



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“ANÁLISIS DE LA MIGRACIÓN DE LA RED DE COBRE POR FIBRA ÓPTICA EN LA COMUNIDAD DE AYANGUE, PROVINCIA DE SANTA ELENA, PARA BRINDAR LOS SERVICIOS DE INTERNET, TELEFONÍA Y TELEVISIÓN”**

### **INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del Título de:

#### **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**CRISTHYAN ANDRÉS ZAMBRANO CANDELARIO  
ANDRÉS PAÚL SORIANO SERRANO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2015**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por otorgarme esta capacidad y haber culminado una de las metas de mi vida. A mis padres por toda la perseverancia, esfuerzo y dedicación que han invertido sobre mí, a mi hermana por apoyarme en todo, y a mi novia Priscila por su apoyo incondicional y guiarme en esta etapa de vida. Al tutor de mi proyecto Ing. Edison Del Rosario por su ayuda y colaboración en el transcurso de este proceso.

Cristhyan Andrés Zambrano Candelario

Agradezco al Creador por darme entendimiento durante mi vida universitaria; al Dr. Guido García que por su trayectoria y sus recomendaciones hicieron posible tener éxito en mi recuperación; al Ing. Rafael Navarro que por sus conocimientos fue una guía para el trabajo realizado; al Ing. Jaime Suarez por su asesoría civil; finalmente al M.Sc. Edison del Rosario y al M.Sc. César Yépez que con sus experiencias, comprensiones y delicadezas otorgaron una guía para la culminación de este proyecto.

Andrés Paúl Soriano Serrano

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto de graduación a Dios, porque me dio las fuerzas para seguirme superando en la vida, a mis padres Violfre y Pilar por todo el apoyo incondicional que recibo de ustedes todos los días, por permitirme realizar una carrera para mi futuro y creer en mí, a mi hermana Isabel por estar siempre apoyándome en todo momento y a mi novia Priscila por su apoyo incondicional en todo momento y a mi tutor Ing. Edison Del Rosario por guiarme y haberme brindado su apoyo y aportado con sus conocimientos para la elaboración de este proyecto.

Cristhyan Andrés Zambrano Candelario

Dedico este trabajo a mi papá y hermanos que han sabido motivarme porque sin su presencia y apoyo todo esfuerzo hubiese sido en vano; a mi mamá que con su bendición y cuidados fueron una base para superar con éxito los problemas; a mis tíos Winston y Margot Soriano que se preocuparon por mí y fueron parte de mi fortaleza; a Michelle Zapatier que con su constancia fue primordial durante mis estudios; a Scarlet Castillo que por su perseverancia fue una gran inspiración para enfocarme como futuro ingeniero.

Andrés Paúl Soriano Serrano

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....  
**M.Sc. Edison Del Rosario Camposano**

PROFESOR EVALUADOR

.....  
**M.Sc. César Yépez Flores**

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"

.....  
Cristhyan Zambrano Candelario

.....  
Andrés Soriano Serrano

## RESUMEN

El presente proyecto realiza un análisis y detalla el tipo de problema que sufren los sistemas basados en redes de cobre en presencia de ecosistemas salinos. Por su cercanía al mar, la comunidad de Ayangue es uno de los sitios más concurridos y las personas que lo visitan, tienen dispositivos para poder acceder a internet, sin embargo, la salinidad degrada el cable de cobre provocando que este se oxide y como consecuencia aumenta la atenuación que ralentiza el servicio haciéndolo ineficientes.

Por esa razón, la solución está en analizar estos riesgos para poder migrar a una tecnología en redes ópticas pasivas (PON) que no es sensible al ruido ni a la oxidación. La tecnología basada en Redes Ópticas Pasivas con Capacidad de Gigabit (GPON) es un estándar de la tecnología PON. Otorga varios beneficios que se describirá en el presente proyecto, además es importante disponer de una red de acceso que soporte eficientemente los servicios de calidad en Internet, Voz y Televisión a través de un mismo medio, para esto se ha determinado que es necesario reemplazar la tecnología que actualmente usa CNT Ayangue, instalando en el nodo y en la comunidad los elementos ópticos necesarios para poder migrar a la tecnología GPON.

A través de un análisis se ha determinado como dividir la comunidad de Ayangue en cuatro diferentes áreas para que posterior a eso, poder realizar un esquema que usará un splitter de primer nivel debido a que así no se desperdiciaran puertos de los elementos ópticos pasivos haciéndolo más óptimo. Finalmente se concluye que debido a los niveles de atenuación que presentan los usuarios de un área específica, es posible dar los servicios convergentes a las comunidades aledañas de Jambelí y San Pedro.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	I
DEDICATORIA .....	III
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN .....	V
DECLARACIÓN EXPRESA .....	VI
RESUMEN.....	VII
CAPÍTULO 1 .....	1
1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMUNIDAD AYANGUE.....	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
1.3 OBJETIVOS .....	2
1.3.1 Objetivo General .....	2
1.3.2 Objetivos Específicos .....	3
1.4 ALCANCE.....	3
1.5 LIMITACIONES .....	5
1.6 ARPU.....	5
CAPÍTULO 2 .....	7
2. TEORÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES.....	7
2.1 DEFINICIÓN.....	7
2.1.1 Sistema de Telecomunicaciones.....	7
2.1.2 Elementos del Sistema de Telecomunicaciones .....	8
2.1.3 Telefonía .....	8
2.1.4 Planta Externa.....	9
2.1.5 Red Primaria .....	9
2.1.6 Identificación de la Red Primaria.....	10
2.1.7 Red Secundaria.....	11

2.1.8	Red de Dispersión o Red de Abonados .....	12
2.1.9	Planta Interna .....	13
2.1.10	Sala de Conmutación .....	13
2.1.11	Sala de Transmisión.....	13
2.1.12	Sala de Energía o cuadro de fuerza.....	13
2.1.13	Sala de MDF o Distribuidor Principal.....	13
2.1.14	Centro de Prueba .....	14
2.1.15	Sala de Telnet .....	14
2.1.16	Fibra Óptica.....	14
2.1.17	Reflexión, Refracción y Reflexión Total.....	16
2.1.18	Configuraciones de la Fibra Óptica .....	16
2.1.19	Propagación de la Fibra Óptica .....	19
2.1.20	Tipos de Fibra Óptica .....	20
2.1.21	Características de Transmisión .....	21
2.1.22	Aplicaciones de la Fibra Óptica .....	23
2.2	TECNOLOGÍA PARA LA TRANSMISIÓN.....	24
2.2.1	WDM .....	24
2.2.2	Variaciones de WDM.....	25
2.2.3	Tecnología punto a punto.....	25
2.2.4	CWDM.....	26
2.2.5	Ventajas de CWDM.....	27
2.3	CONECTIVIDAD PUNTO MULTIPUNTO .....	28
2.3.1	Ayangue y tecnología actual .....	28
2.3.2	Tecnología a usar.....	28
2.4	GPON .....	29
2.4.1	Definición .....	29
2.4.2	Características de GPON.....	30

2.4.3	Arquitectura de la red GPON .....	32
2.4.4	Canal downstream .....	34
2.4.5	Canal ascendente .....	35
2.4.6	Transmisión con dos longitudes de onda .....	36
2.4.7	Transmisión con tres longitudes de onda.....	37
2.4.8	OMCI.....	39
2.5	FIBRA ÓPTICA FRENTE A CABLE COAXIAL .....	39
2.5.1	Cable coaxial.....	39
2.5.2	Fibra óptica .....	40
2.6	TELEFONÍA CON FIBRA ÓPTICA.....	41
2.7	FUNCIONAMIENTO DE TECNOLOGÍA VOIP.....	42
2.8	IPTV.....	43
CAPÍTULO 3.....		44
3.	DISEÑO DE LA RED .....	44
3.1	ELEMENTOS DE DISEÑO .....	44
3.1.1	OLT .....	44
3.1.2	ODN .....	44
3.1.3	ONT/ONU.....	44
3.1.4	ODF.....	45
3.2	CONSIDERACIONES PARA DISEÑO .....	45
3.3	FACTIBILIDAD DEL DISEÑO DE LA RED .....	46
3.4	RUTA DE DISEÑO .....	47
3.5	FTTH-GPON.....	49
3.5.1	Ruta de distribución FTTH .....	49
3.5.2	Sectorización del diseño .....	51
3.6	DISEÑO .....	52
3.6.1	Elementos del sector.....	52

3.6.2	Dimensión de los elementos pasivos .....	54
3.6.3	Servicio de telefonía.....	57
3.6.3.1	Servicio con Pots .....	57
3.6.3.2	Servicio con VoIP.....	58
3.6.4	Servicio de televisión.....	58
3.6.5	Servicio de Datos .....	60
3.6.6	Ancho de Banda del Sistema .....	62
3.7	NORMAS DE CNT PARA EL DISEÑO.....	64
3.6.1	Postes .....	64
3.6.2	Herrajes.....	64
3.6.2.1	Herraje de Retención .....	64
3.6.2.2	Herraje de Paso .....	64
3.6.2.3	Herraje tipo Brazo Farol .....	65
3.6.3	Procedimiento de diseño georeferenciado para redes FTTH.....	65
3.6.4	Recopilación de planimetría georeferenciada del área donde se va a desarrollar el diseño .....	66
3.7	CALCULO DE ATENUACIÓN.....	66
CAPITULO 4.....		69
4.	SITUACIÓN FINANCIERA.....	69
4.1	INVERSIÓN INICIAL .....	69
LOS EQUIPOS NECESARIOS SE DETALLAN EN LA TABLA 8.....		69
4.2	ESTADO FINANCIERO .....	69
4.2.1	Mano de obra para instalación del Proyecto .....	69
4.2.2	Facturación Operadores y Técnicos.....	73
4.2.3	Cuentas adicionales .....	74
4.3	TIEMPO DE REALIZACIÓN .....	74
4.3.1	Planteamiento del problema y Estudio de demanda actual.....	74

4.3.2	Diseño y Equipos a usar .....	75
4.3.3	Implementación .....	75
4.3.4	Inicio de actividades .....	76
4.4	FLUJO DE CAJA .....	78
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	79
	BIBLIOGRAFÍA.....	82
	ANEXOS.....	87

## **CAPÍTULO 1**

### **1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA COMUNIDAD AYANGUE**

#### **1.1 Descripción del Problema**

Actualmente el servicio de telecomunicaciones en sectores rurales es limitado, no se ha desarrollado por su difícil acceso y por la cantidad de habitantes en dichos sectores del lugar, que por el momento disponen del servicio telefónico. El servicio de internet es limitado por problemas propios de la región y debido a su ubicación el servicio de televisión con señal abierta es pésimo, además la presencia de la brisa de mar atenúa la señal de las antenas haciendo que sea de mala calidad puesto que el agua absorbe rápidamente las señales electromagnéticas.

Es importante tener disponibilidad tecnológica para poder tener un desarrollo a nivel socioeconómico, tal es el caso que para mostrar el nivel turístico del sector es necesario tener una red estable, accesible para la gente y sobre todo convergente (varios servicios en la misma red), en este caso uno de los sectores con mayor capacidad turística es la comunidad Ayangue, que está ubicado entre dos comunidades llamadas Jambelí y San Pedro.

Además del incremento poblacional, hay un crecimiento a nivel turístico, por lo que esta comunidad se ha desarrollado en el sector hotelero, por tanto, la red de la comunidad con el pasar del tiempo se ha quedado obsoleta pues cada familia tiene la necesidad de adquirir además de servicio telefónico, servicio de internet y televisión. Por tanto el crecimiento de dispositivos terminales aumenta en escala exponencial, debido a eso, es necesario actualizar la red de telecomunicaciones para brindar un servicio eficiente y convergente.

## **1.2 Justificación del Proyecto**

El presente trabajo de investigación permite analizar las debilidades de la infraestructura utilizada en la comunidad seleccionada, para poder mejorar la calidad de los servicios mediante el uso de una nueva tecnología que no sea sensible a los problemas que padecen los sistemas basados en enlaces de cobre para la transferencia de información.

Debido al incremento de la demanda de servicios de voz y datos a través del cable de cobre, no se ha permitido mejorar las transmisiones, puesto que, el ancho de banda se satura y se vuelve ineficiente en el momento brindar los servicios.

La solución para resolver y mejorar los problemas de una red ineficiente es utilizar el cable de fibra óptica, puesto que, ayudará a mejorar el problema de saturación del ancho de banda, incrementando la capacidad de transferir información, brindando una mejora del servicio actual sin interferencias provocadas por el ecosistema.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Reemplazar la tecnología actual de transmisión de datos para brindar los servicios de internet, telefonía y televisión para la comunidad de Ayangue, a través de la conexión basada en fibra óptica que permite aumentar la capacidad de Internet banda ancha y otros servicios.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar la situación actual de la red de los servicios de internet, teléfono, y televisión que utiliza la comunidad de Ayangue.
- Revisión actual de la red, tendido, empalme y conexión del cable de cada uno de los tramos para determinar las causas del deterioro acelerado y reutilizar las rutas existentes en la migración.
- Reemplazar los equipos actuales que utilizan la tecnología de cable de cobre por equipos que soporten la tecnología de fibra óptica.
- Incluir en el diseño puntos de internet inalámbrico, para facilitar el acceso a internet desde dispositivos móviles y portátiles, que faciliten promover el turismo en el sector de Ayangue.
- Inclusión del personal local mediante la capacitación para que sean los encargados de la infraestructura de redes.
- Brindar acceso al sector turístico, educativo y de la salud a las Tecnologías de Información y Comunicación.
- Garantizar que la tecnología empleada es la más óptima en el desempeño de la red planificada en un ambiente salino.

### **1.4 Alcance**

Debido al incremento de los habitantes y a la apertura de los servicios tecnológicos de comunicación, la demanda aumentará constantemente y esto provocará que se congestione la infraestructura de la red existente limitando el uso de los servicios de voz y datos.

El sistema actual por cable de cobre, presenta frecuentemente fallas debido a los problemas climáticos, las fallas de los equipos de red y tiempo de atención del personal ubicado en la cabecera cantonal.

Se ha seleccionado la comunidad de Ayangue debido a que es la región con mayor afluencia turística, no dispone de buen servicio, la ventaja de tener una conexión cercana en la central de La Libertad y la posibilidad de poder

expandirse a las comunidades San Pedro y Jambelí. El principal propósito, tiene como meta comunicar a todos los habitantes de Ayangue usando medios como Fibra Óptica, para que estén comunicados de manera segura, sin fallas en la infraestructura de la red.

Además la red de Fibra Óptica permite la compatibilidad con sistemas existentes por par de cobre. Se propone una solución técnica cuyo cambio no afecte a la disponibilidad del servicio y puede realizarse de forma de fases por sectores.

Los sectores que se van a priorizar son el turismo e instituciones educativas, para mantener una red sustentable de comunicación y mejorar la calidad de vida en esta comunidad, durante su operación y con precios accesibles.

La comunidad de Ayangue, como se muestra en la Figura 1.1, se encuentra ubicado en la Provincia de Santa Elena, que pertenece a la parroquia Colonche y las coordenadas geográficas son:  $1^{\circ}58'36.78''S$   $80^{\circ}45'5.16''O$ .



**Figura 1.1: Mapa de la comunidad Ayangue**

**Fuente: Google Earth**

### 1.5 Limitaciones

Debido al incremento y cambio de tecnologías para telecomunicaciones, esto se ha convertido en una limitante para los usuarios, puesto que cada cambio es una inversión, para mejorar la calidad de vida de la comunidad.

El uso para las conexiones de banda ancha en Internet se ha incrementado rápidamente debido al desarrollo de nuevas aplicaciones para los equipos terminales, tales como la transmisión de datos de alta velocidad, IPTV, Voz, Juegos, entre otras. El avance tecnológico ha llevado a los suscriptores de servicios de telecomunicaciones a buscar alternativas que superen las limitaciones de las redes actuales, como xDSL, que funcionan con pares de cobre en un ambiente salino.

En la comunidad, la distancia que hay entre la central hasta el usuario más lejano es aproximadamente 4 km de acuerdo al recorrido del cable y el mantenimiento correctivo se debe dar cada 3 años, presentando atenuaciones superiores a los 36 dB. Esto conlleva a un pésimo servicio debido al alto grado de salinidad que oxida los conectores y los cables de cobre.

### 1.6 ARPU

El promedio de ingresos por usuario en la propuesta del proyecto se ha calculado en base a diferentes planes, para que el suscriptor puede elegir en base a su disponibilidad económica.

Se calcula dividiendo el total de ingresos obtenidos en el período, para el total de usuarios de la empresa.

$$ARPU = (\text{ingresos anuales} \times \text{usuario}/12)/(\text{cantidad de usuario}) \quad (1.1)$$

La distribución de planes se detalla en la Tabla 1.

PLAN_1	ARPU	PLAN_2	ARPU	PLAN_3	ARPU
	\$ 8,20				
70%	\$ 14,36	30%	\$ 20,04		
60%	\$ 15,00	24%	\$ 25,89	16%	\$ 39,24
TELF+DATOS_1+TV_1		\$ 37,56			
TELF+DATOS_2+TV_2		\$ 54,14			
TELF+DATOS_2+TV_1		\$ 43,24			
TELF+DATOS_1+TV_2		\$ 48,46			
TELF+DATOS_2+TV_3		\$ 67,48			

**Tabla 1: ARPU**

En la tabla 1 anterior se detalla el ARPU para los tres servicios a promocionar, con diferentes tipos de planes y sumando los tres servicios da como resultado el ARPU total por tipo de plan.

Con los resultados anteriores, se estima ofrecer 5 tipos de planes para los servicios de internet, voz y televisión.

Se ha estimado que solo el 16% de los clientes de la comunidad van a adquirir el tercer plan del servicio de televisión con internet y voz, esto tomando en cuenta la disponibilidad económica de los usuarios en el área residencial de la comunidad. Sin embargo las áreas que no son residenciales, podrán contratar los servicios separados en los planes de voz y cualquiera de los dos planes de internet y televisión.

## CAPÍTULO 2

### 2. TEORÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES

#### 2.1 Definición

##### 2.1.1 Sistema de Telecomunicaciones

Un sistema de telecomunicaciones está compuesto por elementos que hacen posible la transmisión de información desde de diferentes puntos, separados geográficamente. Se indica en la siguiente Figura 2.1 un esquema general del sistema de telecomunicaciones.

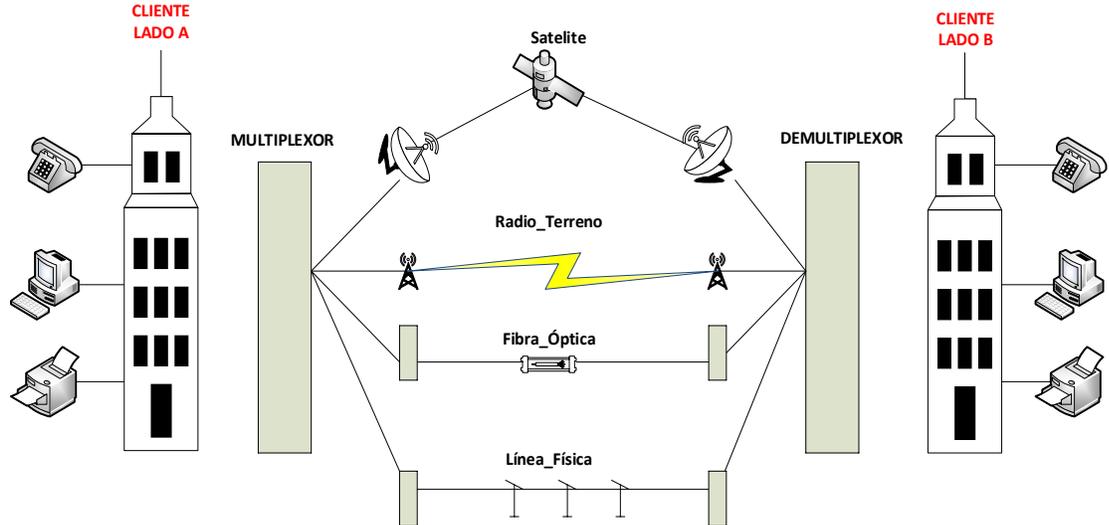


Figura 2.1: Sistema de Telecomunicaciones

Fuente: Personal

### **2.1.2 Elementos del Sistema de Telecomunicaciones**

Los elementos que forman parte de un sistema de telecomunicaciones se describen a continuación:

- Transmisor: un transmisor toma la información, y la convierte en una señal para ser transmitida.
- Canal de Transmisión: es el medio entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre la fuente y el destino. Este medio puede ser un par de alambres, un cable coaxial, el aire, etc.
- Receptor: un receptor recibe y convierte la señal en la información que se transmitió inicialmente.

