



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

**“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED GPON PARA BRINDAR SERVICIOS DE INTERNET, IPTV Y TELEFONÍA PARA LAS COMUNIDADES DE SAQUISILÍ Y SUS ALREDEDORES”**

### **INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:

**KARLA ALEJANDRA CÁRDENAS SOLIS  
KEVIN ANDRÉS TUMALIE GUZMÁN**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2022**

## **AGRADECIMIENTO**

Como no iniciar este agradecimiento hacia Dios, por la vida, la fuerza y la guía para culminar con mi carrera.

También agradezco a los pilares fundamentales de mi vida, mis padres, Alex Cárdenas y Erika Solis, gracias por apoyarme en cada paso del camino, por no dejar que decaiga un solo instante; a mis hermanas Georgina y Sofía ellas con sus palabras de apoyo y abrazos cuando lo necesitaban hicieron que esta larga carrera fuera más fácil de sobrellevar. A mi familia que de una u otro firma fueron parte de este proceso.

Además, quiero agradecer a la familia Torres Vélez quienes me abrieron las puertas de su me tomaron como parte de su familia y otorgándome facilidades para realizar mis estudios. Sin olvidar a mis amigos que gracias a la convivencia con ellos la carrera se vuelve un poco más divertida.

Por último, quiero agradecer a los profesores que fueron parte de la formación académica recibida en ESPOL. En especial a Mag. Washintong Medina y Ing. Luis Vasquez maestros de mi tesis, agradezco por la paciencia y enseñanzas para culminar con ella. Y claro a Kevin Tumalie mi compañero de proyecto con quien llevamos compartimos conocimientos para que todo esto sea posible.

**Karla Alejandra Cárdenas Solís**

Deseo agradecer de primero a Dios, ya que gracias a sus bendiciones me ha permitido culminar con esta etapa dura de mi vida de la mejor forma, con excelente salud, y dándome fuerzas para seguir adelante y no decaer.

Agradezco a mis padres, que siempre me brindaron su apoyo para que pueda cumplir mis metas. Siempre estuvieron conmigo, dándome consejos, compartiendo sus experiencias, sus errores, compartiendo sus conocimientos que de alguna u otra manera me ayudaron a ser mejor persona, compañero y alumno.

Agradezco también a todos mis compañeros que obtuve desde el pre-prolitécnico hasta mis últimos compañeros de virtual, ya que con todos compartí buenas experiencias, consejos, también tuvimos alguno que otro problema, pero al final todos luchábamos por el mismo objetivo y con la ayuda de ellos la universidad hubiera sido más complicada.

Agradezco finalmente, y no menos importante, a mi compañera del proyecto, Karla Cárdenas, que, con su apoyo, sus conocimientos y paciencia, hemos logrado culminar este proyecto con éxito.

**Kevin Andrés Tumalie Guzmán**

# DEDICATORIA

A mis padres siendo ellos los que me formaron con valores y amor para ser una mejor persona y lograr mis objetivos. A mis hermanas porque ellas son el motor para seguir y que se sientan orgullosas de mí, a todas las personas que pusieron un granito de arena para mi formación académica.

**Karla Alejandra Cárdenas Solís**

Este proyecto va dedicado primero a mis padres, ya que fueron y serán siempre mi motivación. A pesar de todas las circunstancias que hemos pasado, siempre me dieron su apoyo incondicional, su paciencia, su amor, nunca permitieron que me faltara algo en mis estudios, si duda alguna, fueron fundamentales para que alcance este logro.

También se lo dedico a mi tía Daysi Muñiz, que mientras estuvo en vida, siempre me aconsejaba, siempre me decía frases de motivación para que siga adelante y no decayera. Se que desde el cielo estarás orgullosa mi querida tía.

Va dedicado a mis abuelitos, que desde el cielo se que siempre me guiaban, y siempre estaban pendiente de mí, y sé que estarán orgullosos por este nuevo logro en mi vida. También a mis abuelitas, que aun las tengo en vida, esto es para ustedes, que desde pequeño me cuidaban con tanto amor, y me brindaron tantos valores para que llegara a triunfar en la vida, sin su ayuda tampoco hubiera sido posible.

**Kevin Andrés Tumalie Guzmán**

# TRIBUNAL DE EVALUACION

---

**Washington Adolfo Medina Moreira**

PROFESOR DE MATERIA INTEGRADORA

---

**Luis Fernando Vásquez Vera**

TUTOR DE TESIS

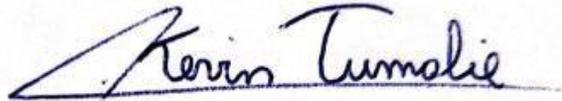
## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad y la auditoría 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.”



---

**Karla Alejandra Cárdenas Solís**



---

**Kevin Andrés Tumalie Guzmán**

## RESUMEN

En el presente documento se realizará un análisis en las comunidades de Saquisilí y sus alrededores, para poder llevar a cabo el diseño de una red GPON, la cual permitirá brindar los servicios de internet, televisión y telefonía con una excelente calidad y a bajo costos, a sus habitantes mejorando su calidad de vida. Uno de los principales problemas en estos sectores, es la falta de estos servicios, y ciertas personas que lo tienen, son de mala calidad y con altos precios. Además, en ciertos casos, tanto como niños y adultos, en ocasiones tienen que trasladarse grandes distancias para poder utilizar el servicio de internet, ya sea por estudio o por trabajo, arriesgando sus vidas, ya que en esos sectores el estado de las carreteras no son el adecuado.

Se plantea realizar una red GPON, la cual pueda llegar a estos hogares que se encuentran alejados de la zona urbana, y poder brindarles estos tres servicios por medio del protocolo IP, ya que, al utilizar fibra óptica, nos permite obtener, mediante el mismo cableado, estos servicios y con una excelente calidad, y a precios accesibles para los habitantes de estas comunidades.

**Palabras Clave:** Red GPON, Internet, servicios, bajos costos, diseño, fibra óptica, triplepack.

## **ABSTRACT**

*In this document an analysis will be carried out in the communities of Saquisilí and its surroundings, in order to carry out the design of a GPON network, which will provide internet, television and telephone services with excellent quality and at low costs, to its inhabitants improving their quality of life. One of the main problems in these sectors is the lack of these services, and certain people who have it, are of poor quality and with high prices. In addition, in certain cases, both as children and adults, sometimes they have to travel long distances to be able to use the internet service, either for study or for work, risking their lives, since in those sectors the state of the roads are not correct.*

*It is proposed to make a GPON network, which can reach these homes that are far from the urban area, and be able to provide these three services through the IP protocol, since, by using fiber optics, it allows us to obtain, through the same wiring, these services and with excellent quality, and at affordable prices for the inhabitants of these communities.*

**Keywords:** *GPON network, Internet, services, low costs, design, fiber optics, triplepack.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
ÍNDICE GENERAL .....	IX
ABREVIATURAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
CAPITULO I.....	17
INTRODUCCION .....	17
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.3 OBJETIVOS .....	19
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	19
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4 ESTADO DEL ARTE.....	20
1.5 ALCANCE.....	26
1.6 METODOLOGÍA.....	26
CAPITULO II.....	27
2 MARCO TEÓRICO .....	27
2.1 GPON .....	27
2.2 NORMAS ITU.....	27
2.3 ELEMENTOS.....	28
2.3.1 ELEMENTOS ACTIVOS.....	28
2.3.2 ELEMENTOS PASIVOS.....	31
2.4 MODELO DE REFERENCIA .....	36
2.4.1 TDM .....	36
2.4.2 TDMA .....	37
2.5 PRESUPUESTO ENERGÉTICO .....	38
2.6 CLASES DE REDES GPON .....	39

2.7	DEFINICIÓN D	
	E IPTV .....	39
2.8	SERVICIOS Y CARACTERÍSTICAS QUE TIENE IPTV.....	39
2.9	CARACTERÍSTICAS DE IPTV.....	40
2.10	TECNOLOGÍAS DE ACCESO PARA IPTV.....	40
2.11	COMPONENTES DE UN SISTEMA DE IPTV .....	40
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>42</b>
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DE LA RED GPON DISEÑADA PARA SAQUISILI Y SUS ALREDEDORES.....</b>	<b>42</b>
3.1	ÁREA DE COBERTURA .....	42
3.2	DEMANDA DE CLIENTES.....	44
3.3	ESTUDIO DE MERCADO.....	45
3.4	COSTOS.....	45
3.5	ANÁLISIS DE ENCUESTA: .....	46
3.6	SERVICIO.....	47
3.7	PROVEEDORES DE TV.....	48
3.8	EQUIPOS .....	50
3.9	OLT (OPTICAL LINE TERMINAL) MA5608T.....	50
3.10	ONT (OPTICAL NETWORK TERMINAL) HG8310M.....	51
3.11	OPTICAL SWITCHING (1036 MIKROTIK).....	52
3.12	ODF (DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA).....	53
3.13	DISEÑO DE PROYECTO .....	54
3.14	SIMULACIONES .....	55
3.15	PROPUESTA DE PLANES Y PRECIOS .....	58
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>60</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>60</b>
4.1	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN .....	60
4.2	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CAMPO .....	65
4.3	CÁLCULO DE POTENCIA ÓPTICA.....	67
4.4	CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA POR CLIENTES .....	70
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>72</b>
	CONCLUSIONES.....	72
	RECOMENDACIONES.....	73

<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>74</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>80</b>
ANEXO 1	
RESULTADOS DE ENCUESTA DE MERCADEO .....	81
ANEXO 2: ANÁLISIS DE LA ZONA GEOGRÁFICA .....	87

## ABREVIATURAS

TDT	Televisión Digital Terrestre
DVB-RCT	Digital Video Broadcasting- Return Channel Terrestrial
ISDB-Tb	Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial Brasil
BPL	Broadband over Power Line
PLC	Power Line Communications)
USFQ	Universidad San Francisco de Quito
UTPL	Universidad Técnica Particular de Loja
ADSL	Asimetric Digital Subscriber Line o Línea de Abonado Digital Asimétrica
FTTH	Fiber To The Home o Fibra para el Hogar.
IPTV	Internet Protocol Television
TIC	Tecnologías de la información Comunicación
PON	Red Óptica Pasiva
GPON	Gigabit Capable Passive Optical Network
NAP	Network Access Point
P2MP	Punto a Multipunto

POS	Componentes Ópticos Pasivos
OLT	Terminal de Línea Óptica
MPLS	Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo
ONT	Terminal de Nodo Óptico
ONU	Unidad de Red Óptica
ODN	Red de Distribución Óptica
TDMA	Acceso Múltiple por División de Tiempo
TDM	Multiplexación por División de Tiempo

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - MÓDULOS DE CONTROL DE LA OLT [37] .....	29
FIGURA 2.2 – COMPONENTE ACTIVO: ONT [38] .....	30
FIGURA 2.3 – COMPONENTE ACTIVO: ONU [39].....	30
FIGURA 2.4 - CABLE DE FIBRA DE 12 HILOS [40] .....	31
FIGURA 2.5 - MONOMODO VS MULTIMODO [41].....	32
FIGURA 2.6 - COLORES MONOMODO Y MULTIMODO [41].....	33
FIGURA 2.7 – EJEMPLO SPLITTER 1:16 [42].....	34
FIGURA 2.8 -EJEMPLO DE ODN DESDE LA OLT HASTA LOS USUARIOS FINALES [43] .....	35
FIGURA 2.9 – SISTEMA TDM [45] .....	36
FIGURA 2.10 – TDMA [46].....	37
FIGURA 2.11 - TDMA CALL [46] .....	38
FIGURA 2.12 - ARQUITECTURA DE IPTV.....	41
FIGURA 3.1 - DIVISIÓN POLÍTICA DEL CANTÓN SAQUISILI [47] .....	43
FIGURA 3.2 - ÁREA GEOGRÁFICA DE ESTUDIO [REF: AUTORES].....	44
FIGURA 3.3 - GRILLA DE CANALES .....	48
FIGURA 3.4 - OLT (OPTICAL LOGICAL TERMINAL) MA5608T [48] .....	51
FIGURA 3.5 - ONT (OPTICAL NODE TERMINAL) HG8310 FUENTE: AUTORES .....	52
FIGURA 3.6 - OPTICAL SWITCHING UNIT (1036 MIKROTIK) [50] .....	53
FIGURA 3.7 - ODF (DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA) [51] .....	53
FIGURA 3.8 - UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES DE LA RED GPON.....	54
FIGURA 3.9 - DISTRIBUCIÓN POR ZONAS .....	55
FIGURA 3.10 - SOFTWARE OPNET MODELER 14.5 .....	55
FIGURA 3.11 - TOPOLOGÍA DE LA RED.....	56
FIGURA 3.12 - APP Y PERFIL .....	56

<b>FIGURA 3.13 - SERVICIOS A SIMULAR.....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 3.14 - CONFIGURACIÓN DE PROTOCOLO DE CADA SERVICIO .....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 3.15 - PERFIL DE LOS SERVICIOS QUE SE VAN A SIMULAR .....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 4.1 - VENTANA DE RESULTADOS .....</b>	<b>60</b>
<b>FIGURA 4.2 - RETARDO DE ENVÍOS DE PAQUETES.....</b>	<b>61</b>
<b>FIGURA 4.3 - PAQUETES ENVIADOS Y RECIBIDOS POR SEGUNDOS EN VIDEO.....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 4.4 - PAQUETES ENVIADOS Y RECIBIDOS EN TELEFONÍA.....</b>	<b>62</b>
<b>FIGURA 4.5- PAQUETES ENVIADOS Y RECIBIDOS EN EL SERVICIO DE INTERNET .....</b>	<b>63</b>
<b>FIGURA 4.6 - ANCHO DE BANDA EN SEÑAL HD.....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURA 4.7 - ANCHO DE BANDA SEÑAL SD. ....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURA 4.8 - ANCHO DE BANDA CONSUMIDO POR UNA LLAMADA DE VOZ. ....</b>	<b>65</b>
<b>FIGURA 4.9 - UBICACION DE CAJAAS NAP EN LA ZONA GEOGRÁFICA.....</b>	<b>66</b>
<b>FIGURA 4.10 - PROYECTO COMPLETO [FUENTE: AUTORES].....</b>	<b>66</b>
<b>FIGURA 4.11 - MODELO DE DISEÑO DE RED GPON (MODELO MASIVO CASAS) .....</b>	<b>69</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 - PARÁMETROS FIBRA MONOMODO [41] .....	33
TABLA 2.2 - PARÁMETRO FIBRA MULTIMODO [41] .....	34
TABLA 2.3 - PÉRDIDA POR DIVISORES O SPLITTERS .....	38
TABLA 2.4 - CLASE DE PÉRDIDAS EN EL TRAYECTO ÓPTICO .....	39
TABLA 3.1 - POBLACIÓN VS PORCENTAJE .....	44
TABLA 3.2 - COSTOS MATERIALES Y EQUIPOS .....	46
TABLA 3.3 - OTROS POOVERDORES CONOCIDOS POR LOS HABITANTES .....	47
TABLA 3.4 - FUTUROS PROVEEDORES DE TV .....	49
TABLA 4.1 - CÁLCULO DE ATENUACIÓN DE LA POTENCIA EN ZONA 1 .....	68
TABLA 4.2 - CÁLCULO ATENUACIÓN DE LA POTENCIA EN ZONA 2 .....	68
TABLA 4.3 - CÁLCULO ATENUACIÓN DE LA POTENCIA EN ZONA 3 .....	68
TABLA 4.4 - CÁLCULO ATENUACIÓN DE LA POTENCIA EN ZONA 4 .....	69
TABLA 4.5 - CÁLCULO ATENUACIÓN DE LA POTENCIA EN ZONA 5 .....	69
TABLA 4.6 - ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA LOS TRES SERVICIOS .....	71

