se implementa elementos activos. Escalable y flexible	Requiere método de protección. Alto impacto cuando se presentan problemas en el OLT.

Tabla 4. Ventajas y desventajas de una red PON [4]

Como se puede observar en la tabla una red PON es la opción más adecuada para el despliegue de una red FTTH debido a que es una red flexible, escalable y de menor costo. Un inconveniente a considerar es la reducción de la eficiencia de la red que se genera debido a la implementación de los divisores, a mayor número de abonados menor potencia llegará a cada uno de ellos, además, cada uno de los divisores aporta con una atenuación por lo que se debe considerar la cantidad de splitter que se implementan en la red. [4]

2.4. Técnicas de modulación

Para la transmisión de voz, datos y video se implementan en la red varias técnicas de modulación que se explican a continuación:

2.4.1. WDM

Para la configuración y arquitectura de una red FTTH se implementa por un medio físico la multiplexación por longitud de onda (WDM-wavelength división multiplexing) desde la central hasta el abonado final. Utilizando diferentes longitudes de onda WDM hace posible una transmisión de grandes flujos de información por un medio de fibra óptica. En la Figura 2.7 podemos observar como cuatro servicios utilizan un mismo medio físico para ser transmitidos. Las ventajas de WDM son una tasa de transmisión de hasta 10Ghz. [14].

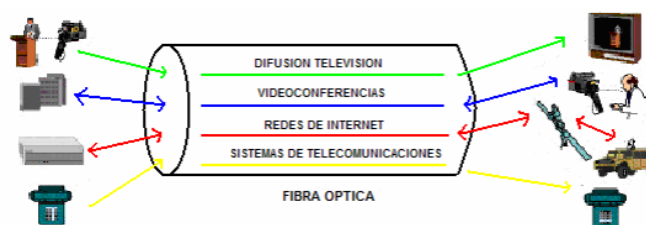


Figura 2.7. Servicios de WDM [15]

2.4.2. TDM

TDM (Multiplexación por división de tiempo) es una técnica de modulación para señales digitales que permite la transmisión por un solo canal a partir de varias fuentes, el flujo de datos es dividido en unidades que ocupan una ranura o segmento de tiempo, de esta manera se consigue un mejor aprovechamiento del canal o medio de transmisión en la Figura 2.8 se observa como varias señales son transmitidas por un solo canal. [16]

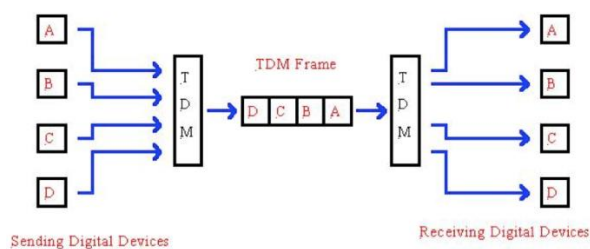


Figura 2.8 Modulación TDM [17]

2.5. Fibra óptica.

Este es el medio de transmisión que se emplea en las redes FTTH, es un filamento de un material transparente generalmente de vidrio aunque también se la puede diseñar de otros materiales como plástico, el material seleccionado influirá directamente el comportamiento que tenga la fibra, se necesita de un alto grado de pureza para evitar pérdidas, el ancho de banda que se puede transmitir por fibra óptica es muy superior al que se puede transmitir por cable de cobre lo que la vuelve la mejor opción para el diseño de las redes.[18]

Es muy importante conocer los tipos de fibra óptica que existen y los beneficios y la desventajas de cada una para realizar el diseño de la red, también se debe conocer las longitudes de onda óptimas para la transmisión de esta manera se minimiza la atenuación del sistema. [18]

2.5.1. Composición de la fibra óptica

Dos parámetros importantes en la composición de la fibra óptica son la geometría física y el índice de refracción, de estos parámetros depende el ancho de banda que se pueda transmitir y el comportamiento que tendrá la fibra puede estar constituido por más de un hilo de fibra de vidrio y consta de tres estructuras que se detallan a continuación: En la Figura 2.9 se muestra la estructura de un cable de fibra. [18]

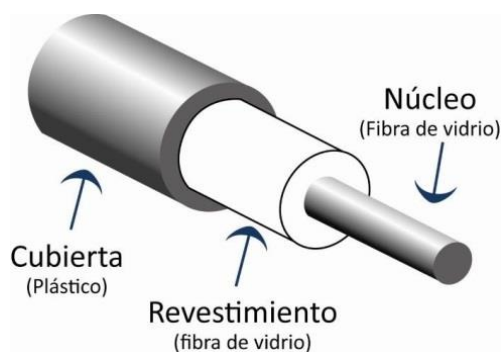


Figura 2.9. Fibra óptica. [19]

- **Un núcleo central llamado Core**, es la parte más interna de la fibra óptica, el core es el encargado de transmitir el haz de luz desde la fuente hasta el dispositivo de recepción posee un diámetro muy pequeño y a mayor diámetro mayor es la cantidad de luz que el núcleo puede transportar.
- **Una cubierta de protección al núcleo llamada Cladding.o revestimiento** es la parte intermedia de la fibra óptica protege al núcleo y posee un índice de refracción menor al del núcleo, de esta manera se consigue que la luz se quede atrapada en el núcleo. Y no atraviese el revestimiento.
- **Recubrimiento** es una envoltura que sirve tanto para darle flexibilidad y protección como para bloquear la luz externa llamada Primary Coating. [18]

2.5.2. Tipos de fibra óptica

Las fibras empleadas en las redes de telecomunicaciones han sido clasificadas de la siguiente manera:

2.5.2.1. Fibra multimodo

Este tipo de fibra tiene la capacidad de transmitir varios rayos de luz a la vez, implementadas en cortas distancias con un máximo de 2.4km permiten transferencias de hasta 155Mbps, debido a su mayor diámetro en el núcleo este tipo de fibra es más fácil de implementar. En el mercado se

encuentran fibras de diámetro entre el núcleo y cubierta de $50/125\mu m$ y de $62.5/125\mu m$. Se clasifican de la siguiente manera:

2.5.2.2. Fibra monomodo

Posee un diámetro menor en el núcleo en comparación a la multimodo, por lo que solo permite que se transmita un rayo de luz, el diámetro de su núcleo es de $9\mu m$ y $125\mu m$ del revestimiento. En la Figura se 2.10 se puede observar como solo viaja un haz de luz debido al diámetro del núcleo. [19]

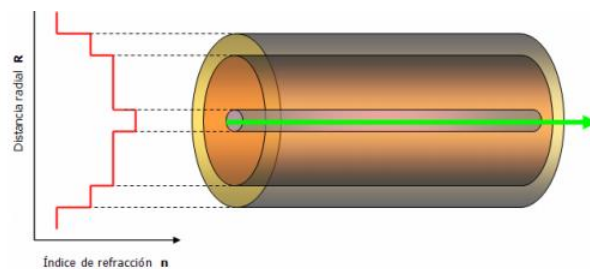


Figura 2 10 Fibra monomodo [4]

2.5.2.3. Atenuaciones en los sistemas ópticos

Se define atenuación como la pérdida de potencia de la señal a través del enlace, en un sistema óptico se define como la relación de potencias de salida para la potencia de entrada [12]

$$a(\lambda) = 10 \log \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)$$

(2.1)

Donde

$a(\lambda)$: Atenuación en DB

P_{out} : Potencia de salida

P_{in} : Potencia de entrada

En general este factor es expresado en unidad de longitud por la siguiente ecuación

$$a(\lambda) = \frac{10 \log \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)}{L} \left[\frac{dB}{Km} \right]$$

(2.2)

Existen varias pérdidas que se pueden producir en un sistema óptico y son las siguientes:

2.5.2.4. Pérdida por absorción

Este factor es intrínseco de la fibra óptica, se produce por las impurezas presentes en el vidrio, es producida también por la luz absorbida a nivel molecular, esta luz absorbida es convertida en calor. [12]

2.5.2.5. Pérdida por dispersión

Esta pérdida es por anomalía física producida en la fibra, las irregularidades de fábrica, producen una variación en la densidad del material y esto tiene como consecuencia una variación en el índice de refracción, esto afecta el ancho de banda, debido a que éste es limitado por el ensanchamiento del pulso transmitido. Este efecto genera que los pulsos se solapen unos con otros haciendo que el receptor no distinga las señales, en la Figura 2.11 se puede observar como al producirse el ensanchamiento del pulso se genera la interferencia inter símbolo. [12]

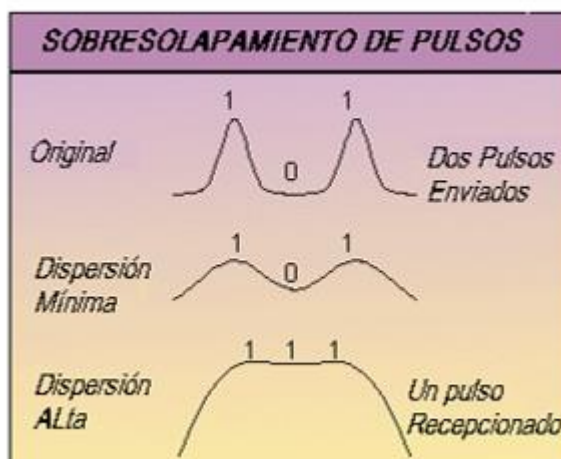


Figura 2.11 Dispersión [24]

Se presenta también una pérdida por distancia recorrida, a mayor longitud de onda mayor dispersión. Existen tres tipos de dispersión que son los siguientes:

- **Dispersión por polarización del modo.** Generada por una circularidad imperfecta en el núcleo de la fibra óptica.
- **Dispersión de guía de onda.** Se presenta en la fibra monomodo debido a que aproximadamente el 20% de la luz atraviesa del núcleo al recubrimiento y se propaga en el mismo al tener un índice de refracción menor que en el núcleo la velocidad de propagación es mayor provocando la dispersión, en la ventana de 1300nm la dispersión cromática de guía de onda cancela a la dispersión cromática espectral lo que se conoce como dispersión cromática nula. [25]
- **Perdidas por curvaturas** Esta es una pérdida extrínseca es decir es generada en el proceso de implementación de la fibra, al curvar la fibra se

cambia el ángulo de incidencia en el límite núcleo revestimiento lo que genera que la luz se pierda en el revestimiento, se la considera despreciable hasta que alcanza el radio de curvatura crítico. El radio de curvatura crítico es 10 o 12 veces el diámetro del cable de fibra. [12]

2.5.2.6. Perdidas por acoplamiento

En un sistema óptico además del emisor y el receptor de luz se implementan conectores para acoplar la fibra al emisor y al receptor y son alrededor de 0.7db. En un tendido muy largo se recomienda utilizar fusiones que generan una pérdida menor y es de 0.1db por empalme. [12]

2.5.3. Ventajas de la fibra óptica respecto al cable de cobre.

Se puede destacar lo siguiente:

- Seguridad en la red, es muy sencillo detectar intrusos en la red.
- La fibra óptica no está expuesta a la interferencia electromagnética.
- La fibra óptica es construida a partir del elemento silicio y este elemento es abundante en la naturaleza.
- En comparación con los sistemas tradicionales la fibra óptica presenta alta resistencia a las variaciones climáticas.
- Tiene menor atenuación que el cable de cobre por lo que se la puede implementar en mayores distancias y es más confiable.
- En comparación con el cable de cobre la fibra óptica es mucho más liviana. [26]

2.5.4. Desventajas de la fibra óptica respecto al cable de cobre.

- Es muy delicada lo cual implica un mayor cuidado a la hora de instalación.
- Los emisores láser son de corta vida útil.
- Es necesario implementar en el sistema un transductor que transforme la señal eléctrica a una señal óptica.

- Las reparaciones en este tipo de cable son más complejas que en un cable de cobre. [26]

2.5.5. Conectores ópticos

Cuando se realizan instalaciones de redes FTTH se debe considerar varios parámetros para seleccionar los conectores, algunos de estos parámetros son el rendimiento y la calidad de los cables dado que no es el mismo cable que se usa en interiores como en exteriores, se pueden encontrar diferentes tipos de conectores como son los SC, LC, MT entre otros.

Los conectores SC, LC o MU se implementan en redes con fibra monomodo y multiplicación WDM que poseen una fibra por abonado.

Los conectores dúplex de cualquier tipo se implementan en sistemas de dos fibras monomodo por abonado.

Los conectores dúplex SC, LC o MT se implementan en sistemas multimodo de dos fibras por abonado en la Figura 2.12 se muestra los diferentes tipos de conectores que se mencionaron.