Las telecomunicaciones pueden ser punto a punto, punto a multipunto o teledifusión, que es una forma particular de punto a multipunto que funciona solamente desde el transmisor a los receptores, siendo su versión más popular la radiodifusión.

### **2.1.3 Telefonía**

Una red telefonía consiste en un conjunto de cables multipares y equipos de conexión que son instalados para facilitar el enlace entre terminales de abonado y los equipos en la Central Telefónica.

La Central Telefónica es el lugar donde se encuentran todos los equipos de comunicación, los mismos que son capaces de gestionar, registrar y contabilizar las llamadas correspondientes de cada línea telefónica.

Una red telefónica está compuesta de:

- Planta Externa
- Planta Interna

#### **2.1.4 Planta Externa**

Se conoce como planta externa todos aquellos elementos que nos sirven para establecer contacto físico entre el distribuidor principal en una central telefónica y el equipo del abonado. La planta externa incluye facilidades telefónicas para cada usuario ya sea para negocios u oficinas.

La planta externa se divide en:

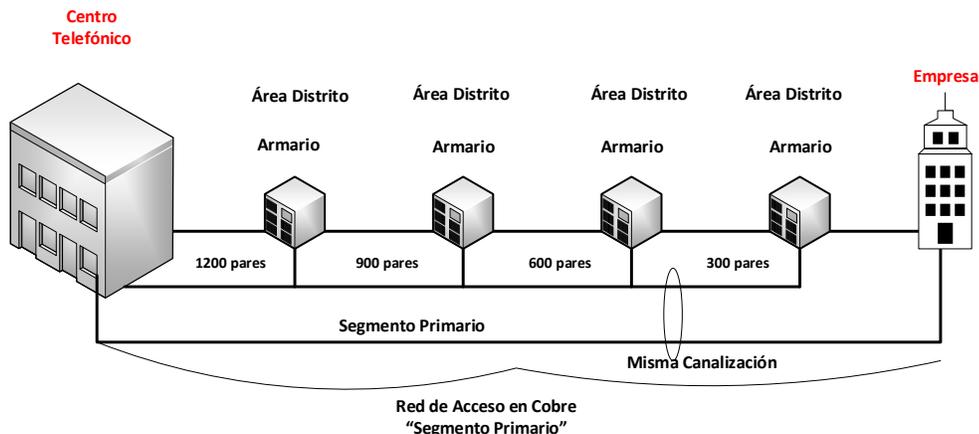
- Red Primaria
- Red Secundaria
- Red de Abonados o Red de Dispersión
- Infraestructura Civil

#### **2.1.5 Red Primaria**

La red primaria es el segmento de la red (cables multipar) que va desde la central telefónica (distribuidor principal) hasta los armarios o puntos de distribución. En general puede decirse que la red primaria es canalizada.

Del distribuidor principal salen cables de alta capacidad (100 a 2400 pares) que van hacia los armarios de distribución.

A continuación la Figura 2.2 muestra un ejemplo de la estructura de red primaria:



**Figura 2.2: Ejemplo de Red Primaria**

**Fuente: Personal**

### 2.1.6 Identificación de la Red Primaria

La identificación de las rutas de cable primario debe seguir un orden secuencial, por tanto se deberá verificar el número de la última ruta en el sótano de cables para hacer constar en el proyecto.

La numeración de las regletas correspondiente al cable proyectado será ascendente, partiendo de los extremos hacia la central, por lo que, las primeras regletas se habilitarán en los armarios más alejados de la central y son las que se encuentran en el centro de la conformación del cable, acercándonos así hacia la central con las regletas que se encuentran en el borde del cable.

Se debe mantener una numeración consecutiva de las regletas en el armario, y en la medida de lo posible deberá ser alimentado por un mismo cable.

La codificación para la numeración de armarios será en base a cinco dígitos, los dos primeros corresponderán al central, concentrador o nodo al cual pertenecen y los tres restantes corresponderán al número mismo del armario, tratando de conservar siempre un orden ascendente.

### **2.1.7 Red Secundaria**

La red secundaria es aquella que se encarga de enlazar los armarios de distribución y las cajas de dispersión instaladas en los postes.

La red secundaria siempre es de mayor capacidad que la red primaria por motivos de flexibilidad y mantenimiento, cuando se tiene una red secundaria que sirve a un sector de la ciudad, no es posible determinar anticipadamente cuál de los futuros abonados van a solicitar el servicio, por esta razón es preferible construir una red secundaria de mayor capacidad que la red primaria.

Por otro lado, la red secundaria está constituido por cables cuya capacidad es distinta a la capacidad de los cables que usa la red primaria, es por eso que para efectos de mantenimiento, es preferible si un par secundario está dañado, cambiarlo por otro que este libre y de esa manera solucionar el problema.

La relación entre la red primaria y la red secundaria es del orden del 70%, es decir que de cien pares secundarios, únicamente setenta tendrán conexión con la red primaria.

Para red secundaria se debe considerar el sistema de empalmes:

1. Empalme directo (una entrada y una salida)
2. Empalme derivado (una entrada y varias salidas)
  - a) Empalmes mecánicos de 150 y 200 pares, hasta 2 entradas x 3 salidas.
  - b) Empalmes mecánicos hasta 100 pares, 1 entrada 3 salidas.
3. Empalme Ventana (derivación o “sangrado” desde un punto del cable que pasa directamente sin cambio de capacidad).

Las capacidades de los cables para la red secundaria serán:

1. Para cables canalizados no podrá exceder de 200 pares.
2. Para cables aéreos no podrá exceder de 150 pares en 0.4 mm y 100 pares en 0.5 ó 0.6 mm.

Para cables adosados no podrá exceder de 100 pares en 0.4 mm.

### 2.1.8 Red de Dispersión o Red de Abonados

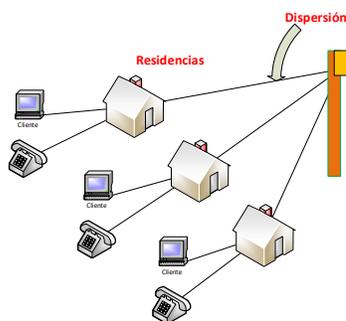
La red de dispersión son los cables telefónicos que salen en forma radial desde la caja de dispersión hacia los abonados.

Caja de dispersión: Es la interfaz entre la red de dispersión y la red secundaria.

Las cajas de dispersión pueden ser de dos tipos:

- Caja de Dispersión Mural cuando están ubicados en las paredes de las casas o edificios.
- Caja de Dispersión Postes cuando se ubican en los postes, que no tengan transformador.

En la Figura 2.3 se indica una red de dispersión:



**Figura 2.3: Ejemplo Red Secundaria**

**Fuente: Personal**

La utilización de la caja es del 70%, es decir, 7 pares por caja de 10 pares, para proveer el servicio de redes telefónicas proyectadas en 10 años.

#### **2.1.9 Planta Interna**

Planta interna es el conjunto de equipos e instalaciones que se ubican dentro de la edificación que acoge la central, cabecera o nodo del servicio de telecomunicaciones.

La planta interna consta de:

- Sala de conmutación
- Sala de transmisiones
- Sala de energía o cuadro de fuerza
- Sala de MDF o Distribuidor Principal
- Centro de Prueba
- Sala de Telnet

#### **2.1.10 Sala de Conmutación**

La sala de conmutación contiene los equipos que permiten establecer los caminos de conversación entre abonados.

#### **2.1.11 Sala de Transmisión**

La sala de transmisión contienen los equipos que generan las señales y que permiten el intercambio de información necesaria.

#### **2.1.12 Sala de Energía o cuadro de fuerza**

La sala de energía contienen los equipos que proveen de la energía eléctrica suficiente para el funcionamiento de los equipos de conmutación, de transmisiones y alimentan toda la planta telefónica. La carga se efectúa con corriente de 220 voltios y alimentan la planta con 48 voltios de C.C.

#### **2.1.13 Sala de MDF o Distribuidor Principal**

El MDF es un punto final dentro de la central telefónica donde el equipo y las terminaciones de cable de cobre son conectados por un jumper.

Son todos los pares de cable de cobre que proveen de servicios a través de líneas telefónicas que llegan al MDF y son distribuidos hacia los equipos dentro de la central, tales como repetidores y DSLAM. DSLAM es un multiplexor que separa voz y datos de las líneas del abonado.

#### **2.1.14 Centro de Prueba**

El centro de prueba es el lugar donde se ubican los equipos que sirven para comprobar todos los circuitos telefónicos, y determinar la naturaleza y la ubicación de la avería de la línea telefónica cuando ella se presente.

#### **2.1.15 Sala de Telnet**

Esta sala es el lugar donde se ubican los equipos de tarificación de llamadas, así como equipos complementarios para el control en caso de reclamo de abonado. En el caso de centrales de tecnología digital, la tarificación se hace en el mismo equipo.

#### **2.1.16 Fibra Óptica**

La luz en el vacío se propaga a una gran velocidad, sin embargo, cuando se propaga por cualquier otro medio, la velocidad es menor. Y sufre efectos de reflexión (la luz rebota en el cambio de medio, como la luz reflejada en los cristales) y de refracción (la luz, además de cambiar el módulo de su velocidad, cambia de dirección de propagación, por eso vemos una cuchara como doblada cuando está en un vaso de agua, la dirección de donde nos viene la luz en la parte que está al aire no es la misma que la que está metida en el agua).

Dependiendo de la velocidad con que se propague la luz en un medio o material, se asigna un índice de Refracción "n", un número deducido de dividir la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en dicho medio.

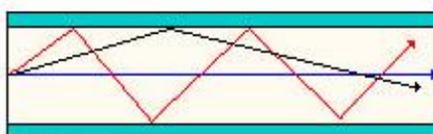
La ley de Snell se usa para la refracción y se indica a continuación:

$$n * \sin(a) = n' * \sin(a') \quad (2.1)$$

Esta fórmula indica que el índice de refracción del primer medio, por el seno del ángulo con el que incide la luz en el segundo medio, es igual al

índice del segundo medio por el seno del ángulo con el que sale propagada la luz en el segundo medio, lo único que interesa aquí es que los dos medios con índices  $n$  y  $n'$ , si el haz de luz incide con un ángulo mayor que un cierto ángulo límite (que se determina con la anterior ecuación), el haz siempre se refleja en la superficie de separación entre ambos medios.

De esta forma se guía la luz en forma controlada tal como se indica en la Figura 2.4.



**Figura 2.4: Desplazamiento de la luz de la Fibra Óptica**

**Fuente:** [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fibra\\_optica.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fibra_optica.svg)

Como se ve en la figura, hay un material envolvente con índice  $n$  y un material interior con índice  $n'$ . De forma se consigue guiar la luz por el hilo de fibra. La Fibra Óptica es un material óptico mucho más ligeros y muy fino, de modo que pueden ir muchos más cables de fibra en el espacio donde va un cable de cobre.

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las señales eléctricas en haces de luz, por ello se le considera el componente activo de este proceso.

Una vez que los haces de luz son transmitidos, llegan a un dispositivo llamado detector óptico, el mismo que transforma la señal luminosa en una señal eléctrica.

Los LED y los diodos láser son fuentes adecuadas para la transmisión mediante fibra óptica, debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización.

Además su pequeño tamaño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos son características muy necesarias para un sistema de fibra óptica.

#### **2.1.17 Reflexión, Refracción y Reflexión Total**

**Reflexión:** Cuando una onda incide sobre la superficie de separación entre dos sustancias, una fracción de la misma se refleja.

**Refracción:** Cuando el rayo luminoso incide con un ángulo  $a$  de modo oblicuo desde una sustancia ópticamente menos densa y su trayectoria continua en la segunda sustancia con un ángulo de refracción.

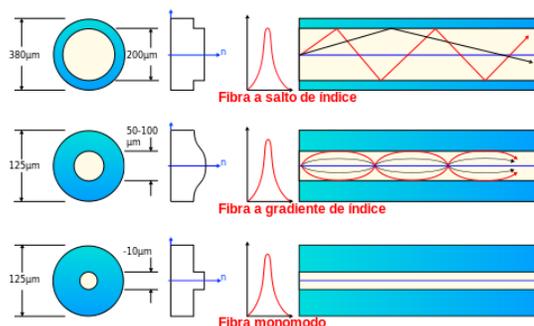
**Reflexión Total:** Cuando el rayo luminoso incide con ángulo  $a$ , cada vez mayor desde una sustancia ópticamente más densa sobre una sustancia ópticamente menos densa con un ángulo de refracción. A determinado ángulo  $a$  de incidencia el ángulo de refracción  $b$  puede llegar a ser igual a  $90^\circ$ .

#### **2.1.18 Configuraciones de la Fibra Óptica**

La fibra óptica se configura según su perfil de índice de refracción y por sus modos de propagación.

- Fibra Óptica de índice de Escalón (Tipo Multimodo)
- Fibra Óptica de índice Gradual (Tipo Multimodo)
- Fibra Óptica de índice de Escalón (Tipo Monomodo)

Como se puede observar en la Figura 2.5 están las configuraciones de la Fibra Óptica.



**Figura 2.5: Configuraciones de la Fibra Óptica**

Fuente: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fibra\\_optica.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fibra_optica.svg)

**a. Fibra de índice de escalón multimodo**

Es semejante a la configuración de modo sencillo, excepto que el núcleo central, es mucho más grande. Este tipo de fibra tiene una mayor apertura de luz, permite que más luz entre al cable. Los rayos de luz que pegan a la interface de núcleo/cubierta en un ángulo mayor que el ángulo crítico (haz A) son propagados por el núcleo en una manera zigzagueante, reflejándose continuamente en el límite de la interface.

Los rayos de luz que le pegan a la interface de núcleo/cubierta, en un ángulo menor que el ángulo crítico (rayo B), entran a la cubierta y se pierden. Hay muchas trayectorias que un rayo de luz puede seguir conforme se propaga por la fibra.

Como resultado, no todos los rayos siguen la misma trayectoria y no requieren del mismo tiempo para viajar a través de la fibra.

**b. Fibra de índice graduado multimodo**

Una fibra de índice graduado multimodo se caracteriza por un núcleo central que tiene un índice refractivo que no es uniforme; está al máximo en el centro y disminuye gradualmente hasta la orilla exterior. Conforme un rayo de luz se propaga diagonalmente a través del centro está interceptando a una interface de menos denso a más denso. Esto provoca un doblamiento continuo de los pulsos de luz.

Los pulsos de luz que viajan en el área más externa de la fibra viajan a una distancia más grande que los rayos que viajan en el centro. Debido a que el índice refractivo disminuye con la distancia. La velocidad es inversamente proporcional al índice refractivo, los pulsos de luz que viajan lo más lejos del centro se propagan a una velocidad mayor. En consecuencia, requieren de casi la misma cantidad de tiempo para viajar por el largo de la fibra.

**c. Fibra de índice de escalón de modo sencillo**

Una fibra de índice de escalón de modo sencillo tiene un núcleo central, que es lo suficientemente pequeño, para que exista esencialmente sólo una trayectoria que la luz pueda tomar, conforme se propaga por el cable.

El índice refractivo del núcleo del vidrio ( $n_1$ ), es aproximadamente 1.5, y el índice refractivo de la cubierta de aire ( $n_0$ ) es 1. La gran diferencia, en los índices refractivos, resulta en un ángulo crítico pequeño (aproximadamente  $42^\circ$ ), en la interface de vidrio/aire.

Esto hace que sea relativamente sencillo acoplar luz desde una fuente hacia el cable. Sin embargo, este tipo de fibra normalmente es muy débil y de uso práctico limitado.

Actualmente hay una fibra de índice de escalón de modo sencillo que tiene una cubierta que no es aire. El índice refractivo de la cubierta ( $n_2$ ) es un poco menos que el del núcleo central ( $n_1$ ).

Este cable es más fuerte pero es más complicado acoplar luz a la fibra desde una fuente de luz externa.

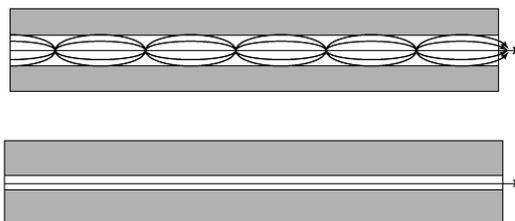
Con los dos tipos de fibra de modo sencillo, la luz se propaga por medio de la reflexión. Los rayos de luz se propagan directamente por el núcleo. Todos los rayos siguen aproximadamente la misma trayectoria por el cable y requieren casi la misma cantidad de tiempo para viajar la distancia del cable.

### 2.1.19 Propagación de la Fibra Óptica

La luz se propaga por un cable de fibra óptica, por reflexión o refracción. Para que la luz viaje a través de la fibra depende básicamente del modo de propagación y del perfil del índice de la fibra.

La palabra modo significa trayectoria. Si hay sólo una trayectoria que la luz toma en el cable, se llama modo sencillo y si hay más de una trayectoria, se llama multimodo.

La Figura 2.6 muestra la propagación sencilla y múltiple de la luz por una fibra óptica.



**Figura 2.6: Modos de propagación: (a) Multimodo; (b) Monomodo**

**Fuente:** [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fibra\\_optica\\_tipos.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fibra_optica_tipos.png)

#### a) Monomodo

- La luz recorre una única trayectoria en el interior del núcleo.
- Núcleo muy estrecho para que las reflexiones sean mínimas.
- Gran ancho de banda.

#### b) Multimodo

- Mayor número de trayectorias o caminos que recorre la luz en su núcleo, resultado de las distintas reflexiones.
- Cada pulso de luz recorre una trayectoria distinta y alcanza su destino en tiempos diferentes, después de haber sufrido un número de reflexiones diferentes.
- Dispersión de los pulsos
- El pulso se ensancha cuando se propaga por F.O.

- Ensanchamiento debido a que los pulsos de luz llegan al extremo final en instantes distintos.
- Menor velocidad de transmisión

### 2.1.20 Tipos de Fibra Óptica

Básicamente hay 3 variedades de fibras ópticas disponibles actualmente. Las tres variedades están construidas de vidrio, plástico o una combinación de vidrio y plástico. Las tres variedades por su composición son:

- **El núcleo y cubierta de plástico (PCP):** Tiene la atenuación más alta de todos los tipos de fibra, por lo que se usa para redes de corta distancia. El núcleo está hecho de plometilmetacrilato (PMMA) recubierto de un fluoropolímero, además de que su proceso de fabricación es más barato.
- **El núcleo de vidrio con cubierta de plástico (fibra PCS, silicio y cubierta de plástico):** Su atenuación se ubica entre la fibra óptica de vidrio y la de plástico. El núcleo es de vidrio y el recubrimiento de un polímero plástico con menor refracción. Por su estructura, es más difícil la instalación de conectores en este tipo de fibra, lo que la hace la menos popular de las tres.
- **El núcleo de vidrio y cubierta de vidrio (fibra SCS, silicio cubierto de silicio).** Tiene el menor nivel de atenuación y tanto el núcleo como el recubrimiento implican una alta pureza óptica. Para incrementar los índices de refracción, se mezcla con algunas impurezas de germanio, titanio o fósforo pero son de costo más elevado.

Las fibras de plástico tienen ventajas sobre las fibras de vidrio por ser más flexibles y más fuertes, fáciles de instalar, pueden resistir mejor la presión, son menos costosas y pesan aproximadamente 60% menos que

el vidrio. La desventaja es su característica de atenuación alta: no propagan la luz tan eficientemente como el vidrio.