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

El avance tecnológico en el área de las Telecomunicaciones en Ecuador en los últimos años ha sido muy importante, ya que ha permitido a los ecuatorianos estar al mismo nivel en comunicaciones que otros países más desarrollados. En el ámbito de las conexiones a internet, telefonía y televisión, en los últimos años se ha avanzado mucho, ya que ingresaron tecnologías como HFC (Híbrido fibra y coaxial), FTTH (Fibra Óptica), DTH (Direct To Home), que han hecho la vida de los habitantes mucho más cómoda y de una mejor calidad. [1]

Sin embargo, para la implementación de estas tecnologías (HFC Y FTTH), se requiere mucho tiempo de instalación, una fuerte inversión y conexiones de cableados con sus respectivos nodos, por lo que sus primeros clientes serán las personas que estén en las ciudades y sus alrededores, dejando a las zonas rurales del país en último lugar, provocando en estos lugares un mayor número de analfabetismo y desconocimiento de las nuevas tecnologías. [2]

La implementación de los servicios de telefonía, internet y televisión en zonas rurales, más que un lujo, en la actualidad es una necesidad más aún para nuestros agricultores, campesinos y jóvenes. La innovación de los servicios de comunicaciones permite identificar y definir qué tipo de tecnología utilizar en las diferentes zonas rurales, permitiendo optimizar costos, brindando un servicio de calidad a precios accesibles para los habitantes de estas zonas. [3]

Es muy importante la transición del internet con tecnología Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) a internet inalámbrico o de fibra óptica, de televisión analógica a televisión digital, y también la transición de telefónica de cable RJ-11 a telefonía IP, ya que es un gran paso que impulsa el desarrollo de las zonas rurales del país mejorando y dándole una mejor calidad de vida a todos sus beneficiarios. [4]

## 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Ecuador existen muchas zonas rurales en las que aún los servicios como el internet o telefonía no llegan. El gobierno por medio del Ministerio de Telecomunicaciones ha lanzado proyectos como la implementación de infocentros en ciertas zonas rurales del país lo que ha ayudado a muchas personas, sobre todo a los niños a continuar con sus estudios. [5]

Pero en las zonas de la región interandina, específicamente en el sector de Saquisilí y sus alrededores no cuentan con estos infocentros, por lo que las personas que viven en pueblos, o comunas alejadas no pueden disfrutar de estas tecnologías y en muchas ocasiones están en la obligación de migrar a zonas urbanas, o en otros casos deben viajar muchas horas, incluso a pie, para poder tener acceso, ya sea por trabajo o estudios, sin considerar el peligro de arriesgar sus vidas en el trayecto, sobre todo los menores de edad. [6]

En muchas zonas rurales del Ecuador cuentan con algún proveedor de internet, pero al ser lugares alejados, la tecnología es obsoleta, en lugar de lograr solucionar un problema, lo pueden empeorar ya que pueden causar inconformidad con sus clientes por la mala calidad del servicio en comparación a las nuevas tecnologías. [7]

En el caso de las comunidades de los alrededores del cantón Saquisilí, que se encuentra en la provincia del Cotopaxi, están alejadas de la ciudad y cuentan con un proveedor el cual brinda el servicio por comunicación inalámbrica (radioenlace), esta tecnología tiene un ancho de banda limitado y un costo excesivo, además de que sufren constantes caídas en su red lo que genera malestar de sus ciudadanos. Esto limita el acceso a diferentes servicios de comunicaciones para el hogar, como TV por streaming, telefonía, incluso genera inconvenientes por el limitado ancho de banda lo que ocasiona que al estar conectados simultáneamente un número pequeño de usuarios, la red colapse o tenga intermitencia causando conflictos al momento de realizar las diferentes actividades en línea, provocando una mala experiencia para los usuarios. [8] [9]

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La información y el acceso a las Tecnologías de la Información Comunicación (TIC), son derechos que cada ciudadano ecuatoriano debe tener, así se encuentre en algún lugar remoto del país, por lo que la implementación de nuevas tecnologías en estas zonas debería ser necesarias, ya que ayudarán tanto en el ámbito profesional como educativo, a las personas de estas comunidades. [10] [11]

Partiendo de esto, la migración a nuevas redes de comunicaciones permitirá una comunicación mucho más viable, ya que en la actualidad muchos de los aplicativos requieren un buen ancho de banda para su correcto funcionamiento. En el caso de las zonas rurales, algunas cuentan con servicios de tecnología obsoletas como la televisión analógica, o internet por cable coaxial, o cuales están casi sin uso en muchas partes del mundo, incluso en muchas zonas ni si quiera cuentan con estas tecnologías, por lo que a los habitantes están obligados a recorrer grandes distancias para poder acceder a ellas.

Con la información obtenida, en el presente trabajo se plantea hacer un estudio de que tecnología es la más eficiente para cubrir sus necesidades y diseñar una red para su implementación, la cual ayudará a las zonas rurales de Saquisilí y sus alrededores a obtener estos servicios básicos y necesarios, con un ancho de banda que les brinde la comodidad que se merecen.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Realizar un estudio para el diseño de una red Gpon, el cual permitirá brindar los servicios de Internet, Televisión y Telefonía para las comunidades rurales de Saquisilí donde el acceso a estos servicios es escaso o de mala calidad.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Inspeccionar la zona geográfica para tener una mejor apreciación y poder buscar la mejor solución para la implementación de la red de comunicación y así brindar los diferentes servicios a las comunidades.

- Realizar un análisis para fundamentar la investigación teórica de los servicios que se brindarán indicando su importancia en las Tecnologías de la Información Comunicación (TIC) para la sociedad.
- Establecer posibles costos del material, equipos y personal.
- Diseño y simulación de la red GPON para verificar su correcto funcionamiento.
- Realizar una propuesta de planes para los diferentes servicios que se van a ofrecer.

#### **1.4 ESTADO DEL ARTE**

En relación con los problemas que fueron mencionados anteriormente se ha encontrado que en la Universidad Politécnica de Valencia, se han realizado trabajos de conectividad en zonas rurales utilizando la tecnología Televisión Digital Terrestre (TDT), que utilizan los estándares Digital Video Broadcasting- Return Channel Terrestria (DVB-RCT), los cuales les permite tener un canal de retorno “Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial Brasil (ISDB-Tb) [12]”. Utilizan las infraestructuras de redes TDT ya creadas, para implementar el servicio de internet en zonas rurales reduciendo costos de implementación.

Según el periodista y escritor John R. Quain [13], en su artículo publicado en la plataforma AARP, plantea que la implementación de fibra óptica en hogares muy alejados no es económicamente una solución viable. Además, indica que el internet por radioenlaces tampoco es recomendado ya que depende mucho de la geografía y del clima para que tenga una buena calidad. Lo que propone es internet satelital en zonas urbanas, el único problema es su costo. El propone utilizar satélites de órbita terrestre baja, y lo asocia con el servicio de internet propuesto de Starlink de Elon Musk, el cual consiste en poner en órbita alrededor de 12 mil satélites con órbita terrestre baja, lo que reduce la latencia y aumenta su eficiencia. Se muestra que puede alcanzar velocidades de 300 Mbps o más, pero la implementación de estos satélites, pueden causar a largo

plazo una contaminación lumínica, ya que, al ser satélites de órbita baja, reflejarían la luz solar y pueden provocar problemas a los telescopios.

En Perú, la empresa Telefónica lanzó un proyecto piloto llamado Llaqt@red [14], que consiste en brindarles a las comunidades rurales quechuas un servicio de internet. Esto lo hacen posible implementando 17 cabinas en claves, cada cabina tiene la disponibilidad de poder conectar entre 4 a 10 ordenadores personales. Para el acceso a internet, la empresa utiliza el servicio de internet por satélite VSAT. Además, brindan soporte técnico y constante capacitación a las personas del pueblo quechua del Perú.

También se conoce que en el pueblo de Churni, una zona rural de la India, ubicada en una zona en el que el acceso al internet era solo un sueño [15]. Gracias a la iniciativa de Microsoft llamada AIRBAND, y con la ayuda de Aakash Alok, el dueño de un centro de cómputo del pueblo, lograron llevar internet de buena calidad para sus habitantes. El proyecto consiste en construir una torre de telecomunicaciones, que recibe la señal vía radioenlace, para lo cual se compra un ancho de banda a empresas grandes, luego se interconecta con su infraestructura para extender su cobertura en las áreas no cubiertas de internet con ayuda de la tecnología de AIRBAND.

El proyecto de Microsoft también llegó a América Latina, más precisamente a las zonas rurales de Colombia [16]. En Colombia utilizaban los espacios en blanco, o en desuso del espectro radioeléctrico para poder transmitir la señal en forma de onda hasta las torres en las zonas rurales, tal y como se lo hace en la India.

En Ecuador también existen otras opciones de brindar servicio de internet a zonas rurales como la empresa HugHesnet [17]. Esta empresa ofrece servicio de internet satelital para diferentes zonas rurales del país y provincias como Manabí, El Oro, Esmeraldas, Azuay y Guayas. Además de brindar el servicio satelital, ofrece a sus clientes convertirse en subdistribuidores independientes para así obtener ingresos extras de sus ventas. Para poder acceder al servicio o poder convertirse en subdistribuidores

deben registrarse en su página web y cumplir ciertos requisitos. Esta empresa también ofrece servicio a países como Colombia, Estados Unidos, Perú y Chile.

Según la empresa Embou (España) [18], una de las maneras más fáciles de llegar a las zonas rurales es por medio de la tecnología Wimax (radioenlace). Indica que la conexión inalámbrica se la realiza por medio de ondas de radio, a través de una antena receptora. Esta tecnología ofrece muy poca latencia e indica que no es necesario la instalación de una red de fibra óptica por lo que se ahorra en costos. Esta tecnología no tiene problemas en reproducir contenido de streaming en múltiples dispositivos al mismo tiempo.

En la plataforma de la empresa CenturyLink [19], indica que una de las mejores formas para brindar el servicio de internet a zonas rurales es por medio del servicio satelital, pero tiene un problema que es el costo. Por lo que para las personas de zonas rurales va a ser casi imposible adquirir este servicio, también indica que la conexión inalámbrica (radiofrecuencia), es otra opción muy viable.

En un estudio de tesis realizado en la Universidad de Ambato [20], se plantea realizar un convenio entre empresas públicas para lograr llevar el servicio de internet a lugares rurales. Este convenio consiste en llevar el servicio de internet a los hogares por medio del cableado de la red eléctrica con una técnica llamada “Broadband over Power Line (BPL)”, conocida también como “Power Line Communications (PLC)”, esto es: “comunicaciones a través de las líneas de potencia”. Esta técnica alcanza velocidades aproximada de entre 135 Mbps – 200 Mbps en media tensión, y de 45Mbps en baja tensión. La velocidad depende de la cantidad de usuarios que estén utilizando el repetidor el cual tiene un máximo de 256.

El proyecto de titulación realizado por un estudiante de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) [21], compara 4 tecnologías para brindar el servicio a zonas rurales. Estas tecnologías son Wimax, Fibra Óptica, Enlace Satelitales, Enlaces Microondas. Compara sus precios, distancia máxima de señal, y ancho de banda. Este proyecto muestra que

los enlaces microondas son la tecnología más recomendada para brindar el servicio de internet a zonas urbanas.

En México existe una empresa dedicada al internet satelital mismo que indica que será la clave para la conexión entre la ciudad y el campo [22]. Ofrece cobertura a nivel nacional, brindando una buena calidad de servicio a cómodos precios. Ofrece una velocidad de internet de hasta 50 Mbps en algunas zonas. Y en comparación a fibra óptica este no necesita cableado, sino solo un técnico que instale una antena pequeña y un modem. Ofrecen planes económicos y planes comunitarios compartidos para que las personas en las zonas rurales tengan facilidad de adquirir el servicio.

La empresa europea IPcomm, es una de las más importantes en brindar el servicio de internet a las zonas rurales de España. Ellos utilizan enlaces satelitales que ofrecen buena calidad de servicio. Operan con el satélite Konnect, que fue lanzado en 2020 y tienes, la tecnología más avanzada en cuanto a brindar el servicio y cobertura se refiere. Como lo vimos anteriormente, dicha empresa solo requiere de una antena parabólica y de un router para poder ofrecer el servicio en cualquier parte de España. Además del servicio de internet satelital, también ofrecen el servicio de telefonía satelital [23].

El gobierno de Perú, con el trabajo en conjunto de empresas públicas, crearon un programa para brindar el servicio de internet a más de 371 localidades rurales del Cusco. Con esto se beneficiaron colegios, centros de salud y comisarías. Para esto junto a las empresas públicas invirtieron en el despliegue del cableado de una red de fibra óptica que recorrerá más de 2000 kilómetros, además el gobierno incentivó a las empresas privadas de telefonía para que inviertan y brinden el servicio de telefonía móvil [24].

Según el medio QUEADSL, en su página web muestra 3 tipos de tecnologías que se podrían utilizar en zonas rurales como lo son la conexión vía satélite, Wimax y la conexión 4G. Además, que nos muestra los diferentes proveedores y precios de estos. Indica que depende de la necesidad de la zona se podría implementar una o varias de estas tecnologías [25].

La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) con sede en Loja, lanzó un proyecto junto a una empresa privada para brindar servicio de internet a las escuelas y colegios ubicados en las zonas rurales de la ciudad de Loja [26]. El proyecto consiste en brindar el servicio vía microondas, teniendo como base Tx la universidad ubicada en Loja, y en cada escuela colocar una antena receptora para que puedan tener acceso a internet. Su misión es brindar servicio a todas las escuelas rurales de Loja, ya que el proyecto tiene un tiempo estimado de un año para su ejecución total.

Según el portal Xataka Mobil de España [27], indica que, en las zonas rurales de España, existen varias soluciones para brindar el servicio de internet en para las comunidades alejadas, pero indica que cada servicio tiene sus ventajas y desventajas. Los servicios de internet por satélite, internet 4G, y el internet por ADSL son unas de las opciones. La ventaja de internet por satélite es el brindar el servicio de internet en casi cualquier parte donde el satélite tenga cobertura, pero su desventaja es la latencia y su costo. El internet 4G su ventaja es que lo puede utilizar donde quiera y hasta donde la antena tenga cobertura, pero su desventaja es la cantidad de datos disponibles para navegar, además de que no todas las operadoras tienen coberturas en las zonas rurales. Y el ADSL su ventaja es que puede llegar a lugares más remotos, pero su desventaja es el poco ancho de banda que ofrece.

En la página web de SEMANA DIGITAL de Colombia [28], el gobierno de Colombia lanzó el programa MinTic, el cual le brindará el servicio de internet a las zonas rurales de Colombia como las escuelas, centros militares, centros de salud, comunidades indígenas y parques naturales hasta el año 2030, y consta con un presupuesto de 2 billones para el mismo y cubre 32 localidades de Colombia. Este servicio será brindado por medio de una conexión satelital, en el cual los usuarios se podrán conectar mediante el WIFI de sus dispositivos por medio de un router que se instalara en las diferentes localidades.