Figura 2.12 Conectores ópticos

En un sistema se puede combinar diferentes tipos de conectores, se puede instalar un tipo de conectores para conectarse a la red primaria y utilizar un tipo de conector diferente para el extremo que va al cliente, aunque lo recomendado es utilizar el mismo tipo de conector en ambos extremos de la fibra óptica. [27]

2.5.6. Uniones entre fibras

Las uniones en la fibra generan un alto nivel de atenuación debido a los conectores y empalmes. En la Tabla 5 se muestran los datos de atenuación presenten en las diferentes técnicas de conexión. Se puede observar que la menor atenuación se la consigue fusionando la fibra, pero este método es permanente a diferencia de utilizar conectores que se puede remover. [27]

	<i>fusión</i>	<i>mecánico</i>	<i>conector</i>
<i>Perdida de inserción</i>	<i>< 0.1 dB</i>	<i><0.3dB</i>	<i>Típico 0.2dB Max 0.5dB</i>
<i>Perdida de retorno</i>	<i>>60 dB</i>	<i>>35dB</i>	<i>PC>27db SPC>40dB APC>60dB</i>
<i>Ensamblaje de campo</i>	<i>adecuado</i>	<i>adecuado</i>	<i>Uso limitado</i>
<i>Costo del equipo</i>	<i>Muy alto</i>	<i>bajo</i>	<i>mediano</i>
<i>Costo del material</i>	<i>Muy alto</i>	<i>bajo</i>	<i>mediano</i>

Removilidad	<i>permanente</i>	<i>Pocas veces</i>	<i>Muchas veces</i>
--------------------	-------------------	--------------------	---------------------

Tabla 5 Tipos de uniones [27]

Para utilizar un empalme con conector existen cuatro tipos de pulidos:

PC. Physical Contact Utilizada en monomodo y multimodo viene con un prepulido esférico la superficie es levemente curva lo cual elimina el espacio de aire.

Plano. Pulido a mano pero la unirlos una capa de aire se forma de manera natural.

SPC. Súper PC para fibra monomodo es una mejora del PC.

APC. Las superficies son curvadas y anguladas esto mantiene la conexión intacta en la Figura 2.13 se puede observar los diferentes pulidos que se explicaron previamente. [28]

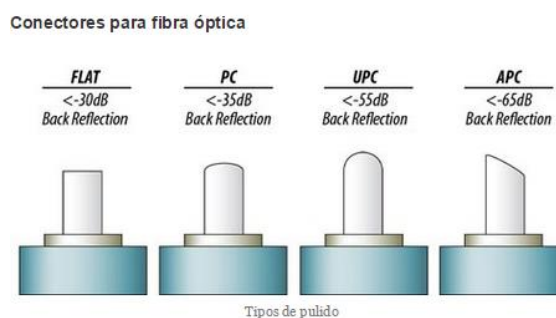


Figura 2.13Tipos de pulido [29]

2.6. Estándares para instalaciones de fibra óptica

Se analizan de forma minuciosa los estándares tanto internacionales como las normativas nacionales para el diseño e implementación de una red de fibra óptica.

2.7. Entes reguladores

Existen agencias encargadas de regularizar y supervisar la utilización del espectro radioeléctrico además de todo asunto relacionado con las Telecomunicaciones y son las siguientes:

- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL).
- Ministerio de Telecomunicaciones.
- Secretaria Nacional de Telecomunicaciones [30]

2.7.1. Ministerio de Telecomunicaciones

Este ministerio es el ente máximo a nivel de las telecomunicaciones, y fue creado mediante Decreto Ejecutivo N° 8 el día 13 de agosto del 2009 por el Presidente Constitucional de la República del Ecuador Econ. Rafael Correa Delgado, entre sus funciones tiene la coordinación de acciones de apoyo para asegurar el acceso igualitario de los servicios de las telecomunicaciones, así como la expedición de nuevas políticas para asegurar el buen vivir, actualmente este ministerio está dirigido por el Ing. Augusto Espín Tobar. [30]

2.7.2. Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

Este organismo tiene las siguientes atribuciones y obligaciones:

- Generar las regulaciones y normas técnicas para el buen desarrollo de las telecomunicaciones cumpliendo lo dispuesto por la Carta Magna de la Republica.
- Elaborar, aprobar, modificar, actualizar el Plan Nacional de Frecuencias, Controlar y monitorear el uso del espectro radioeléctrico.
- Controlar a los medios que usen frecuencias del espectro radioeléctrico.
- Emitir las homologaciones de los equipos terminales para las redes de telecomunicaciones.

- Fiscalizar las instalaciones de redes de telecomunicaciones y publicar las estadísticas de los estudios para el sector de las telecomunicaciones.[31]

2.8. Estándares para la instalación de una fibra óptica.

Los entes reguladores de los estándares para la instalación de fibra Óptica son International Telecommunication Union (UIT), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) entre otros y las normas que afectan a nuestro proyecto son las que a continuación se citan en la Tabla 6 los cuales se podrán ver de manera más detallada en el apéndice uno. [32]

Norma	Descripción	Fecha
UIT-T G.653	<i>Características de las fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada.</i>	(12/2003)
UIT-T G.654	<i>Características de las fibras y cables ópticos monomodo de pérdida minimizada.</i>	(06/2004)
UIT-T G.655	<i>Características de las fibras y cables ópticos monomodo con dispersión desplazada no nula.</i>	(03/2006)
UIT-T G.656	<i>Características de las fibras y cables ópticos monomodo con dispersión no nula para transporte óptico de banda ancha.</i>	(12/2006)
UIT-T G.657	<i>Características de las fibras y cables ópticos monomodo insensibles a la pérdida por flexión para la red de acceso.</i>	(12/2006)

UIT-T G.983.1	<i>Requisitos de la red óptica". En Sistemas de acceso óptico de banda ancha basados en redes ópticas pasivas PON.</i>	(01/2005)
UIT-T G.983.2	<i>Especificación de la interfaz de control y gestión de terminales de red óptica para redes ópticas pasivas de banda ancha BPON.</i>	(07/2005)
UIT-T G.983.3	<i>Sistema de acceso óptico de banda ancha con capacidad de servicio incrementada mediante la asignación de longitudes de onda.</i>	(06/2005)
UIT-T G.653	<i>Características de los cables y fibras ópticas monomodo.</i>	(06/2005)
UIT-T G.984.1	<i>Redes ópticas pasivas de capacidad Gigabit GPON: características generales.</i>	(03/2008)
UIT-T G.984.2	<i>Redes ópticas pasivas de capacidad Gigabit GPON: especificación de la capa dependiente de los medios físicos.</i>	(03/2008)
UIT-T G.984.3	<i>Redes ópticas pasivas de capacidad Gigabit GPON: especificación de la capa de convergencia de transmisión.</i>	(03/2008)
UIT-T G.984.4	<i>Redes ópticas pasivas de capacidad Gigabit GPON: especificación de la interfaz de control y gestión de la</i>	(02/2008)

	terminación de red óptica.	
UIT-T G.652	<i>Características de las fibras y cables ópticos monomodo.</i>	(06/2005)
UIT-T G.984.1	<i>Redes ópticas pasivas de capacidad Gigabit (GPON): Características generales.</i>	(03/2008)
IEC 60793-2-50	<i>Product specifications Sectional specification for class B singlemode fibers.</i>	(05/2008)
ISO/IEC 11801	<i>Information technology Generic cabling for customer premises. Estándar</i>	(03/2006)
ISO/IEC 24702	<i>Information technology Generic cabling for industrial premises. Estándar.</i>	(03/2006)

Tabla 6 Estándares de la ITU [32]

2.9. Estándares de cable óptico.

La Fibra Óptica se encuentra normalizada por normas y estándares internacionales de la ITU-T G.65x ya analizados en la primer parte de este capítulo, además los cables ópticos también están estandarizados por un código de colores, los cables ópticos tiene un estándar propio elaborado por la Electronic Industries Association (EIA) la cual establece un código de colores para el reconocimiento y diferenciación de todos los hilos que comprendan un cable óptico, a continuación en la Tabla 7 se puede apreciar el estándar EIA/TIA-598-A, a este estándar se lo conoce también como IEC 60304. [33]

	COLOR	FIBRA
	Azul	1
	Naranja	2
	Verde	3
	Marrón	4
	Gris	5
	Blanco	6
	Rojo	7
	Negro	8
	Amarillo	9
	Violeta	10
	Rosa	11
	Turquesa	12

Tabla 7 Código de colores del estándar EIA/TIA-598-A [4]

La Tabla 8 nos sirve para identificar fibras ópticas de hasta 12 hilos, pero en el mercado existen cables ópticos constituidos por más de 12 hilos y estos pueden agruparse en grupos de 4, 6, 8, 12, 24, 48, 64, 144, etc., para estos casos es necesario reagrupar las fibras en tubos de diferentes colores, en la Tabla 8 y Tabla 9 podemos visualizar la configuración típica de cables ópticos de 24, 48, 64 y 144 hilos de fibra óptica. [33]

		FIBRA								
Cable 24 FO										
	TUBO		1	2	3	4	5	6		
			7	8	9	10	11	12		
			13	14	15	16	17	18		
		19	20	21	22	23	24			
		FIBRA								
Cable 48 FO										
	TUBO		1	2	3	4	5	6	7	8
			9	10	11	12	13	14	15	16
			17	18	19	20	21	22	23	24
			25	26	27	28	29	30	31	32
			33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48		

Tabla 8: Código de colores del estándar EIA/TIA-598-A [4]

Cable 64 FO		FIBRA							
TUBO	1	2	3	4	5	6	7	8	
	9	10	11	12	13	14	15	16	
	17	18	19	20	21	22	23	24	
	25	26	27	28	29	30	31	32	
	33	34	35	36	37	38	39	40	
	41	42	43	44	45	46	47	48	
	49	50	51	52	53	54	55	56	
	57	58	59	60	61	62	63	64	

Cable 144 FO		FIBRA											
TUBO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	
	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	
	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	
	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	

Tabla 9 Código de colores del estándar EIA/TIA-598-A [4]

Cabe indicar que en Europa no todos los fabricantes siguen el estándar EIA/TIA-598-A, el estándar adoptado por estos fabricantes consiste en que la protección primario sigue el siguiente código de colores que se muestra en la Tabla 10. [33]

COLOR	FIBRA
Verde	1
Rojo	2
Azul	3
Amarillo	4
Gris	5
Violeta	6
Marrón	7
Naranja	8
Blanco	9
Negro	10
Rosa	11
Turquesa	12

Tabla 10: Código de colores del estándar adoptado por fabricantes Europeos. [4]

Existen casos en los que los hilos de Fibra Óptica no vienen separados por tubos independientes, sino que los n hilos vienen en un solo bulbo, en este caso se tiene el siguiente código de colores que se muestra en la Tabla 11, si un

cable tiene más de 4 tubos entonces es necesario diferenciarlos mediante números o bandas de color oscuro debido a que el código de colores se repite. [33]

	COLOR	TUBO
	Blanco	1
	Rojo	2
	Azul	3
	Verde	4

Tabla 11: Código de colores [4]

2.10. Tipos de tendidos de una red de fibra óptica

Para la instalación de nuevas redes de Telecomunicaciones se debe considerar que tipo de tendido va a tener la ruta de fibra óptica sea esta canalizada o aérea, dependiendo el caso que sea se debe tramitar los permisos correspondientes y conocer cuáles son las normas para ese tipo de tendido.

2.11. Tendido de una red de fibra óptica aérea

En este tipo de tendido el ente que otorga los permisos es la Empresa Eléctrica de Guayaquil ya que para este caso se debe usar los postes de alumbrado eléctrico, la eléctrica cobra un rubro por el uso de su infraestructura y las normas a seguir para la sujeción de la red de Fibra Óptica es la que se muestra en la Figura 2.14



Montaje de F.O. en poste, con mordazas y correcto etiquetado



Elemento de poste ensamble de mordazas y base



Elemento de poste mordaza



Diametro de la F.O. 6.5mm,
peso de la F.O. 50 kg/km



Chaqueta PVC
2 mensajeros de
acero internos
buffer
4 hilos de F.O.

ESTRUCTURA
DE LA F.O.

Figura 2.14: Montaje de F.O. en Poste

2.11.1. Tendido de una red de fibra óptica canalizada

Para este tipo de tendido el organismo que extiende los permisos es la Fundación Siglo XXI, este es un organismo Municipal Para la Regeneración Urbana y es el ente encargado de permitir el pazo de cables por los pozos de regeneración urbana al igual que el caso de tendido aéreo se cobra un rubro por cada pozo usado además existen las normas de la CNT que se encuentran en el apéndice1.

CAPITULO 3

3. DISEÑO DE LA RED Y ANÁLISIS DE COSTOS

Antes de realizar el diseño de la red es necesario considerar que ésta debe tener una proyección a futuro para que la red sea factible durante varios años, en este proyecto se considerará una vida útil de 5 años, se dividirá a los abonados entre residenciales y corporativos, debido a que los clientes corporativos necesitan de servicios adicionales como soporte inmediato y monitoreo de la red. Además cuentan con un ingeniero VIP encargado de dar seguimiento de los soportes necesarios en caso de que se produzca un fallo de la red.

3.1. Delimitación del área de cobertura

Se utilizó el software Google Earth para poder mostrar el sector que se analizará para el diseño. En la Figura 3.1 se muestra la zona de cobertura que abarca la ruta.



Figura 3.1 Zona de Cobertura

El área total se dividió en 2 sectores para facilitar el diseño y la distribución de los equipos. En la Figura 3.2 y Figura 3.3 se muestran las dos regiones. Para dividir la ruta se basó en el número de abonados por cuadra y en la capacidad

de los equipos, de esta manera se consigue implementar el menor número de distribuidores y minimizar costos.