Las fibras con núcleos de vidrio tienen baja atenuación, las fibras PCS son menos afectadas por la radiación, por lo que se usan para aplicaciones militares.

Las fibras SCS son menos fuertes, y más sensibles al aumento en atenuación cuando se exponen a la radiación.

### 2.1.21 Características de Transmisión

Para una correcta planificación de las instalaciones de cables con fibras ópticas es necesario considerar la atenuación total del enlace y el ancho de banda del cable utilizado.

Para el cálculo de atenuación de enlace se consideran 2 métodos:

- Cálculo del cable de fibra óptica
- Cálculo del margen de enlace con cable de fibra óptica seleccionado

#### a) Cálculo del cable

La atenuación total del cable considerando reserva será:

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L \quad (2.2)$$

$L$  = longitud del cable en Km.

$a_L$  = coeficiente de atenuación en dB/Km

$n_e$  = número de empalmes

$a_e$  = atenuación por empalme

$n_c$  = número de conectores

$a_c$  = atenuación por conector

$a_r$  = reserva de atenuación en dB/Km

La reserva de atenuación (margen de enlace), permite considerar una reserva de atenuación para empalmes futuros (reparaciones) y la degradación de la fibra en su vida útil.

La magnitud de la reserva depende de la importancia del enlace y particularidades de la instalación, se adopta valores entre 0.1 dB/Km y 0.6 dB/Km.

Las pérdidas en los empalmes se encuentran por debajo de 0.1 dB/Km no superan 0.5 dB/Km.

El enlace será proyectado para un margen de potencia igual a la máxima atenuación antes de ser necesario un repetidor.

$$P_M = P_t - P_u \quad (2.3)$$

Donde:

$P_M$  = Margen de potencia en dB (máxima atenuación permisible)

$P_t$  = Potencia del transmisor en dB

$P_u$  = Potencia de umbral en dB (dependiente de la sensibilidad del receptor)

La potencia de salida del transmisor es el promedio de la potencia óptica de salida del equipo generador de luz empleando un patrón estándar de datos de prueba.

El umbral de sensibilidad del receptor para una tasa de error de bit (BER) es la mínima cantidad de potencia óptica necesaria para que el equipo óptico receptor obtenga el BER deseado dentro del sistema digital. En los sistemas analógicos es la mínima cantidad de potencia de luz necesaria para que el equipo óptico obtenga el nivel de señal a ruido (SNR) deseado. Por lo tanto de la expresión de:

$$at = Pm \quad (2.4)$$

$$aL = \frac{Pm - ne * ae - nc * ac - L * ar}{L} \quad (2.5)$$

Fija la máxima atenuación por Km para el cable a ser seleccionado.

#### b) Cálculo del margen

La atenuación total en dB sin considerar reserva del cable será:

$$at = L * al + ne * ae + nc * ac \quad (2.5)$$

$$Pm = Pt - Pu \quad (2.6)$$

El margen de enlace  $M_e$  en dB será:

$$Me = Pm - at \quad (2.7)$$

#### 2.1.22 Aplicaciones de la Fibra Óptica

**Internet:** La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps, impensable en el sistema convencional, en el que la mayoría de usuarios se conecta a 28.000 0 33.600 bps.

**Redes:** La fibra óptica se emplea cada vez más en las redes de comunicaciones, se emplean sistemas de láser con fibra óptica. Hoy funcionan muchas redes de fibra para comunicación a larga distancia, que proporcionan conexiones transcontinentales y transoceánicas.

Se usa en redes LAN, MAN y WAN.

**Telefonía:** Con motivo de la normalización de interfaces existentes, se dispone de los sistemas de transmisión por fibra óptica para los niveles de la red de telecomunicaciones públicas en una amplia aplicación, contrariamente para sistemas de la red de abonado (línea de abonado).

**Otras aplicaciones:** Las fibras ópticas también se emplean en una amplia variedad de sensores, que van desde termómetros hasta

giroscopios. Su potencial de aplicación en este campo casi no tiene límites, porque la luz transmitida a través de las fibras es sensible a numerosos cambios ambientales, entre ellos la presión, las ondas de sonido y la deformación, además del calor y el movimiento. Las fibras pueden resultar especialmente útiles cuando los efectos eléctricos podrían hacer que un cable convencional resultara inútil, impreciso o incluso peligroso.

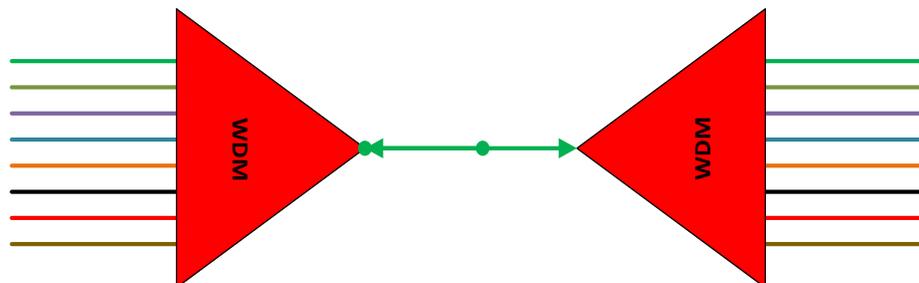
## **2.2 Tecnología para la transmisión**

En el campo de las telecomunicaciones, la multiplexación por división de longitud de onda WDM; es una tecnología que sirve para multiplexar varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED [22]. El dispositivo que une las señales se conoce como multiplexor mientras que el que las separa es un demultiplexor.

Con la fibra adecuada se puede disponer de un dispositivo que actúa como un multiplexor óptico de inserción y extracción [3, pp. 4-5].

### **2.2.1 WDM**

Con la tecnología de WDM se quiere combinar múltiples haces de luz dentro de una única hilo de fibra a través del proceso de la multiplexación y hacer la operación inversa en el demultiplexor. Como la física básica que un prisma curva un rayo de luz basándose en el ángulo de incidencia y la frecuencia. En la Figura 2.7 se detalla que usando esta técnica, se puede crear un multiplexor que mezcle diferentes haces de luz de entrada, cada uno de los cuales contiene una banda estrecha de frecuencia, en un único haz de salida con una banda de frecuencia más ancha [3, pp. 4-5].



**Figura 2.7: Tecnología WDM**

**Fuente: Personal**

### 2.2.2 Variaciones de WDM

La tecnología WDM posee cuatro familias de sistemas: DWDM de ultra-larga distancia, DWDM de larga distancia, DWDM metropolitano, y CWDM.

Estas cuatro familias de sistemas WDM utilizan componentes ópticos distintos, siendo más complejos y caros los que soportan mayores capacidades por canal.

En DWDM de larga y ultra-larga distancia el espaciamiento de frecuencias actual es de 50-100 GHz (0,4-0,8 nm), en DWDM metropolitano de 100-200 GHz (0,8-1,6 nm), y en CWDM de 2.500 GHz (20 nm). En cuanto al número de longitudes de onda, mientras en DWDM se utilizan hasta 160 soportando 40 Gbps cubriendo 4000 km y en DWDM metropolitano hasta 40 soportando 10 Gbps cubriendo 300 km; en CWDM se suelen utilizar hasta 18 soportando 2,5 Gbps cubriendo 80 km [3, Th 7].

### 2.2.3 Tecnología punto a punto

En la provincia de Santa Elena, la central de telecomunicaciones de CNT se encuentra en el centro de la ciudad de La Libertad; por tanto la distancia aproximada hasta la comuna de Ayangue es de

aproximadamente 46 km utilizando la ruta más óptima analizado a través de la factibilidad, en cambio usando la ruta máxima, la distancia sería 48 Km aproximadamente, sea cual sea la ruta, la distancia a la central de Ayangue es inferior a los 50 Km debido a eso, según en lo descrito en las variaciones de la tecnología WDM, la variación que encaja con la distancia estimada sería la CWDM debido a que puede cubrir una distancia máxima de 80 Km.

#### **2.2.4 CWDM**

De acuerdo a la referencia [3] las longitudes de onda utilizables por los sistemas CWDM fueron estandarizadas por la ITU-T (International Telecommunication Union) en el año 2002. La norma, denominada ITU-T G.694.2, se basa en una rejilla o separación de longitudes de onda de 20 nm (o 2.500 GHz) en el rango de 1.270 a 1.610 nm; permitiendo de esta forma transportar hasta 18 longitudes de onda a través de un hilo de fibra óptica monomodo. La tecnología CWDM permite incorporar varias topologías de red y velocidades de datos a través del uso de un hilo de fibra con el fin de aumentar exponencialmente la capacidad del ancho de banda y proporcionar capacidad para incorporar nuevos clientes sin necesidad de tender un cable de fibra entre sitios, en cuanto a la distancia que puede cubrir, CWDM alcanza una distancia máxima de 80 km.

De acuerdo con esto, se tienen dos importantes características esenciales a los sistemas CWDM que permiten emplear componentes ópticos más sencillos:

- a) Amplio espaciamiento en cuanto a longitudes de onda; de esta forma, en CWDM se pueden utilizar láseres con un mayor ancho de bandas espectrales y no estabilizadas, es decir, que la longitud de onda central puede desplazarse debido a imperfecciones de fabricación o a cambios en la temperatura a

la que está sometido el láser y aun así, estar en banda. Por lo general en CWDM se utilizan láseres de realimentación distribuida o DFB modulados directamente y soportando velocidades de canal de hasta 2,5 Gbps sobre distancias de hasta 80 Km en el caso de utilizar fibra óptica G.652.

- b) Amplio espectro óptico; esto permite que el número de canales susceptibles utilizados no se vea radicalmente disminuido a pesar de aumentar la separación entre ellos, esto es posible debido a que en CWDM no se utilizan amplificadores ópticos de fibra dopada con Erblio o EDFA. Los EDFA son componentes utilizados antes de transmitir o recibir señal de la fibra óptica, para poder amplificar la potencia de todos los canales ópticos simultáneamente, sin ningún tipo de regeneración a nivel eléctrico. Los sistemas CWDM utilizan, de acuerdo a la distancia de su recorrido o cantidad de nodos en cascadas una regeneración; es decir, cada uno de los canales sufre una conversión óptico-eléctrico-óptico de forma totalmente independiente al resto para ser amplificado.

CWDM es muy sencillo en cuanto a diseño de red, implementación, y operación. CWDM trabaja con pocos parámetros que necesiten la optimización por parte del usuario [3, pp. 19-20].

### **2.2.5 Ventajas de CWDM**

De acuerdo a la referencia [3, pp. 19-20], se detalla que CWDM posee las siguientes cualidades:

- a) Menor consumo energético.
- b) Soluciona problemas de cuello de botella.

- c) Hardware y costos operativos más económicos frente a otras tecnologías de la misma familia.
- d) Amplio ancho de banda.
- e) Mayor facilidad de instalación, configuración y mantenimiento de red.

## **2.3 Conectividad punto multipunto**

### **2.3.1 Ayangue y tecnología actual**

Una vez que se ha analizado que tipo de tecnología a usar para la conectividad punto a punto entre centrales (La Libertad-Ayangue), se desea saber qué tipo de tecnología se puede usar para la distribución de los servicios voz, video y datos a los respectivos usuarios, se sabe que de la central Ayangue se debe de distribuir el servicio, por tanto la conectividad es punto a multipunto. La tecnología ADSL es la que actualmente se usa, ofrece a través de un par telefónico de cobre tradicional una velocidad de 512kbps, 1Mbps, 2Mbps, 4Mbps siendo un ancho de banda que limita a los usuarios cuya desventaja es que disminuye la velocidad a medida que aumenta la distancia; por tanto la tecnología más atractiva es GPON.

### **2.3.2 Tecnología a usar**

La comuna Ayangue está conformada por 2372 habitantes aproximadamente, es un lugar turístico y a orillas del mar; actualmente utiliza tecnología ADSL como medio de transmisión basado en cable de cobre, por tanto si la vida útil del medio de transmisión es de 5 años para su manutención en ambientes urbanos, para ambientes salinos es de 4 años aproximadamente para realizar el respectivo mantenimiento, provocando problemas de servicio debido al óxido que los cables llegan a adquirir provocando atenuaciones superiores a los 36 dB, cuando el

usuario presenta este nivel de atenuación se provoca una latencia que causa una pérdida temporal del servicio, por tanto la mejor inversión, es el uso de la fibra óptica con la tecnología GPON, esta tecnología es capaz de brindar un ancho de banda elevado además se toma en cuenta que con el uso de GPON, es posible usar la tecnología FTTH (FTTB, FTTC, FTTH, FTTN) para poder brindar servicios a los usuarios a diferencia que con el uso de la tecnología ADSL, la máxima atenuación se da cada 4 km aproximadamente, en cambio, con el uso de GPON la máxima atenuación se da cada 20 km aproximadamente.

## **2.4 GPON**

### **2.4.1 Definición**

Es un estándar que incluye varias velocidades de línea de hasta 2.5 Gbps simétrica y asimétrica establecida en la norma ITU-T G.984. GPON proporciona una estructura de trama escalable desde 622 Mbps/2.5 Gbps, usando un método de encapsulamiento de la información llamado GEM basado en el estándar GFP del ITU-T G.7041, con ligeras modificaciones para poder optimizarlo para el uso de las tecnologías PON; soporta cualquier tipo de servicio en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 us, tales como Ethernet, ATM, TDM, etc.

Debido a que es una subdivisión de la tecnología PON, mantiene características de la misma, por ejemplo, es un sistema de comunicación punto multipunto, entre un router central llamado OLT y los equipos terminales, en pocas palabras, el ancho de banda no es dedicado para cada uno de los usuarios sino más bien multiplexado en una misma fibra en los puntos de acceso de la red de los usuarios [11], [14], [15], [17] y [23].

Las velocidades de transmisión se detallan en la Tabla 2.

VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	
Upstream	Downstream
155 Mbps	1,2 Gbps
622 Mbps	1,2 Gbps
1,2 Gbps	1,2 Gbps
155 Mbps	2,5 Gbps
622 Mbps	2,5 Gbps
1,2 Gbps	2,5 Gbps
2,5 Gbps	2,5 Gbps

**Tabla 2: Velocidad binaria nominal**

**Fuente: [15, Ch. 2, pp. 19-20]**

La tabla 2 muestra el sistema normalizado deseado tendrá las siguientes velocidades nominales de línea, los parámetros que se han de definir se categorizan por sentido descendente o ascendente y por velocidad binaria nominal.

GPON es una tecnología que permite la convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP permitiendo una reducción de coste en los operadores debido a que no tienen que mantener ni instalar redes paralelas a estos servicios [23].

#### **2.4.2 Características de GPON**

Las características que nos ofrece la tecnología GPON son entre otras, una estructura de trama escalable de 622 Mbps hasta 2.5 Gbps, además la capacidad de soportar tasas de bits asimétricas. Dicha red de fibra óptica, facilita la transmisión bidireccional de información en una sola fibra, llamada PON. Actualmente la velocidad estandarizada por los suministradores de equipos GPON suelen rondar los 2,5 Gbps en el

canal de downstream y 1,2 Gbps en el de upstream y gracias a estas velocidades de transferencia de datos permite ofrecer videoconferencias o televisión digital de gran calidad. También podemos encontrar en ciertas configuraciones hasta 100 Mbps por abonado [23].

GPON a diferencia de sus tecnologías predecesoras, no sólo ofrece mayor ancho de banda, sino además, es mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales (voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc.) sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes [23].

Tiene un alcance de 20 km desde el OLT hasta el ONT con un máximo de 28 dB de atenuación, aunque el estándar se ha preparado para que tenga un alcance de 60 km que a diferencia de la tecnología xDSL, esta ofrece un alcance máximo de 5.5 km haciéndolo más eficiente; el máximo número de usuario que puede haber en una misma fibra es de 64 usuarios, sin embargo el sistema está preparado para dar hasta 128 usuarios dependiendo de las condiciones del cliente y de la región a cubrir [10], [11], [12] y [23].

Las pérdidas de inserción por splitter se muestran en la Tabla 3.

<b>Splitter</b>	<b>Pérdida de inserción</b>
1x2	3,6 dB
1x3	5,10 dB
1x4	7,2 dB
1x8	10,38 dB
1x16	14,10 dB
1x32	17,45 dB

**Tabla 3: Pérdidas inserción según Splitter**

**Fuente: [33, Ch. 4, pp. 45]**

Como se puede observar en la tabla 3, la atenuación de los splitters varían dependiendo de la cantidad de salidas que esta tenga, es necesario conocer la pérdida por conector por splitter de 0.2 dB, para calcular el rendimiento del enlace.

### **2.4.3 Arquitectura de la red GPON**

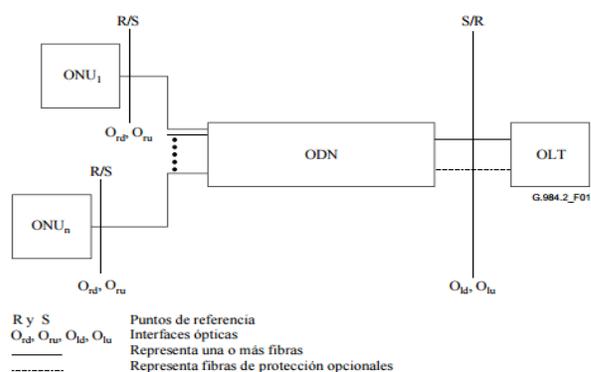
La red de GPON consiste de un OLT instalado y configurado en la central del operador, y las ONT en la residencia de los usuarios para FTTH. La OLT consta de varios slots para la instalación de tarjetas con puertos GPON, cada puerto de línea GPON, soporta 64 ONT pero pudiendo llegar hasta 128 ONT, [17] y [23].

De acuerdo a las referencias [6] y [23], para que la OLT transmita la información a la ONT, se emplea un cable de fibra óptica cuyos datos se transportaran con una longitud de onda reservada en el canal downstream, el tráfico downstream originado en la OLT puede ser distribuido. Dependiendo del escenario puede haber una serie de divisores pasivos 1:n (donde  $n = 2, 4, 8, 16, 32, \text{ o } 64$ ) distribuidos desde la central de la OLT hasta las instalaciones la última milla. Esto es una arquitectura punto a multipunto, por lo general descrito como una topología en árbol.

Los datos upstream desde la ONT hasta la OLT son distribuidos en distinta longitudes de onda para evitar colisiones en la transmisión downstream.

Esto permite que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico por el canal downstream. Para el tráfico del canal downstream se realiza un broadcast óptico, es decir; que el OLT enviará una trama de datos a todos los usuarios, aunque cada ONT sólo será capaz de procesar el tráfico que le corresponde o para el que tiene acceso por parte del operador, gracias a las técnicas de seguridad

AES. Para el tráfico del canal downstream se utiliza protocolos basados en TDM, así se asegurará la transmisión sin colisiones desde la ONT hasta la OLT. Además, mediante la técnica TDMA sólo se transmite cuando sea necesario, por lo cual, no padece de la ineficiencia de las tecnologías TDM donde el período temporal para transmitir es constante e independiente de que se tengan o no información disponible, un esquema de la red GPON se muestra en la Figura 2.8 [6], [23], [33] y [42].



**Figura 2.8: Esquema GPON**  
Fuente: [50, Fig. 1]

Una de las particularidades claves de PON es la capacidad de suscripción, ofrece a los usuarios una mayor cantidad de tráfico cuando este lo requiera o cuando la red no se encuentre exigida por otros usuarios, este procedimiento es nombrado DBA. Posee la característica de ubicar dinámicamente el ancho de banda del PON punto a multipunto.

En enlaces basados en tecnología GPON se otorga dos valores para longitud de onda en el transporte de datos (Internet, VoIP, IPTv, etc...), para el tráfico del canal downstream 1490 nm y para el tráfico del canal upstream 1310 nm. Además con el uso de WDM se puede añadir una tercera longitud de onda de 1550 nm en canal downstream que está dedicada para el broadcast RF que es independiente a la transmisión

IPTV, por ejemplo broadcast analógico, broadcast digital, HDTV y video bajo demanda.