El Instituto de Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina [29], un estudio realizado por INTA Y ENACOM en 21 provincias de la Argentina, indica que el 40% de

las zonas rurales no tienen acceso al servicio de internet, y que mayoría de estas pertenecen al sector agrícola y este porcentaje se duplica si se suma que la calidad del servicio es pésima o regular. Esto debido a que las empresas se les hace muy costoso invertir en zonas rurales, además en ciertas zonas solo cuentan con un proveedor de internet pero que están muy alejados de ellos. Las personas dentro de este porcentaje, en su mayoría son indígenas y campesinos. En el reportaje insisten en invertir en infraestructura en zonas rurales, como telefonía, internet, celular, radio enlaces que permitan el desarrollo tecnológico para la evolución de la iniciativa de comunicación y educación.

Un informe realizado por ThinkBing, patrocinado por Telefónica de España [30], indica en algunas zonas rurales que tienen acceso a internet, no llegan a tener un ancho de banda superior a 30 Mbps, por lo que plantea que una solución a esto sería la implementación de la tecnología 5G, ya que tiene una menor latencia, mayor velocidad y soporta una mayor cantidad de dispositivos conectados simultáneamente. Y Lo realizarían mediante el WIFI 5G o también por medio del WIFI rural, el cual utilizarían un router especial para poder establecer una red WIFI a partir de la tecnología 5G. Esto depende del despliegue y la cobertura de la red 5G en el campo. Esto ayudara en el sector de alimentos, en la agricultura para implementar recursos tecnológicos para optimizar su producción y optimizar costos.

La empresa Radiokable de Granada (España) ofrece 3 propuestas para brindar el servicio de internet a zonas rurales [31]. La primera opción es hacer un estudio en las diferentes zonas rurales para ver qué tan factible es implementar el servicio de internet por medio de fibra óptica. Si esta opción no es la adecuada, se puede sugerir utilizar la tecnología WIMAX, que ya fue mencionada anteriormente, pero en caso de que no se tenga línea de vista otra opción sería una tecnología del siglo pasado como las líneas ADSL, pero cabe recordar que estas líneas ofrecen muy poco ancho de banda. Otra propuesta es mediante el internet móvil 4G o 5G, pero el único problema de este servicio es que depende de la zona de cobertura disponible en las diferentes zonas geográficas, además que estas conexiones tienen un límite de datos.

## **1.5 ALCANCE**

Para dar solución a estos problemas de conectividad y poder brindar los diferentes servicios se realizará un despliegue de una red Fibra Para el Hogar (FTTH) la cual con el pasar de los años es accesible para todos, ya el costo de materiales para la implementación nos permite brindar un mejor servicio en cuanto a banda ancha, además de brindar servicios adicionales como tv por streaming y telefonía con precios que los usuarios pueden pagar.

Con esta tecnología se brindará un servicio de internet directamente por cable de fibra hasta los domicilios de los usuarios, dando internet de banda ancha, IPTV y telefonía, todo esto sin hacer uso de tantos recursos, ya que con una red de fibra óptica se puede hacer un despliegue de 20 km sin la necesidad de estar dejando nodos en cada sector, permitiendo así tener una mejor topología de red.

La red Gpon que se diseñará pretende brindar a los futuros clientes un ancho de banda que va desde los 25 Mbps hasta los 100 Mbps. Con respecto a la televisión se brindará canales nacionales en digital y canales de eventos PPV y una línea de teléfono para cada hogar. Como plan inicial el presente proyecto tendría un alcance máximo para 30 usuarios.

## **1.6 METODOLOGÍA**

Se realizó un análisis para el diseño de la red GPON, considerando áreas de cobertura, delimitando zonas geográficas, se determinó el número de clientes para el cual fue diseñada la red, se realizaron encuestas para saber la demanda del sector, se investigó las normativas y estándares necesarios para el diseño, se realizó un listado de los equipos que se van a usar en el armado del nodo como para brindar el servicio a los clientes, con todo esto se determinó los costos de implementación de la red GPON. Basados en todos estos análisis se determinará la forma de implementar IPTV para Saquisili y sus zonas rurales.

# CAPITULO II

## 2 MARCO TEÓRICO

Este capítulo contiene toda la información necesaria para entender sobre las redes Gpon, donde hablaremos de todos sus componentes y sus diferentes tipos de arquitecturas.

### 2.1 GPON

En la actualidad la necesidad de obtener mayores anchos de banda en los hogares y empresas ha impulsado a las diferentes empresas que brindan servicio de internet, a buscar nuevos métodos que satisfagan las necesidades de los clientes. Unas de las tecnologías más utilizadas son las Redes Ópticas Pasivas (PON), que es una red Punto a Multipunto (P2MP). [32]

La Red Óptica Pasiva Gigabit (GPON), al utilizar cableado de fibra óptica, se caracteriza por permitir transportar datos a velocidades de Gigabits por segundos (Gbps), de hasta 20 kilómetros, incluso son redes con mayor resistencia a las interferencias electromagnéticas, ofrecen una mayor seguridad de datos y poseen una menor degradación de señal. [32]

Incluso las redes GPON admiten servicios de triple play, como los de voz, video y datos, por lo que la convierten en una tecnología ideal para ofrecer los diferentes servicios de excelente calidad a sus clientes y a precios accesibles. [33]

La tecnología PON se compone de varios elementos y dispositivos como son el terminal de línea óptica, implementos pasivos, terminación de red óptica, divisores, y varios otros más, los cuales se rigen bajo las normativas de la ITU. [34]

### 2.2 NORMAS ITU

Para que una red Gpon funcione de manera correcta tiene que cumplir ciertas normas establecidas por la ITU, por sus siglas en inglés (International Telecommunication Union), que es el organismo encargado de la regularización de las telecomunicaciones a nivel internacional.

A continuación, se presentan las normas ITU-T de la serie G, las cuales van desde la norma G.984.1 hasta la norma G.984.6, son las encargadas de determinar el estándar de los sistemas de línea óptica para redes locales y de acceso, y son las siguientes:

- **G.984.1 (2011):** Se encarga de verificar las características generales como tipo de servicio, tasa de transmisión y recepción, rendimiento del sistema.
- **G.984.2 (2012):** Mide las especificaciones de los medios físicos independientes como las potencias máximas y mínimas, sensibilidad del sistema.
- **G.984.3 (2014):** Especifica la convergencia de transmisión como el formato de trama, seguridad, ancho de banda dinámico, operaciones administración y mantenimiento.
- **G.984.4 (2011):** Gestión de la ONT, verifica la interoperabilidad entre las ONTs y las OLTs de lo diferentes proveedores.
- **G.984.5 (2014):** Gestiona el mejoramiento de banda, define longitudes de onda para servicios adicionales, especifica requisitos técnicos para la aplicación del filtro de longitud de onda.
- **G.984.6 (2012):** Mayor alcance, es decir describe los parámetros de la interfaz y la arquitectura para sistemas GPON que tengan un mayor alcance.

## **2.3 ELEMENTOS**

Para tener una idea más clara sobre los elementos que conforman una red GPON se detallará cada uno de ellos, tales como los elementos activos, los elementos pasivos y sus modelos de referencia.

### **2.3.1 ELEMENTOS ACTIVOS**

Elementos activos son aquellos que dependen de otros elementos para funcionar, en este caso tenemos:

- OLT
- ONT
- ONU

### 2.3.1.1 OLT

La OLT, por sus siglas en inglés (Optical Lineal Termination), es un dispositivo utilizado por un operador para la conexión con la fibra óptica para poder transferir la señal principal a sus clientes. Usualmente la suelen colocar en las calles en cajas metálicas con candado, pero también suelen ubicarlas en otras ubicaciones. [35]

Las OLTs son las encargadas de administrar y sincronizar el tráfico de datos a las diferentes ONTs. Este equipo se interconecta con la ODN, por sus siglas in inglés (Optical Data Network) y utilizan la Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS) para la transferencia segura de datos.

Las OLTs están conformadas normalmente por un módulo de control, módulo de alimentación, protección de redundancia, módulo de refrigeración, módulo de enlace, como se puede apreciar en la Figura 2.1.

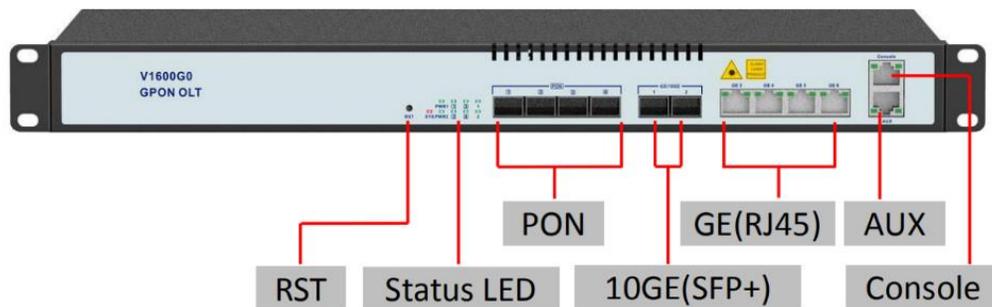


FIGURA 2.1 - Módulos De Control De La OLT [37]

### 2.3.1.2 ONT

ONT, por sus siglas en inglés (Optical Network Terminal), es un dispositivo que se encuentra en el domicilio del cliente, que se encarga de conectar el cable de fibra de la calle a la casa, tal y como se muestra en la Figura 2.2. Este dispositivo selecciona la información que pasa por la fibra, determinando la que debe corresponder al usuario final.

La ONT es el dispositivo que conecta la red del hogar con la central, en este caso con la OLT de la operadora.



**FIGURA 2.2 – Componente Activo: ONT [38]**

### **2.3.1.3 ONU**

La ONU, que se muestra en la Figura 2.3, por sus siglas en inglés (Optical Network Unit), es un dispositivo que transforma las señales ópticas transmitidas en señales eléctricas, y son enviadas a los clientes individualmente. Incluso la ONU puede administrar y agregar las diferentes datas del cliente para poder trasladarlo de forma ascendente a la OLT.



**Figura 2.3 – Componente activo: ONU [39]**

La ONU, es un dispositivo que transforma las señales ópticas transmitidas en señales eléctricas, y estas señales son enviadas a los clientes individualmente. Incluso la ONU puede administrar y agregar las diferentes datas del cliente para trasladarlo de forma ascendente a la OLT.

La ONU tiene la factibilidad de poder conectarse con diferentes tipos de cables y con diferentes métodos, como cable coaxial con fibra o WIFI, par trenzado de cobre. [39]

## 2.3.2 ELEMENTOS PASIVOS

Los elementos pasivos son aquellos que no dependen de ningún otro elemento para poder transmitir la información en la red, como, por ejemplo:

- Fibra Óptica
- Splitters
- ODN

### 2.3.2.1 FIBRA ÓPTICA

El cable de fibra óptica se compone de múltiples hilos de fibras de vidrio o plástico, que es capaz de transferir datos a grandes velocidades por medio de señales luminosas, los cuales son fabricados por un material transparente que dependiendo del tipo de fibra este material puede ser de plástico o de vidrio. A continuación, en la Figura 2.4 se muestra una Fibra ADSS de 12 hilos.

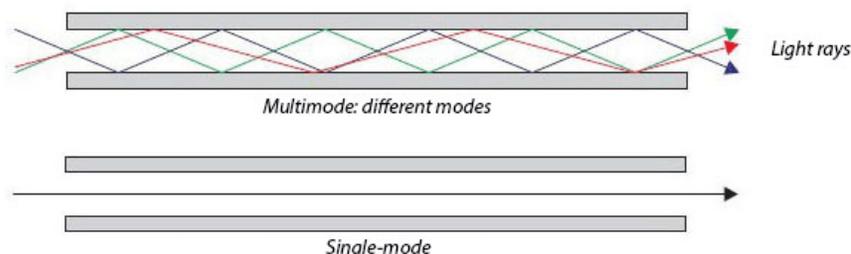


Figura 2.4 - Cable de Fibra de 12 hilos [40]

El cable de fibra es muy utilizado en redes GPON, ya que además de que permite transmitir con un gran ancho de banda con velocidades que superan 1Gbps, también es un medio seguro para transmitir datos, puesto que la información se transmite en forma de pulsos de luz que son modulados, y no en forma de pulsos eléctricos como el cable coaxial, por lo que no pueden ser pinchados para el robo de información, incluso permite la transferencia de datos a distancias muy grandes, de hasta 20 kilómetros. [40]

La fibra óptica se clasifica en dos, como se observa en la Figura 2.5, las cuales son la fibra monomodo y multimodo;

- Monomodo: Solo transmite un haz de luz en su interior, en dirección lineal, y puede alcanzar en condiciones ideales un recorrido de hasta 300 km y posee una fuente de luz que es el láser.
- Multimodo: Transmite varios haces de luz en su interior al mismo tiempo, pero con distancias de transmisión más cortas que suelen alcanzar distancias de 2 a 3 km, y su fuente de luz son LEDs de baja intensidad.



**Figura 2.5 - Monomodo vs Multimodo [41]**

A estos dos tipos de fibra normalmente se los suele diferenciar por su color, usualmente la fibra monomodo suele presentar un color amarillo en el cable externo, y la fibra multimodo suele presentar un color azulado en su cable externo, tal y como se presenta en la Figura 2.6.



Figura 2.6 - Colores Monomodo y Multimodo [41]

En la Tabla 2.1 y Tabla 2.2 se detallan los parámetros de rendimiento para la fibra monomodo y multimodo respectivamente.

FIBRA MONOMODO				
Tipo de cable	Longitud de onda	Atenuación máxima	Longitud de ancho de banda modal mínimo	Longitud de ancho de banda modal efectivo
<b>Monomodo Interior-Exterior</b>	1310 nm	0,5 dB/km	ND	ND
	1383 nm	0,5 dB/km	ND	ND
	1550 nm	0,5 dB/km	ND	ND
<b>Monomodo Interiores</b>	1310 nm	1,0 dB/km	ND	ND
	1383 nm	1,0 dB/km	ND	ND
	1550 nm	1,0 dB/km	ND	ND
<b>Monomodo Exteriores</b>	1310 nm	0,4 dB/km	ND	ND
	1383 nm	0,4 dB/km	ND	ND
	1550 nm	0,4 dB/km	ND	ND

Tabla 2.1 - Parámetros Fibra Monomodo [41]

FIBRA MULTIMODO				
Tipo de cable	Longitud de onda	Atenuación máxima	Longitud de ancho de banda modal mínimo	Longitud de ancho de banda modal efectivo
Fibra Multimodo OM1 62,5 / 125 micras	850 nm	3,5 dB/km	200 MHz-km	No requerido
	1300 nm	1,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido
Fibra Multimodo OM2 50 / 125 micras	850 nm	3,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido
	1300 nm	1,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido
Fibra Multimodo OM3 50 / 125 micras	850 nm	3,0 dB/km	1500 MHz-km	2000 MHz-km
	1300 nm	1,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido
Fibra Multimodo OM4 50 / 125 micras	850 nm	3,0 dB/km	3500 MHz-km	4700 MHz-km
	1300 nm	1,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido
Fibra Multimodo OM5 50 / 125 micras	850 nm	3,0 dB/km	3500 MHz-km	4700 MHz-km
	953 nm	2,3 dB/km	1850 MHz-km	2470 MHz-km
	1300 nm	1,5 dB/km	500 MHz-km	No requerido

Tabla 2.2 - Parámetro Fibra Multimodo [41]

### 2.3.2.2 SPLITTERS

Los Splitters son dispositivos, los cuales se encargan de captar una señal óptica de fibra y dividirla en varias señales iguales, tal y como se aprecia en la Figura 2.7.