Figura 3.2 Región 1

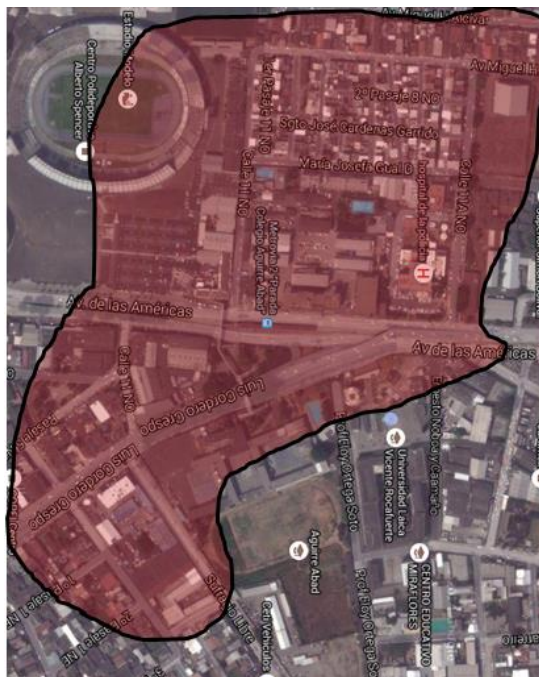


Figura 3.3 Región 2

3.2. Estudio de la demanda

La ruta número 32 dará servicio a 470 abonados residenciales y 6 abonados corporativos, de estos 470 abonados algunos poseen sólo telefonía y otros poseen los dos servicios, telefonía e internet. Basándonos en la información obtenida de la página de la Arcotel se analiza el porcentaje de clientes que poseen un solo servicio y los que poseen los dos servicios, en la Figura 3.4 se muestra la distribución del servicio de internet entre los diferentes proveedores que existen en el Ecuador, se puede observar que CNT tiene aproximadamente el 60% de abonados a nivel nacional. [34]

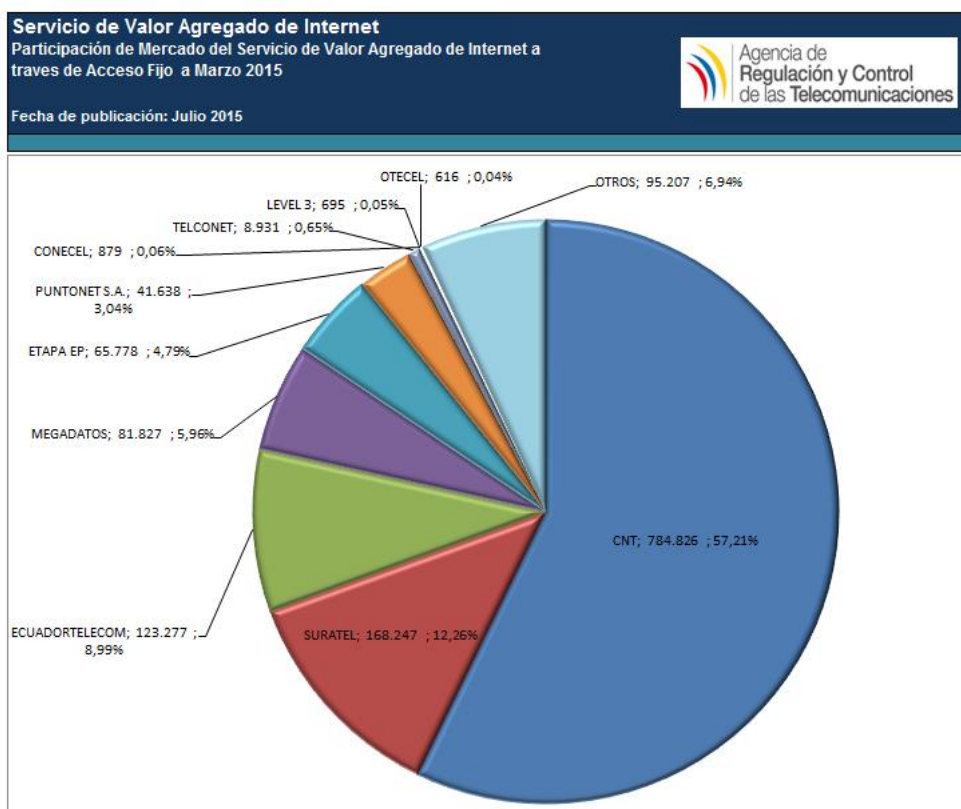


Figura 3.4 Participación de mercado [34]

En la Figura 3.5 se muestra la distribución del servicio de telefonía fija entre los diferentes proveedores que existen en el Ecuador, se puede observar que CNT tiene aproximadamente el 85% de abonados a nivel nacional. [34]

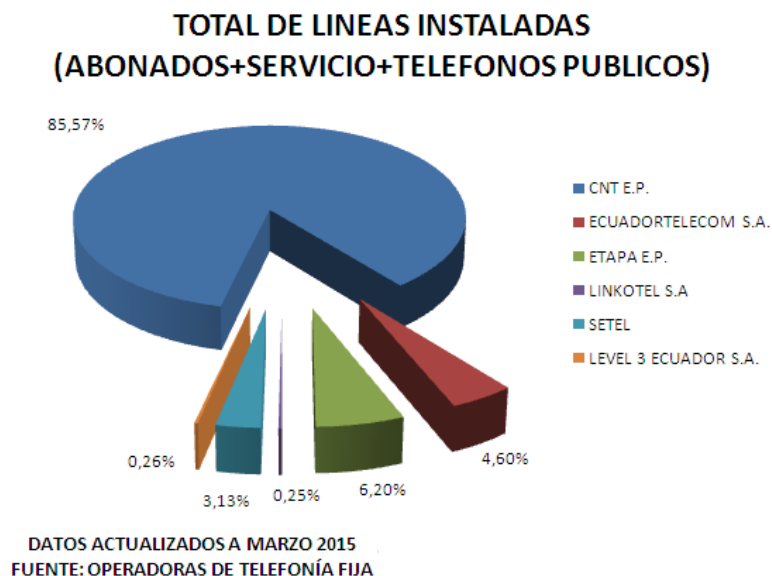


Figura 3.5 Distribución de mercado telefonía fija [34]

En la Tabla 12 se observa la cantidad de abonados que poseen solo un servicio y la cantidad de abonados que poseen los dos servicios, el 60% de la población posee los dos servicios lo que da como resultado que el otro 40% posea solamente el servicio de voz. [2]

Servicio de telefonía	$470 * 0,4 = 188$
Servicio de telefonía e internet	$470 * 0,6 = 282$
Total	470

Tabla 12 Distribución de servicios [2]

3.3. Análisis de los abonados

Se debe tener en cuenta el número de abonados que posee la red actual, CNT proporcionó la información necesaria para el diseño, de no poseer la información se debe realizar una encuesta para determinar cuántos abonados posee esa zona, o de otra manera asumir un porcentaje de clientes dependiendo de la participación de mercado de la empresa CNT. [3]

Otro factor importante a considerar es la economía del sector y la población, en el sector Kennedy se puede observar que existen varios corporativos que tendrán una demanda mayor de ancho de banda que los abonados residenciales, un cliente corporativo necesita otros servicios como el soporte

inmediato con un máximo de tres horas de servicio caído, también tienen el servicio de monitoreo de la red 24 horas, de esta manera si se detecta un problema en la ruta se le informa al ingeniero encargado de dar el soporte. En la Tabla 13 se encuentra la lista de clientes corporativos dentro de la ruta 32.

1.-	Centro comercial Policentro
2.-	Clínica Kennedy
3.-	Unidad de Vigilancia Comunitaria
4.-	Complejo deportivo FEDE Guayas
5.-	Colegio Aguirre Abad

Tabla 13. Clientes corporativos

3.4. Planes de servicios de telefonía fija.

Tomando como referencia los planes actuales que CNT ofrece se proponen los siguientes paquetes para clientes residenciales y corporativos. Ver Tabla 14. [2]

Plan residencial		Plan corporativo	
Plan telefonía hogar	\$ 6.20	Plan corporativo básico	\$18.00
Plan telefonía doble línea	\$ 12.00	IP GPON	\$ 500.00

Tabla 14 Planes tentativos para telefonía fija [2]

El servicio de IP GPON permite manejar 30 canales de voz por medio de un solo acceso se debe indicar que estos precios no incluyen costos de instalación ni impuestos. [2]

3.5. Planes de servicio de internet y telefonía fija.

Tomando como referencia los planes actuales que CNT ofrece se proponen los siguientes paquetes para clientes residenciales y corporativos, los planes no incluyen impuestos ni costos de instalación ver Tabla 15. [2]

Plan residencial		Plan corporativo	
Plan 15/3 Mbps	\$50.00	Plan 1.5Mbps	\$ 150.00
Plan 25/5 Mbps	\$80.00	Plan 5Mbps	\$400.00
Plan 50/15 Mbps	\$120.00	Plan 20Mbps	\$ 1200.00

Tabla 15 Planes tentativos para internet. [2]

3.6. Estudio del tráfico

El dimensionamiento del ancho de banda es muy importante debido a que según los Mbps que contraten los abonados serán los precios de los planes, por lo que se debe ofrecer varias opciones. No se debe sobredimensionar los canales debido a que esto generaría pérdidas de recursos para la empresa, el otro escenario que se puede presentar es el subdimensionamiento, esto implica un problema para los usuarios debido a que se perderían llamadas y el servicio de internet se saturaría.

3.6.1. Cálculos de la tasa de transmisión de datos del enlace descendente

Cada puerto del OLT posee una capacidad de 2.4 Gbps de bajada y 1.25 Gbps de subida, en la OLT se podrá configurar el ancho de banda que contrata cada abonado dependiendo de los requerimientos, se debe tener en cuenta que todos los servicios ofrecidos por ese puerto no debe superar a la capacidad del puerto. A continuación se muestra un

ejemplo de cómo se calcularía el ancho de banda disponible por usuario con un divisor de 1:32. [35]

$$R_n = \frac{2.4Gbps}{32}$$

$$R_n = 75Mbps$$

3.6.2. Cálculo de la tasa de transmisión de datos para el enlace ascendente

Para el enlace de subida se tiene disponible 1.25Gbps en un puerto PON, esta capacidad será dividida para los usuarios conectados en el puerto, las necesidades de los abonados para el enlace de subida es menor que para el enlace descendente en el caso de clientes residenciales, para los clientes corporativos se ofrece un enlace simétrico. A continuación se muestra un ejemplo del cálculo de la tasa de transmisión utilizando un divisor de 1:32. [35]

$$R_n = \frac{1.2Gbps}{35}$$

$$R_n = 34Mbps$$

3.7. Demanda futura

Para la demanda futura se considera que los abonados que sólo tienen servicio de telefonía fija contraten también el servicio de internet, se considera además que nuevos usuarios contraten el servicio de línea telefónica. El porcentaje de crecimiento de la empresa CNT es del 2% anual, en la Tabla 16 se observa el crecimiento anual de la empresa. [34]

PRESENTE	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
470	564	677	812	975	1170

Tabla 16 Crecimiento de la población

3.8. Diseño de la red

Las consideraciones para el diseño de la Red FTTH GPON comprenden los requerimientos actuales, los criterios de crecimiento y los diferentes elementos de la ODN. Se determinará el nivel de splitteo basados en la normativa actual de diseño de CNT, se calcularán las pérdidas en la ruta, la longitud máxima del feeder, se aprovecharán solo postiería con el objetivo de disminuir la inversión, no se puede utilizar los pozos existentes ya que actualmente se encuentran saturados y no es posible el paso de más cables, no se debe realizar la migración de los servicios a fibra óptica utilizando los mismos pozos ya que la afectación del servicio sería mayor a la que se permite por los entes de control.

3.9. Equipos

Se dividirá entre equipos de transmisión, equipos de recepción y componentes de distribución.

3.9.1. Equipos de transmisión.

Se analizó las características técnicas de cada uno de los equipos para asegurar que se cubre la demanda de ancho de banda de los abonados. Para seleccionar un equipo de transmisión se debe considerar además lo que se cita a continuación:

- Asistencia técnica, el proveedor de los equipos deberá brindar asistencia al comprador 24/7 en caso de presentar algún problema en la red.
- El proveedor deberá tener disponibles las piezas que sea necesario cambiar en el equipo en caso de presentarse un desperfecto en el mismo.
- Stack de servidores.
- Nacionalización de los equipos.
- Licencias de GPON.[35]

3.9.1.1. OLT

En la Figura 3 6 OLT se puede observar la apariencia física de un OLT. Presenta en su configuración 16 tarjetas y cada tarjeta tiene 8 puertos con una capacidad de 2.4Gbps de bajada y 1.25Gbps de subida. En la tabla 11 especificaciones técnicas se podrán encontrar más detalles del equipo OLT. [35]



Figura 3 6 OLT [35]

3.9.1.1.1. Características técnicas del OLT

- Proporciona acceso de alta densidad.
- Servicio triple play.
- Servicio de líneas arrendadas.
- Interfaces GE/10 GE.
- Alta densidad para conectar equipos en cascada.
- Plataforma de monitoreo remoto.
- Plataforma unificada en fibra y cobre.
- 768 puertos GE.

En la Tabla 17 se observan características adicionales de equipo.