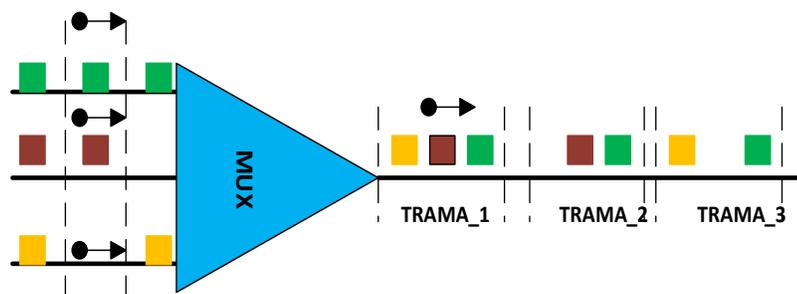
Todos los elementos de una red GPON están sincronizados a una referencia común, debido a esto es posible asignar periodos estrictos y exclusivos de acceso al medio: TDMA.

La sincronización se completa con un sofisticado método de ecualización para que el acceso al medio de la ONT/ONU se produzca en el instante preciso acorde con la distancia física que le separa de la OLT [25].

Hay tres principales componentes en una red de acceso GPON (distintas de la propia fibra). La OLT que es el concentrador de red, normalmente se instala en una CO. El divisor (splitter) permite que una sola fibra del CO se van a repartir entre los distintos abonados. El ONT instalado en las viviendas, convierte las señales proveniente de la fibra ópticas en señales eléctricas permitiendo el uso de dispositivos con puertos fastethernet/gigaethernet. Además de eso también es posible incorporar un CTO cuya función es brindar el servicio a los diferentes abonados facilitando la instalación y el mantenimiento. El puerto de entrada estará enlazado con uno de los puertos del divisor. Cabe recalcar que una red GPON puede tener dos, tres o cuatro longitudes de onda en uso.

#### **2.4.4 Canal downstream**

De acuerdo con la referencia [23], el canal downstream se origina desde el OLT hacia la ONT con topología punto multipunto donde el OLT emite una serie de contenidos que pasaran por los splitter donde se repartirá la información a los diferentes ONT llegando a los diferentes usuarios. En la Figura 2.9 se representa el uso de TDM para transmitir información en distintos tiempos.

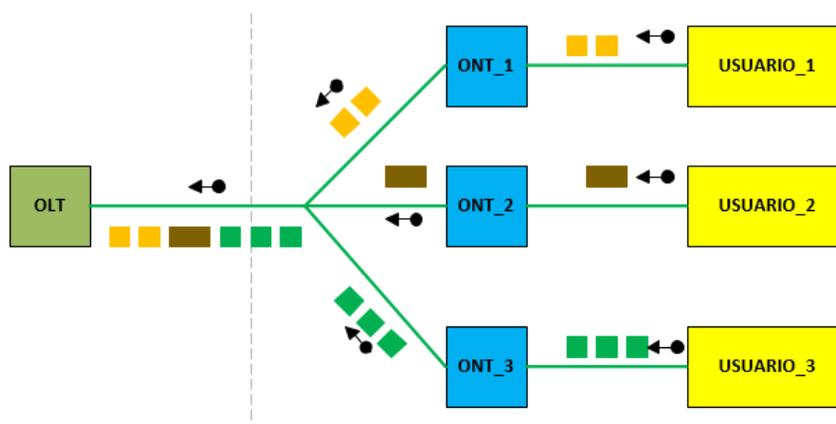


**Figura 2.9: Esquema TDM**

**Fuente: Personal**

#### 2.4.5 Canal ascendente

El canal ascendente se basa en una configuración de red punto a punto donde el ONT transmitirá la información emitida por el usuario pasando por el splitter y llegando al OLT, que está ubicado en la central, por tal razón como se muestra en la Figura 2.10, se requiere el uso de TDMA para que cada ONT transmita en distintos tiempos controlados por la OLT [23].



**Figura 2.10: Esquema TDMA**

**Fuente: Personal**

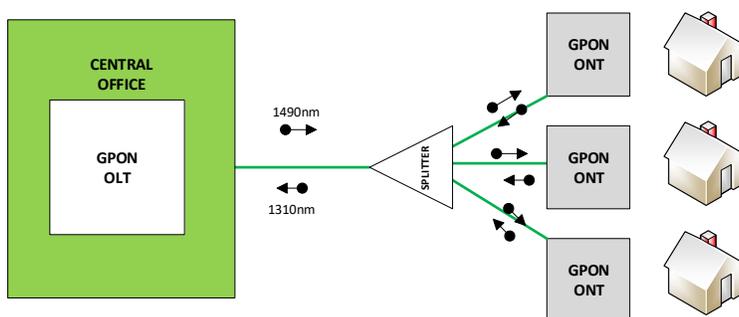
### 2.4.6 Transmisión con dos longitudes de onda

La aplicación más común para evitar interferencias entre los contenidos en el canal downstream y upstream es utilizando técnicas WDM para superponer dos longitudes de onda diferentes [23].

De acuerdo a las referencias [23] y [42] las redes PON deben estar ajustadas en función de la distancia entre el usuario, la central, el número de splitters y su atenuación.

El siguiente diagrama muestra la arquitectura estándar de una red GPON usando dos longitudes de onda. La longitud de onda del canal downstream es 1490nm y transmite los datos a un máximo 2,5 Gbps.

En la Figura 2.11 se puede apreciar que la longitud de onda canal upstream se 1310nm y transmite los datos a un máximo 1,2 Gbps, todo esto en el caso de transmisión asimétrica.

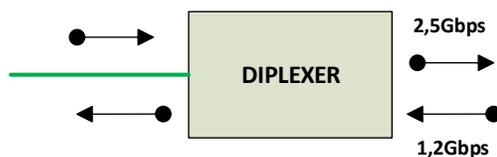


**Figura 2.11: Esquema Básico GPON**

**Fuente: Personal**

Normalmente la OLT se instala en una CO, el divisor óptico está instalado en algún lugar entre el CO y los suscriptores, puede darse el caso en que se pueda instalar dos niveles de divisores ópticos, su incorporación depende de la distancia que hay entre las viviendas, esto quiere decir que un grupo de viviendas no deben de estar demasiado alejada de los

otro grupos de viviendas, tal como se da en el caso de las regiones rurales. Una ONT se instala en casa de cada suscriptor. Los servicios de voz, video y todo el tráfico de datos deben ser entregados en toda la longitud de onda GPON. Una faceta interesante de GPON es que da soporte de vídeo IP [52]. En la Figura 2.12 se muestra el esquema para la transmisión de dos longitudes de onda.



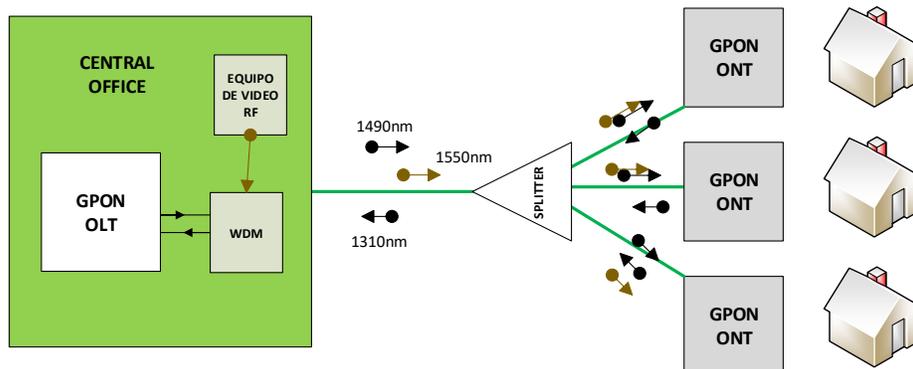
**Figura 2.12: Transmitiendo dos longitudes de onda**

**Fuente: Personal**

#### **2.4.7 Transmisión con tres longitudes de onda**

La arquitectura de un sistema con tres longitudes de onda GPON, es idéntica a la de un sistema de longitud de onda dos, con la simple diferencia de que incorpora la longitud de onda de vídeo.

En la Figura 2.13, se muestra el esquema de la arquitectura de un sistema de red RF que incorpora tres longitudes de onda superpuestas con GPON [16].

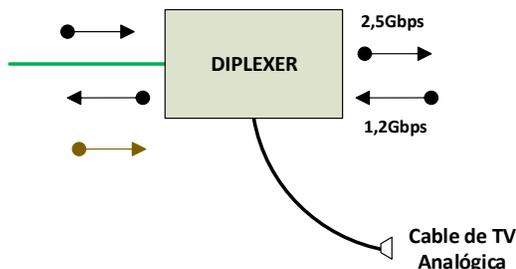


**Figura 2.13: Esquema básico GPON con tres longitudes de onda**

**Fuentes: Personal**

Hay que tener en cuenta que sólo hasta 128 ONT pueden ser usados por un puerto del OLT. El transmisor-receptor incorporado en algunos ONT que superponen señal de video RF con una longitud de onda de 1550 nm en la tecnología GPON se llama triplexer y son más caros que diplexores.

La ONT se limita en convertir la señal óptica de 1550 nm en una señal eléctrica para entregarla en los hogares a través del uso de un decodificador conectado al ONT por medio de un cable coaxial de 75 ohm. El desafío que se presenta con este esquema es de conseguir controlar con una longitud de onda los datos en la cabecera de TV para que sean superpuestos. En la Figura 2.14 se muestra como se estructura un triplexer que está compuesto de un diplexer más una entrada de TV analógica.



**Figura 2.14: Transmisión con tres longitudes de onda**

**Fuentes: Personal**

### 2.4.8 OMCI

OMCI es el protocolo de gestión utilizados entre la OLT y la ONT. Con el uso del protocolo OMCI, los sistemas externos de gestión no tienen que comunicarse directamente con la ONT. El protocolo OMCI permite una única dirección IP que se pueda utilizar para administrar un OLT y, a través de OMCI a todos sus asociados ONT. Esto es muy eficiente para la conservación de direcciones IP, y se reduce la carga en un sistema de gestión; sin embargo algunos servicios podrían requerir su propio sistema de gestión. En el caso de una aplicación de VoIP en la ONT, es probable que requiera de una gestión independiente y de las direcciones IP de todos modos. Debido a la popularidad de VoIP en estos sistemas, la conservación de direcciones IP con OMCI es de dudoso beneficio [23].

## 2.5 Fibra óptica frente a Cable coaxial

### 2.5.1 Cable coaxial

Tal como lo menciona la referencia [34], este tipo de cable está compuesto de un hilo conductor central de cobre rodeado de una malla de hilos de cobre, todo el cable está compuesto por un aislamiento para protección contra emisiones eléctricas puede transmitir a velocidades de 10 Mbps, el uso más común para este tipo de cable es el coaxial de televisión, originalmente fue el cable más utilizado en las redes locales

debido a su alta capacidad y resistencia a las interferencias, pero en la actualidad su uso está en declive.

Su mayor defecto es su dimensión, el cual limita su utilización en pequeños conductos eléctricos y en ángulos muy agudos.

Los diferentes tipos de cables coaxiales son:

- a) Grueso: Fue el cable coaxial utilizado en la mayoría de las redes, su capacidad en términos de velocidad y distancia es elevado, sin embargo, su grosor no permitía su utilización en canalizaciones con demasiados cables.
- b) Fino: Este cable se empezó a utilizar con el fin de reducir el coste de cableado de redes, su limitación está en la distancia máxima que puede alcanzar un tramo de la red sin que esta regenere la señal.

Generalmente su uso está orientado a los enlaces punto a puntos, pero debido a la necesidad de usar frecuencias cada vez más altas y a la digitalización de las transmisiones, se ha optado por el uso de fibra óptica, en particular para distancias superiores equivalentes a varios kilómetros donde el ancho de banda de última milla debe ser elevado [51].

### **2.5.2 Fibra óptica**

Tal como se ha mencionado antes, la ventaja del uso de la fibra óptica es su inmunidad a interferencias electromagnéticas y a su capacidad de transmitir varias señales por un solo hilo de fibra, su principal ventaja es poder transmitir servicios de TV, voz y datos a través de largas distancias, una de sus ventajas con respecto al cable coaxial es que si existe un corte o ruptura del cable, su mantenimiento será más sencillo debido a que su empalme será a través de fusionadora, en cuanto al

cable coaxial, su mantenimiento en cuanto a corte será el reemplazo del mismo [47] y [49].

## 2.6 Telefonía con fibra óptica

Se sabe que el servicio de telefonía fija realiza transporte de voz en tiempo real utilizando dos terminales que están conectados a la red conmutada (red telefónica conmutada) en una ubicación fija, este servicio otorga al usuario un número de plan nacional y permite realizar y recibir llamadas nacionales e internacionales, es un sistema simple pero ineficiente que se denomina conmutación por circuito y se denomina así porque la comunicación se mantiene en dos puntos hacia ambas direcciones; este es el tipo de servicio de telefonía más usado en la actualidad. El protocolo que se utiliza es el SIP, cuyas funciones básicas son la determinación de la ubicación de los usuarios incorporando movilidad y la de establecer, modificar y terminar sesiones multipartitas entre usuarios. Este protocolo adopta un modelo cliente-servidor, el cliente envía una petición luego el servidor atenderá y generará una o varias respuestas, se puede decir que este protocolo permite el establecimiento de sesiones multimedia entre dos o más usuarios, para hacerlo posible se basa en el intercambio de mensajes entre las partes que desean comunicarse. Los servicios de voz ofrecidos por FTTH varían de acuerdo al contrato del cliente, los más importantes son:

- a) POTS: que es donde se ofrece servicio de telefonía tradicional ya sean líneas simples o dúplex
- b) VoIP: ofrecido a 0,5 Mbps, aunque esté en uso es de relativa reciente implementación. Gracias a las redes de fibra, sería posible la implementación de centralitas en hoteles para disponer de varios teléfonos IP.

VoIP permite unión de dos servicios distintos como la transmisión de voz y datos, por tanto VoIP no es un servicio sino más bien una tecnología. Esta tecnología permite transformar una conexión estándar de internet en una plataforma para

poder realizar llamadas gratuitas a través de internet. Es posible la incorporación de teléfonos analógicos para ser usados con la tecnología VoIP, para esto se debe disponer de un adaptador ATA (Adaptador de Teléfono Analógico), su función es conectar teléfonos analógicos para ser usado en un esquema basado en tecnología de telefonía digital. Por lo general, ATA toma la forma de una pequeña caja con la que será posible la utilización de estos dispositivos analógicos para que actúe de forma transparente con VoIP [5] y [35].

## **2.7 Funcionamiento de tecnología VoIP**

Como se menciona en [10], el proceso de funcionamiento entre dos teléfonos con tecnología VoIP es básicamente así:

- a) Se levanta el teléfono y envía una señal al conversor analógico/digital llamado ATA (adaptador de teléfono analógico), la señalización este recibe la señal y envía un tono de llamado lo que identifica que se tiene una comunicación entre la red.
- b) Se marca el número del usuario a llamar. El ATA convierte los números a digital y los guarda temporalmente, los datos de este número son enviados al proveedor de VoIP para revisar si dicho número están hechos en formato válido. El proveedor determina a quien corresponde este número y lo transforma en formato IP.
- c) El proveedor conecta los dos dispositivos que intervienen en la llamada y una señal es enviada al ATA del lado del usuario que recibe la llamada para hacer sonar el teléfono.
- d) Una vez que se inicia la conversación el usuario que recibe la llamada, se establecerá una comunicación entre las computadoras del emisor y del receptor transmitiendo paquetes entre sí mientras dure la conversación.
- e) Al terminar la conversación se cierra el circuito, por tanto el ATA envía una señal al proveedor de telefonía IP comunicando que la llamada ha sido concluida.

## 2.8 IPTV

IPTV ha sido desarrollado basándose en video-streaming, para ello se necesita redes mucho más rápidas para garantizar la calidad del servicio. La diferencia entre el servicio de televisión actual es que el proveedor no emita sus contenidos cuando este se conecte, sino más bien cuando el usuario los solicite [3], [35] y [44].

Los servicios de video más importantes son:

- a) SDTV o servicio de video estándar sobre IPTV que ofrece un servicio de televisión con más de 30 canales.
- b) HDTV o video de alta definición sobre IPTV, para este tipo de difusión de video, se utiliza la codificación MPEG-4 a 7,5 Mbps o la codificación WM9 a 10 Mbps. Este servicio brinda más de 10 canales.
- c) VoD o video bajo demanda; este servicio permite al usuario el acceso a contenido multimedia de forma personalizada. El usuario puede elegir la programación que desee sin depender del horario de programación.
- d) PPV o pago por ver; este servicio ofrece la modalidad de televisión por pago en el que el usuario paga por ver películas o un evento especial a transmitirse.

## CAPÍTULO 3

### 3. DISEÑO DE LA RED

#### 3.1 Elementos de diseño

Para el diseño de la red hay que tomar en cuenta los elementos a usar por parte de la tecnología GPON. Esta tecnología consta de un OLT (nodo) ubicado en la central y el ONT (terminal) ubicado en la localidad del usuario. Una OLT usa tarjetas con puertos en línea GPON que soportan hasta 128 ONTs. La conexión entre el nodo y los terminales se da por medio de la ODN, conocida como red de distribución.

##### 3.1.1 OLT

Tal como se ha mencionado antes, OLT es un sistema óptico activo que va instalado en la central, este recibe las señales de voz, video y datos que en una sola fibra óptica puede estar usando diferentes longitudes de onda que son de 1490 nm (downstream) y 1310 nm para (upstream).

##### 3.1.2 ODN

También conocida como la red de distribución óptica, ubicado entre el OLT y el ONT, está compuesto por fibra óptica, splitters, mangas, patch-cord, conectores, etc...

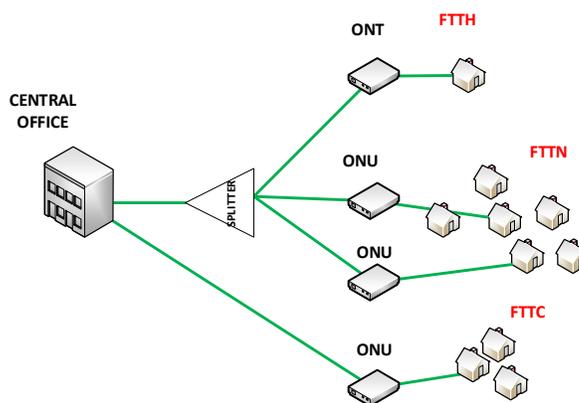
##### 3.1.3 ONT/ONU

Terminales de redes ópticos/unidad de red óptica, son dispositivo finales situados en las instalaciones del cliente, convierten las señales ópticas en señales eléctricas.

Sus interfaces fastEthernet puede alcanzar velocidades de hasta 100 Mbps para servicios de televisión o internet, las interfaces giga Ethernet puede alcanzar velocidades de hasta 1Gbps y también incorporan una interfaz Rj-11 para conectar teléfonos analógicos.

En la Figura 3.1 se muestra que la ONU tiene funcionalidad similar a la ONT; cuando los servicios son orientados a negocios, se utiliza un equipo terminal ONU usado en FTTB/FTTC, la ONT es usada para FTTH en servicios tipo residenciales.

Para una mejor interoperabilidad entre elementos activos, se recomienda que tanto el OLT como el ONT sean del mismo fabricante



**Figura 3.1: ONU/ONT**

**Fuente: Personal**

### 3.1.4 ODF

Distribuidor de fibra óptica es un dispositivo pasivo que sirve para derivar la señal óptica proveniente de la OLT, su conexión se realizará en la central, junto con la OLT.

## 3.2 Consideraciones para Diseño

Para el diseño de esta red se tomó en cuenta el uso de la tecnología GPON, debido a sus características se puede tener un servicio de calidad en cuanto a datos, optimizar los recursos en cuanto a telefonía y agregando servicios de televisión a través de fibra óptica. Actualmente CNT utiliza servicios de televisión por medio satelital, sin embargo, se desea diseñar un modelo de red de tal manera que se incorpore este servicio usando un servicio alternativo al satelital.