Figura 2.7 – Ejemplo Splitter 1:16 [42]

Suelen presentar varias presentaciones como el tubo de acero o en forma de caja ABS, y existen varias y suelen disponer de varias divisiones que comienzan en 2, 4, 8, 16, 32, que son normalmente las más comunes. También existen Splitters con divisiones de 64 hasta 128 salidas.

Ciertos modelos de Splitters tienen la función de trabajar en las dos direcciones, es decir funciona como un divisor de señal, es decir, divide en dos la señal de entrada y salida, también tiene la funcionalidad de trabajar como acoplador, es decir, toma dos señales de entrada y la transforma en una señal de salida.

### 2.3.2.3 ODN

La ODN, por sus siglas en inglés (Optical Distribution Network), está conformada por los conectores de fibra, los cables de fibra, splitters y los componentes auxiliares que trabajan entre sí, es decir, la ODN es el medio de transmisión óptica que permite establecer la conexión física entre la ONU y la OLT.

La ODN está distribuida en 5 segmentos, como se detalla en la Figura 2.8, como el punto de divisor óptico, fibra de alimentación, punto de acceso (ONT), fibra o cable de distribución, y splitters.

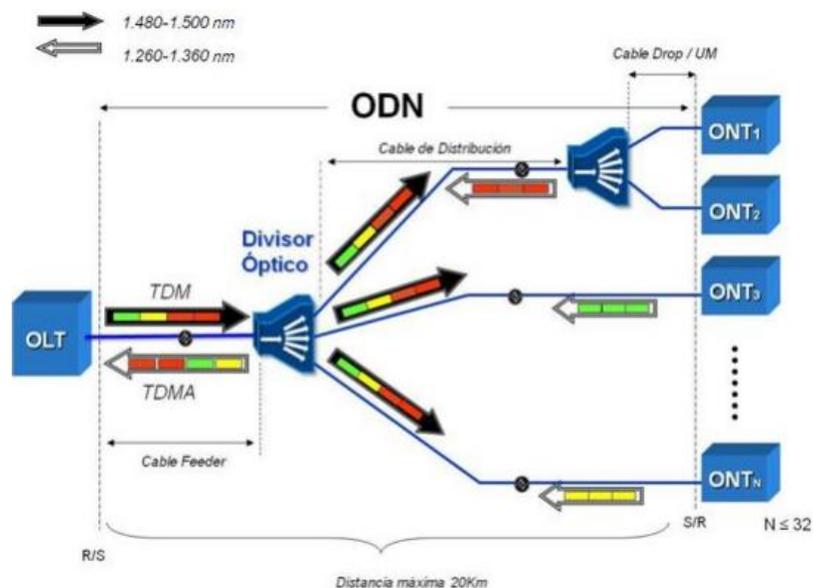


Figura 2.8 -Ejemplo de ODN desde la OLT hasta los usuarios finales [43]

## 2.4 MODELO DE REFERENCIA

Los modelos de referencia no son más que la modulación que utiliza la fibra para transportar la información, en este caso tenemos:

- TDM
- TDMA

### 2.4.1 TDM

El sistema de TDM, por sus siglas en inglés (Time Division Multiplexing), se encarga de transmitir la señal de fibra óptica con una misma longitud de onda, de tal manera que toda la información se transmita con la misma velocidad con un retardo insignificante, es decir, es el método de combinar diversas señales muestreadas en una secuencia definida. [44]

Para TDM, que se muestra en la Figura 2.9, el flujo de datos para cada una de las conexiones de entrada se dividen en unidades, en donde cada una de las unidades pasan a ocupar una ranura de tiempo de entrada, de la misma manera, cada unidad de entrada se va a convertir en una unidad de salida y también una ranura de tiempo, pero ahora de salida.

Las ranuras en el tiempo siempre se agrupan en tramas, por lo que cada trama es un ciclo completo de ranuras en el tiempo con una ranura que es dedicada para cada uno de los dispositivos emisores.

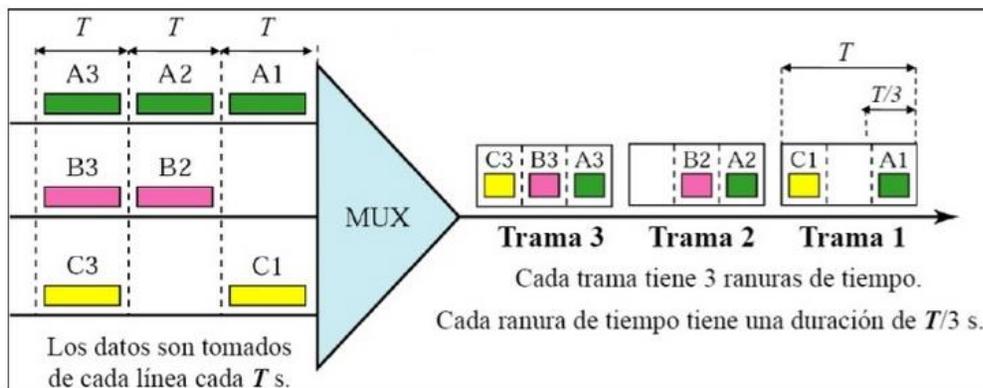


Figura 2.9 – Sistema TDM [45]

## 2.4.2 TDMA

TDMA, por sus siglas en inglés (Time Division Multiplexing Access), es una técnica del TDM, que consiste en distribuir las unidades de información en ranuras o slots alternas en el tiempo, lo que permite un acceso múltiple en un reducido número de frecuencias.

Es un proceso digital el cual se lo puede realizar solo cuando la tasa de datos en la transmisión es superior a la tasa de datos requerida por los diferentes dispositivos emisores y receptores, para esta ocasión las múltiples transmisiones pueden ocupar el mismo enlace subduciéndose y entrelazando las porciones, tal y como se detalla en la Figura 2.10 y Figura 2.11.

Se caracteriza porque funciona con modulaciones digitales, además de que es una tecnología muy probada, por lo que es fiable, lo que la hace ideal para la conmutación de paquetes. Es necesario que tenga una sincronización estricta entre el emisor y receptor.

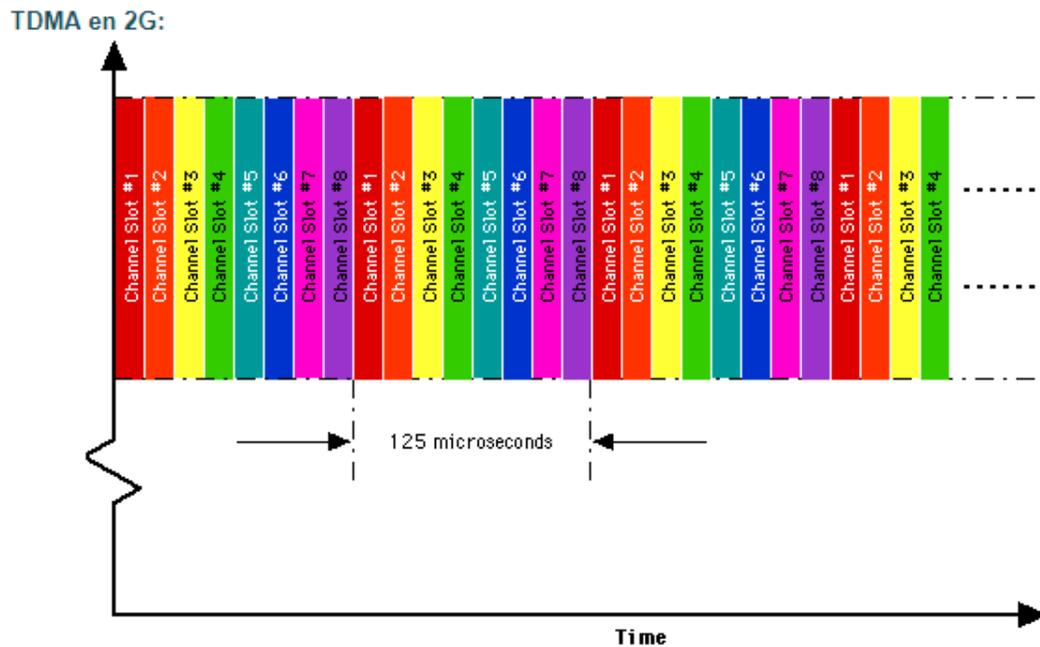


Figura 2.10 – TDMA [46]

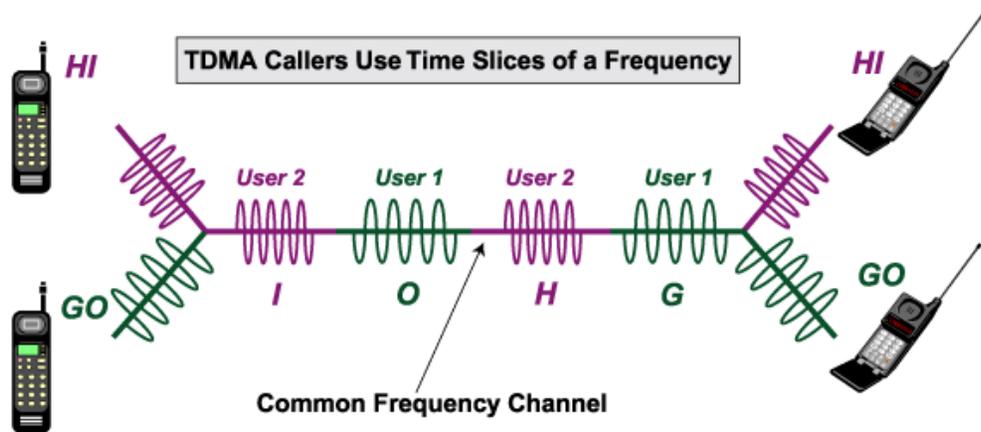


Figura 2.11 - TDMA CALL [46]

## 2.5 PRESUPUESTO ENERGÉTICO

En toda red GPON siempre es importante tener claro las pérdidas de potencia ópticas, las cuales siempre están presentes y suelen aparecer por diversas razones tales como: pérdidas por empalmes que es aproximado a los 0,2[dB], por flexión de cables, por los splitters y por kilómetro de fibra que suele tener una pérdida aproximada de 0,35[dB] por kilómetro para 1490 y 1310 [nm]. En la Tabla 2.3 se muestra las pérdidas en dB dependiendo del divisor o splitter. [3]

PERDIDAS EN dB	
Splitters Ópticos	Pérdida
SPLITTER 1 X 64	20,1
SPLITTER 1X32	17,4
SPLITTER 1X16	13,8
SPLITTER 1X8	10,5
SPLITTER 1X4	7

Tabla 2.3 - Pérdida por Divisores o Splitters

## 2.6 CLASES DE REDES GPON

Las redes GPON se dividen en 3 clases, esto dependerá del margen de pérdidas que presenten, tal como se muestra en la Tabla 2.4. [34]

	CLASE A	CLASE B	CLASE B+	CLASE C
MÍNIMA PÉRDIDA [dB]	5	10	13	15
MÁXIMA PÉRDIDA [dB]	20	25	28	30

Tabla 2.4 - Clase de pérdidas en el trayecto óptico

## 2.7 DEFINICIÓN DE IPTV

Tal cual las siglas nos dicen IPTV (Internet Protocol Television), es televisión mediante una IP, con esta tecnología se puede obtener distribución de canales tradicionales, películas, videos, etc. Tal cual una televisión común, solamente que este caso se usa el recurso de ancho de banda utilizando la red de internet de cada usuario registrado.

## 2.8 SERVICIOS Y CARACTERÍSTICAS QUE TIENE IPTV

- Entretenimiento del cliente.
- Televisión Digital (DTV).
- Servicios de vídeo bajo demanda (VoD).
- Canales de broadcast digital conmutado (SDB).
- Guía de programación electrónica (EPG).
- Servicios de grabación de vídeo digital (PVR/nPVR)
- Aplicaciones de televisión interactiva (TVi).
- Comunicaciones corporativas.
- Enseñanza a distancia.
- Televisión en el teléfono móvil.
- Anuncios avanzados.
- Vídeo conferencias.

## **2.9 CARACTERÍSTICAS DE IPTV**

- Soporta televisión interactiva. Esta funciona por difusión de televisión directa, dando una calidad de recepción y visualización de televisión digital. Se pueden enviar servicios de tipo: TV en directo, navegar por internet, juegos interactivos y televisión de alta definición (HDTV).
- Cambio de tiempo de programa, mediante una combinación de IPTV con un grabador de vídeo digital se puede visualizar los programas posteriormente.
- Requerimiento de bajo ancho de banda, el uso de recursos es menor debido a que en lugar de enviar varios canales a los usuarios, IPTV envía solo el canal que el usuario ha solicitado.
- Personalización. La comunicación es bidireccional, los usuarios deciden que canal, que programación ver y cuando hacerlo.
- Accesible para varios dispositivos. Con IPTV se puede visualizar de todo dispositivo que tenga acceso a internet.

## **2.10 TECNOLOGÍAS DE ACCESO PARA IPTV**

- Híbrido de fibra y coaxial (HFC).
- Redes inalámbricas (4G y WiMax).
- Diferentes posibilidades de despliegue de fibra óptica (FTTE, FTTB, FTTC, FTTH, FTTN y FTTx).
- Líneas de acceso de alta velocidad DSL, ADSL2, ADSL2+ y VDSL.

## **2.11 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE IPTV**

En un sistema de IPTV, como se detalla en la Figura 2.12, es importante considerar los siguientes módulos funcionales [17]:

- Centro de proceso de datos.
- La cabecera, donde se encuentra servidores de video VoD, Middlewarw, encodes MPEG-2, etc.
- Red de transporte (CORE)

- Red acceso (ADSL2+)
- Terminales de usuario o red interna del suscriptor (Set top Box).

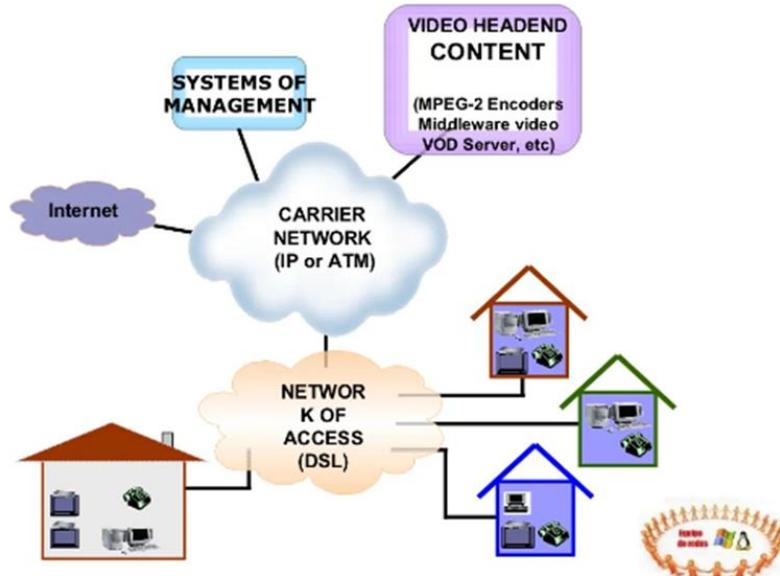


Figura 2.12 - Arquitectura de IPTV.