Dimensiones	447 mm x 490 mm x 275.8mm
Entorno operativo	-25°C to +55°C 5% RH to 95% RH
Alimentación	-48V entrada de alimentación -38.4V to -72V rango de voltaje de operación
Capacidad de acceso	64 x 10G GPON 256 x GPON 768 x GE
Tipos de puertos	10 GE optical y GE optical/electric
Rendimiento de sistema	Splitteo 1:256

Tabla 17 características [35]

3.9.2. Equipo de recepción ONT

El ONT es una de las partes más importantes dado que afecta directamente el rendimiento, la confiabilidad, la escalabilidad, el mantenimiento de toda la red FTTH. En la Figura 3 7 ONT se puede observar la apariencia de un ONT. [35]



Figura 3 7 ONT [35]

3.9.2.1. Características técnicas del ONT

- Se lo puede implementar para usuarios residenciales y empresas pequeñas.
- Presenta un puerto Ethernet GE/FE autoadaptable y un puerto CATV.
- Diagnóstico remoto implementado mediante el FEEDER de posicionamiento.
- Identificación de problemas de software y hardware.
- Transmisión a velocidad de línea GE.
- Puerto 10/100 Base-T (RJ-45) [35]

3.9.3. Componentes de distribución.

3.9.3.1. ODF

Es un distribuidor óptico que permite conectar y programar fibras. En la Figura 3.8 se observa la apariencia física del ODF.



Figura 3 8 ODF [35]

3.9.3.1.1. Características técnicas

Se presenta en tres tamaños grande mediano y pequeño, posee las siguientes características.

- Unidades de splitter óptico.
- Unidades de empalme y terminación.
- Diseño modular.
- Enrutamiento optimizado.
- El diseño modular y la configuración flexible asegura la expansión y actualización de la red sin inconvenientes. [35]

3.9.3.2. NAP

Situado en el punto de acceso de los usuarios se utiliza para conectar y distribuir cables. Trabaja con divisores de fibra óptica. En la Figura 3.9 se muestra la apariencia física del NAP [35]



Figura 3.9 Nap [35]

3.9.3.2.1. Características del NAP

- Se presentan de 8/32/48 ONT.
- Se puede gestionar sin interrumpir los servicios.
- A prueba de fuego.
- Sellado con tiras de caucho.
- Fácil instalación y O&M. [35]

3.9.3.3. FDT

FDT (Terminal de distribución óptico) se encuentra entre el cable óptico principal y el cable de distribución. Ofrece protección para los empalmes, existen varios equipos clasificados por el número de núcleos o hilos que soportan. En la Figura 3.10 FDT se muestra el equipo FDT. [35]



Figura 3.10 FDT [35]

3.9.3.3.1. Características del FDT

- Plataforma de gestión remota.
- Capacidad máxima de distribución de 864 hilos de núcleo.
- Puede gestionar de forma inteligente fibras ópticas sin interrumpir los servicios.
- Identifica automáticamente los registros de datos de ingeniería y informa de nuevos datos.
- Diseño modular.
- Con capacidad para varias unidades montadas en un rack de 19 pulgadas.
- Fuente de alimentación DC y AC y USB.
- Simple O&M.
- Supervisión de puertos en tiempo real.
- Reducidos costos de mantenimiento.
- Localización de fallas [35].

3.9.4. Consideraciones

Se presentan algunas consideraciones que servirán para el diseño, estas fueron tomadas de la Normativa Técnica de Diseño de CNT, el mismo que se encuentra registrado en el anexo 1.

3.9.4.1. Relación de splitteo máxima

La relación de splitteo que se utiliza en este proyecto es de 1:32 respetando la normativa actual de CNT, con esta relación de splitteo se consigue tener una red flexible que posibilita el incremento de velocidad si algún usuario lo requiere.

3.9.4.2. Ubicación de los splitters

En un diseño de dos niveles se recomienda colocar los splitters con mayor relación de división lo más cerca al cliente que sea posible de esta manera se consigue minimizar la inversión en cables, en este diseño se utilizará un solo nivel de splitteo ya que la zona de cobertura daba la facilidad para esta configuración, este nivel de splitteo se conoce como centralizados.

3.9.4.3. Capacidad

El diseño debe ser escalable por lo que se debe dimensionar la red dejando una proyección a futuro, se recomienda dejar 15m. de fibra óptica en las mangas.

3.9.4.4. Alcance máximo de la red

Una red FTTH tiene un alcance máximo de 20km pero se debe considerar el margen de potencia aceptado entre la OLT y la ONT, la red de éste diseño tiene un alcance de 1.732km por lo que no se presentan problemas de potencia.

3.9.4.5. Fibra óptica a utilizar.

Se utilizará fibra G.652D cumpliendo con la normativa de CNT. Esta fibra cumple con la resolución ITU – T G.652D y es la fibra con mayor despliegue en la actualidad debido a que ofrece una tasa casi nula de pérdida de información y baja atenuación 0.3db/Km.

3.9.4.6. Normativa CNT

Es necesario garantizar que la señal llegue al abonado en un rango óptimo en términos de potencia, se debe analizar las pérdidas totales de la ruta, las fórmulas y consideraciones para los cálculos serán tomadas de la normativa de CNT.

- Se debe garantizar un presupuesto óptico de máximo 25 dB, desde el equipo activo OLT hasta la ONT instalada en el cliente.
- Los cables de fibra óptica para el feeder, y Distribución interna en Urbanizaciones deberán cumplir la norma ITU-T G.652D.
- Los cables de fibra óptica para Distribución Interna en Edificios y Dispersión deberán cumplir la norma ITU-T G.657.A1 o G.657.A2.
- Se utilizan postes de hormigón armado de 10 y 12 metros de longitud.
- La ubicación de los postes cerca de las esquinas no será menor de 2 metros en relación con el ángulo formado por el cruce de calles o avenidas y terminación de aceras.

3.10. Presupuesto óptico

Se utiliza un modelo masivo/casas con manga porta splitter como se muestra en la Figura 3.11

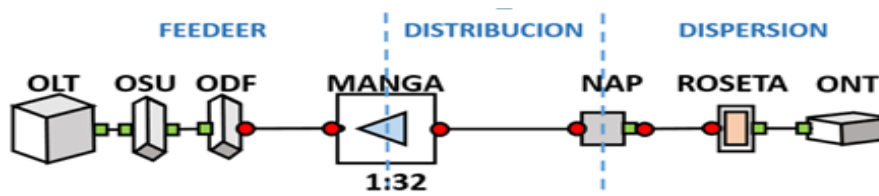


Figura 3.11 Modelo residencial

En la Tabla 18 se encuentra el cálculo del presupuesto óptico para clientes residenciales se puede notar que las pérdidas no superan los 25Db por lo que está dentro del rango permitido por CNT, el factor de splitteo que se utiliza es de 1:32 con una atenuación de 17,50 db y esto representa el mayor porcentaje de pérdidas en la ruta.

Elementos de la Red de Fibra Óptica		Perdida Típica (dB)	Cantidad	Total de Perdida (dB)
Conectores ITU671=0.5dB		0,50	7	3,50
Empalme de Fusión ITU751=0.1dB		0,10	6	0,60
Empalme Mecánico ITU751=0.1dB		0,20		0,00
Splitters	1x2	3,50		0,00
	1x4	7,00		0,00
	1x8	10,50		0,00
	1x16	14,00		0,00
	1x32	17,50	1	17,50
	2x4	7,90		0,00
	2x8	11,50		0,00
Fibra - Longitudes de Onda	1310nm	0,35	1,8	0,63
	1490nm	0,30		0,00
	1550nm	0,25		0,00
Pérdida total				22,23

Tabla 18 Presupuesto Óptico residenciales

Para los clientes corporativos se utiliza un modelo corporativo como se observa en la Figura 3.12

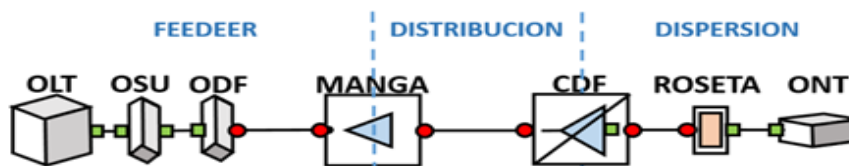


Figura 3.12 Corporativos

En la Tabla 19 se encuentra el cálculo del presupuesto óptico para clientes corporativos se puede notar que las pérdidas no superan los 25Db por lo que está dentro del rango permitido por CNT, para este diseño podemos observar que las pérdidas son relativamente bajas debido a que no se implementa un divisor óptico, esta configuración es conocida como enlace punto a punto, brinda al abonado una línea dedicada solo para él.

Elementos de la Red de Fibra Óptica		Perdida Típica (dB)	Cantidad	Total de Perdida (dB)
Conectores ITU671=0.5dB		0,50	7	3,50
Empalme de Fusión ITU751=0.1dB		0,10	6	0,60
Empalme Mecánico ITU751=0.1dB		0,20		0,00
Splitters	1x2	3,50		0,00
	1x4	7,00		0,00
	1x8	10,50		0,00
	1x16	14,00		0,00
	1x32	17,50		0,00
	2x4	7,90		0,00
	2x8	11,50		0,00
Fibra - Longitudes de Onda	1310nm	0,35	1,725	0,60
	1490nm	0,30		0,00
	1550nm	0,25		0,00
Pérdida total				4,70

Tabla 19 Presupuesto Óptico corporativos

3.11. Diseño en Autocad.

En la Figura 3.13 podemos visualizar el diseño total de la nueva ruta FTTH GPON el cual consta de un feeder que se lo representa con una línea continua de color verde, las líneas de color amarillo con la leyenda F-G652D representa a la red de Distribución, en esta figura podemos visualizar además NAPs, reservas, mangas herrajes, splitter que se los explicará más adelante, el trazado del feeder se lo realizó tratando de optimizar el recorrido para de esta manera cubrir la demanda de la red de distribución minimizando la inversión.

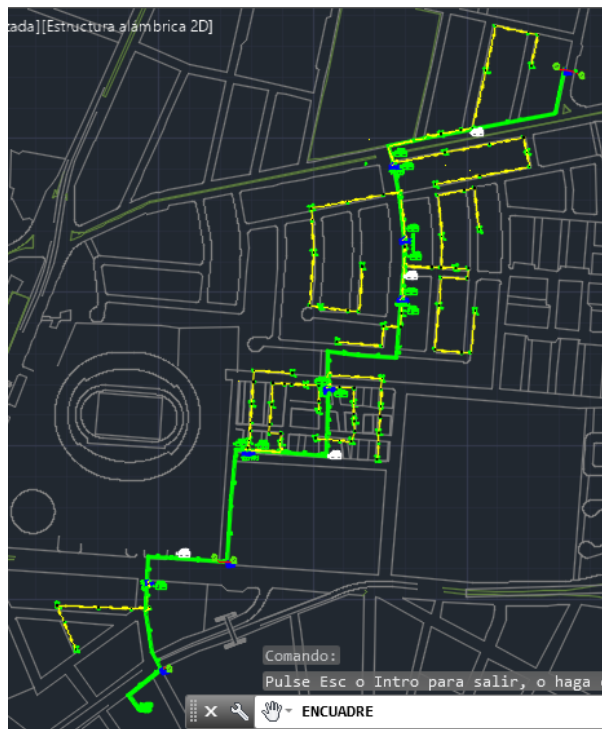


Figura 3.13 Nueva Ruta

En la Figura 3.14 en la parte izquierda se aprecia la simbología de un Pozo de Mano, en la parte derecha nos indica sus atributos tales como: Número, Ubicación-Tipo, Identificador y Dimensión este último parámetro nos indica el tamaño del pozo en nuestro caso es de 1.2 metros.

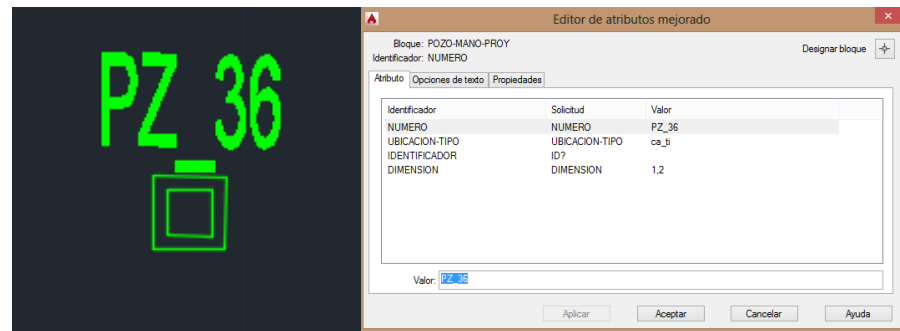


Figura 3.14 Pozo de Mano

En la Figura 3.15 se encuentra la simbología de una Manga o Empalme de Fibra Óptica además se visualiza sus atributos.