El usuario tendrá instalado un ONT o un ONU que son equipos ópticos activos, ambos equipos poseen características similares, convierten señales ópticas a eléctricas y demultiplexan señales de TV, voz y datos, sin embargo las ONUs son instaladas tanto dentro de la vivienda del cliente como fuera de la misma (a varios metros de esta).

Las ONTs se instalan dentro de la vivienda del cliente y poseen más de un punto de terminación además estos equipos están pensados para que soporten las peores condiciones ambientales, siendo que la comuna Ayangue se sitúa en un lugar salino, por tanto se desea que el equipo permanezca dentro de la casa del usuario, en conclusión se seleccionará el uso de ONT. Para el diseño de esta red de acceso, se va a emplear la topología FTTH que es compatible con el estándar GPON usando la red tipo árbol; a diferencia de las otras topologías FTTx, se empleará FTTH debido a que la comunidad al estar en un territorio salino, el uso de cable de cobre desde la central, el nodo o el armario de telecomunicaciones, con el paso del tiempo el cobre se oxidará provocando una elevada atenuación que dará un servicio de baja calidad.

### **3.3 Factibilidad del diseño de la red**

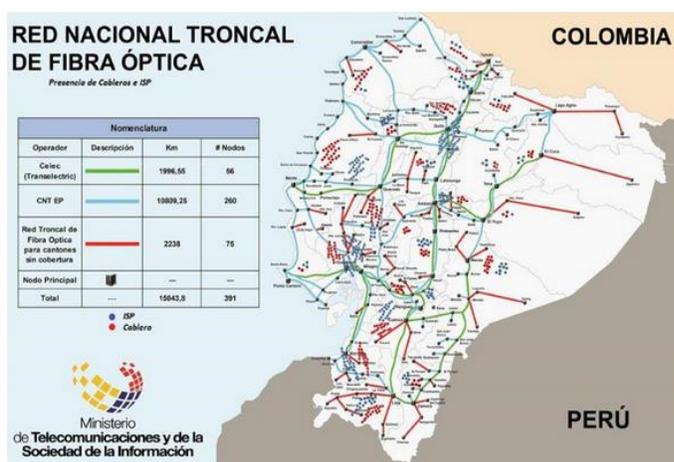
Al realizar la factibilidad se realiza una observación minuciosa que se considera para tener un buen análisis de los elementos a emplear; un buen análisis del mismo servirá para estimar un presupuesto considerable para que la red pueda ser implementada, dándole rentabilidad a la empresa.

Para el diseño de la red se toma en consideración los siguientes puntos:

- a) La mejor distancia
- b) Terreno
- c) Tipo de fibra óptica o tipo de fibra a emplear
- d) Tendido de fibra ya sea aéreo, canalizado o mixto
- e) Medida del metraje de fibra óptica a usar
- f) Topología física de la red a usar

### 3.4 Ruta de diseño

Debido a que se va a reemplazar el sistema con enlaces de cobre de la comunidad Ayangue que utiliza un servicio otorgado por CNT E.P.; los servicios de voz, video y datos vienen desde la central principal de la provincia de Santa Elena ubicado en el cantón de La Libertad. El cable de fibra óptica parte de la central principal (La Libertad) y recorre la ruta de la Spondylus, este enlace se lo conoce como el enlace troncal que hay entre centrales, la ruta del enlace troncal se muestra en la Figura 3.2 [20].



**Figura 3.2: Ruta de fibra óptica**

**Fuente: <http://governanza.net.ec/infraestructura-y-estandarizacion/infraestructura-en-telecomunicaciones/>**

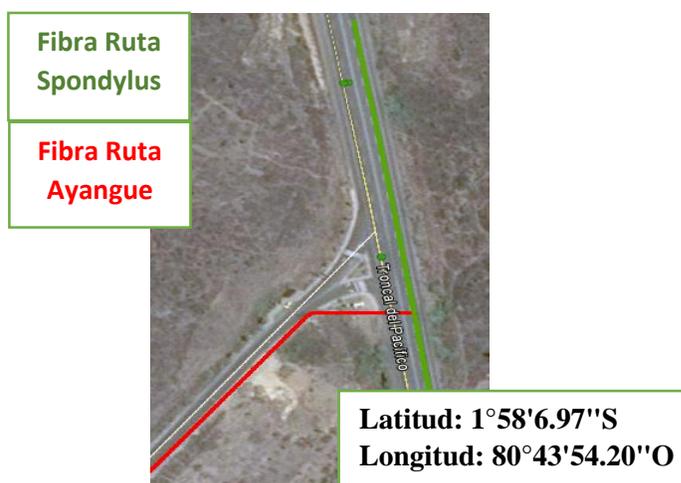
Para que el servicio pueda llegar a la comunidad Ayangue usando fibra óptica, debe existir un enlace que comuniquen la fibra de la ruta de la Spondylus con la entrada de la comunidad. La razón por la cual se busca un tendido de fibra aérea se debe a que implica un gasto realizar el recorrido a través de una canalización, además este proceso toma demasiado tiempo.

Hay que tomar en cuenta que a pesar de que en ciertos sectores existan postes para poder tender la fibra, también hay áreas en la que hay una ausencia de los

mismos, por lo tanto, de ser necesario se debe de plantar postes siguiendo los reglamentos adecuados.

Para la instalación de la fibra se debe de usar herrajes; la función de los herrajes es para que la fibra óptica del tipo ADSS pueda ser instalada en postes, por ejemplo, para tender la fibra desde la entrada de la comunidad se debe utilizar un tipo de herraje denominado “herraje de paso”. Si el cable de fibra óptica va a cambiar de dirección, se debe de usar otro tipo de herrajes que se denomina “herrajes tipo A”.

El tipo de fibra a emplear es monomodo, por su gran capacidad en cuanto a ancho de banda; se debe de tomar en cuenta las recomendaciones ITU-T G.652D cuya ruta seguirá desde la entrada de la comunidad hasta el nodo CNT; para la ruta de acceso se tomó en cuenta la recomendación ITU-T G.657A cada uno con una atenuación de 0,35 dB/km. En la Figura 3.3 se aprecia la ruta que toma la fibra óptica en la entrada de la comunidad Ayangue



**Figura 3.3: Ruta ideal de Fibra ingreso a Ayangue**

**Fuente: Mapa de Google  
Trazado de la ruta: Personal**

Debido a la existencia de postes que actualmente son usados por la empresa eléctrica y por la tecnología ADSL que actualmente utiliza CNT para dar servicio de internet, se propone usar el tendido de fibra aérea que atravesaran dichos postes hasta llegar al nodo de Ayangue tal como se muestra en la Figura 3.4.



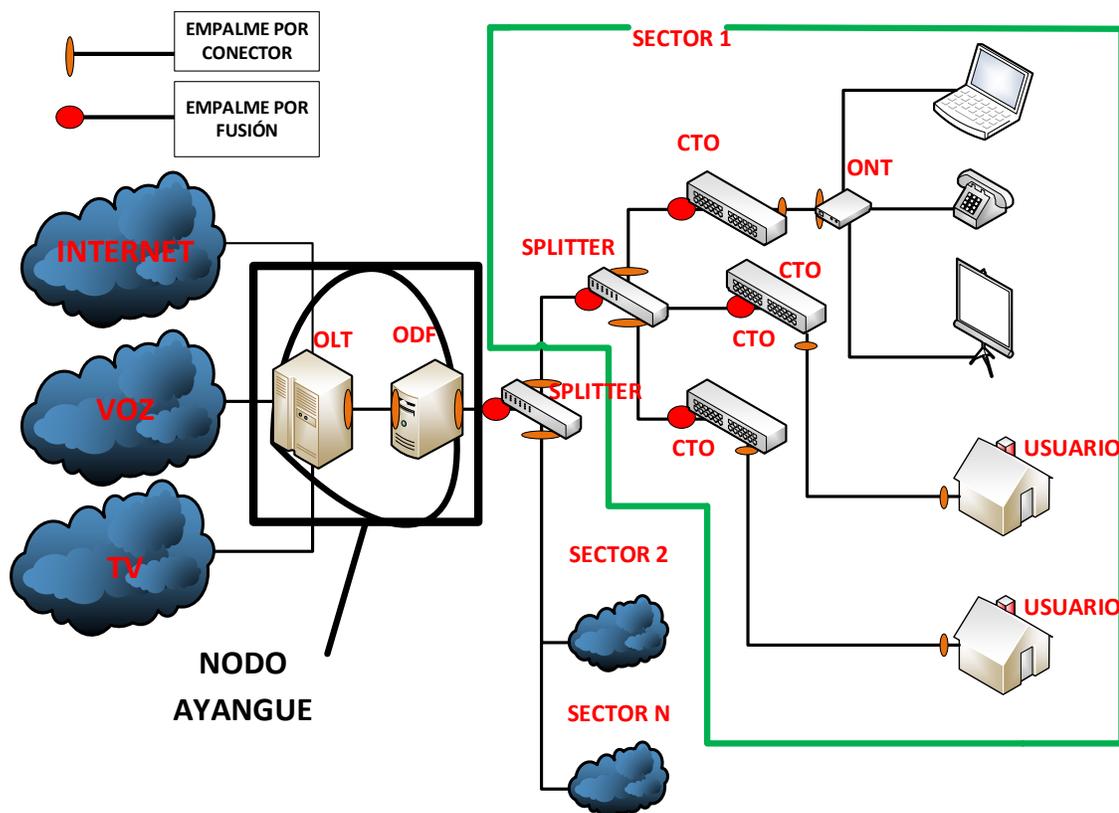
**Figura 3.4: Ruta ideal al nodo CNT**

**Fuente: Mapa de Google**  
**Trazado de la ruta: Personal**

### **3.5 FTTH-GPON**

#### **3.5.1 Ruta de distribución FTTH**

Recapitulando, para poder brindar servicio de voz, video y datos, se debe de tener un esquema como el que se presenta en la Figura 3.5, donde el ODF se encargará de dividir las señales a diferentes áreas de la comunidad.



**Figura 3.5: Diseño escala de la red**

**Fuente: Personal**

La ONT posee varios puertos, sin embargo los ONT más robustos tienen puertos para ofrecer servicios adicionales en cuanto VoIP.

Como los servicios de TV, voz y datos llegan de la OLT a la ONT a través del protocolo TDM, para tener servicio telefónico, los ONT tienen unos puertos FXS que es donde se conectarán el mismo. En cuanto a servicio de TV, mediante el uso de WDM se añadirá una longitud de onda adicional de 1550 nm, que está dedicada al broadcast de video RF.

De este modo el servicio TV puede ser ofrecido mediante dos métodos:

- a) RF: mediante este método los operadores de Tv pueden migrar gradualmente a IPTV, para esto la ONT dispone de un puerto RF.
- b) IPTV: mediante este método, la señal de video es transformada por la cabecera de Tv en una cadena de datos IP, se transmite sobre el mismo enlace IP como datos para acceso a internet de banda ancha, el decodificador IPTV conectado al ONT se encargará de convertir otra vez los datos a señal de video.

Mediante el uso de IPTV y GPON, los operadores pueden ofrecer servicios con canales de alta calidad de imagen y sonido, incluso pueden ofrecer servicios interactivos y personalizados que nos son factibles con el uso de video RF; esto es posible debido a que los equipos IPTV y GPON incorporan capacidades QoS y multicasting IP. Si varios usuarios están viendo un canal o un usuario a pedido un servicio de PayPerView. Los paquetes de esa emisión lo están recibiendo todos los suscriptores, debido a que el operador envía una sola vez los paquetes de dicho servicio debido a que la información se replica en el splitter hacia los usuarios.

Entre el splitter y el cliente se maneja una serie de claves privadas y públicas para encriptar la señal; cada usuario es capaz de descencriptar los paquetes que recibe para sí mismo.

### **3.5.2 Sectorización del diseño**

Para la sectorización del diseño de la red FTTH, se tomó en consideración el punto de mayor concentración de densidad poblacional en la comunidad Ayangue, la comunidad está poblada a lo largo de la vía principal y sus viviendas están estrechamente cercanas el uno del otro. Analizando la comunidad, se encontró que hay puntos de mayor

concentración de viviendas, sin embargo, la mayoría de esos puntos están conformada por cuadradas que incluyen viviendas de caña.

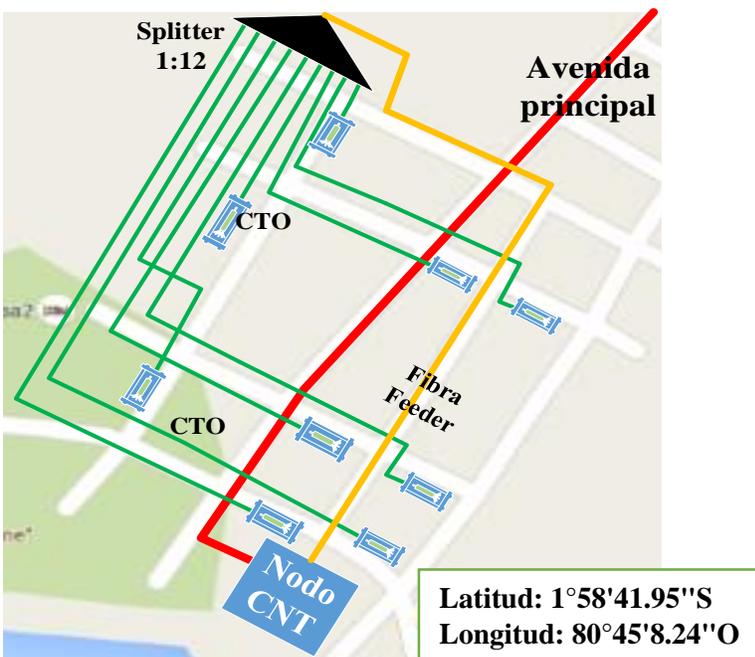
Son hogares muy humildes perteneciente a un comunidad de pescadores, los cuales no poseen un medio para poder acceder a los servicios de red (computadoras, Smartphone, Tablet, etc...). Se estima que del 100% de los pobladores, el 80% tiene medios para poder acceder a los servicios de red, eso incluye acceso a la red a través de un cyber, servicios de dato por telefonía celular o wifi. Del 80% que tienen medios de acceso, el 75% tiene medios fijos de servicios de red, este porcentaje se debe a que la comunidad de Ayangue no está compuesta netamente por pobladores locales, pues implica la presencia de turistas y residentes temporales.

Basándose en estas aproximaciones, se puede estimar que el punto de interés está ligado con los pobladores que residen cerca de la playa, pues es un sector concurrido tanto en época de feriado o temporada playera como en época de ausencia de turistas, además que en este sector viven las personas que poseen servicios fijos de internet cuya forma de vida es con mayor comodidad a diferencia de las personas que viven en sectores que incluye comunidad de pescadores.

### **3.6 Diseño**

#### **3.6.1 Elementos del sector**

De acuerdo al recorrido de la fibra obtenido a través de la sectorización de un área de interés, se ha tomado en cuenta que para esta proyección el uso de los elementos que son parte del esquema de la red GPON. Entre ellos está los que se puede apreciar en la Figura 3.6a.



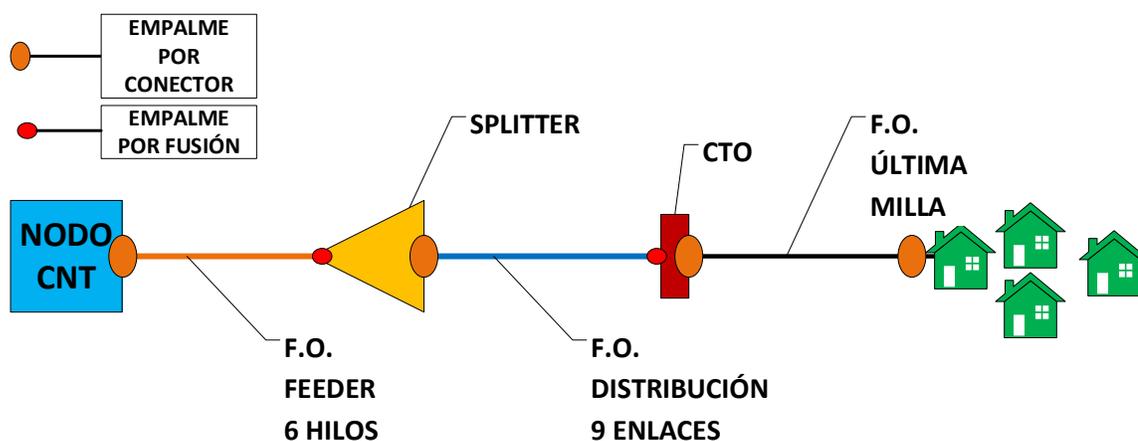
**Figura 3.6a: Área de interés FTTH**

**Fuente: Personal**

Para este diseño, debido a que es una zona rural, se ha decidido realizar un esquema con un splitter, porque a través de esta metodología no se van a desperdiciar sus puertos. Esto se debe a que las viviendas en las zonas rurales no están distribuidos de manera uniforme como en las ciudades puesto que habrá viviendas que estarán demasiado separadas de otro grupo de viviendas, en pocas palabras se puede decir que en las zonas rurales sus habitantes tienden a estar dispersos. Los esquemas que utilizan dos splitter se adaptan más a regiones urbanas porque tienen mayor densidad poblacional que las rurales además la distribución de sus viviendas es uniforme, por ejemplo para el caso de una determinada área de una zona urbana, las viviendas no tienden a estar alejadas del centro de dicha área por tanto, no habrá grupos de viviendas que tiendan a estar dispersos como en las zonas rurales.

El uso de ODF se debe a que en caso de expansión, gracias a las múltiples salidas que posee se puede dar cobertura a diferentes áreas de interés.

Finalmente, dada una localidad, para poder brindar el servicio a los diferentes usuarios, se debe utilizar un CTO que es similar al cajetín que se usa en la tecnología basada en cobre, el CTO estará instalado en los postes o en algún lugar estratégico dentro de la localidad. En la Figura 3.6b se puede apreciar la composición de la red de forma resumida.



**Figura 3.6b: Composición de la red**

**Fuente: Personal**

### 3.6.2 Dimensión de los elementos pasivos

Para este diseño se usarán los siguientes elementos cuyas dimensiones fueron estimadas en la sectorización del área elegida. Estas son:

- a) ODF, los puertos de salida dependen de la cantidad de áreas a cubrir, puede considerarse un ODF de 8 puertos de salida teniendo en cuenta futuras expansiones
- b) Splitter de 1:12
- c) CTO 1:16
- d) Roseta óptica

Para este diseño, incluyendo componentes adicionales, se estima tener lo que se muestra en la Tabla 4.

Equipos	Cantidad/longitud[m]	Valor unitario	Valor Total
OLT MA5600T	1	\$ 2.200,00	\$ 2.200,00
kit ODF 8 puertos	1	\$ 182,98	\$ 182,98
F.O. distribución	25000	\$ 1,30	\$ 32.500,00
F.O. última milla	30000	\$ 1,30	\$ 39.000,00
F.O. 6 hilos	3000	\$ 0,42	\$ 1.260,00
kit Splitter 1:12	4	\$ 85,00	\$ 340,00
kit CTO	40	\$ 61,41	\$ 2.456,40
Fuente alimentación OLT	1	\$ 430,00	\$ 430,00
Soporte para CTO	40	\$ 3,30	\$ 132,00
kit roseta óptica	410	\$ 17,82	\$ 7.306,20
Herraje de Almacenamiento	300	\$ 2,00	\$ 600,00
Preformado de retención tipo A	400	\$ 3,70	\$ 1.480,00
Herraje para suspensión tipo B	600	\$ 2,20	\$ 1.320,00
Postes	40	\$ 239,30	\$ 9.572,00
Herraje tipo A con abrazadera para postes	500	\$ 4,70	\$ 2.350,00
Chasis OLT	1	\$ 1.374,00	\$ 1.374,00
Tarjetas OLT 8 puertos	1	\$ 800,00	\$ 800,00
Decoder IPTV	410	\$ 78,40	\$ 32.144,00
kit (par) Patchcord SC/APC	500	\$ 14,99	\$ 7.495,00
kit (docena) Pigtail SC/APC	16	\$ 49,95	\$ 799,20
Manga óptica 4 hilos	1	\$ 62,00	\$ 62,00
ONT	410	\$ 57,00	\$ 23.370,00
		<b>Total</b>	<b>\$ 167.173,78</b>

**Tabla 4: Componentes a usar**

Como se puede observar en la tabla 4, la cuantificación de los equipos realizada para los 410 clientes, esta cuantificación depende de un inventario realizado que cubre la máxima capacidad de clientes que el OLT puede otorgar para el área elegida donde el OLT brinda una

capacidad máxima de 128 clientes por puerto GPON [45], [33], [38], [27], [2], [54], [46], [29], [16], [28], [26], [39], [30], [12] y [32].