# CAPITULO III

## **3 ANÁLISIS DE LA RED GPON DISEÑADA PARA SAQUISILI Y SUS ALREDEDORES**

Se realizó un análisis para el diseño de la red FTTH, considerando áreas de cobertura, para esto se fue a Saquisili, con fin de observar la geografía del sector, cuál era la factibilidad y por donde se podía tener acceso desde el centro hacia las zonas rurales. En ese recorrido también se midieron las distancias, delimitando las zonas geográficas en las que se va a realizar el diseño. A través del recorrido se examinó cómo era la ubicación de cada casa, determinando el número de clientes al que se va a tener acceso en la primera etapa del proyecto.

Se realizó un análisis para el diseño de la red GPON, considerando áreas de cobertura, delimitando zonas geográficas, se estableció el número de clientes para el cual fue diseñada la red, se llevaron a cabo encuestas para saber la demanda del sector, se investigó las normativas y estándares necesarios para el diseño, se realizó un listado de los equipos que se van a usar en el armado del nodo como al brindar el servicio a los clientes, con todo esto se decidieron los costos de implementación de la red GPON. Basados en todos estos análisis ya se precisará la forma de implementar IPTV para Saquisilí y sus zonas rurales.

### **3.1 ÁREA DE COBERTURA**

Saquisili, en un cantón que pertenece a la provincia de Cotopaxi, ubicado en la parte central de la provincia, como se muestra en la Figura 3.1, cuenta con una extensión de 20.549,28 Has. Sus límites geográficos son: por el norte, sur y este con el cantón Latacunga y por el oeste con los cantones Pujilí y Sigchos. Cuenta con una cabecera cantonal del mismo nombre y tres parroquias rurales que son: Cochapamba, Canchagua y Chantilín.

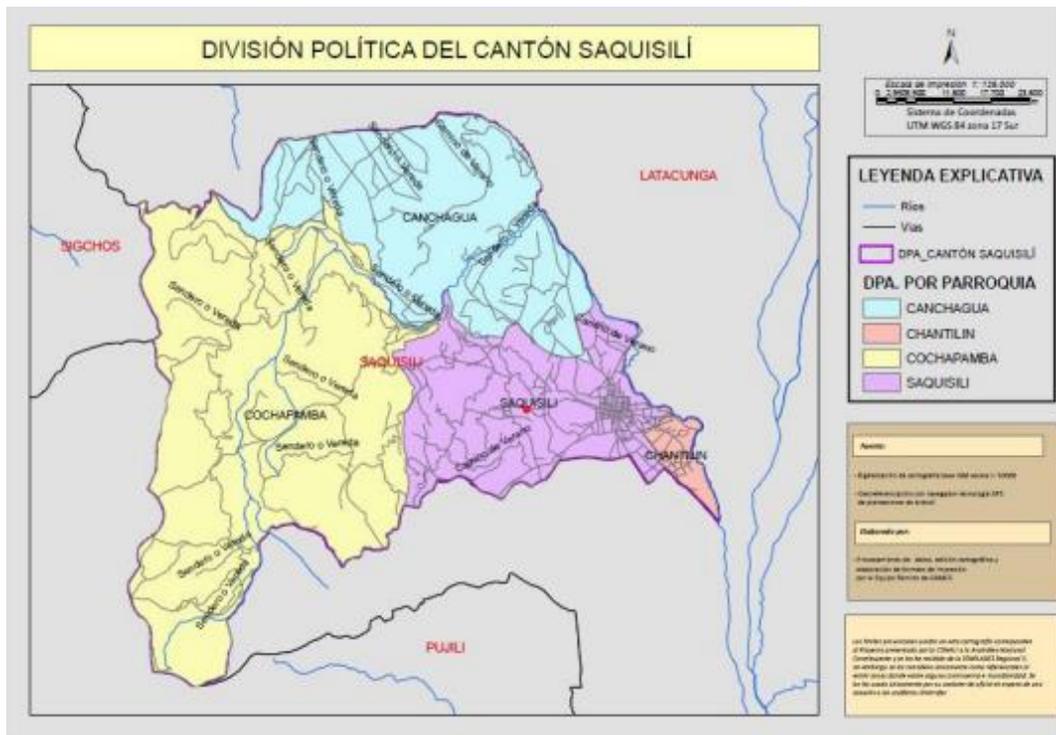


Figura 3.1 - División política del cantón Saquisilí [47]

Para el diseño de la red GPON se ha elegido parte de las zonas urbanas y zonas rurales del cantón, la decisión de empezar por zonas urbanas se eligió desde el centro de Saquisilí, como se muestra en la Figura 3.2, para no desperdiciar recursos se inició con barrios de salida hacia las zonas urbanas como: barrio Manizales, barrio Santa Rosa; en cuanto a las zonas rurales son: Mollepamba, Maca Chico, barrio la Libertad de Santa Rosa, Pilligsilli y Chatillín.

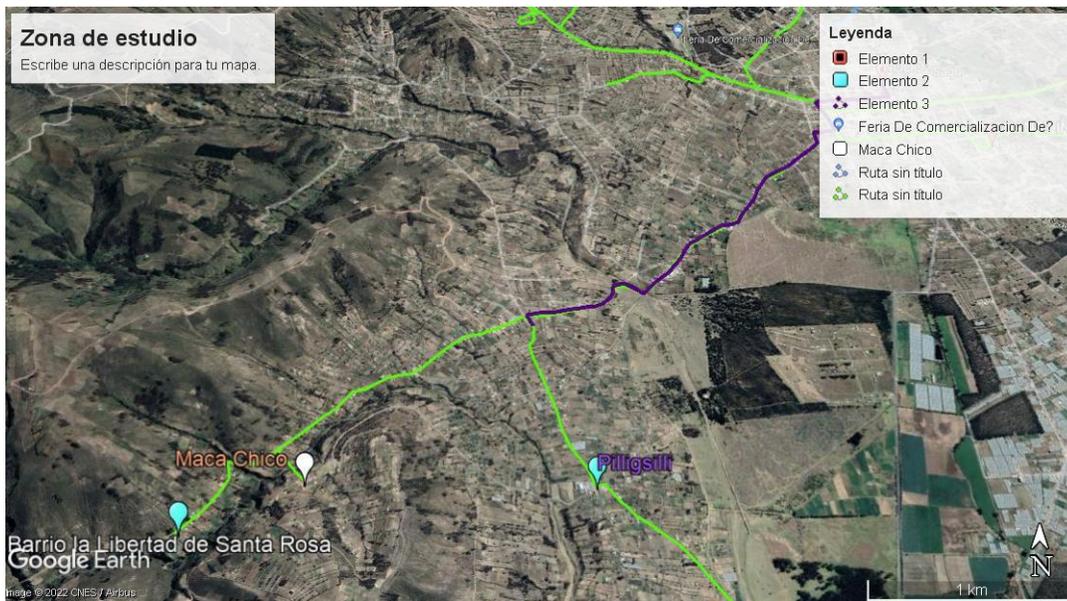


Figura 3.2 - Área geográfica de estudio [Ref: autores]

### 3.2 DEMANDA DE CLIENTES

El crecimiento poblacional en el cantón Saquisilí al pasar los años ha sido notable, según el último censo realizado en el 2010 tiene 25.320 habitantes con una proyección para el año 2014 de 28316 habitantes. La población y porcentaje de habitantes por parroquias, que se observan en la Tabla 3.1, se divide en:

PARROQUIA	POBLACIÓN	PORCENTAJE %
SAQUISILI	13.404	52.94
CANCHAGUA	5.455	21.54
CHANTILLIN	1.035	4.09
COCHAPAMBA	5.426	21.43
<b>TOTAL</b>	<b>25.320</b>	<b>100.00</b>

Tabla 3.1 - Población vs Porcentaje

De acuerdo con un estudio efectuado por el municipio del cantón realizado en el 2014, la densidad poblacional es baja en las zonas urbanas, siendo esta una concentración dispersa muy similar a la zona rural, la densidad poblacional en las zonas rurales es de

igual manera dispersa. En este mismo estudio se indica que las familias están conformadas por un promedio de 5 integrantes, y si nos basamos en el número de habitantes por parroquia rural tendríamos 2.833 clientes aproximadamente. Como las zonas a considerar son rurales no se tomaron en cuenta empresas públicas, sin embargo, si puede haber empresas privadas y un centro de salud, estos últimos pueden ser clientes potenciales del servicio de telecomunicaciones.

### **3.3 ESTUDIO DE MERCADO**

Durante el estudio de mercado se desempeñó una encuesta, tomando una muestra poblacional para recopilar información y conocer las preferencias en cuanto a servicios en telecomunicaciones. Esta encuesta llevada a cabo de forma presencial en el sector, haciendo preguntas relacionadas con los servicios que vamos a ofrecer.

Se realizó un cuestionario de 10 preguntas, con alternativas relacionadas al servicio, el tiempo estimado para responder fue de cinco minutos, todas las preguntas estuvieron relacionadas con el interés en el servicio de telecomunicaciones de las personas de las zonas rurales de Saquisilí. Las preguntas realizadas se muestran en el apéndice A.

Con dicha encuesta nos dimos a una idea de cuáles son las otras empresas de telecomunicaciones, cuáles son los planes que ofrecen, el valor que tiene cada plan y la disponibilidad de los usuarios para contratar nuestro servicio.

### **3.4 COSTOS**

Como se había mencionado anteriormente, los costos en fibra óptica son elevados, pero en cuanto a costos de operación son bajos, con GPON se usan elementos ópticos pasivos. De igual manera se puede aprovechar los equipos para una red bastante extensa, con una OLT se pueden asignar varios hilos de fibra.

Para los costos de la red a diseñar se ha empezado con una fase inicial, analizando el armado del nodo y los primeros 30 clientes a los que se les va a dar el servicio. A continuación, se muestra una Tabla 3.2 con los materiales a usar y con su costo.

<b>MATERIALES</b>	<b>Valor Unitario</b>
CAJAS NAP COMPLETAS SPLITTER 1X16	55
SPLITTER 1X8	20
MANGAS TIPO DOMO	50
DROP 4H	285
DROP 8H	490
ADSS 12H	2000
HERRAJES TIPO A CON ABRAZADERA	3,50
RACK	250,00
PATCHCORD SC APC/SC UPC	4,00
ROUTERBOARD 1036 MIKROTIK	1.500,00
RESPALDO ELECTRICO (BATERIAS, CONVERTIDOR)	1.000,00
REGLETA CERTIFICADA	35,00
ODF CON MODULARES	200,00
OLT HUAWEI (32 puertos)	4.000,00
GANCHOS DE DISPERSION	0,30
CINTAS BANDY 3/4"	25
PREFORMADOS	4
3/4 EVILLAS CX100	25
ESCALERA	350
GANCHOS TELEFONICOS	0,30
PINZAS DE ANCLAJE	1
<b>TOTAL</b>	<b>10298,1</b>

**Tabla 3.2 - Costos Materiales y Equipos**

### **3.5 ANÁLISIS DE ENCUESTA:**

De acuerdo con los resultados arrojados para la pregunta número 1 el 72% de personas tienen servicio de internet en casa, el 16% no tiene y muestra interés en tenerlo y el 12% no tiene servicio y no muestra ningún interés en tenerlo.

En cuanto a la pregunta número 2 se dividió en dos partes, el tipo de servicio que tienen, donde el 28% aún tiene servicio inalámbrico (por antena) y el 44% tiene servicio por fibra óptica. Para la segunda parte es el análisis de los proveedores que se encuentran en el sector, donde nuestros competidores directos son Megaspeed y Fiber Spot siendo estos los mayores proveedores del sector en el caso de fibra óptica, para servicio inalámbrico es

Saquitel, Ultranext, Exticom. A continuación, se presentan los otros proveedores del sector, como se detalla en la Tabla 3.3.

<b>SAQUITEL</b>	8
<b>EXITCOM</b>	4
<b>NO SABE</b>	4
<b>ULTRANEXT</b>	8
<b>MEGAFIBER</b>	4
<b>COFTREN</b>	4

**Tabla 3.3 - Otros Pooverdores conocidos por los habitantes**

De igual manera, esta pregunta se dividió en dos partes, los megas brindados por las empresas en servicio inalámbrico, que en su mayoría son menor a 5 megas y otras personas no tienen conocimientos, en el caso de fibra óptica la mayoría de los clientes tiene un plan entre 20 y 40 Mbps. Y esto va de acorde al análisis de precio, el plan más bajo ofrecido por el servicio inalámbrico es de \$18 y en el caso de fibra óptica es de \$22.50.

Al ofrecer un plan de menor costo y los mismos megas de velocidad se tuvo una reacción favorable de la gente ya que esta dispuestos a cambiarse al ofrecer esos beneficios.

En cuanto al servicio técnico debemos dar las mismas ventajas que el resto de los proveedores, debido a que son inmediatos en su mayoría no superan las 24H de respuesta.

### **3.6 SERVICIO**

Las características principales del servicio que se ofrece es brindar los 3 servicios: telefonía, internet y televisión a un bajo costo y con excelente calidad para la población rural. Para esto se ofrece, como idea inicial, un ancho de banda de 40 MBPS, llamadas ilimitadas IP, y el servicio de televisión con canales SD, HD y eventos PPV.

Con respecto al servicio de TV, se pueden ofrecer diferentes planes dependiendo de la cantidad de canales que el cliente posea. Para esto se deberá negociar con los proveedores

para la adquisición de los mismos, como se detalla en la Figura 17 los diferentes proveedores.



Figura 3.3 - Grilla de canales

### 3.7 PROVEEDORES DE TV

Para el servicio de TV, es necesario tener a los proveedores de los diferentes canales de tv, tanto de medios nacionales e internacionales, con los cuales se tiene que realizar convenios para poder ofrecer a los clientes una guía de canales que estén a su gusto y así presentar distintos tipos de planes comerciales.

A continuación, en la Tabla 3.4 se muestra una grilla de los canales más comerciales y que es del gusto de los clientes, la cual fue obtenida en las páginas oficiales de los diferentes proveedores

Lista de proveedores para los canales de TV					
Proveedor	Canal de TV	Proveedor	Canal de TV	Proveedor	Canal de TV
ESPN  Fox Sports Latin América	ESPN-1	Discovery Communications Inc.	Animal Planet	Fox Latin American Channels	FOX
	ESPN-2		Discovery Channel		FOX Life
	ESPN-3		Investigation Discovery		FX
	ESPN-HD		The Oprah Winfrey Network		FXM
	Fox Sports 1		Discovery Fit & Health		FOX-HD
	Fox Sports 2		Discovery h&h HD		FX-HD
	Fox Sports 3		Discovery Science		NAT-GEO
	Fox Sports HD		Discovery Kids		NAT GEO-Wild
	Fox Sports Premium	Claxson	Venus		NAT GEO-Kids
HBO Latin América Group	HBO Latin American	Claxson	Play Boy	Turner	NAT GEO-HD
	HBO2	Televisa Networks	Canal de las estrellas		Cinecanal
	HBO+		Distrito comedia		Boomerang
	HBO Family		De película		Cartoon Network
	HBO-HD		Golden		CNN español
	Cinemax		Golden EDGE		CNN-HD
	History Channel		Ritmoson latino		TNT
	H-2		Tele Hit		TNT-HD
Warner Channel	Telemundo		TNT Series		
Nacionale	Oromar Tv	Nacionales HD	Telenovelas	Turner	TNT Series HD
	Teleamazonas		HTV		TCM Internacional
	Ecuavisa		Tele Hit HD		Disney Channel
	Telerama	Nacionales HD	RTU Noticias		Discovery kits
	Ecuador Tv		TC-HD		Disney XD
	Austral Tv		UNO-HD		Disney Channel HD
	RTS		Ecuador Tv HD		Disney Junior
	Canal UNO		Ecuavisa HD		TeleAmiga
	TC mi canal		RTS-HD		City-TV
RTU Noticias	Teleamazonas HD	MTV-HD			

Tabla 3.4 - Futuros Proveedores de Tv

Cada uno de los proveedores maneja diferentes precios y contratos muy confidenciales con sus respectivos clientes, por lo que no podemos tener un valor exacto del costo para la adquisición de alguno de estos canales, sin embargo, según un estudio realizado en 2014, se estima que en promedio un canal de señal SD tiene un costo aproximado de 0.15 centavos de dólar, y un canal en HD tiene un costo aproximado de 0.40 centavos de dólar. Estos valores son importantes a la hora de realizar el cálculo de los precios de los diferentes planes.