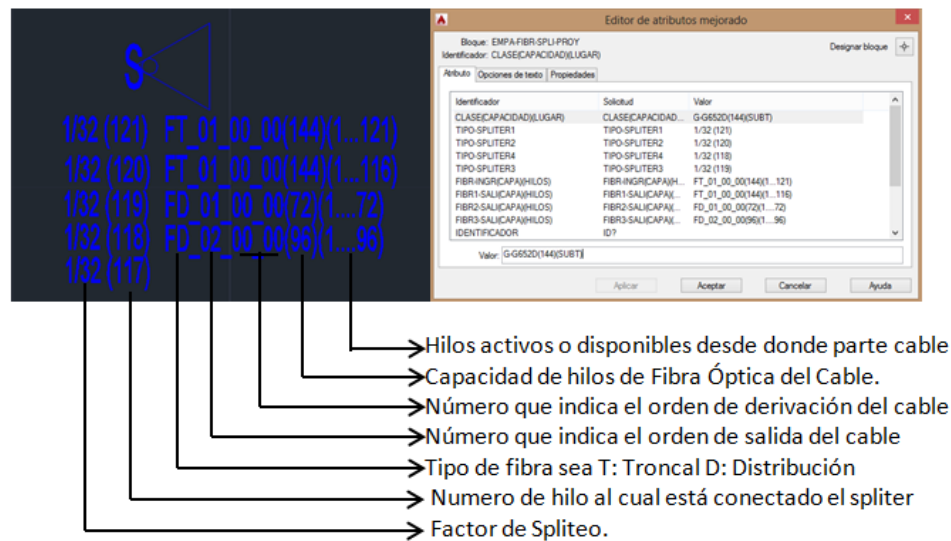


Figura 3.15 Manga

En la Figura 3.16 vemos el símbolo de un splitter y sus atributos en este elemento lo que asignamos es el factor de splitteo y los hilos que ingresan a cada splitter.

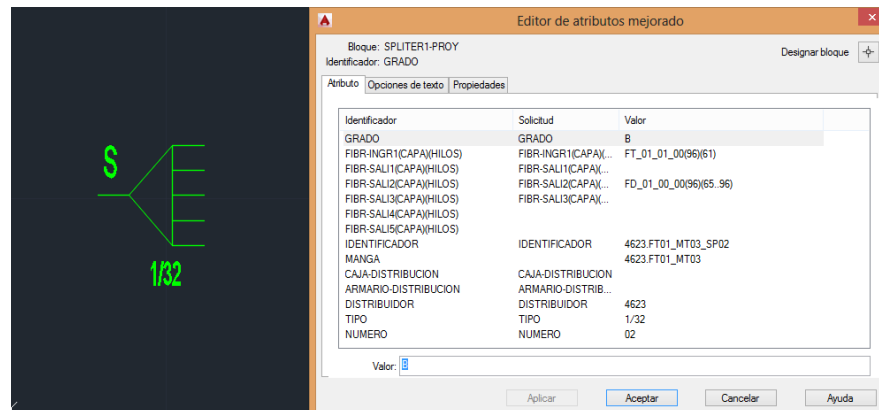


Figura 3.16 Splitter

En la Figura 3.17 visualizamos el símbolo de una reserva en la manga.

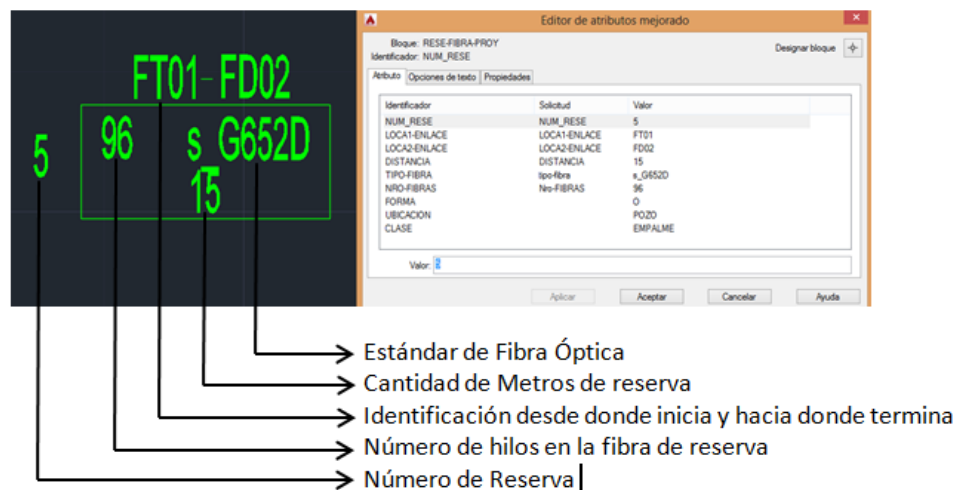


Figura 3.17 Reserva en la Manga

En la Figura 3.18 vemos el símbolo de una Caja de Distribución Óptica Aérea (NAPs) de 24 puertos que es la usamos en el diseño de la nueva ruta FTTH GPON y sus atributos, en este elemento los principales parámetros a considerar son: número de hilos que ingresan al equipo, número de hilos que se fusionan a la NAP y los hilos que salen del equipo.

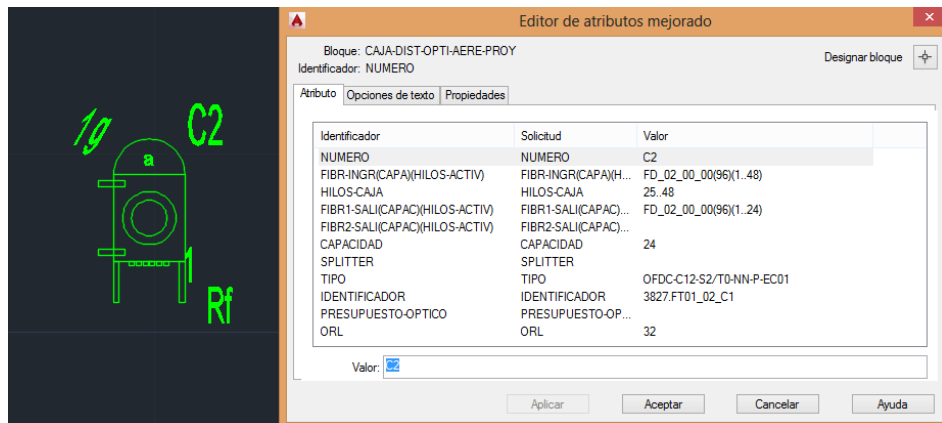


Figura 3.18 NAP

En la Figura 3.19 Se muestra los Triductos y en este caso como se trata de ducterías nuevas todos los compartimentos se encuentran vacíos y en los atributos vemos que pozos los une.

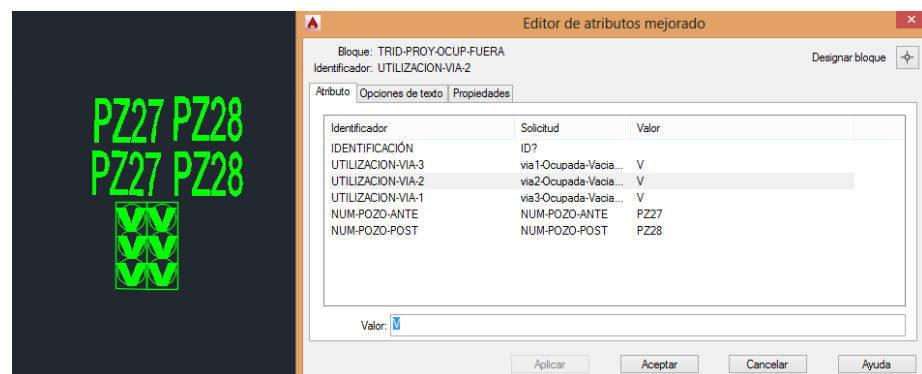


Figura 3.19 Triductos

En la Figura 3.20 tenemos los herrajes de 1 (izquierda) y 2 extensiones (derecha) y sus atributos donde se configura que tipo de fibra óptica pasa por el herraje.

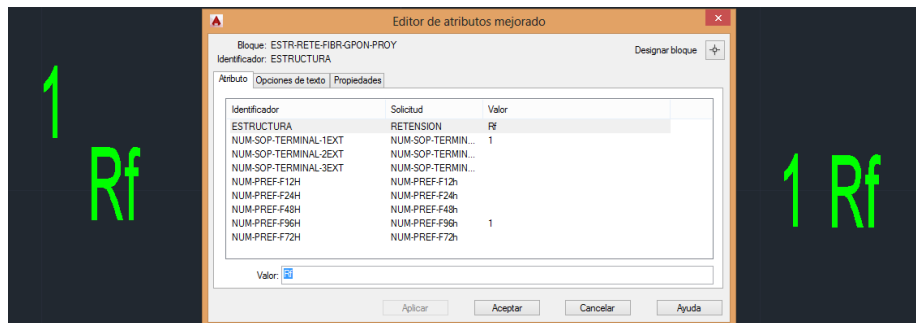


Figura 3.20 Herrajes

3.12. Análisis económico.

El análisis económico comprende

Gastos.

- Inversión inicial.
- Pago de mantenimiento de la red.

Ganancias.

- Pago del servicio de parte de los abonados.
- Costo de migración.
- Costo de instalación.

Se calculara el tiempo de recuperación de capital.

Para la instalación:

La red se ha dividido entre red feeder, red de distribución y red de dispersión, para calcular los costos se sumarán a estos los costos de los equipos implementados en la red óptica y el mantenimiento de la misma.

Los gastos de ONT no se están considerando debido a que estos dependen de los nuevos abonados de la red, el precio de un ONT varía entre \$50 y \$120.

En la Tabla 20 se encuentra el costo de instalación de la primera red a analizar, la red feeder o troncal. Con una distancia de 1735 m implementada con un cable de 144 hilos fibra G.652D.

UNIDAD DE PLANTA	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	CANTIDAD	TOTAL
CATASTROS	HOJA	3,61	4	14,44
PLANOS DE OBRA	m ²	5,40	3	16,20
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	HILO	8,60	65	559,00
INSTALACION Y SUMINISTRO DE MANGUERA CORRUGADA DE 3/4"	M	2,31	148	341,88
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 144 A 288 HILOS	U	10,05	11	110,55
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	7,29	5	36,45
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm	U	5,10	90	459,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PORTA SPLITTER DE 144, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	511,00	6	3.066,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 144 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	415,29	3	1.245,87
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X32)	U	206,79	30	6.203,70
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 144 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	6,56	1845	1.2103,20
SUBTOTAL 1 (RED FEEDER)				\$24.156,29

Tabla 20 Costo de la Red FEEDER

En la Tabla 21 se encuentra el costo de instalación de la red de distribución implementada con un cable de 72 y 96. Esto se puede en detalle en el diseño de Autocad se utiliza un cable G652.D.

UNIDAD DE PLANTA	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	CANTIDAD	TOTAL
HERRAJE DE DISPERSIÓN PARA POSTE	U	4,70	37	173,90
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	8,60	893	7.679,80
FUSION DE HILO DE FIBRA OPTICA CON PIGTAIL	U	15,08	888	13.391,04
PORTA RESERVAS FIBRA ÓPTICA POZO	U	12,87	11	141,57
PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 13,00-13,70mm	U	21,71	113	2.453,23
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	7,29	48	349,92
PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	HILO	8,21	888	7.290,48
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA ADSS DE 72-96	U	12,27	37	453,99
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIÓN (VANO 120M)	U	9,86	58	571,88
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENSIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 120M)	U	11,08	55	609,40
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA DE 24 PUERTOS SC/APC (NAT)	U	413,02	37	15.281,74
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 12,5 cm X 6 cm	U	6,10	100	610,00
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA OPTICA MONO DE 72 HILOS G.652.D 120 M	m	4,65	2.358	10.964,70
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO ADSS DE FIBRA OPTICA MONO DE 96 HILOS G.652.D 120 M	m	8,28	1.254	10.383,12

SUBTOTAL 2 (RED DISTRIBUCIÓN)	\$70.354,77
--------------------------------------	--------------------

Tabla 21 Costo de la red de distribución.

En la Tabla 22 se encuentra el costo de instalación de la red de dispersión.

UNIDAD DE PLANTA	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	CANTIDAD	TOTAL
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO DE 2 FIBRAS ÓPTICAS G.657A1 (DROP) 6mm	m	1,50	105.820	158.730,00
FUSION DE HILO DE FIBRA OPTICA CON PIGTAIL	U	15,08	1776	26.782,08
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA 2 HILOS DE FIBRA	U	24,98	476	11.890,48
SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE TIPO A PARA CABLE FIBRA ÓPTICA FIGURA 8	U	10,95	940	10.293,00
SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE TIPO B PARA CABLE FIBRA ÓPTICA FIGURA 8	U	8,05	470	3.783,50
SUBTOTAL 3 (DISPERSIÓN)				\$211.479,06

Tabla 22 Costo de la red de dispersión

En la Tabla 23 se encuentra el costo de la canalización

UNIDAD DE PLANTA	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	CANTIDAD	TOTAL
CANALIZACION CALZADA 2 VIAS TRIDUCTO	m	19,14	1173	22.451,22
CANALIZACION CON TUBERÍA GALVANIZADO DE 4"	m	46,76	2346	109.698,96
TAPÓN CIEGO PARA TRIDUCTO (1/ 1/4'')	U	5,33	450	2.398,50
TAPÓN SIMPLE PARA FIBRA ÓPTICA (TAPÓN GUÍA 1 1/4'')	U	10,72	90	964,80
CORTE DE ASFALTO EN CALZADA CON DISCO DIAMANTADO (PROFUNDIDAD=8 cm)	m	4,24	630	2.671,20
EXCAVACIÓN DE GRAVA	m ³	14,23	1725	24.546,75

SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA CON TUBO EMT DE 3 m DE 2"	U	53,89	12	646,68
ROTURA DE ASFALTO Y DESALOJO	m ²	6,66	315	2.097,90
ROTURA Y DESALOJO DE HORMIGÓN FC=210 kg/cm ² EN CALZADA	m ³	40,16	862	34.638,00
REPOSICIÓN DE ASFALTO	m ²	39,81	315	12.540,15
REPOSICIÓN DE HORMIGÓN FC=210 kg/cm ² EN CALZADA	m ³	129,70	862	111.866,25
SUBTOTAL 4 (CANALIZACIÓN)				\$324.520,41

Tabla 23 Costo de canalización

En la Tabla 24 se encuentra el costo de personal técnico para el mantenimiento de la red. Se inicia con tres técnicos y para el año 3 se contrata un soporte adicional.