La fibra óptica a usar es del tipo monomodo de la recomendación ITU-T G.652 y G.657 debido a que opera entre una ventana óptica de 1310 a 1610 nm además de su gran capacidad en cuanto ancho de banda. Tanto la fibra óptica que viene de la ruta de la Spondylus y cuyo recorrido sigue hasta llegar hasta el centro de la comunidad, así mismo como la fibra Feeder, pertenecen así mismo del tipo monomodo.

Debido a que en la comunidad de Ayangue está conformado por 45 cuadras, cada cuadra tiene aproximadamente 8 viviendas y además existe un área residencia, por tanto el total de viviendas que existen en la comunidad de Ayangue es de 410 viviendas, se ha planteado que para cubrir todo Ayangue se ha separado en 4 áreas, cada área estará conformado por 15 viviendas dando un total de 45 cuadras además se incluirá el área residencial que será la cuarta área a cubrir por tanto el cable de Fibra Feeder a usar será de 6 hilos.

Cada hilo será para cubrir un área distinta, cada área tendrá el esquema hecho previamente en la sectorización del diseño presentado en la Figura 3.6a, así que por cada Splitter de 1:12 se usarán solo 9 puertos de salida, el CTO es de 1:16, entonces se tiene que cada área cubrir a 144 viviendas sin embargo, cada puerto del OLT soportará un máximo de 128 usuarios quedando 16 puertos de reserva más los 3 puertos de reserva del Splitter. Como se puede observar en la Figura 3.7 se puede observar el esquema GPON de forma reducida para la comunidad de Ayangue. Las áreas de Ayangue se presentarán en la sección de Anexos.

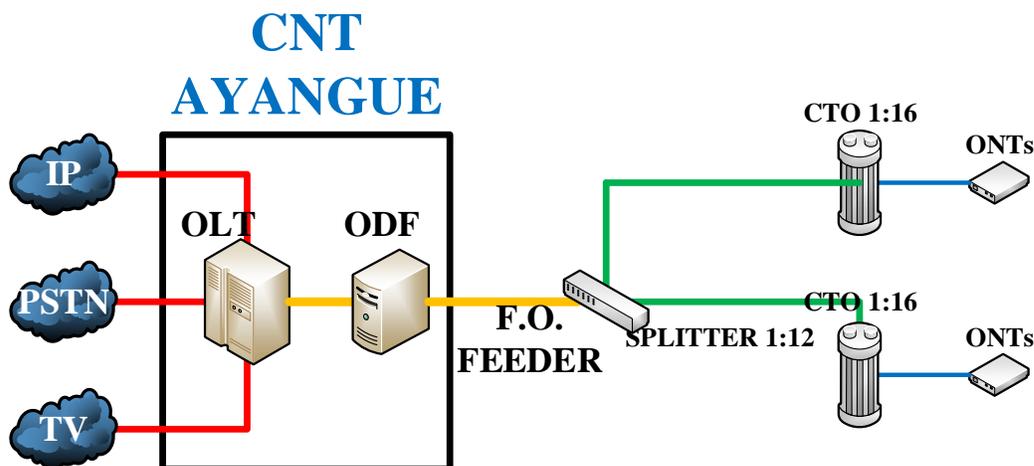


Figura 3.7: Diseño para acceso Internet, Voz y Tv

Fuente: Personal

### 3.6.3 Servicio de telefonía

Debido al turismo una excelente opción sería implementar servicios de telefonía pública en cyber para que además del servicio de red, también ofrezca servicios de voz. Por lo general los cyber están ubicados en el sector más concurrido de la comunidad de Ayangue.

#### 3.6.3.1 Servicio con Pots

El ONT posee un puerto llamado FXS que se utiliza para la conexión de un teléfono convencional y a través de este puerto se pueden realizar y recibir llamadas, esto se debe a que brinda la funcionalidad de gateway VoIP embebido en el ONU u ONT, para ello, estos dispositivos soportan el protocolo SIP.

Las señalizaciones que se usan para los servicios de telefonía proporcionados por fibra óptica son, T1 con 24 canales de voz y E1 con 32 canales de voz.

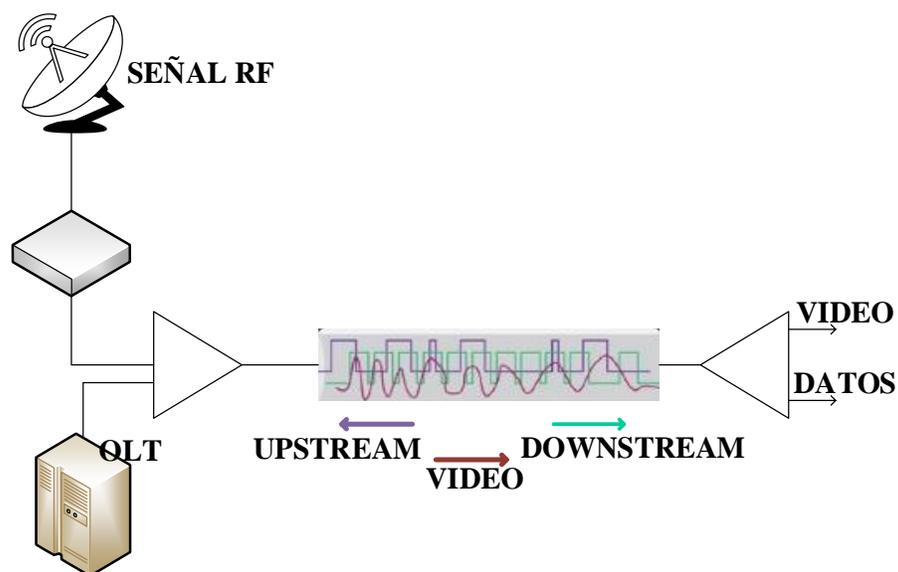
La instalación de este servicio público sería posible, si la ONT tiene varios puertos FXS y para el proceso de facturación sería con la instalación de un software en una computadora. También se puede instalar un servicio de telefonía pública en tiendas pequeñas aledañas al sector que dispongan de una computadora para poder brindar servicio de impresiones, escaneos y copias.

#### **3.6.3.2 Servicio con VoIP**

La mejor opción para la implementación de VoIP sería para ofrecer servicios de telefonía IP o ATA a los hoteles usando su propia red. Un servicio comunitario que se puede brindar a la comunidad de Ayangue, sería que todas las llamadas que se realicen dentro de la comunidad, sean gratuitas y administradas por el nodo de Ayangue, sin embargo las llamadas serán cobradas si se realizan fuera de la comunidad.

#### **3.6.4 Servicio de televisión**

Cabe recalcar que las señales ópticas son transmitidas desde la OLT con una longitud de onda de 1490 nm en sentido downstream, mientras que las ONT se comunican en sentido upstream con una longitud de 1310 nm. Para poder brindar servicio de TV mediante señal RF, se debe de inyectar una longitud de onda de 1550 nm, esta longitud de onda viene desde una cabecera de TV que contiene todos los canales tanto de televisión satelital como televisión terrestres que luego deberá ser modulada y después se enlazará con el Splitter de primer nivel usando un filtro WDM tal como se muestra en la Figura 3.8



**Figura 3.8: Transmisión de voz y datos por fibra**

**Fuente: Personal**

La señal RF se envía a un láser altamente lineal y se envía a través de la red GPON en la longitud de onda de 1550 nm, en el sitio donde se encuentra el usuario, el ONT posee un puerto CATV que mediante a un cable coaxial se conectará a la TV, sin embargo siendo que CNT ya mantiene televisión vía satelital, sale más caro implementar o enlazarse a un cabecera de TV independiente a CNT tal como lo posee Tv cable, por tanto usar este método como método alternativo, sale menos rentable.

Por otro lado, el sistema IPTV, transmite las señales de TV en forma de paquetes IP y evita el uso de cabeceras de TV, sistema de láseres lineales y amplificadores ópticos, para el funcionamiento del sistema IPTV, se configura una dirección IP en un decodificador.

Los servicios de video más importantes son:

- a) SDTV o servicio de video estándar sobre IPTV que ofrece un servicio de televisión con más de 30 canales.
- b) HDTV o video de alta definición sobre IPTV, para este tipo de difusión de video, se utiliza la codificación MPEG-4 a 7,5 Mbps o la codificación WM9 a 10 Mbps. Este servicio brinda más de 10 canales.
- c) VoD o video bajo demanda; este servicio permite al usuario el acceso a contenido multimedia de forma personalizada. El usuario puede elegir la programación que desee sin depender del horario de programación.
- d) PPV o pago por ver; este servicio ofrece la modalidad de televisión por pago en el que el usuario paga por ver películas o un evento especial a transmitirse.

### **3.6.5 Servicio de Datos**

Los servicios de datos ofrecidos por GPON-FTTH son servicios de datos de banda ancha, así se puede ofrecer servicio de Internet de gran velocidad ofertando gran cantidad de posibilidades. Las más importantes son:

- a) Servicios de entretenimiento digital tales como descarga de videos, programas, películas y juegos.
- b) Servicios de entretenimiento a nivel de juegos online que requieren un gran ancho de banda debido a la complejidad del software y la cantidad de usuarios conectados.

Los anchos de banda que consumes los múltiples servicios otorgados por GPON se muestran en la Tabla 5.

<b>Servicio GPON</b>	<b>Upstream 1310 nm</b>	<b>Downstresam 1490 nm</b>
SDTV	64 kbps	4 Mbps
HDTV	64 kbps	16 Mbps
VoD	64-128 kbps	6 Mbps
Voz	64-256 kbps	64-256 kbps
Juegos en Línea	2-3 Mbps	2-3 Mbps
Navegación	128-640 kbps	128 kbps-1,5 Mbps
Transferencia de archivos	128-512 kbps	128-512 kbps
	<b>Total</b>	<b>31,26 Mbps</b>

**Tabla 5: Ancho de banda que consume los servicios**

La tabla 5 muestra el total de ancho de banda que se consume cuando los servicios funcionan simultáneamente, estos son los servicios que por lo general son adquiridos por usuarios en lugares residenciales o regiones urbanas [14, Ch. 3, pp. 132].

Los anchos de banda que cada cliente tiene por división se detallan en la Tabla 6.

<b>Transmisión</b>	<b>GPON</b>	<b>Cliente División 1:8</b>	<b>Cliente División 1:16</b>	<b>Cliente División 1:32</b>	<b>Cliente División 1:64</b>	<b>Cliente División 1:128</b>
Upstream (1310 nm)	1,2 Gbps	150 Mbps	75 Mbps	37,5 Mbps	18,75 Mbps	9,37 Mbps
Downstream (1490 nm)	2,5 Gbps	312,5 Mbps	156,25 Mbps	78,12 Mbps	39,06 Mbps	19,53 Mbps

**Tabla 6: Ancho de banda por cliente**

Como se puede observar, en la tabla 6 que el ancho de banda que suministra GPON, soporta los servicios otorgados por Internet, Voz y Tv.

Para el diseño propuesto en este proyecto, tomando en cuenta el tipo de servicios que los usuarios de zonas rurales puedan desear en los momentos de mayor actividad, se ha determinado el mínimo ancho de banda que se puede ofrecer por vivienda.

Los servicios que los clientes masivos necesitan se muestran en la Tabla 7.

<b>Servicio GPON</b>	<b>Upstream 1310 nm</b>	<b>Downstream 1490 nm</b>
SDTV	64 kbps	4 Mbps
Voz	64-256 kbps	64-256 kbps
Juegos en Línea	2-3 Mbps	2-3 Mbps
Navegación	128-640 kbps	128 kbps-1,5 Mbps
Transferencia de archivos	128-512 kbps	128-512 kbps
	<b>Total</b>	<b>9,65 Mbps</b>

**Tabla 7: Ancho de banda mínimo ofrecido en áreas rurales**

La tabla 7 muestra el total de ancho de banda que se consume cuando todos los servicios son usados de manera simultánea por un usuario, los servicios que se presentan en la tabla superior representan a los otorgados en las regiones rurales debido a que para estos usuarios es importante tener un buen servicios de internet, telefonía y televisión [14, Ch. 3, pp. 132].

### 3.6.6 Ancho de Banda del Sistema

Para determinar del ancho de banda a contratar en el enlace troncal a contratar para poder brindar los servicios a cada uno de los clientes, se debe conocer las siguientes variante como por ejemplo el ancho de banda garantizado que debe de tener cada uno de los usuarios en el peor de los casos, en este caso se tiene dos tipos de clientes:

- Clientes Populares: su ancho de banda garantizado en el peor de los casos debe de ser 9,65 Mbps, este valor se obtiene

cuando un usuario está usando todos los servicios descritos en la tabla 7.

- Clientes Residenciales: su ancho de banda garantizado en el peor de los casos es de 31,26 Mbps, este valor se obtiene cuando un usuario está usando todos los servicios descritos en la tabla 5.

Conociendo los datos de ancho de banda garantizado por tipo de cliente, se debe estimar el porcentaje de usuarios que están utilizando los servicios simultáneamente. El porcentaje por cliente residencial es de 0,7% debido a que al cubrir mayor área hay mayor probabilidad de que estén conectados simultáneamente en hora pico. El porcentaje de cliente popular es de 0,6% debido a que al cubrir menor área hay mayor probabilidad de que estén conectados simultáneamente en hora pico sin embargo ellos traen mayor cantidad de dispositivos terminales. Por tanto se tiene:

Ancho de banda\_1=  $(128 \times 0,7\%) \times (9,65 \text{ Mbps})$ ; donde 128 es la cantidad de clientes populares por área.

Ancho de banda\_1= 864,64 Mbps; para clientes populares.

Ancho de banda\_2=  $(64 \times 0,6\%) \times (31,26 \text{ Mbps})$ ; donde 64 es la cantidad de clientes residenciales en su área.

Ancho de banda\_2= 1200 Mbps; para clientes residenciales.

La cantidad de ancho de banda a contratar en el enlace troncal es la suma de los resultados obtenidos, así que:

Ancho de banda\_total=  $864,64 + 1200$ .

Ancho de banda\_total= 2064,64 Mbps.

### **3.7 Normas de CNT para el diseño**

#### **3.6.1 Postes**

Se utilizan postes de hormigón 10 a 12 metros longitud; los postes de hormigón serán proyectados de acuerdo al terreno y del vano del cable que será instalado. En la ubicación de los postes se evitarán que estos queden situados cerca a puertas, garajes o que de alguna manera interfieran con la libre circulación y acceso de las personas.

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 [5].

#### **3.6.2 Herrajes**

Son accesorios de acero galvanizado cuya principal función es sujetar el cable de fibra óptica al elemento que lo soporte [5].

##### **3.6.2.1 Herraje de Retención**

Se lo denomina herraje tipo A, se emplea cuando se tiene:

- a) Una caja de distribución.
- b) En caso de un empalme aéreo.
- c) Cuando el tendido del cable de fibra óptica aéreo presente un cambio en su trayectoria.
- d) En las subidas a postes.
- e) En donde se tenga reservas de cable de fibra óptica.

##### **3.6.2.2 Herraje de Paso**

Se denomina herraje tipo B, se lo usa en trayectorias rectas dentro del vano máximo del cable de fibra óptica establecido por el fabricante [5].

### **3.6.2.3 Herraje tipo Brazo Farol**

El herraje tipo Brazo Farol se lo utiliza para retirar el cable de posibles obstáculos o complicaciones en la ruta de instalación del cable. Dependiendo de la dirección del tendido y de la tensión a ser soportada por el herraje se suelda un herraje tipo A o tipo B al brazo farol [5].

### **3.6.3 Procedimiento de diseño georeferenciado para redes FTTH**

Para realizar un diseño de una red de acceso FTTH con tecnología GPON, se debe seguir la siguiente secuencia [5]:

- a) Definir conjuntamente con personal de la Gerencia Comercial la ubicación de la demanda georeferenciada para este tipo de red de acceso.
- b) Recopilación de planimetría georeferenciada del área donde se va a desarrollar el diseño.
- c) Coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en relación a las ordenanzas locales sobre el uso del espacio público aéreo y el soterramiento de cables.
- d) Coordinación con empresas eléctricas zonales para el uso de la infraestructura existente y el conocimiento de los proyectos que involucren la zona de diseño.
- e) Establecimiento o verificación de la ubicación de la OLT.
- f) Censo y levantamiento de información georeferencial.
- g) Diseño de la red de Feeder, distribución y dispersión.
- h) Diseño de la obra civil, canalización y pozos.
- i) Planos de obra georeferenciados.

### 3.6.4 Recopilación de planimetría georeferenciada del área donde se va a desarrollar el diseño

Se debe recabar la planimetría georeferenciada del área objeto del diseño mediante fuentes confiables: IGM, INEC, Municipios, Consejos Cantonales entre otros, mientras mayor información se pueda conseguir en los planos (lotizaciones, oficinas públicas, ríos, quebradas, etc.) mayor será la eficiencia del diseño. Es importante señalar que una vez conseguida la planimetría digital se debe verificar que esté en escala 1:1, ya que de esta manera se garantiza que las distancias y longitudes sean reales [5].

### 3.7 Calculo de atenuación

Atenuación Splitter 1:12=  $a_{s2}=12,45$  dB

$a_{s1}=0$ ; debido a que existe un solo Splitter

Atenuación Conectores= $a_c= 0,5$  dB

Atenuación Empalme por fusión= $a_f= 0,1$  dB

Atenuación de fibra monomodo= $a_{mon/km}=0,35$  dB/km

Longitud total de fibra=  $L_{fo11}= 0,38$  km

Longitud total de fibra=  $L_{fo12}= 0,52$  km

Longitud total de fibra=  $L_{fo13}= 0,58$  km

Longitud total de fibra=  $L_{fo21}= 0,45$  km

Longitud total de fibra=  $L_{fo22}= 0,59$  km

Longitud total de fibra=  $L_{fo23}= 0,65$  km

Longitud total de fibra=  $L_{fo31}= 0,53$  km

Longitud total de fibra=  $L_{fo32}= 0,67$  km

Longitud total de fibra=  $L_{fo33}= 0,73$  km

Cantidad de conectores entre OLT y ODF hay 2; entre Splitter, CTO y roseta óptica hay 3.

Cantidad de empalmes por fusión entre ODF y Splitter hay 1; entre el CTO y roseta óptica hay 2.

Cantidad de conectores= $n_c=5$ .

Cantidad de empalmes por fusión= $n_f=3$ .