### **3.8 EQUIPOS**

Implementar la Red GPON para el cantón Saquisili y sus alrededores tiene como finalidad proveer un mejor servicio a dicha comunidad, la red en FO es capaz de soportar los servicios de internet de alta velocidad, telefonía fija e IPTV usando una misma infraestructura de red. Más adelante, se describen los equipos y dispositivos con los que se va a armar la red GPON, dando a conocer las especificaciones para su configuración, operación e instalación que se va a concretar dentro de la red. Implementar la Red GPON para el cantón Saquisili y sus alrededores tiene como finalidad proveer un mejor servicio a dicha comunidad, la red en FO es capaz de soportar los servicios de internet de alta velocidad, telefonía fija e IPTV usando una misma infraestructura de red. Más adelante, se describen los equipos y dispositivos con los que se va a armar la red GPON, dando a conocer las especificaciones para su configuración, operación e instalación que se va a concretar dentro de la red.

### **3.9 OLT (OPTICAL LINE TERMINAL) MA5608T**

Para realizar el nodo en el centro de Saquisili se utiliza la OLT modelo MA5608T de la marca Huawei, como se muestra en la Figura 3.4. Este equipo combina un enrutador de borde con la funcionalidad de un conmutador de agregación, tiene una triple tecnología 10GPON, ETHERNET y GPON, gracias a esto se puede acceder a redes de alto rendimiento, dando soporte hasta 4046 usuarios, con 32 puestos GPON y una velocidad de comunicación de 720 GB/seg. [48]



Figura 3.4 - OLT (Optical Logical Terminal) MA5608T [48]

### **3.10 ONT (OPTICAL NETWORK TERMINAL) HG8310M**

El modelo de ONT HG8310M de Huawei, que se muestra en la Figura 3.5, es un equipo que da acceso de red óptico y permite a los usuarios obtener banda ancha a través de una red GPON. Es un dispositivo para el usuario final que tiene una interfaz ETHERNET de GE se puede conectarse a un router para dar un servicio de datos, videos HD y voz, satisfaciendo las necesidades de los clientes.

El equipo HG8310M tiene un servidor DHCP integrado asignado para la creación de direcciones IP automáticas, usa un mapeo de flujo basado en la ID de VLAN e identificación del puerto. Realiza un soporte para reenvío de puertos y funciones de firewall, tiene compatibilidad con DNS dinámico incorporado y la limitación de datos está realizada en el puerto Ethernet. [49]



Figura 3.5 - ONT (Optical Node Terminal) HG8310 Fuente: Autores

### 3.11 OPTICAL SWITCHING (1036 Mikrotik)

La unidad de interruptor óptico de la serie NSW de NTT-AT, como se ve en la Figura 3.6 es un nuevo estilo de solución de red que cambia caminos instantáneamente en la "capa física". Además de las funciones de seleccionar, peinar y desconectar físicamente las vías de señales ópticas, NSW le permite disfrutar de la comodidad de un sistema instantáneo, automático, transparente y controlado a distancia. 24 horas al día, 365 días de operación días de operación al año y el cálculo de ubicación remota brindan un gran beneficio a las empresas de telecomunicaciones.

Dado que el enlace de punto único con otras empresas, y equipos de comunicación y la ruta de transmisión de su lado de una red puede ser transparente y simple duplicado, la estructura redundante de espera en caliente de alta disponibilidad resultante es especialmente ventajoso. También existe la sensación de seguridad de poder cortar conexiones físicas, y una reducción en los riesgos de daños y pérdidas debido a problemas como las tormentas de paquetes. En otras palabras, esta unidad de interruptor óptico es un panel de conexión automático. Dirigiéndose al eslabón débil en el servicio de misión crítica de medidas deficientes en la capa física trae mejora dramática en las operaciones. [50]



Figura 3.6 - Optical Switching Unit (1036 Mikrotik) [50]

### 3.12 ODF (DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA)

Es un equipo que está diseñado para realizar interconexiones de cables de fibra óptica integrando empalmes de fibra con conectores y conexiones de cables de una sola unidad tal y como se aprecia en la Figura 3.7. Con un ODF se facilita el escalado y la retroalimentación al distribuidor que el usuario necesita debido a que las adaptaciones son presentadas por un Sistema Universal de Gestión para PatchCords. [51]

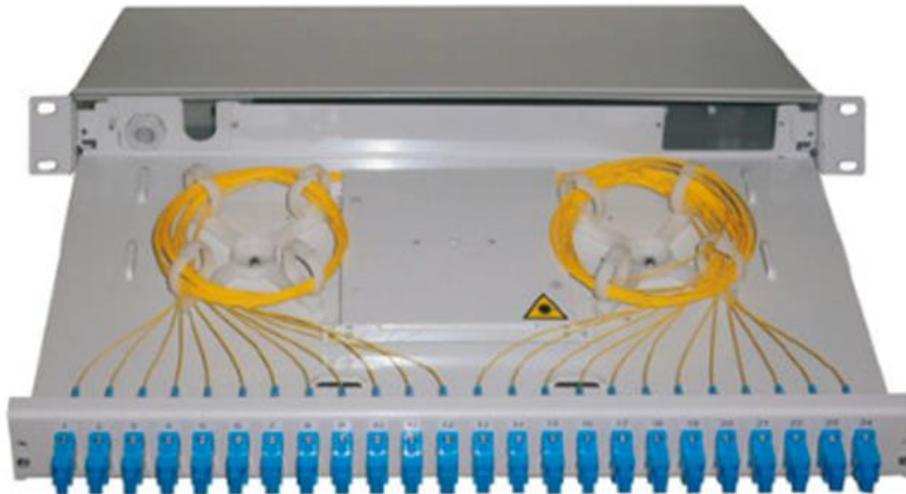


Figura 3.7 - ODF (Distribuidor de fibra óptica) [51]

### 3.13 DISEÑO DE PROYECTO

Para el diseño de la red GPON se ha ubicado un nodo en la zona centro del cantón de donde se parte hacia una manga de distribución para las zonas rurales. Con el fin de avanzar con el uso de diferentes fibras y uniones mediante Splitters 1:8 hasta llegar a las comunidades con cajas NAP 1:16. En cada punto se ha dejado reservas de fibra para reparaciones o posibles ampliaciones, como se detalla en la Figura 3.8.

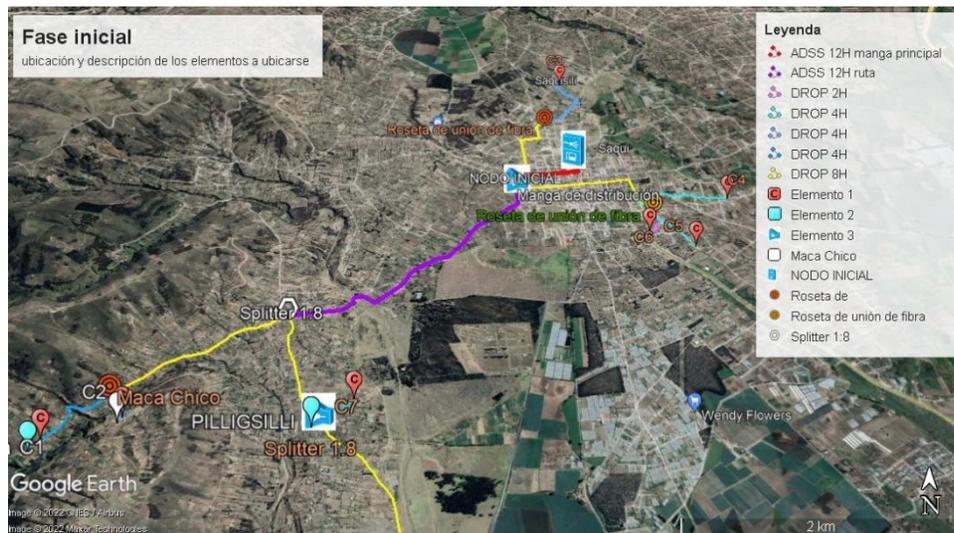


Figura 3.8 - Ubicación y descripción de los materiales de la red GPON [fuente: autores]

En la red GPON que se ha diseñado se ubican 30 cajas NAP de 1:16, abarcando 480 clientes para la fase inicial, que se muestra en la Figura 3.9. La distribución se ha hecho por zonas dando un total de 5 zonas marcadas en el mapa, a partir de ahí el lugar más lejano está ubicado a 9km del nodo.



Figura 3.9 - Distribución por zonas [fuente: autores]

### 3.14 SIMULACIONES

Para verificar el correcto funcionamiento de la red Gpon implementada, utilizaremos el software OPNET V14.5, que se muestra a continuación en la Figura 3.10, ya que está diseñado para poder simular de forma exacta redes GPON, además de que permite incluir los servicios de televisión y telefonía.

Este programa nos permite observar la cantidad de paquetes recibidos y perdidos, el flujo de datos verifica si existe alguna caída entre otras cosas, por lo que la hace la mejor opción para poder simular la red diseñada.

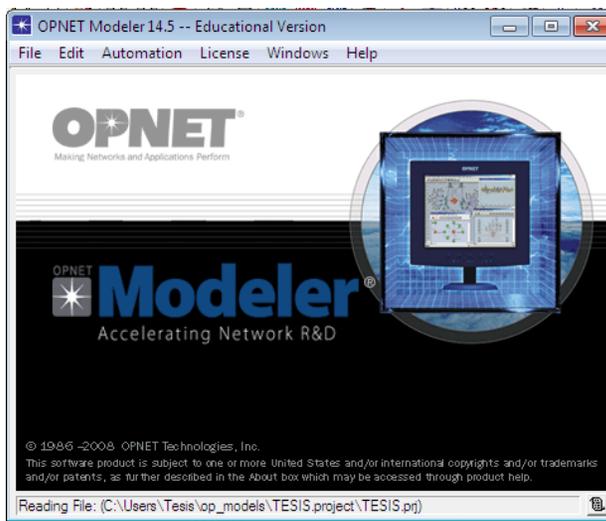


Figura 3.10 - Software OPNET Modeler 14.5

En el programa lo primero que debemos realizar es el diseño la red que vamos a simular, como lo vemos en la Figura 3.11.

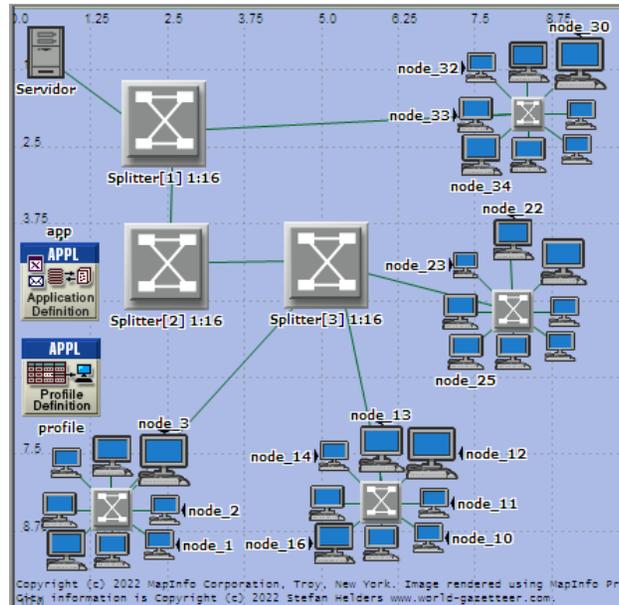


Figura 3.11 - Topología de la red

Como se visualiza en la figura anterior, la topología consta de un servidor, en el cual estarán almacenados todos los servicios y los distribuirá a los usuarios por medio de los Splitters, en este caso utilizamos Splitters 1:16 para redistribuir la señal a los diferentes puntos.

Ya que la red esté distribuida, se conectarán a los diferentes nodos que se encontrarán en los diferentes pueblos y comunidades que se encuentren cerca de Saquisilí.

Se agregan dos objetos a la simulación, como se ve en la Figura 3.12, tanto Application Definition como Profile Definition.

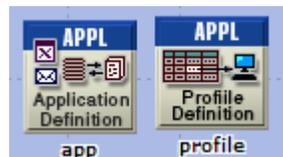
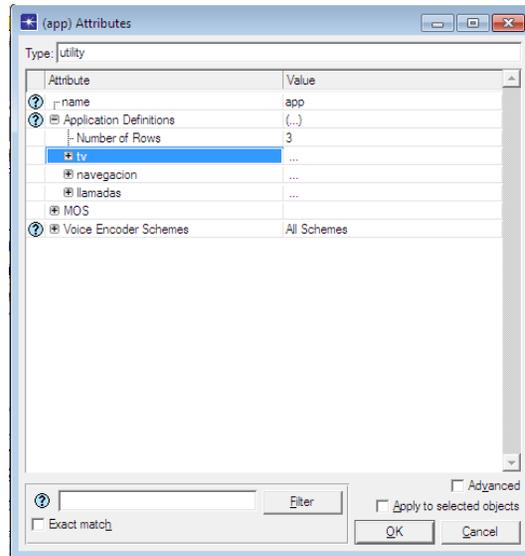


Figura 3.12 - App y Perfil

Application Definition nos permite configurar en la red que servicios vamos a utilizar, en este caso se configura para que el software pueda simular los 3 servicios que vamos a ofrecer como Tv, internet y telefonía, tal como se ve en la Figura 3.13, además le indicamos al software que protocolos van a utilizar cada uno, tal como se muestra en la Figura 3.14.

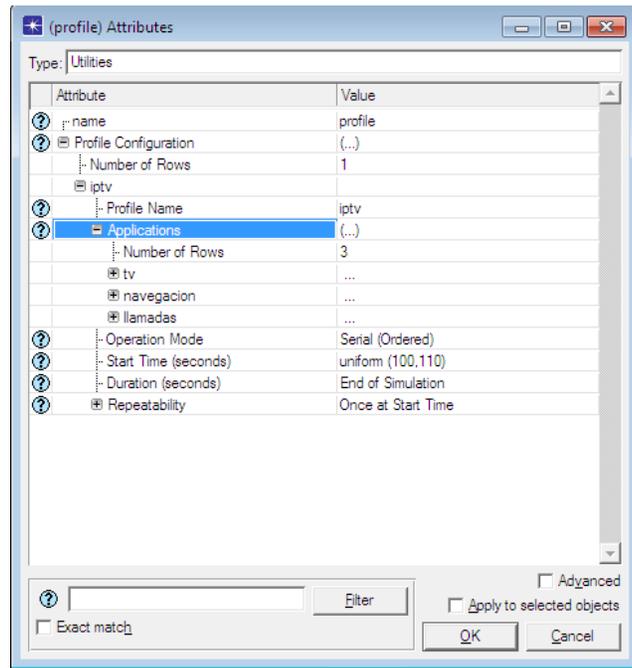


**Figura 3.13 - Servicios a simular**

tv	Name	tv	navegacion	Name	navegacion
	Description	(...)		Description	(...)
	Custom	Off		Custom	Off
	Database	Off		Database	Off
	Email	Off		Email	Off
	Ftp	Off		Ftp	Off
	Http	Off		Http	Heavy Browsing
	Print	Off		Print	Off
	Remote Login	Off		Remote Login	Off
	Video Conferencing	Off		Video Conferencing	Off
	Voice	Off		Voice	Off
			llamadas	Name	llamadas
				Description	(...)
				Custom	Off
				Database	Off
				Email	Off
				Ftp	Off
				Http	Off
				Print	Off
				Remote Login	Off
				Video Conferencing	Off
				Voice	PCM Quality and Silence Suppressed

**Figura 3.14 - Configuración de protocolo de cada servicio**

Profile Definition nos permite configurar cual de los 3 servicios vamos a utilizar, por lo que las configuraciones realizadas en Application Definition nos va a permitir agregar los servicios de Tv, internet y telefonía sin ningún problema, tal y como se ve en la Figura 3.15.