AÑO	DESCRIPCION	Número de técnicos	Sueldo	Gasto mensual	Gasto anual
PRESENTE	Soporte de la red	3	\$ 500,00	\$1.500,00	\$18.000,00
2016	Soporte de la red	3	\$ 500,00	\$1.500,00	\$18.000,00
2017	Soporte de la red	3	\$ 500,00	\$1.500,00	\$18.000,00
2018	Soporte de la red	4	\$ 500,00	\$2.000,00	\$24.000,00
2019	Soporte de la red	4	\$ 500,00	\$2.000,00	\$24.000,00
2020	Soporte de la red	4	\$ 500,00	\$2.000,00	\$24.000,00

Tabla 24. Costo de personal Técnico

Los técnicos necesitarán de herramientas y materiales para los mantenimientos, se analiza los gastos actuales de mantenimiento de la empresa, y, dado que es una nueva red los mantenimientos serán mínimos por lo que se concluye que por cada abonado se necesita \$30.

Para los gastos de movilización del personal se estima un costo hora de vehículo de \$5. Los técnicos trabajarán de lunes a viernes ocho horas al día por lo que anual se gastará \$ 9,600.00 dólares. El presupuesto se muestra en la Tabla 25.

AÑO	Costo hora	Hora Mensual	Mensual total	Anual
PRESENTE	\$ 5,00	160	\$ 800,00	\$ 9.600,00
2016	\$ 5,00	160	\$ 800,00	\$ 9.600,00
2017	\$ 5,00	160	\$ 800,00	\$ 9.600,00
2018	\$ 5,00	160	\$ 800,00	\$ 9.600,00
2019	\$ 5,00	160	\$ 800,00	\$ 9.600,00
2020	\$ 5,00	160	\$ 800,00	\$ 9.600,00

Tabla 25 Gastos Operativos

Derecho de vía

Los permisos concernientes a uso y derechos de vía para realización de obras los concede la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil en el departamento de obras públicas, los pasos a seguir son:

- Se solicita los permisos para romper vía pública al Ing. Jorge Berrezueta actual Director de Obras Públicas del Municipio.
- El departamento de Control de obras públicas del municipio procede a analizar la longitud que se va a romper de acuerdo al plano de obra del solicitante, dependiendo si es hormigón, acera, o asfalto.
- Se genera un Fondo de Garantía de acuerdo a la longitud tal como se aprecia en la Tabla 27 en la cual además del valor calculado se realiza un recargo de garantía del 100%.
- Posterior al depósito de la garantía mediante Cheque Certificado a Nombre de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil, el departamento de OBRAS Públicas extiende el permiso municipal para romper vías públicas.
- Una vez concluida la obra el solicitante procede a solicitar la devolución de la garantía extendida, la misma que luego de que el fiscalizador del municipio de el visto bueno se procede

con la devolución, de encontrarse anomalías se procede a cobrar el 100% de la garantía y si el solicitante no procede a solicitar la devolución de su garantía en el plazo de un año la misma será cobrada. Ver Tabla 26. [36]

RUBRO	UNIDAD	LARGO	ANCHO	PROFUNDIDAD	PRECIO /METRO
Levantada Adoquín colocación	de m2 y	n	0,6	0,1	21,94
Ruptura Hormigón	m2	n	0,6	0,5	47,5
Pavimento Acera	m2	n	0,6	0,1	13,15
Material Mejoramiento	de m3	n	0,6	0,6	8,9
Sub-Base clase 1	m3	n	0,6	0,2	18,34
Exc. Sin clasificar y Desalojo	m3	n	0,6	0,8	3,3

Tabla 26 Valores de Derecho de Vía [36]

En la Tabla 27 se encuentra el costo total de la implementación.

COSTOS OPERATIVOS	\$ 165.600,00
FEEDER	\$ 24.156,29
DISTRIBUCION	\$ 70.354,77
DISPERCION	\$ 211.479,06
CANALIZACION	\$ 324.520,41
TOTAL GASTOS	\$ 796.110,53

Tabla 27 Costo total

3.13. Recuperación del capital.

Se analizarán los clientes en dos grupos los que poseen el servicio de voz y los que poseen los dos servicios, voz e internet.

El crecimiento de la población se calculó partiendo de los clientes actuales, con un crecimiento poblacional del 2%.

En la Tabla 28 se observa el crecimiento de abonados del servicio de voz

INICIAL	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
188	226	271	325	390	468

Tabla 28 Crecimiento poblacional

En las siguientes tablas se mostrará el capital que genera la empresa por brindar este servicio a un determinado número de clientes.

PLAN	COSTO	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL	ANUAL
PLAN TELEFONIA HOGAR	\$ 6,20	150	\$ 6,94	\$ 1.041,60	\$ 12.499,20
PLAN DOBLE LINEA	\$ 12,00	38	\$ 13,44	\$ 510,72	\$ 6.128,64
PLAN CORPORATIVO	\$ 18,00	1	\$ 20,16	\$ 20,16	\$ 241,92
IP GPON	\$ 500,00	5	\$ 560,00	\$ 2.800,00	\$ 33.600,00
				TOTAL	\$ 52.469,76

Tabla 29 Año presente 2015

PLAN	COSTO	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL	ANUAL
PLAN TELEFONIA HOGAR	\$ 6,20	153	\$ 6,94	\$ 1.062,43	\$ 12.749,18
PLAN DOBLE LINEA	\$ 12,00	39	\$ 13,44	\$ 524,16	\$ 6.289,92
PLAN CORPORATIVO	\$ 18,00	1	\$ 20,16	\$ 20,16	\$ 241,92
IP GPON	\$ 500,00	5	\$ 560,00	\$ 2.800,00	\$ 33.600,00
				TOTAL	\$ 52.881,02

Tabla 30 Año UNO 2016

PLAN	COSTO	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL	ANUAL
PLAN TELEFONIA HOGAR	\$ 6,20	156	\$ 6,94	\$ 1.083,26	\$ 12.999,17
PLAN DOBLE LINEA	\$ 12,00	40	\$ 13,44	\$ 537,60	\$ 6.451,20
PLAN CORPORATIVO	\$ 18,00	1	\$ 20,16	\$ 20,16	\$ 241,92
IP GPON	\$ 500,00	5	\$ 560,00	\$ 2.800,00	\$ 33.600,00
				TOTAL	\$ 53.292,29

Tabla 31 Año DOS 2017

PLAN	COSTO	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL	ANUAL
PLAN TELEFONIA HOGAR	\$ 6,20	159	\$ 6,94	\$ 1.104,10	\$ 13.249,15
PLAN DOBLE LINEA	\$ 12,00	40	\$ 13,44	\$ 537,60	\$ 6.451,20
PLAN CORPORATIVO	\$ 18,00	1	\$ 20,16	\$ 20,16	\$ 241,92
IP GPON	\$ 500,00	5	\$ 560,00	\$ 2.800,00	\$ 33.600,00
				TOTAL	\$ 53.542,27

Tabla 32 Año TRES 2018

PLAN	COSTO	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL	ANUAL
PLAN TELEFONIA HOGAR	\$ 6,20	162	\$ 6,94	\$ 1.124,93	\$ 13.499,14
PLAN DOBLE LINEA	\$ 12,00	41	\$ 13,44	\$ 551,04	\$ 6.612,48
PLAN CORPORATIVO	\$ 18,00	1	\$ 20,16	\$ 20,16	\$ 241,92
IP GPON	\$ 500,00	5	\$ 560,00	\$ 2.800,00	\$ 33.600,00
				TOTAL	\$ 53.953,54

Tabla 33 Año CUATRO 2019

PLAN	COSTO	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL	ANUAL
PLAN TELEFONIA HOGAR	\$ 6,20	166	\$ 6,94	\$ 1.152,70	\$ 13.832,45
PLAN DOBLE LINEA	\$ 12,00	42	\$ 12,00	\$ 504,00	\$ 6.048,00
PLAN CORPORATIVO	\$ 18,00	1	\$ 18,00	\$ 18,00	\$ 216,00
IP GPON	\$ 500,00	6	\$ 500,00	\$ 3.000,00	\$ 36.000,00
				TOTAL	\$ 56.096,45

Tabla 34 Año CINCO 2020

Para el servicio de internet se realiza el mismo análisis que para el servicio de voz. Se puede apreciar en la Tabla 35 que el presente año se cuenta con 288 clientes y estos aumentarán a una tasa del 2% dando como resultado que para el año 2020 se tenga un total de 311 clientes.

INICIAL	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
282	288	293	299	305	311

Tabla 35 Crecimiento poblacional

PLAN	PLAN MENSUAL	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL CLIENTES	ANUAL	TOTAL
PLAN 15/3Mbps	\$ 50,00	190	\$ 56,00	\$ 10.640,00	\$ 127.680,00	\$ 127.730,00
PLAN 25/5Mbps	\$ 80,00	92	\$ 89,60	\$ 8.243,20	\$ 98.918,40	\$ 98.968,40
PLAN 50/15Mbps	\$ 120,00	0	\$ 134,40	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 50,00
PLAN 1.5Mbps	\$ 150,00	5	\$ 168,00	\$ 840,00	\$ 10.080,00	\$ 10.130,00
PLAN 5Mbps	\$ 400,00	1	\$ 448,00	\$ 448,00	\$ 5.376,00	\$ 5.476,00
PLAN 20Mbps	\$ 1.200,00	0	\$ 1.344,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 500,00
TOTAL			\$ 2.240,00	\$ 20.171,20	\$ 242.054,40	\$ 242.854,40

Tabla 36 Año PRESENTE 2015

PLAN	PLAN MENSUAL	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL	ANUAL	TOTAL
PLAN 15/3Mbps	\$ 50,00	194	\$ 56,00	\$ 10.864,00	\$ 130.368,00	\$ 130.418,00
PLAN 25/5Mbps	\$ 80,00	94	\$ 89,60	\$ 8.422,40	\$ 101.068,80	\$ 101.118,80
PLAN 50/15Mbps	\$ 120,00	0	\$ 134,40	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 50,00
PLAN 1.5Mbps	\$ 150,00	5	\$ 168,00	\$ 840,00	\$ 10.080,00	\$ 10.130,00
PLAN 5Mbps	\$ 400,00	1	\$ 448,00	\$ 448,00	\$ 5.376,00	\$ 5.426,00
PLAN 20Mbps	\$ 1.200,00	0	\$ 1.344,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 50,00
						\$ 247.192,80

Tabla 37 Año UNO 2016

PLAN	PLAN MENSUAL	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL	ANUAL	TOTAL
PLAN 15/3Mbps	\$ 50,00	198	\$ 56,00	\$ 11.088,00	\$ 133.056,00	\$ 133.106,00
PLAN 25/5Mbps	\$ 80,00	96	\$ 89,60	\$ 8.601,60	\$ 103.219,20	\$ 103.269,20
PLAN 50/15Mbps	\$ 120,00	0	\$ 134,40	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 50,00
PLAN 1.5Mbps	\$ 150,00	5	\$ 168,00	\$ 840,00	\$ 10.080,00	\$ 10.130,00
PLAN 5Mbps	\$ 400,00	1	\$ 448,00	\$ 448,00	\$ 5.376,00	\$ 5.426,00
PLAN 20Mbps	\$ 1.200,00	0	\$ 1.344,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 50,00
						\$ 252.031,20

Tabla 38 Año DOS 2017

PLAN	PLAN MENSUAL	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL	ANUAL	TOTAL
PLAN 15/3Mbps	\$ 50,00	202	\$ 56,00	\$ 11.312,00	\$ 135.744,00	\$ 135.794,00
PLAN 25/5Mbps	\$ 80,00	98	\$ 89,60	\$ 8.780,80	\$ 105.369,60	\$ 105.419,60
PLAN 50/15Mbps	\$ 120,00	0	\$ 134,40	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 50,00
PLAN 1.5Mbps	\$ 150,00	5	\$ 168,00	\$ 840,00	\$ 10.080,00	\$ 10.130,00
PLAN 5Mbps	\$ 400,00	1	\$ 448,00	\$ 448,00	\$ 5.376,00	\$ 5.426,00
PLAN 20Mbps	\$ 1.200,00	0	\$ 1.344,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 50,00
						\$ 256.869,60

Tabla 39 Año TRES 2018

PLAN	PLAN MENSUAL	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL	ANUAL	TOTAL
PLAN 15/3Mbps	\$ 50,00	206	\$ 56,00	\$ 11.536,00	\$ 138.432,00	\$ 138.482,00
PLAN 25/5Mbps	\$ 80,00	100	\$ 89,60	\$ 8.960,00	\$ 107.520,00	\$ 107.570,00
PLAN 50/15Mbps	\$ 120,00	0	\$ 134,40	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 50,00
PLAN 1.5Mbps	\$ 150,00	5	\$ 168,00	\$ 840,00	\$ 10.080,00	\$ 10.130,00
PLAN 5Mbps	\$ 400,00	2	\$ 448,00	\$ 896,00	\$ 10.752,00	\$ 10.802,00
PLAN 20Mbps	\$ 1.200,00	1	\$ 1.344,00	\$ 1.344,00	\$ 16.128,00	\$ 16.178,00
						\$ 283.212,00

Tabla 40 Año CUATRO 2019

PLAN	PLAN MENSUAL	ABONADOS	MENSUAL POR CLIENTE	MENSUAL TOTAL	ANUAL	TOTAL
PLAN 15/3Mbps	\$ 50,00	394	\$ 56,00	\$ 22.064,00	\$ 264.768,00	\$ 264.818,00
PLAN 25/5Mbps	\$ 80,00	190	\$ 89,60	\$ 17.024,00	\$ 204.288,00	\$ 204.338,00
PLAN 50/15Mbps	\$ 120,00	0	\$ 134,40	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 50,00
PLAN 1.5Mbps	\$ 150,00	9	\$ 168,00	\$ 1.512,00	\$ 18.144,00	\$ 18.194,00
PLAN 5Mbps	\$ 400,00	2	\$ 448,00	\$ 896,00	\$ 10.752,00	\$ 10.802,00
PLAN 20Mbps	\$ 1.200,00	1	\$ 1.344,00	\$ 1.344,00	\$ 16.128,00	\$ 16.178,00
						\$ 514.380,00

Tabla 41 Año CINCO 2020

En la Tabla 42 se puede ver el resumen de los ingresos que tendrá la empresa por brindar el servicio de telefonía en el quinto año se tendrán ingresos de \$514.380,00.