Atenuación total= $a_t$

$$a_t = (a_{s1} + a_{s2}) + (a_{\text{mon/km}} * L_{fo}) + (a_c * n_c) + (a_f * n_f)$$

$$a_{t1} = (0+12,45) + (0,35*0,38) + (0,5*5) + (0,1*3) = 14,98 \text{ dB}$$

$$a_{t2} = (0+12,45) + (0,35*0,52) + (0,5*5) + (0,1*3) = 15 \text{ dB}$$

$$a_{t2} = (0+12,45) + (0,35*0,58) + (0,5*5) + (0,1*3) = 15,01 \text{ dB}$$

$$a_{t2} = (0+12,45) + (0,35*0,45) + (0,5*5) + (0,1*3) = 14,99 \text{ dB}$$

$$a_{t2} = (0+12,45) + (0,35*0,59) + (0,5*5) + (0,1*3) = 15,01 \text{ dB}$$

$$a_{t2} = (0+12,45) + (0,35*0,65) + (0,5*5) + (0,1*3) = 15,01 \text{ dB}$$

$$a_{t3} = (0+12,45) + (0,35*0,53) + (0,5*5) + (0,1*3) = 15 \text{ dB}$$

$$a_{t2} = (0+12,45) + (0,35*0,67) + (0,5*5) + (0,1*3) = 15,02 \text{ dB}$$

$$a_{t2} = (0+12,45) + (0,35*0,73) + (0,5*5) + (0,1*3) = 15,02 \text{ dB}$$

Utilizando el esquema de un solo nivel de Splitter más un CTO, se ha determinado que de acuerdo a los cálculos presentados es posible poder expandir la red hacia las comunidades de Jambelí y San Pedro, esto se debe a que en una región rural de baja densidad poblacional, la mejor opción para diseño sería plantearse una red con menor cantidad de dispositivos ópticos pasivos, por tanto los niveles de atenuaciones que se presentan serán inferiores en comparación con un esquema de dos Splitter mas CTO donde las atenuaciones serán mayores a 22 dB, se puede decir que con el esquema de Splitter de un nivel, la atenuación que se presentará en el usuario más lejano de la comunidad de Jambelí sería 15,64 dB; por otro lado la atenuación que se presentará en el usuario más lejano de la comunidad de San Pedro, sería de 15,47 dB por tanto los márgenes de atenuación están dentro del rango debido a que usando la tecnología GPON, la máxima atenuación es de 28 dB.

## CAPITULO 4

### 4. SITUACIÓN FINANCIERA

#### 4.1 Inversión Inicial

Los equipos necesarios se detallan en la Tabla 8.

Inversión	Valor
Equipos	\$ 167.173,78
Equipos para O&M	\$ 966,24
Computadora Escritorio	\$ 960,00
Computadora Laptop	\$ 431,90
Vehículo	\$ 22.000,00
<b>Total</b>	<b>\$ 191.531,92</b>

**Tabla 8: Inversión Inicial**

El valor a invertir está dado por varios factores importantes; hay que tomar en cuenta en que se tienen 410 clientes en la comunidad de Ayangue a quienes se les va a mejorar el servicio a través de la migración de la tecnología actual. Sabiendo esto, la inversión se obtiene del valor por los equipos a usar, el valor por la adquisición de un vehículo y el valor que se obtiene por una cuenta llamada Equipos para O&M y otras cuentas adicionales. En la cuenta de Equipos para O&M se describe la adquisición de dispositivos que serán de utilidad para que los dos operadores y los dos técnicos puedan comunicarse entre ellos o con la central [9], [36], [41] y [44].

#### 4.2 Estado financiero

##### 4.2.1 Mano de obra para instalación del Proyecto

El total de mano de obra Especializada y Técnica, está contabilizado para la cantidad de tiempo en que el proyecto se va a efectuar hasta la culminación de su implementación.

La mano de obra Especializada representa a una mano de obra capacitada en el área de la ingeniería, monitorización y control de tráfico de datos.

Por otro lado la mano de obra Técnica representa una mano de obra capacitada en el área de planta externa.

Básicamente son los responsables de efectuar los enlaces desde la fibra óptica principal hasta la última milla.

Los valores que se requieren para la mano de obra de implementación se muestran en la Tabla 9a y Tabla 9b.

Mano de obra Implementación		Cantidad/longitud [m]	Precio	Precio Total
<b>Especializada</b>				
	Instalación y programación de OLT, ODF y pruebas	1	\$ 7.740,00	\$ 7.740,00
<b>Total mano de obra implementación Especializada semanales</b>				\$ 7.740,00
<b>Total mano de obra Especializada durante 4 semanas de implementación</b>				\$ 30.960,00

**Tabla 9a: Tabla mano de obra especializada**

Mano de obra Implementación		Cantidad/longitud [m]	Precio	Precio Total
<b>Técnica</b>				
	Instalación Splitter 1:12	4	\$ 120,00	\$ 480,00
	Tendido e instalación de fibra óptica en postes durante implementación	55000	\$ 0,63	\$ 34.650,00
	Instalación CTO	40	\$ 120,00	\$ 4.800,00
	Instalación de Herraje tipo A con Abrazadera para postes	500	\$ 1,10	\$ 550,00
	Instalación de Herraje para suspensión tipo B	600	\$ 1,10	\$ 660,00
	Instalación Preforma de retención tipo A	400	\$ 8,80	\$ 3.520,00
	Herraje de Almacenamiento	300	\$ 1,10	\$ 330,00
<b>Total mano de obra implementación Técnica por mes</b>				\$ 44.990,00
<b>Total mano de obra Técnica durante 4 meses de implementación</b>				\$ 179.960,00

**Tabla 9b: Tabla de mano de obra técnica**

De acuerdo a los valores monetarios presentados en la tabla 9a y tabla 9b, se van a tomar en cuenta en el momento que inicia hasta que termina la implementación, estos valores se los tomará como inversión y serán parte de la cuenta de los equipos. Esto se debe a que al adquirir los equipos también se va a adquirir la mano de obra que se encargará de la implementación del proyecto, la mano de obra que se encargará de la instalación y el mantenimiento de la red se la visualizará más adelante [16] y [25].

EL valor que se requiere para la inversión total se detalla en la Tabla 10.

<b>Inversión</b>	<b>Valor</b>
Equipos	\$ . 173,78
Equipos O&M	\$ 966,24
Computadora Escritorio	\$ 960,00
Computadora Laptop	\$ 431,90
Mano de Obra Implementación Especializada	\$ 30.960,00
Mano de Obra Implementación Técnica	\$ 179.960,00
Vehículo	\$ 22.000,00
<b>Total</b>	<b>\$ 402.451,92</b>

**Tabla 10: Inversión Inicial Total**

La tabla 10 representa el valor de la inversión inicial total estimado para 410 clientes luego de haber tomado en cuenta la cantidad a invertir en la mano de obra de implementación técnica y especializada. La razón de porque se ha añadido estas cantidades es porque es necesaria la presencia de personal que se encargue de implementar el proyecto en la región de Ayangue [25].

#### 4.2.2 Facturación Operadores y Técnicos

Los valores a pagar por los operadores se muestran en la Tabla 11.

<b>Operadores</b>		
	\$	800,00
<b>Total 2 Operadores al mes</b>		\$ 1.600,00
<b>Total Operadores + Beneficios anual</b>	\$	32.640,00
<b>Técnicos</b>		
Mantenimiento ONT	\$	460,00
Mantenimiento IPTV	\$	180,00
<b>Total 2 Técnicos al mes</b>		\$ 1.280,00
<b>Total Técnicos + Beneficios anual</b>	\$	26.112,00

**Tabla 11: Tabla de instalación y mantenimiento**

La tabla 11 representa el valor que se debe de cancelar a los técnicos, se incluye los beneficios otorgados por la ley.

Sabiendo los datos de la mano de obra especializada y técnica; esos datos serán facturados una sola vez, sin embargo, la instalación y mantenimiento de los equipos así como la monitorización de los mismos serán facturados una vez al mes, por tanto se necesita facturar los gastos por operadores y técnicos.

Los técnicos harán visitas a los usuarios por tanto cada la empresa pagará por sus servicios por cada mantenimiento correctivo que hagan, mientras que los operadores se encargarán de monitorizar el estado de las redes del sistema implementado en la comunidad así como el estado de la red del cliente, además estos serán capaces de verificar cualquier falla o cambio de configuración de los ONT sin necesidad que los técnicos estén presentes en las instalaciones del cliente.

### 4.2.3 Cuentas adicionales

En la Tabla 12 se detallan varias cuentas adicionales.

<b>Cuenta</b>	<b>Valor</b>
Capacitación Anual	\$ 1.000,00
Servicios básicos	\$ 457,00
Guardianía	\$ 589,39
Mantenimiento vehicular cada 4 meses	\$ 150,00
Repuesto vehicular cada 4 meses	\$ 350,00
Plan Móvil	\$ 51,96
Publicidad	\$ 250,00
Material de Oficina	\$ 100,00
Combustible Semanal	\$ 50,00
Mantenimiento de Edificio Semestral	\$ 3.000,00

**Tabla 12: Gastos Elementales**

Las cuentas presentadas en la tabla 12 son datos adicionales que se facturarán durante el transcurso del proyecto, funcionamiento y el mantenimiento del mismo.

Gastos vehiculares representa a la adquisición y mantenimiento de repuestos durante calculado en el inicio de las actividades [34] y [37].

## 4.3 Tiempo de realización

### 4.3.1 Planteamiento del problema y Estudio de demanda actual

Para iniciar el cobro de los servicios a brindar, se debe de tomar en cuenta el momento y el tiempo en que se empezó a plantear el problema, junto con el estudio de la demanda. El planteamiento del problema revisa el estado actual de una red implementada, busca sus debilidades para realizar mejoras sobre la tecnología usada o realiza el análisis de una

nueva tecnología capaz de resolver los problemas presentados, se estima que dos semanas tomará el planteamiento del problema.

Para el estudio de la demanda, se debe tener un análisis más detallado, debido a que se contabiliza las familias y de ellas se busca quienes son los clientes potenciales, además de forma paralela, se realiza un análisis del lugar para determinar el tipo de canalización a usar y el recorrido que toman los enlaces desde el nodo hasta la última milla, para esto, es necesario tener el mapa de la comunidad. El tiempo que tomará el estudio de la demanda será de aproximadamente tres meses, posterior al planteamiento de problema.

#### **4.3.2 Diseño y Equipos a usar**

El diseño de la red toma en consideración los puntos anteriores para cubrir las necesidades de los clientes potenciales. Una vez seleccionada el tipo tecnología a usar, se debe revisar las características de los equipos que sean compatibles con la tecnología empleada. El tiempo que tomará el diseño de la red junto con el análisis de las características de los equipos, será de aproximadamente un mes y medio posteriormente se realizará una revisión del diseño junto con los equipos a emplear que durará dos semanas, en la etapa de revisión se aprueba el diseño para que posteriormente se haga el pedido de los equipos, caso contrario se debe de replantear el diseño hasta garantizar que el proyecto representa una rentabilidad. El pedido y llegada de los equipos tomará un tiempo aproximado de tres meses.

#### **4.3.3 Implementación**

La implementación de la red involucra el tendido de la red de planta interna y externa, además de la instalación y configuración de los equipos ubicados en el nodo. Debido a que el tiempo en que toman los equipos en llegar, durante ese tiempo es posible realizar la implementación de los

enlaces, así una vez que lleguen, se procederá a instalarlos, configurarlos y hacer pruebas de los enlaces para verificar el nivel de atenuación. El tiempo que tomará la implementación técnica será de aproximadamente tres meses y medio; durante ese tiempo en paralelo a la obtención de los equipos, se tomará tres meses y medio para el tendido de los enlaces, luego una vez obtenidos los equipos, el tiempo de instalación, configuración y prueba de los mismos será de aproximadamente dos semanas.

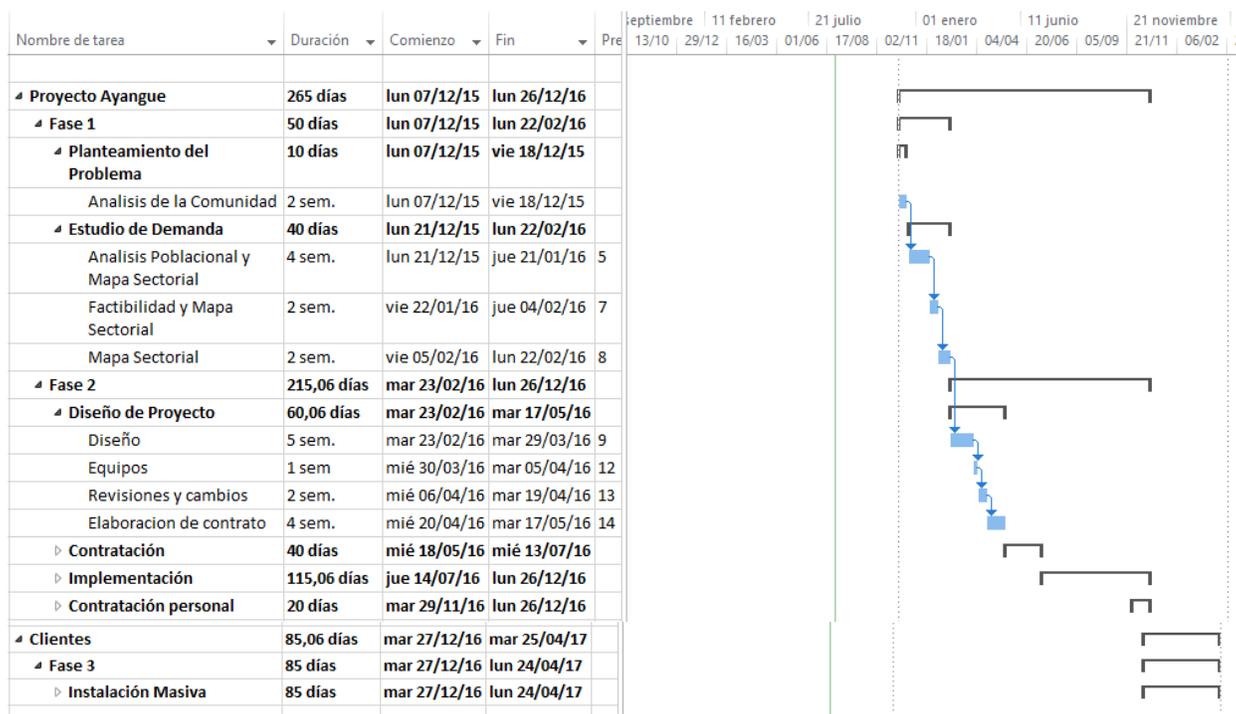
#### **4.3.4 Inicio de actividades**

El tiempo total que toma desde el planteamiento del problema hasta la implementación de los equipos será de aproximadamente nueve meses.

Una vez culminado el tiempo de realización que empezó con el análisis de la comunidad hasta la implementación de los equipos, se empezará a informar a los clientes el cambio de tecnología y los beneficios que tendrán de esta, con una duración de una semana. Posteriormente se empezará a instalar los equipos en el domicilio a todos los usuarios, a partir de allí se empezará a facturar, monitorizar y darle mantenimiento cada vez que el cliente lo pida.

Las personas encargadas del mantenimiento de la red implementada y de los clientes serán los operadores y los técnicos, por otro lado, en la implementación de la red diseñada, las personas encargadas de la instalación y configuración de los equipos serán una mano de obra especializada en dichos equipos, en cambio las personas en cargadas del tendido de los enlaces de planta externa e interna serán un tipo de mano técnica que es parte de CNT.

En los anexos se podrá apreciar de manera detallada un flujograma de las actividades realizadas de manera secuencial, sin embargo la Tabla 13 muestra un flujograma de tiempos de forma resumida.



**Tabla 13: Tabla de Tiempos**

La tabla 13 representa el cronograma de actividades para la realización del proyecto demostrando el tiempo que tomará el análisis, el diseño y la implementación del mismo para que posteriormente durante un período de tiempo informar a los clientes sobre las mejoras realizadas.

#### 4.4 Flujo de Caja

En la Tabla 14 se aprecia el flujo de caja para cinco años.

	<b>AÑO 0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>
Saldo Anterior		\$ (402.451,92)	\$ (293.371,32)	\$ (165.170,32)
Inversión Inicial	\$ (402.451,92)			
Ingresos		\$ 206.012,80	\$ 225.133,20	\$ 225.133,20
Egresos		\$ 96.932,20	\$ 96.932,20	\$ 96.932,20
Flujo Neto	\$ (402.451,92)	\$ 109.080,60	\$ 128.201,00	\$ 128.201,00
Flujo Acumulado	\$ (402.451,92)	\$ (293.371,32)	\$ (165.170,32)	\$ (36.969,32)
<b>VAN</b>	\$ 42.612,21			
<b>TIR</b>	16%			

<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
\$ (36.969,32)	\$ 91.231,68
\$ 225.133,20	\$ 225.133,20
\$ 96.932,20	\$ 96.932,20
\$ 128.201,00	\$ 128.201,00
\$ 91.231,68	\$ 219.432,68

**Tabla 14: Flujo de Caja**

En la tabla 14 se muestra el Flujo de Caja del proyecto realizado para los 410 clientes y proyectado a cinco años, cuyos valores monetarios se contabilizaron para los ingresos y gastos facturados en el primer año de actividades. Teniendo esos datos, se podrá realizar una estimación para obtener un margen de ganancias. El proyecto tomará 265 días laborables, luego a partir de eso, habrá un periodo de información a los clientes sobre la migración tecnológica.

Luego se empezará a realizar las instalaciones apropiadas en las viviendas de los usuarios, por tanto, las ganancias se las empezará a obtener un año después del tiempo de instalación, sin embargo se ha estimado que la recuperación de la inversión será en el cuarto año de actividades.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. Para el diseño de la red, se hizo el análisis para determinar el tipo de fibra óptica apropiada a usar, pues siguiendo las recomendaciones adecuadas, se tomará en cuenta dichos valores para que el diseño esté dentro de un margen de atenuación aceptable.
2. La máxima distancia que debe haber entre la central y el ONT, con el uso de la tecnología GPON para que pueda operar con atenuaciones no mayores a 28 dB es de 20 km, sin embargo, con el uso de la tecnología de cobre la máxima distancia que debe haber entre ambas partes es de 5 km, por tanto con GPON se puede tener una área de cobertura más amplia.
3. La máxima distancia que hay en la comunidad de Ayangue entre el OLT y el usuario más distante es de aproximadamente 3 km.
4. El diseño de una red basado en GPON depende del lugar a implementar. El diseño varía en cuanto a que si se piensa implementar esta tecnología en un pueblo/ciudad o en una ciudadela.
5. El diseño realizado está orientado a una área establecida; esta área ha sido elegida tomando en cuenta la densidad poblacional sobre un área cualquiera y sobre la disponibilidad de los usuarios a adquirir los servicios de Video, Voz y Datos.
6. La tecnología GPON permite la incorporación de 128 usuarios por puerto a diferencia de EPON que permite incorporar 256 usuarios por puerto, esto puede ser una ventaja tomando la mayor cantidad de usuarios por puerto, sin embargo a mayor cantidad de usuarios por puerto menor será la cantidad de ancho de banda máximo por usuario evitando la incorporación de servicios tales como basados en protocolos IP tales HDTV, VoD, Videoconferencia.

7. El principal objetivo de GPON es ofrecer mayor ancho de banda que sus predecesoras y lograr mayor eficiencia para el transporte de los servicios basados en IP.
8. El valor de la inversión calculado se debe a una actualización de la tecnología actual a GPON, por tanto para poder migrar a la nueva tecnología, se va a reciclar los elementos existentes tal como es el caso de la Central CNT (se ahorrará gastos en terreno, diseño y construcción del edificio), los postes para la ruta del cable ADSS, permisos, etc.
9. El cálculo financiero al ser realizado para toda la comunidad, las ganancias serán rentables debido a que se aprovecha los recursos del OLT y a mayor cantidad de clientes mayores ingresos se tendrán. Cada tarjeta del OLT posee 8 puertos y cada puerto soporta un máximo 128 usuarios por tanto en una sola tarjeta es posible tener 1024 clientes que tendrán internet, voz y datos.
10. Para el análisis financiero hecho para toda la comunidad, se tiene que para del tercer año se tendrá ganancias a medida que pasan los años las ganancias incrementan por tanto es posible expandir el proyecto a las comunidades cercanas a Ayangué ya que esta comunidad consume cuatro puertos del OLT quedando cuatro puertos disponibles, por tanto es posible llegar a tener un expansión. Los diseñadores recomiendan tener un máximo de 64 usuarios que por cada puerto del OLT sin embargo siempre y cuando se ofrezca HDTV que consume 16 Mbps, por lo general este tipo de diseño se orienta a comunidades urbanas.