**Figura 3.15 - Perfil de los servicios que se van a simular**

Cabe recalcar que estos dos aplicativos nos van a permitir medir el tráfico de datos generados por la infraestructura de la red, paquetes enviados y recibidos, caídas de servicio, o algún error del diseño de la red.

### 3.15 PROPUESTA DE PLANES Y PRECIOS

Para el servicio de internet se hizo un estudio de mercado el cual dio como resultado ofrecer un ancho de banda de 40 MBPS, teniendo velocidades simétricas, por 20 dólares incluido-impuestos al mes.

Con respecto al servicio de televisión, se tiene propuesto contar con al menos 40 canales en señal estándar [SD] y con 10 canales en alta definición [HD], ya que teniendo en cuenta que por cada canal SD adquirido se tiene un costo promedio de 0.2 centavos de dólar, y por

cada canal en HD se tiene un precio promedio de 0.4 centavos de dólar, tendríamos un plan de Tv de al menos 16 dólares mensuales, para que sea rentable.

En telefonía se pretende cobrar una mensualidad de servicio de 5 dólares, con llamadas ilimitadas para clientes con telefonía fija que pertenezcan a la empresa. Si desean realizar llamadas a otras operadoras fijas tendrían que realizar un pago extra de 0.02 centavos por minutos, impuesto por la Arcotel, y si desean llamar a operadores celular, tendrían que pagar un valor 0.12 centavos el minuto impuesto por Arcotel.

Además, se brindará beneficios como:

- Días gozados el primer mes de contratado el servicio.
- Se brindará el 50% de descuento en el segundo y tercer mes.
- Incluye descuento del 10% si el cliente incluye dos servicios, pero si el cliente desea un plan triple pack se le otorgara 15% en su factura final.

# CAPITULO IV

## 4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez configurado todos los parámetros en el programa, se realizan las simulaciones para comprobar el correcto funcionamiento de la red GPON, en la cual veremos las gráficas de la tasa de bits, el envío y la recepción de los paquetes, los paquetes recibidos y perdidos entre otros.

### 4.1 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

El programa nos muestra una ventana de resultados donde, se puede apreciar los gráficos de las simulaciones, donde nos van a indicar si la red está funcionando correctamente o no tal y como se ve en la Figura 4.1, debemos presionar cada ventana de opciones para poder visualizar los gráficos.

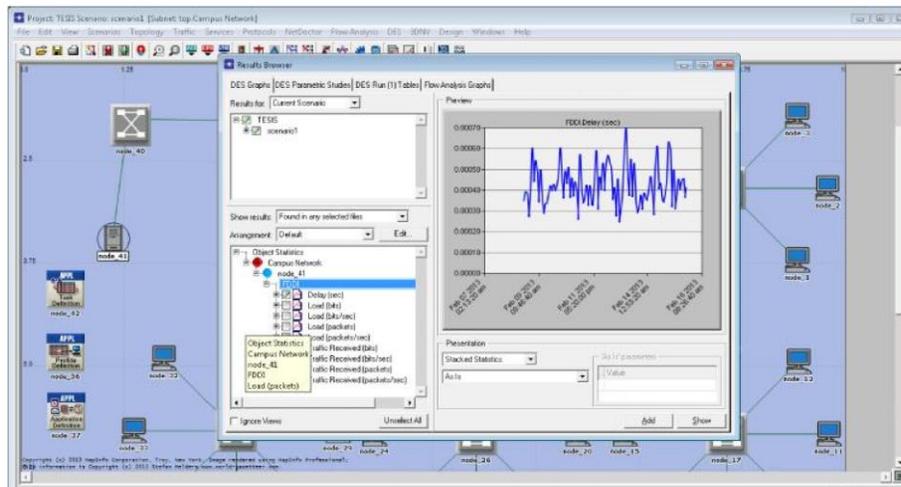
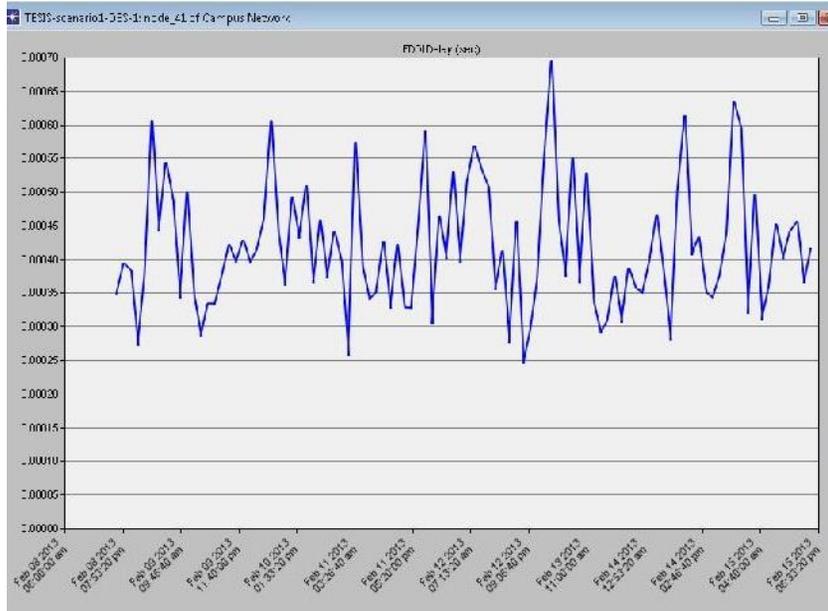


Figura 4.1 - Ventana de resultados

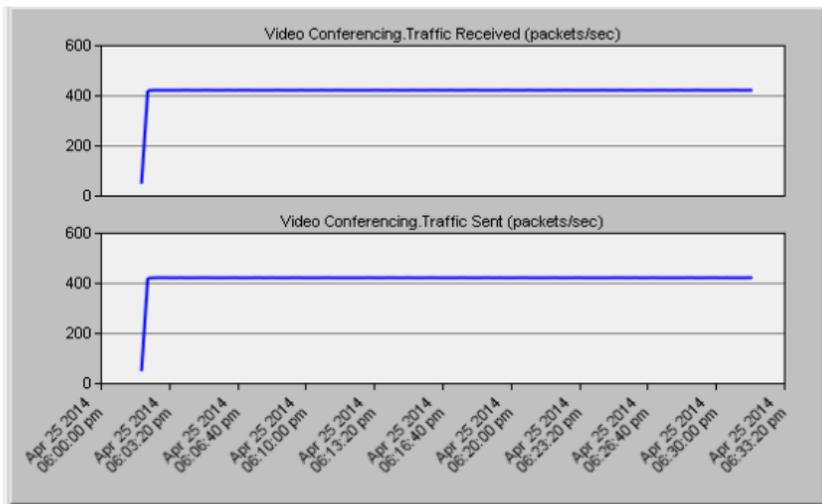
Como primer resultado de la simulación tenemos a la gráfica del retardo del envío de los paquetes, o latencia tal como se aprecia en la Figura 4.2, en la cual se puede observar que se encuentra en un rango de tiempo de 2.5 [ms] – 8 [ms], por lo que con este tiempo de retardo se determina que está dentro de los parámetros normales operativos de una red Gpon FTTH, ya que según los estudios y en comparación a diferentes redes, una latencia

óptima esta por alrededor de los 5 [ms], pero pueden existir latencias de hasta un máximo de 20 [ms] para que la red funcione correctamente. [52]



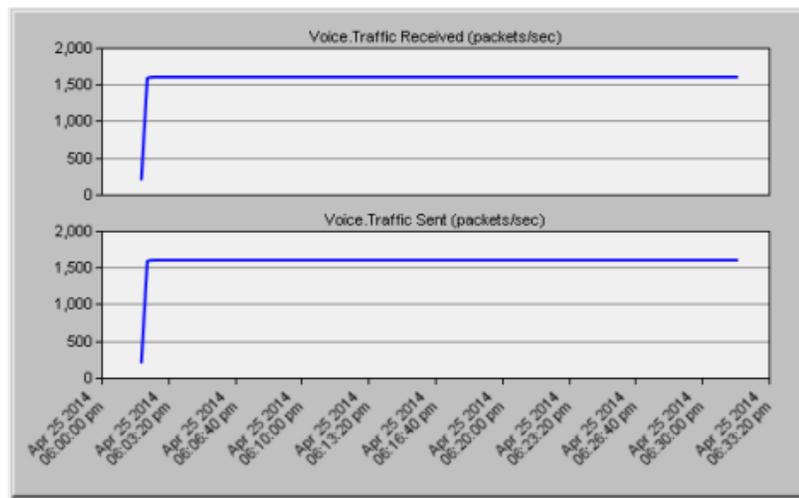
**Figura 4.2 - Retardo de envíos de Paquetes**

Para verificar el correcto tráfico de datos del sistema de IPTV en la red GPON, se muestra la Figura 4.3, donde se observa el envío y la recepción de paquetes de video por segundo hacia el usuario final. En este caso se verifica que por segundo se envían de manera constante un poco más de 400 paquetes por segundo, y se reciben la misma cantidad, por lo que la pérdida de estos son nula. Es decir, la calidad del video se mantendrá y no existirá pérdidas de información en el video, por lo que la calidad se conservaría de manera estable.



**Figura 4.3 - Paquetes enviados y recibidos por segundos en video**

La Figura 4.4, nos muestra la gráfica con respecto al servicio de telefonía, es decir se observa el envío y recepción de paquetes hasta los usuarios finales (desde OLT hasta ONT), en la red GPON, donde se observa que se enviaron alrededor de 1,5 paquetes por segundo y se recibieron la misma cantidad, teniendo un total de 0 paquetes perdidos, lo que muestra que también a nivel de telefonía, el servicio funciona correctamente y no existen pérdidas de información al momento de utilizarlas.



**Figura 4.4 - Paquetes enviados y recibidos en telefonía.**

Para verificar el correcto funcionamiento en el servicio de internet, se observa la Figura 4.5, donde se verifica el envío y la recepción de paquetes hacia el usuario final, la cual da como resultado que se envió 7 paquetes y se recibió la misma cantidad, con 0 paquetes perdidos. Esto quiere decir que en la red no se pierde información al navegar por lo que garantiza el óptimo rendimiento.



**Figura 4.5- Paquetes enviados y recibidos en el servicio de Internet**

Para obtener los resultados del ancho de banda que utilizaría cada uno de los servicios, se realizan ciertas configuraciones, las cuales nos van a mostrar el ancho de banda que utiliza la Tv en HD y en SD, incluyendo también el ancho de banda que utiliza el servicio de telefonía. Esto con el fin de verificar el ancho de banda mínimo que necesitaría cada cliente para un correcto funcionamiento.

En la Figura 4.6, podemos observar el ancho de banda en Megabits/segundos que se utilizan en la televisión HD la cual oscila entre los 9 Mbps– 10 Mbps aproximadamente. lo cual es aceptable comparado con otras plataformas de streaming que ofrecen como ancho de banda mínimos entre 5 Mbps – 8 Mbps para poder reproducir contenido en HD.

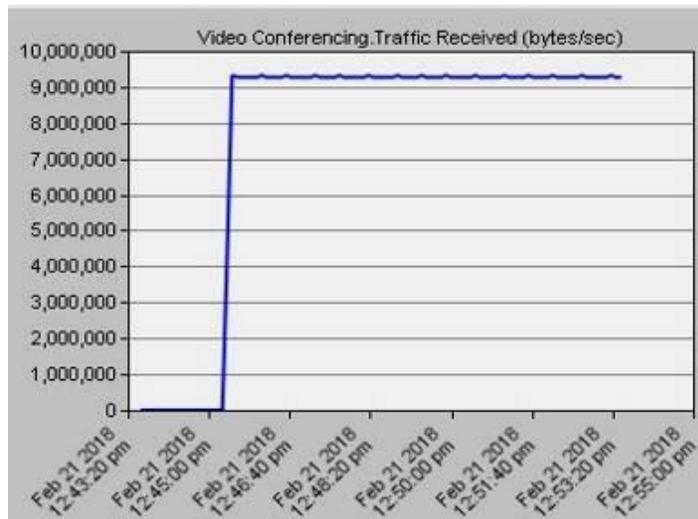


Figura 4.6 - Ancho de banda en señal HD

Con respecto a la Figura 4.7, podemos observar el ancho de banda consumido por la señal SD, que en este caso oscila entre los 3,5 Mbps – 4 Mbps aproximadamente, que también en comparación a otras plataformas de streaming, las cuales recomiendan un ancho de banda mínimo que va desde los 2,5 Mbps - 3,5 Mbps, esta dentro del rango aceptable de consumo de bits.

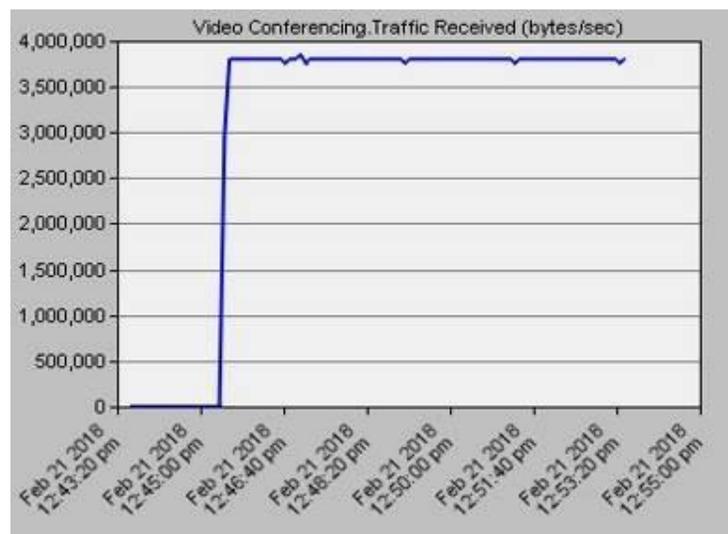


Figura 4.7 - Ancho de banda señal SD.