ANALISIS DE INGRESOS						
FUENTE	Año inicial	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INGRESOS TELEFONIA	\$ 52.469,76	\$ 52.881,02	\$ 53.292,29	\$ 53.542,27	\$ 53.953,54	\$ 56.096,45
INGRESOS DOBLE PACK	\$ 242.854,40	\$ 247.192,80	\$ 252.031,20	\$ 256.869,60	\$ 283.212,00	\$ 514.380,00
TOTAL	\$ 295.324,16	\$ 300.073,82	\$ 305.323,49	\$ 310.411,87	\$ 337.165,54	\$ 514.380,00

Tabla 42 Ingresos Telefonía

En la Tabla 43 se puede ver el resumen de los ingresos que tendrá la empresa por brindar el servicio de telefonía en el quinto año se tendrán ingresos de \$514.380,00. Se puede ver el resumen de los ingresos que tendrá la empresa por brindar el servicio de internet desde el presente año hasta el 5 considerado como tiempo de vida útil

ANALISIS DE INGRESOS						
FUENTE	Año inicial	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PLAN 15/3Mbps	\$ 127.730,00	\$ 130.418,00	\$ 133.106,00	\$ 135.794,00	\$ 138.482,00	\$ 264.818,00
PLAN 25/5Mbps	\$ 98.968,40	\$ 101.118,80	\$ 103.269,20	\$ 105.419,60	\$ 107.570,00	\$ 204.338,00
PLAN 50/15Mbps	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 50,00
PLAN 1.5Mbps	\$ 10.130,00	\$ 10.130,00	\$ 10.130,00	\$ 10.130,00	\$ 10.130,00	\$ 18.194,00
PLAN 5Mbps	\$ 5.476,00	\$ 5.476,00	\$ 5.476,00	\$ 5.476,00	\$ 10.852,00	\$ 10.852,00
PLAN 20Mbps	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 16.628,00	\$ 16.628,00
TOTAL	\$ 242.304,40	\$ 247.142,80	\$ 251.981,20	\$ 256.819,60	\$ 283.662,00	\$ 514.880,00

Tabla 43. Internet

Los ingresos totales de la empresa serán la suma de las ganancias por brindar el servicio de internet y el servicio de voz. En la Figura 3.21 se

puede observar como los ingresos aumentan a medida que aumentan los abonados

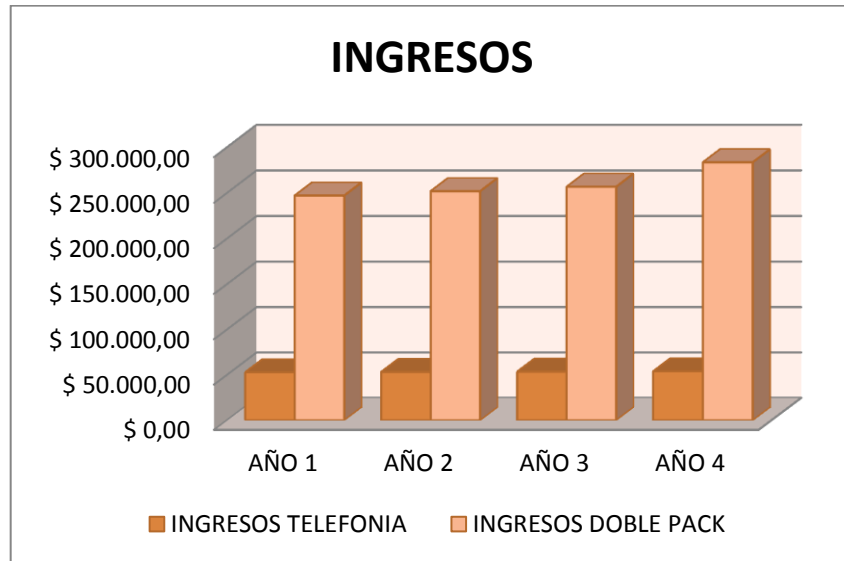


Figura 3.21 Ingresos

En la Tabla 44 podemos encontrar el flujo de caja del proyecto, la inversión total es de **\$ 796.110,53** como se determinó en la Tabla 27 para determinar el tiempo de recuperación se va calculando la diferencia entre los gastos totales y los ingresos.

$$Gastos_totales = 630.510,53$$

Recuperación en el presente año 2015

$$Diferencia = 294.774,16 - 630.510,53$$

$$Diferencia = -335.736,37$$

La diferencia es aun negativa lo que implica que el primer año no se recupera la inversión

Recuperación en el año 2016

$$Diferencia = 300.023,82 - 335.736,37$$

$$Diferencia = -37.712,55$$

La diferencia para el año dos es aun negativa lo que implica que aun en año no se recupera la inversión, observamos que aún faltan \$ 37.712,55 de recuperar

Recuperación en el año 2016

$$Diferencia = 305.273,49 - 37.712,55$$

$$Diferencia = 269560,94$$

La diferencia para el año tres es un valor positivo lo que implica que se recupera el capital

Se puede concluir que 25 meses se ha recuperado la inversión total y los ingresos se pueden considerar ganancias netas.

En la Tabla 44 se muestra en resumen lo ya expuesto en las formulas, los números en rojo indican que aún hay una diferencia entre inversión e ingresos

Para esta Tabla 44 se sumó los ingresos anuales para determinar en qué año los ingresos superan la inversión.

PERIODO DE RECUPERACION		
AÑO INICIAL	\$ 294.774,16	\$ 294.774,16
AÑO 1	\$ 300.023,82	\$ 594.797,98
AÑO 2	\$ 305.273,49	\$ 900.071,47
AÑO 3	\$ 310.361,87	\$ 1.210.433,34
AÑO 4	\$ 337.615,54	\$ 1.548.048,88
AÑO 5	\$ 514.880,00	\$ 2.062.928,88

Tabla 44. Período de Recuperación

Es importante determinar la rentabilidad del proyecto, con esto se consigue determinar si el proyecto es viable o no, dos parámetros que nos permiten calcular esta viabilidad son el VAN y el TIR y se los determina a continuación en la Tabla 45 y Tabla 46

Calculo del VAN

Partiendo de los ingresos anuales se determina el valor actual neto o VAN, es importante destacar que para el cálculo del VAN se está asumiendo una tasa de interés del 10%

La fórmula para determinar el VAN es la siguiente

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Donde

r es la tasa de interés que para este proyecto en particular se asumió del 10%

N es el número de años que se está analizando, desde uno que es el año 2015 hasta 6 que sería el año 2020

I es la inversión inicial

AÑO	INGRESOS	EGRESOS	DIFERENCIA
PRESENTE	\$ 294.774,16	\$ 18.000,00	\$ 276.774,16
2016	\$ 300.023,82	\$ 18.000,00	\$ 282.023,82
2017	\$ 305.273,49	\$ 18.000,00	\$ 287.273,49
2018	\$ 310.361,87	\$ 24.000,00	\$ 286.361,87
2019	\$ 337.615,54	\$ 24.000,00	\$ 313.615,54
2020	\$ 570.976,45	\$ 24.000,00	\$ 546.976,45

Tabla 44 ingresos totales

Utilizando una de las formulas del programa Microsoft Excel se puede determinar el VAN directamente y es de \$ 769.086,24. Esto indica que el proyecto es viable dado que en el periodo analizado se obtienen ganancias

VAN	\$ 769.086,24
-----	---------------

Tabla 45 Calculo del VAN

CALCULO DEL TIR

El TIR o tasa interna de retorno es el interés en el que el VAN se hace cero. Con un TIR alto se determina que el proyecto es rentable

Un 42% es un valor alto he indica que se realizó una buena inversión del dinero.

TIR	42%
-----	-----

Tabla 46 Calculo del TIR

CAPÍTULO 4.

4. MEDICIONES REALES

En este capítulo se mostrarán las mediciones realizadas con un OTDR en una ruta real de fibra óptica de 7.35km. Cuando se presentan casos de corte en la ruta se debe hacer un tendido de 300 metros según los estándares de la ITU, con esto se consigue que las fusiones no queden tan cerca y se minimizan las pérdidas.

4.1. MEDICION CON UN OTDR

En la Figura 4.1 se observan los resultados de una medición con un OTDR, este equipo muestra la potencia de una señal en dbm, esta unidad se puede configurar si el usuario desea cambiarla, muestra también la longitud de onda a la que se transmite la señal, para este caso en particular se está transmitiendo en 1550nm.

La medición se realizó en un puerto de salida de un distribuidor, las potencias deben estar entre -6dbm y -7.15dbm para ser considerada una buena señal.

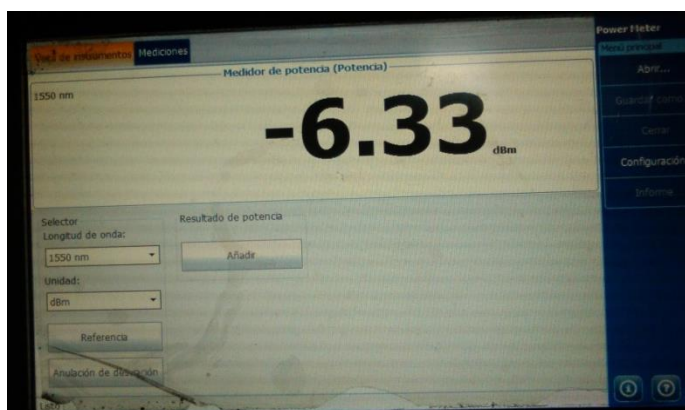


Figura 4.1 Medición de potencia

En la Figura 4.2 se puede observar otra de las funciones del OTDR que es determinar los cortes de fibra. Este equipo emite pulsos que son configurados por el operador. Cada una de las líneas 2, 3, 4, 5, 6. Indican fusiones en la fibra y la línea en rojo más larga indica el final de la ruta. Ésta ruta tiene cuatro fusiones lo que genera una pérdida

de 0.476 db, indica la primera fusión a 0.57km y se observa claramente el valor típico de una fusión 0.105db.



Figura 4.2 Medición de pérdidas

En la Figura 4.3 se observa cómo se configura el OTDR para realizar una medición. Se puede escoger entre dos longitudes de onda dependiendo del tipo de fibra que esta implementada en la red.

En la opción alcance se especifica la longitud total del hilo a medir, en la opción pulso se especifica el intervalo de separación de los pulsos, se debe tener cuidado al escoger el intervalo debido a que se puede dañar el equipo, siempre considerar el tamaño de la ruta antes de enviar los pulsos, en duración se especifica el tiempo de cada pulso.

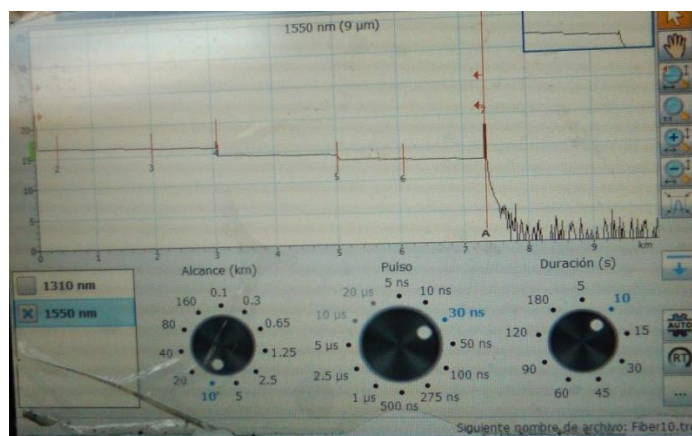


Figura 4.3 Configuración del equipo

4.2. Simulaciones.

Se muestra una ruta con el objetivo de explicar de manera clara el funcionamiento de un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) y la interpretación de las lecturas mostradas en la pantalla del equipo.

Para la simulación se emplea un simulador denominado uOTDR en la Figura 4.4 se muestra el icono del simulador.