## RECOMENDACIONES

1. Para este diseño se utilizó un nivel de Splitter con diferentes salidas debido a que la comunidad por ser una región rural, las localidades no son uniformes y el uso de dos niveles de Splitters no es viable debido a que habrá un desperdicio de puertos por Splitter. Sin embargo si se tiene pensado cubrir un área limitada como en el caso de una etapa de una urbanización, es bueno usar dos niveles de Splitters, debido a que cada urbanización tiene un valor exacto de viviendas por localidad a cubrir por tanto se facilita sectorización. Además a mayor cantidad de divisores ópticos en un área amplia, mayor será el valor de atenuación y menor el ancho de banda.
2. Para lugares rurales o con alta humedad y salinidad, es preferible usar redes basadas en la tecnología de fibra óptica debido a que los índices de atenuación se elevan y el índice de relación señal ruido disminuye, por tanto, a pesar de que el ancho de banda no se vea afectado, si se incorporará latencia provocando que los servicios sean de bajo nivel.
3. La televisión satelital posee la ventaja de que puede ser implementado en lugares rurales, sin embargo con el paso del tiempo su elemento pasivo llega a deteriorarse provocando una baja calidad de la señal, es por eso que es recomendable usar el servicio de televisión con fibra óptica cuyos enlaces son invulnerables a daños electromagnéticos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Johnson, «"OPTICAL SYSTEM APPLICATIONS IN PASSIVE OPTICAL NETWORKS",» de *Optical fibres, cables and system*, ITU, 2009, pp. 241-260.
- [2] F. M. Ambrosio, «"CARACTERÍSTICAS DE WDM",» de *COMUNICACIONES ÓPTICAS WDM*, sin publicar, 2012, pp. 9-10.
- [3] F. M. Ambrosio Barrueto, «MULTIPLEXACIÓN POR DIVISION DE LONGITUD DE ONDA,» de "*COMUNICACIONES ÓPTICAS WDM*", sin publicar, 2012, pp. 4-5.
- [4] F. M. Ambrosio, «VENTAJAS DE WDM; VARIACIONES DE WDM,» de "*COMUNICACIONES ÓPTICAS WDM*", sin publicar, 2012, p. 18.
- [5] CNT E.P., «"Normativa Técnica de diseño de Planta Externa con Fibra Óptica",» Ecuador, 2015.
- [6] R. J. Millán, «"GPON (Gigabit Passive Optical Network)",» *BIT*, nº 166, pp. 63-67, Dic. 2007.
- [7] R. J. Millán, «"Tecnologías de banda ancha por fibra óptica",» *La revista de ACTA*, nº 55, pp. 29-36, 2010.
- [8] R.J. Millán; J. Alba, «"Triple Play",» *BIT*, nº 155, pp. 87-89, Feb. 2006.
- [9] M. Abreu, A. Castagna; P. Cristiani, P. Zunino; G. Roldós, G. Sandler, «"Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH)",» *Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica*, nº 7, pp. 38-46, 2009.
- [10] C. R. Rodríguez Zambrano, «"Diseño de una red FTTH para la renovación de los servicios de las operadoras telefónicas de Guayaquil", Tesis Maestría,» Univ. Católica Satiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 29 Noviembre 2012.
- [11] C. O. Añazco Aguilar, «"Diseño básico de redes de acceso FTTH utilizando el estándar GPON", Tesis Maestría,» Univ. Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 22 Mayo 2013.
- [12] D. A. Alcívar Mendoza, «"Estudio para implementación de una red GPON de Teleconet S.A. en la comunidad de Juan Gómez Rendón (PROGRESO)", Tesis Ingeniería,» Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 20 Marzo 2015.
- [13] G. Brito, «"MIGRACIÓN DE LA RED DE COBRE A FIBRA ÓPTICA PARA LA INCLUSIÓN DE NUEVOS SERVICIOS EN LA CENTRAL DE IZAMBA PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT S.A.", Tesis Ingeniería,» Univ. Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2011.

- [14] D. P. Pabón Taco, «"Diseño de una red de acceso GPON para proveer servicios triple play (internet, telefonía y vídeo) en el sector de la Carolina a través de la red del grupo Tvcable", Tesis ingeniería,» Univ. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, Enero 2009.
- [15] J. D. Tinoco Alvear, «"Estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicio de voz, video y datos para la urbanización Los Olivos ubicada el sector Toctesol en la parroquia Borrero de la ciudad de Azogues", Tesis Ingeniería,» Uni. Politécnica Salesiana, Cuenca, Septiembre 2011.
- [16] O. P. Cevallos, «"Análisis técnico económico para la migración de redes de cobre a redes ópticas pasivas en la zona de prioridad a de la ciudad de Quito de acuerdo a la ordenanza municipal Imu40", Tesis Ingeniería,» Univ. Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador, 2013.
- [17] R. D. Lorenti, «"Estudio y diseño de una red FTTB GPON de fibra óptica para servicio de voz, video y datos para el edificio de la Facultad de Especialidades Empresariales de la UCSG", Tesis Ingeniería,» Univ. Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, 2014.
- [18] Dr. Ing. J. Joskowicz, "CONCEPTOS BASICOS DE TELEFONIA", Montevideo: Insituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería Universidad de la República, Uruguay, Agosto 2015.
- [19] J. Orozco, «"Diseño de la red GPON en la ciudad de Cuenca" Capítulo 3,» sin publicar, [En línea]. Available:  
[http://www.academia.edu/11379511/CAPÍTULO\\_3\\_3.\\_DISEÑO\\_DE\\_LA\\_RED\\_ÓPTICA\\_GPON\\_EN\\_LA\\_CIUADAD\\_DE\\_CUENCA\\_2.4\\_DIMENSIONAMIENTO\\_DE\\_CUENCA\\_2.4\\_DIMENSIONAMIENTO\\_DE\\_LA\\_RED](http://www.academia.edu/11379511/CAPÍTULO_3_3._DISEÑO_DE_LA_RED_ÓPTICA_GPON_EN_LA_CIUADAD_DE_CUENCA_2.4_DIMENSIONAMIENTO_DE_CUENCA_2.4_DIMENSIONAMIENTO_DE_LA_RED).
- [20] J.A. Delgado. (2014, Nov.), «Infraestructura de telecomunicaciones,» [En línea]. Available:  
<http://gobernanza.net.ec/infraestructura-y-estandarizacion/infraestructura-en-telecomunicaciones/>.
- [21] D. U. López. (2014, Mayo 28), «TDM,» [En línea]. Available:  
<http://www.tm5multiplexacion.260mb.net/?p=31>.
- [22] A. Noboa. (2011, Mayo 17), «REDES OPTICAS PASIVAS,» [En línea]. Available:  
<http://andreanoboamontenegro.blogspot.com/2011/05/redes-opticas-pasivas-una-red-optica.html>.
- [23] I. Piera; C. Díaz; A. Usero; C. Pérez; F. Agudo, «Redes PON GPON derivados,» Universidad d'Alacant, [En línea]. Available: [http://wikitel.info/wiki/UA-Redes\\_PON\\_GPON\\_derivados](http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivados).
- [24] E. Del Rio. (2014, Jul. 4), «Análisis de los equipos utilizados en una instalación FTTH de Movistar,» [En línea]. Available: <http://fibraoptica.blog.tartanga.net/2014/07/04/analisis-de-los-equipos-utilizados-en-una-instalacion-ftth-de-movistar/>.

- [25] A. Noboa. (2011, May, 17), «ONU/ONT,» [En línea]. Available: <http://andreanoboamontenegro.blogspot.com/2011/05/redes-opticas-pasivas-una-red-optica.html>.
- [26] «Tarjeta GPON Precios,» [En línea]. Available: <http://spanish.alibaba.com/product-original-official-8-port-gpon-olt-interface-board-for-ma5683t-ma5600t-or-ma5680t-olt-gpbd-board-with-8-sfp-modules-1532825846.html>.
- [27] «Splitter 1:12 precios,» [En línea]. Available: [http://es.aliexpress.com/wholesale?catId=0&initiative\\_id=SB\\_20150901180953&isPremium=y&SearchText=Divisor+optico+12+puertos](http://es.aliexpress.com/wholesale?catId=0&initiative_id=SB_20150901180953&isPremium=y&SearchText=Divisor+optico+12+puertos).
- [28] «Racks GPON Precios,» [En línea]. Available: <http://es.aliexpress.com/item/2-m-OLT-42U-server-rack-cabinet-patch-panel-fiber-optic-network-equipment-rack-chassis/32423368211.html>.
- [29] «Postes de Concreto Precios,» [En línea]. Available: [30] <http://www.ie.com.co/subcatego.php?idcategoria=25&idsubcategoria=99&subcategoria=Postes%20de%20Concreto,%20Madera%20y%20Metálicos>.
- [30] «Pigtail Precios,» [En línea]. Available: [http://www.fibertronics-store.com/SC-APC-Fiber-Optic-Pigtail-Options\\_c64.htm](http://www.fibertronics-store.com/SC-APC-Fiber-Optic-Pigtail-Options_c64.htm).
- [31] «Patch Cord Precios,» [En línea]. Available: [http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-407539498-cable-patch-cord-de-fibra-optica-monomodo-scsc-9125um-2mts-\\_JM#redirectedFromParent](http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-407539498-cable-patch-cord-de-fibra-optica-monomodo-scsc-9125um-2mts-_JM#redirectedFromParent).
- [32] «ONT Precios,» [En línea]. Available: [http://es.aliexpress.com/wholesale?catId=0&initiative\\_id=SB\\_20150901181557&isPremium=y&SearchText=HG8240](http://es.aliexpress.com/wholesale?catId=0&initiative_id=SB_20150901181557&isPremium=y&SearchText=HG8240).
- [33] «ODF precios,» [En línea]. Available: [http://es.aliexpress.com/wholesale?catId=0&initiative\\_id=SB\\_20150901181219&isPremium=y&SearchText=ODF+12+puertos](http://es.aliexpress.com/wholesale?catId=0&initiative_id=SB_20150901181219&isPremium=y&SearchText=ODF+12+puertos).
- [34] «Mantenimiento de Edificios,» [En línea]. Available: <http://www.quiminet.com/productos/mantenimiento-de-edificios-7060572885/precios.htm>.
- [35] Comisión Federal de Electricidad, «LISTADO DE PRECIOS UNITARIOS DE MANO DE OBRA,» [En línea]. Available: [http://www.catalogoprecios.cre.gob.mx/Documentos/CATPRE\\_01.pdf](http://www.catalogoprecios.cre.gob.mx/Documentos/CATPRE_01.pdf).
- [36] «Laptops Precios,» [En línea]. Available: <http://www.compudisc.net/laptops/laptops-dell>.

[37] «Guardianía Precios,» [En línea]. Available: <http://www.ppelverdadero.com.ec/pp-policial/item/la-oferta-y-la-demanda-aun-rige-costo-de-la-seguridad-privada-en-el-ecuador.html>.

[38] «Fibra Óptica monomodo Precios,» [En línea]. Available: [http://pichincha.quebarato.com.ec/quito/fibra-optica-de-4-hilos-monomodo\\_\\_63ABD6.html](http://pichincha.quebarato.com.ec/quito/fibra-optica-de-4-hilos-monomodo__63ABD6.html).

[39] «Decoder IPTV,» [En línea]. Available: [http://es.aliexpress.com/wholesale?catId=0&initiative\\_id=SB\\_20150901181644&isPremium=y&SearchText=decodificador+IPTV](http://es.aliexpress.com/wholesale?catId=0&initiative_id=SB_20150901181644&isPremium=y&SearchText=decodificador+IPTV).

[40] «CTO Precios,» [En línea]. Available: <http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=eCommerce&ext=producto&id=60>.

[41] «Camionetas DMAX Precios,» [En línea]. Available: <http://vehiculos.mercadolibre.com.ec/camionetas/chevrolet/dmax/>.

[42] «“Redes de nueva generación”,» [En línea]. Available: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Redes\\_de\\_nueva\\_generación.pdf](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/Redes_de_nueva_generación.pdf).

[43] «OLT GPON – LD 2500,» [En línea]. Available: <http://www.asga.com.br/es/olt-g-pon-ld-2500/>.

[44] «Computadora de Escritorio precios,» [En línea]. Available: <http://www.dell.com/us/business/p/desktops-n-workstations?~ck=mn>.

[45] «OLT Huawei,» [En línea]. Available: <https://e.huawei.com>.

[46] «Soporte CTO,» [En línea]. Available: <http://www.keyfibre.com/soluciones-ftth/cajas-de-distribucion/caja-terminal-optica-multioperador-bmr32/>.

[47] Apuntes de Networking, «La fibra óptica Monomodo y Multimodo,» [En línea]. Available: <http://apuntesdenetworking.blogspot.com/2012/01/la-fibra-optica-monomodo-y-multimodo.html>.

[48] ITU-T. (2006, Dic.), «Recomendación ITU-T G.657,» [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.657-200612-S/es>.

[49] ITU-T. (2009, Nov.), «Recomendación ITU-T G.652,» [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-200911-I/es>.

[50] ITU-T. (2008, Mar.), «Recomendación ITU-T G.984.2,» [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2-200303-I/e>.

[51] «Tipos de Comunicación en la Telefonía IP,» [En línea]. Available:  
<http://www.telefoniavozip.com/voip/tipos-de-comunicacion-en-la-telefonía-ip.htm>.

[52] «¿Que es VoIP? ¿Que es la Telefonía IP?,» [En línea]. Available:  
<http://www.telefoniavozip.com/voip/que-es-la-telefonía-ip.htm>.

[53] «Cables Coaxial,» [En línea]. Available:  
[http://www.uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/teleproceso/apuntes\\_1/cabcoax.htm](http://www.uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/teleproceso/apuntes_1/cabcoax.htm).

[54] «Telefonía IP vs. Telefonía Convencional,» [En línea]. Available:  
<http://www.telefoniavozip.com/voip/telefonía-ip-vs-telefonía-convencional.htm>.

## Anexos

### OLT Huawei MA600T

- Posee ocho slots para tarjetas GPON, cada slot soporta ocho puertos por tarjeta con módulo óptico SFP conectable
- Cada puerto tiene capacidad de 128 usuarios, cada tarjeta soporta 1k usuarios y en total tiene una capacidad de 8k usuarios.
- Modo de configuración DBA flexible: bajo retardo y alta eficiencia de ancho de banda.
- Soporta dispositivos de capa 2 y capa 3 para proporcionar funciones de banda ancha orientados al usuario.
- Soporta un alto ancho de banda con una velocidad de downstream de 2,5 Gbps y de upstream de 1, Gbps.
- Soporta largas distancias. La máxima distancia de transmisión física del ONT es de 60 km, a distancia física entre la ONT más cercana y la más lejana puede ser de hasta 20 km.
- Soporta múltiples modos de acceso y múltiples topologías de red que satisfacen los requerimientos de las redes de los usuarios en diferentes ambientes y servicios.
- Protección contra los ataques DOS.
- Seguridad contra ataques de paquetes ICMP/IP.
- Transmisión broadcast encriptada en la dirección downstream para diferentes usuarios, tal como la encriptación AES.

### **ONT Huawei HG8240**

- Con el uso de la tecnología GPON ofrece acceso de banda ultra ancha.
- Proporciona 2 puertos POTS y cuatro puertos FE/GE de adaptación automática.
- Presenta capacidades de transmisión de alto rendimiento.
- Función Plug and Play
- Diagnostico local usando web y Diagnostico remoto usando OMCI
- Funciones de NAT y Virtual Server

### **CTO**

- Apropiado para instalaciones enterradas, canalizadas o aéreas y es apta para ser instaladas en postes o fachadas.
- Está equipada con 5 o 6 bandejas de empalme de 8 o 16 puertos ópticos preconectorizados.
- Existen 2 tipos de bandejas de la divisores ópticos (normalmente son la bandeja 1 y excepcionalmente la 6) y la bandeja de fusión de 16 posiciones (normalmente la 2, 3, 4, 5).
- La bandeja 2 y 3 “Fibras de 1-8” y “Fibras de 9-16” están destinadas a almacenar las fibras de salida del divisor óptico que están conectorizadas SC/APC.
- Bandeja 4 “Fibra de entrada” están destinadas a almacenar y fusionar la fibra de alimentación con la fibra de entrada del divisor óptico.
- Bandeja 5 constituye una bandeja de reserva
- Bandeja 6 constituye una bandeja de reserva en el caso en que se instale un segundo divisor óptico en el CTO.

## Áreas de Ayangue

Los clientes populares habitan en las áreas de color verde, azul y anaranjado, y los clientes residenciales habitan en el área sombreada de amarillo.



### Comunidad de Jambelí

Situada a 6 Km de la central de CNT de Ayangue



**Latitud: 1°59'52.43"S**  
**Longitud: 80°43'17.09"O**

### Comunidad de San Pedro

Situada aproximadamente a unos 5 km de la central de CNT de Ayangue



### Longitud de la fibra

	Area_1 Km	Area_2 Km	Area_3 Km	Area_4 km	Long. Spondylus/Nodo [km]
<b>Fibra Feeder</b>	0,35	0,38	0,49	0,7	2,81
<b>Sector_1</b>	1,48	1,96	1,5	0,86	0
<b>Sector_2</b>	1,69	2,38	1,73	0,42	0
<b>Sector_3</b>	1,93	2,86	2,12	0	0
<b>Long. Última Milla</b>	7,68	7,68	7,68	3,84	0
<b>Total</b>					
	Long_Feeder+ Long_Spondylus/Nodo [km]		Long. Distribución [km]		Long. Acceso [km]
	4,73		0		0
	0		5,8		0
	0		6,22		0
	0		6,91		0
	0		0		26,88
<b>Total</b>	<b>4,73</b>		<b>18,93</b>		<b>26,88</b>
	Long. Total	Total Fibra			
<b>G.652D [km]</b>	23,66	25			
<b>G.657A [km]</b>	26,88	30			

G.652D=Fibra Troncal+Feeder+Distribución

G.657A=Fibra última milla

La Tabla de Longitud de fibra representa la distancia estimada de fibra óptica que se utilizará para cada área de la comunidad.

### Gastos Operadores y Técnicos

<b>Gastos Operadores y Técnicos</b>	<b>Valor</b>
Gastos Operadores	\$ 32.640,00
Gastos Técnicos	\$ 26.112,00
<b>Total Anual</b>	<b>\$ 58.752,00</b>

### Gastos de Servicio Básico

<b>Gastos Servicios Básicos</b>	<b>Valor</b>
Servicios Básicos	\$ 457,00
<b>Total Anual</b>	<b>\$ 5.484,00</b>

### Gastos Administrativos

<b>Gastos Administrativos</b>	<b>Valor</b>
Guardianía	\$ 589,39
Plan Móvil	\$ 51,96
Publicidad	\$ 250,00
Material de Oficina	\$ 100,00
<b>Total Anual</b>	<b>\$ 11.896,20</b>

### Gastos de Edificio

<b>Gastos de Edificio</b>	<b>Valor</b>
Mantenimiento de Edificio	\$ 3.000,00
<b>Total Anual</b>	<b>\$ 6.000,00</b>

**Egresos anuales**

<b>Costos</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
Gastos Operadores y Técnicos	\$ 34.560,00	\$ 34.560,00	\$ 34.560,00
Gastos Servicios Básicos	\$ 5.484,00	\$ 5.484,00	\$ 5.484,00
Gastos Administrativos	\$ 11.896,20	\$ 11.896,20	\$ 11.896,20
Gastos Edificios	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00
Gastos Vehiculares	\$ 10.800,00	\$ 10.800,00	\$ 10.800,00
Gastos Capacitación	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00
<b>Total Egresos</b>	\$ 72.740,20	\$ 72.740,20	\$ 72.740,20
	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	
	\$ 34.560,00	\$ 34.560,00	
	\$ 5.484,00	\$ 5.484,00	
	\$ 11.896,20	\$ 11.896,20	
	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00	
	\$ 10.800,00	\$ 10.800,00	
	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00	
<b>Total Egresos</b>	\$ 72.740,20	\$ 72.740,20	

**Ingresos anuales**

	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
<b>Cientes Residenciales</b>	\$ 206.012,80	\$ 225.133,20	\$ 225.133,20	\$ 225.133,20	\$ 225.133,20

## Tabla de Tiempos detallada