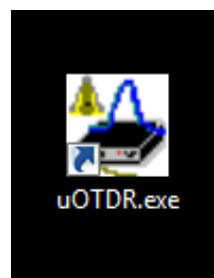


Figura 4.4 Icono del simulador

En la Figura 4.5 se muestra una trama o ruta analizada con el simulador, se observan datos como tipo de fibra, índice de refracción y longitud de onda.

En esta ruta el índice de refracción es de 1.468, se implementa una fibra monomodo a una longitud de onda de 1550nm esto puede variar dependiendo del diseño y la fibra implementada.

X: [0.0000, 40.0000] km; 4.0000 km/div							
Y: [0.0000, -36.122] dB; 3.612 dB/div							
SM-1550	n=1.46800	Lmax=40 km	TP=90	Nav=16	L1=0.0000 km	L2=40.0000 km	dL=3.1 m
L, km	0.0000	Template: <input type="text"/>					
R, km	20.0000	Buffer: <input type="text"/>					
R - L, km	20.0000						
dB	1.834	ORL, dB	36.311				
dB/km	0.092	Refl, dB	-34.122				

Figura 4.5 Datos de la ruta

En la Figura 4.6 se puede observar la imagen completa generada por el simulador.

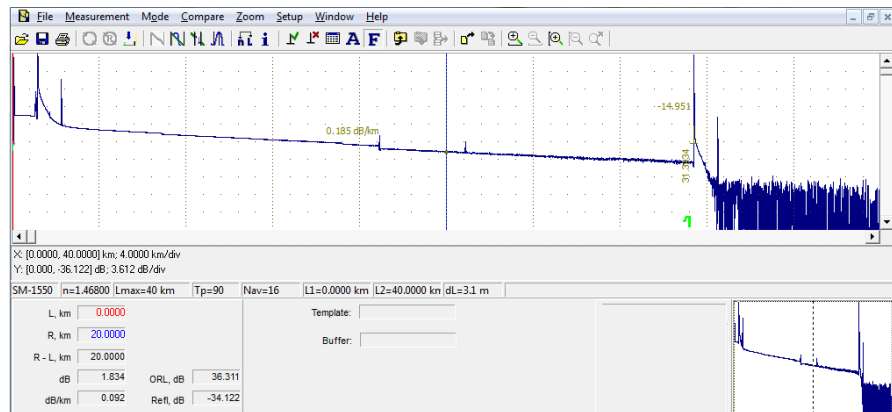


Figura 4.6 Ruta número

En la Figura 4.7 se analiza un tramo de la ruta utilizando los marcadores del simulador, este procedimiento se lo realiza cuando se quiere analizar un segmento específico.

L indica la posición del primer marcador (13.1850km)

R indica la posición del segundo marcador (23.5389km)

R-L es la longitud del segmento analizado

dB indica la pérdida total del segmento

dB/Km indica la perdida por kilometro

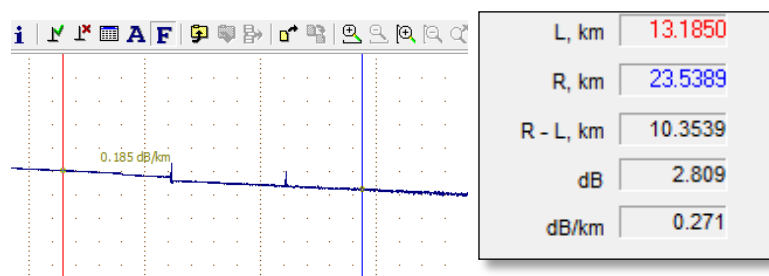


Figura 4.7 Datos del segmento analizado

En la Figura 4.8 se muestra la medición de la longitud total de la ruta, utilizando nuevamente los marcadores, se los ubica en los extremos de la gráfica consiguiendo con esto los datos mostrados en la Figura 4.9.

la longitud total es de 31.427 km con una atenuación de -17.6db.

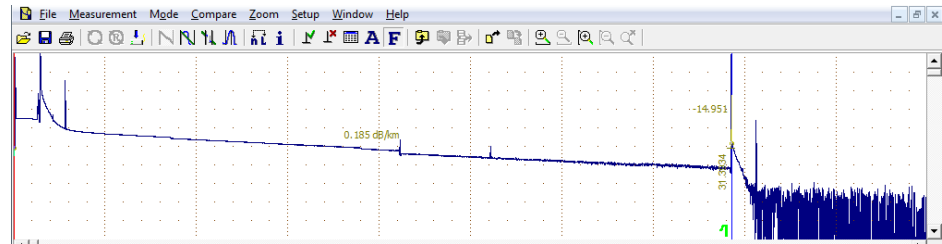


Figura 4.8 longitud de la ruta



Figura 4.9 Datos de longitud

En la Figura 4.10 se observa una pérdida que evidencia la existencia de un empalme a una distancia de 6.78 km. La pérdida de este empalme es de 0.159 db.

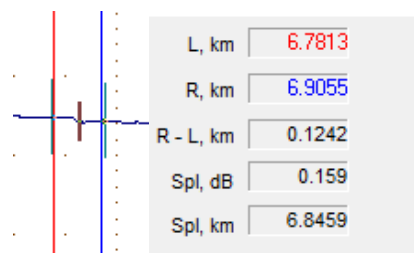


Figura 4.10 Empalme

CONCLUSIONES

Con respecto a lo objetivos planteados se establece lo siguiente:

1. Se realizó un levantamiento de información para conocer la situación actual de la ruta de cobre número 32 de CNT que parte de la Central Norte y llega a la Ciudadela Kennedy , en este levantamiento de información se estableció la ubicación de los pozos y postería, con esta información se pudo determinar que no es posible utilizar las canalizaciones existentes ya que se encuentran saturadas, motivo por lo cual fue necesario la construcción de nuevas canalizaciones para el recorrido de la nueva red Feeder, con este análisis se consigue fundamentar el motivo principal que permite el desarrollo de este proyecto y es brindar a los abonados finales un servicio de calidad y que satisfaga la demanda actual y posible demanda futura de los nuevos abonados.
2. Para el diseño de la nueva red fue necesario primero establecer el número de abonados con los que cuenta actualmente CNT a través de su red de cobre, posterior a esto se realizó una proyección de los nuevos clientes y de los servicios que se brindarían a través de la nueva ruta GPON FTTH, este factor es fundamental ya que con este valor se puede calcular la ubicación y cantidad de NAPs, realizando un análisis de la ubicación de los abonados y ubicando los NAPs en lugares estratégicos se consigue minimizar los costos de implementación sin afectar la calidad de servicio brindado a los abonados, se debe considerar que a los seis clientes corporativos se les diseño una ruta punto a punto debido a la demanda en ancho de banda al monitoreo y soporte que ellos necesitan, se analizó el presupuesto óptico para los dos diseños el residencial y el corporativo y ambos cumplen con la normativa de CNT que fija un máximo de pérdidas de 25db, el diseño de la ruta se la realizo en el software AUTOCAD.
3. Se determinó el costo total de la obra y es de **\$ 630.510,5** esta inversión es recuperada en 2.1 años luego del segundo mes del año dos los ingreso a la empresas son ganancias netas por el servicio brindado, se debe destacar que

la red está siendo analizada a un futuro de 5 años pero aun considerando el 2% de crecimiento poblacional anual la red sigue siendo viable y escalable. Para el año 5 se tendrán ingresos de **\$ 514.880,00** con un número total de abonados de **1170** de los cuales se considera que **196** clientes tendrán el servicio de voz y 596 clientes tendrán en doble pack internet y voz, se consideran también que se tiene 9 clientes corporativos estos ingresos varían dependiendo del precio de los planes ofrecidos y los impuestos establecidos por las normativas nacionales.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que los planes comerciales tanto de internet como de telefonía se actualicen constantemente de acuerdo a la demanda que requiera el mercado para de esta manera tener un mayor impacto en el mismo.
2. Durante el periodo de invierno en la ciudad de Guayaquil se debe dar mantenimiento a los pozos de canalización del Feeder ya que en esta época se llenan de aguas y esto puede provocar daños o filtraciones en las mangas.
3. Analizar las normas actualizadas de CNT ya que de esto depende directamente el diseño de la red. También considerar las normas ITU-T para cables de fibra óptica y los reglamentos nacionales para canalización.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Yanchapaxi E. (2006) ESTUDIO DE LOS AGENTES DE PERDIDAS DE SEÑAL EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE COBRE PARA EL SERVICIO ADSL. (Tesis de grado, Universidad Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador) Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1968/1/CD-0467.pdf>

[2] CNT, Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT fecha de consulta Mayo del 2015

[3] Vallejo, D (2013). Diseño de una red de última milla con tecnología GPON para la parroquia Cumbayá en el Distrito Metropolitano de Quito (Tesis de grado, Universidad internacional SEK)

[4] Galeano, J. (2009). Diseño e instalación de una red FTTH. (Proyecto de fin de carrera. Universidad Carlos III de Madrid).

[5] Prieto J, (2014) Diseño de una red de acceso mediante fibra óptica (Proyecto de fin de carrera. Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de ingeniería y sistemas de telecomunicación)

[6] Wikitel http://wikitel.info/wiki/Accesos_NGA_fijos fecha de consulta agosto del 2015

[7] Larrea, J. (2012). Propuesta de factibilidad técnico económico para la implementación de una red de acceso con tecnología GPON para brindar el servicio triple play en la ciudad de Cuenca. (Tesis de posgrado, Universidad Politécnica Salesiana)

[8] Afinidad eléctrica <http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=114> fecha de consulta junio del 2015

[9] Wikipedia <https://es.wikipedia.org/wiki/GPON> fecha de consulta junio del 2015

[10] ISAY TRADE Proveedor de soluciones para empresas de telecomunicaciones <http://www.tradeisay.com/articulos/que-es-un-splitter-de-fibra-optica.html> fecha de consulta junio del 2015

[11] Rodríguez, C. (2012) Diseño de una red FTTH para la renovación de los servicios de las telefónicas de Guayaquil (Tesis Magister, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil)

[12] Rosero P, (2014) Diseño de la red primaria de la central telefónica de Ibarra de la CNT EP región 1 en fibra óptica (Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional)

[13] Fibras ópticas <http://slideplayer.es/slide/1698078/> fecha de consulta junio del 2015

[14] Ramos, B. (2005) Diseño de un enlace WDM sobre la red troncal de fibra óptica Quito-Guayaquil de Andinatel S.A. (Tesis de grado, ESCUELA Politécnica del Ejército, Sangolqui, Ecuador). Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/87>

[15] Redes de transmisión WDM <http://madaoradio.galeon.com/41.html> fecha de consulta mayo del 2015

[16] Valencia A, (2012) Análisis y diseño de un modelo para la migración de tecnología TDM sobre enlaces de microondas en la red de transporte del anillo sur de fuerzas armadas del Ecuador.

[17] Gordon's information communications and engineering technologies blog <http://www.gordostuff.com/2011/11/digital-multiplexing-time-division.html> fecha de consulta junio del 2014

[18] Krone (1995). Fiber-Optic Communications Berlin, Alemania.

[19] Diario el vigía <http://www.elvigia.net/c-t/2014/5/17/fibra-optica-voces-region-158481.html> fecha de consulta junio 2015.

[20] Interconector. Cables de fibra óptica <http://www.interconector.es/pdf/IC-FO50LCSC-1.pdf> fecha de consulta junio 2015.

- [21] Proyecto Innovación sobre Fibra y Redes <http://fibroptica.blog.tartanga.net/fundamentos-de-las-fibras-opticas/> fecha de consulta junio del 2015
- [22] Escuela técnica <http://perso.wanadoo.es/aldomartin1/caracteristicas.htm> fecha de consulta junio del 2015
- [23] Diagrama de rayos <http://html.rincondelvago.com/0001273013.png> fecha de consulta junio del 2015
- [24] Óptica http://com-opticas.blogspot.com/2013_05_01_archive.html fecha de consulta junio del 2015
- [25] Rodríguez S. (2005) Comunicaciones Ópticas. Madrid, España
- [26] Rodríguez, C. (2012) Diseño de una red FTTH para la renovación de los servicios de las telefónicas de Guayaquil (Tesis Magister, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil)
- [27] Nilsson, Lo Curzio y Serrander. (2007) “A guide-line on how to build fiber optic access networks –FTTX networks”. En Fibre optic access to End-Users. Pag 45
- [28] Hecht, J.(2002.). Understanding fiber optics.

[29] Conectores de fibra óptica según su Pulido <http://www.paratorpes.es/pulidos%20opticos.html> fecha de consulta junio 2015.

[30] Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, <http://www.telecomunicaciones.gob.ec> fecha de consulta junio 2015

[31] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, <http://www.arcotel.gob.ec/competencias> fecha de consulta junio 2015

[32] Unión Internacional de Telecomunicaciones, <https://www.itu.int/es/Pages/default.aspx> fecha de consulta junio 2015

[33] Telecommunications Industry Association, Electronic Industry Alliance. Optical Fiber Cabling Components. Estandar TIA/EIA-598-A (04/2000).

[34] Agencia de regulacion y control de las telecomunicaciones <http://www.arcotel.gob.ec/estadisticas/> fecha de consulta agosto del 2015

[35] Huawei <http://huawei.com/es/products/fixed-access/fttx/ont/index.htm> fecha de consulta agosto del 2015

[36] Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil fecha de consulta Septiembre del 2015

ANEXOS