Para el tráfico de datos con el sistema de telefonía, la Figura 4.8 nos muestra el ancho de banda que consume la red al momento de realizar una llamada en la red, y como se observa el consumo es mínimo y está entre los 3 Kbps – 9,2 Kbps, que comparado con otras operadoras que ofrecen el mismo, las cuales tiene un consumo de ancho de banda que va entre los 4 kbps – 5,7 Kbps. [54]

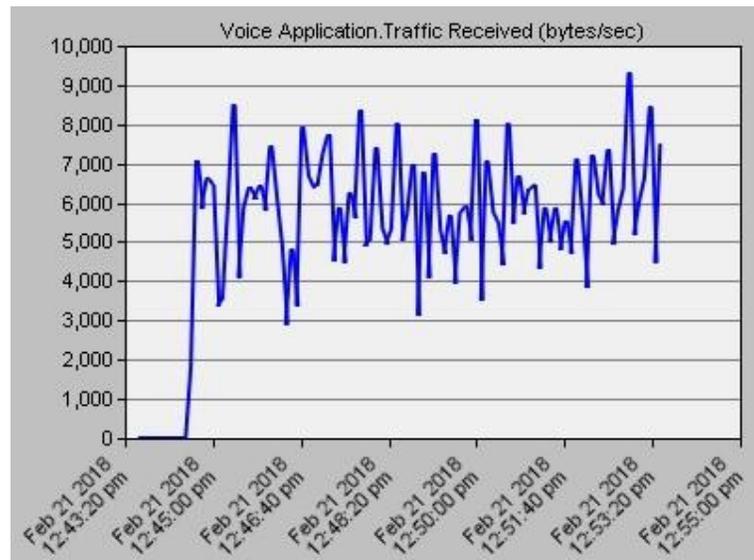


Figura 4.8 - Ancho de banda consumido por una llamada de voz.

## 4.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CAMPO

Para mostrar los resultados de campo se realizó estudios en el sitio, tomando las coordenadas de las ubicaciones de las cajas NAP, el lugar donde se ubica las magas de distribución, los Splitter 1:8; analizando la ubicación, distancia y tipo de postes con los que se va a trabajar para el templado aéreo. A continuación, se muestra en el programa Google earth los resultados de dicho estudio.

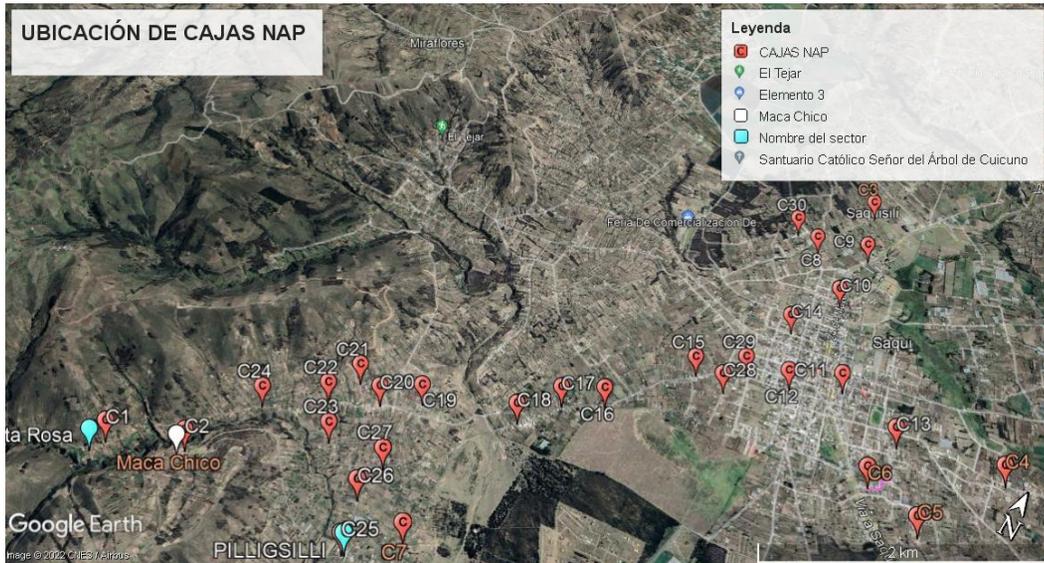


Figura 4.9 - Ubicación de Cajas NAP en la Zona geográfica.

En la Figura 4.9, se muestra la ubicación de las cajas NAP 1:16 de acuerdo al estudio realizado en el sitio, estas fueron ubicadas basándonos en la cantidad de clientes que se puede proveer, es decir 16 por caja. También se realizó mediciones de la distancia a la que se ubican los domicilios, en nuestro caso son 200m a partir de la caja hacia la casa del cliente por la potencia con la que debemos llegar que es  $-18\text{dBm}$  para tener una óptima transmisión de datos.

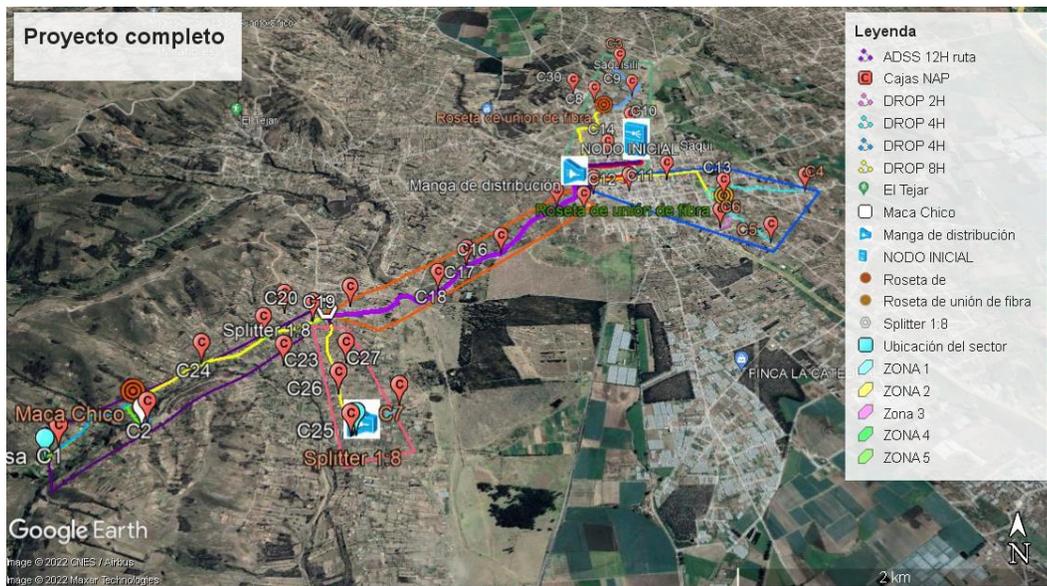


Figura 4.10 - Proyecto completo [fuente: autores].

En la Figura 4.10, se muestra el proyecto terminado con la ubicación del nodo, manga de distribución, Splitters 1:8, rosetas de unión de fibra, y por ultimo las cajas NAP. Este proyecto está dividido por zonas, en total se tiene 5 zonas, con esto se determinó las distancias y elementos que se va a usar para construir cada zona de la red, a partir de esto se realizaron cálculos de pérdida de potencia luego mostrados debidamente, la distancia de la zona más lejana es de 7Km aproximadamente. Estos son los lugares donde se oferta los tres servicios, telefonía fija, IPTV e internet de banda ancha.

### **4.3 CÁLCULO DE POTENCIA ÓPTICA**

A continuación, se presentan los cálculos de potencias ópticas donde se presentan las atenuaciones por conectores, splitters y empalmes, este valor va a depender del número de elementos que presente la red. Para calcular estas pérdidas existen tablas con valores de atenuación dependiendo el elemento utilizado.

Los datos presentados de atenuaciones serán divididos por zonas de trabajo tal cual está compuesta la red, en cada zona se calculan las pérdidas por atenuación de acuerdo a los datos que se muestran:

Datos para realizar cálculos:

- Cable de Fibra Óptica utilizado: SM9/125 [Outdoor].
- Distancia medida en [Km].
- Pérdidas del Cable:  $0,4 \text{ [dB]} \times \text{[Km]}$ .
- Pérdida por Empalme:  $0,3 \text{ [dB]}$
- Pérdida por Conectores:  $0,5 \text{ [dB]}$ .
- Pérdida por Splitter 1:8 =  $14 \text{ [dB]}$ .
- Potencia OLT:  $28\text{dBm}$

## ZONA 1

	Valores	Valores de Pérdidas [dB]	TOTAL [dB]
Número de conectores	2	0,5	1
Número de empalmes	3	0,3	0,9
Número de Splitters 1:8	1	14	14
Distancia en [Km]	3,65	0,4	1,46
<b>TOTAL DE ATENUACIÓN [dB]</b>			<b>17,36</b>

Tabla 4.1 - Cálculo de Atenuación de la Potencia en Zona 1.

Potencia recibida = +5 [dBm] – 13,36 [dB] = -12,36 [dBm].

## ZONA 2

	Valores	Valores de Pérdidas [dB]	TOTAL [dB]
Número de conectores	2	0,5	1
Número de empalmes	4	0,3	1,2
Número de Splitters 1:8	1	14	14
Distancia en [Km]	4,11	0,4	1,644
<b>TOTAL DE ATENUACIÓN [dB]</b>			<b>17,844</b>

Tabla 4.2 - Cálculo Atenuación de la Potencia en Zona 2.

Potencia recibida = +5 [dBm] – 17,844 [dB] = 12,444 [dBm].

## ZONA 3

	Valores	Valores de Pérdidas [dB]	TOTAL [dB]
Número de conectores	3	0,5	1,5
Número de empalmes	1	0,3	0,3
Número de Splitters 1:8	1	14	14
Distancia en [Km]	6,25	0,4	2,5
<b>TOTAL DE ATENUACIÓN [dB]</b>			<b>18,3</b>

Tabla 4.3 - Cálculo Atenuación de la Potencia en Zona 3

Potencia recibida = +5 [dBm] – 18,3 [dB] = -13,3 [dBm].

## ZONA 4

	Valores	Valores de Pérdidas [dB]	TOTAL [dB]
Número de conectores	3	0,5	1,5
Número de empalmes	1	0,3	0,3
Número de Splitters 1:8	1	14	14
Distancia en [Km]	6,25	0,4	2,5
<b>TOTAL DE ATENUACIÓN [dB]</b>			<b>18,3</b>

Tabla 4.4 - Cálculo Atenuación de la Potencia en Zona 4

Potencia recibida = +5 [dBm] – 18.3 [dB] = -13,3 [dBm]

## ZONA 5

	Valores	Valores de Pérdidas [dB]	TOTAL [dB]
Número de conectores	2	0,5	1
Número de empalmes	5	0,3	1,5
Número de Splitters 1:8	1	14	14
Distancia en [Km]	6,440	0,4	2,576
<b>TOTAL DE ATENUACIÓN [dB]</b>			<b>19,07</b>

Tabla 4.5 - Cálculo Atenuación de la Potencia en Zona 5

Potencia recibida = +5 [dBm] – 19,07[dB] = -14.07 [dBm] Para el cálculo de dichos valores se ha considerado un modelo de diseño para de una red GPON, correspondiente a modelos masivos para hogares, este es mostrado a continuación en la Figura 4.11:

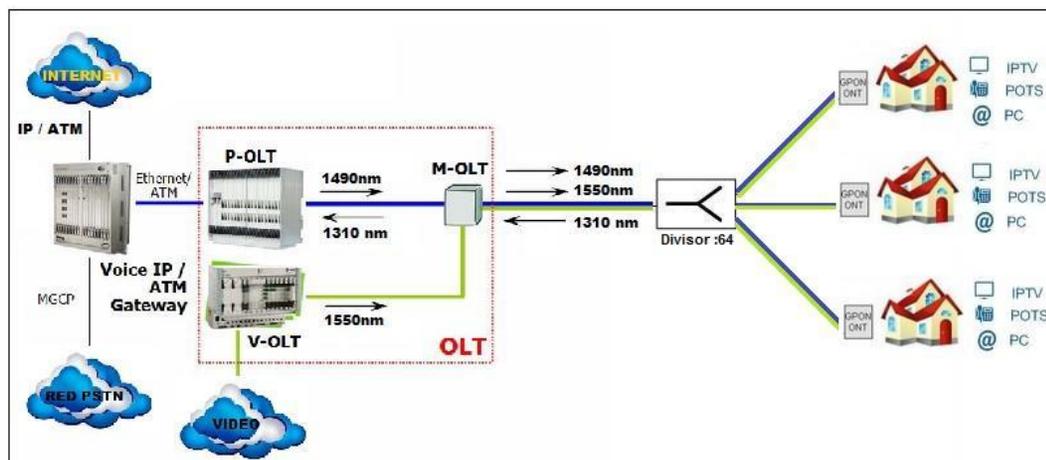


Figura 4.11 - Modelo de diseño de red GPON (MODELO MASIVO CASAS)

Los datos presentados anteriormente son un estimado de pérdidas por atenuación en la red, al momento de implementar van a depender de la geografía del sitio, del tipo de templado aéreo que se realice y también si la red lo requiere se pueden realizar adecuaciones de acuerdo a lo que el cliente demande.

#### **4.4 CÁLCULO DE ANCHO DE BANDA POR CLIENTES**

Este cálculo es indispensable ya que se debe conocer cuánto ancho de banda ocupa cada uno de los equipos de la red y cuanto ancho de banda requieren cada uno de los servicios. Tener conocimiento de esto es importante para evitar la saturación de la red y que los usuarios tengan una correcta transmisión de datos evitando retardo en su servicio.

En las zonas a trabajar se ofrece los tres servicios, por lo tanto, el cálculo se realiza para un cliente que contraté telefonía fija, IPTV e Internet a través de la red GPON. De acuerdo con los datos proporcionados para la OLT MA5608T la capacidad de las tarjetas es de 2.5Gbps en bajada y 1.25Gbps en subida, con un splitteo de 1:8, con estos datos se puede calcular la capacidad de cada puerto de la tarjeta de la OLT para cada usuario es:

Con este valor es el máximo que se puede llegar a la ONT del usuario, esto va a depender de cada equipo usado.

De acuerdo a la información proporcionada se sabe que el máximo consumo de IPTV es de 10Mbps. El consumo de VoIP es de 82.2Kbps y el consumo de banda ancha de internet dependerá del número de usuarios conectados a la red, como base pondremos un valor de 10Mbps de consumo. Con estos valores se calcula el consumo total por usuario que contrate los tres servicios y se hará una comparación con el plan básico de 25Mbps ofrecidos, se detalla en la Tabla 4.6 el consumo de ancho de banda:

<b>ANCHO DE BANDA REQUERIDO</b>	
<b>SERVICIO</b>	<b>ANCHO DE BANDA</b>
<b>INTERNET FIJO</b>	10 Mbps
<b>IPTV</b>	10 Mbps
<b>VOIP</b>	0.0872 Mbps
<b>TOTAL</b>	20.0872 Mbps

**Tabla 4.6 - Ancho de banda requerido para los tres servicios**

El valor total de ancho de banda requerido es menor al plan mínimo ofrecido, es decir con un plan básico se está satisfaciendo la demanda de ancho de banda para cada cliente.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Al realizar el análisis la zona geográfica, se logró determinar las mejores ubicaciones para instalar las cajas NAP, la ruta la cual se desplegará el cableado de la fibra óptica y demás equipos, para así poder abastecer a la mayor cantidad de clientes que se encuentren en zonas más alejadas, esto con el fin de utilizar la menor cantidad de equipos para el correcto funcionamiento de la red, permitiendo una mejor optimización de recursos.
- El análisis teórico cumplió un papel fundamental, ya que permitió tener una idea clara de que equipos y componentes son los necesarios para poder implementar la red GPON, ya que gracias a esta tecnología nos permite tener los tres servicios por un mismo cableado. Incluso el análisis de esta tecnología permitió entender las normas a seguir, los datos obtenidos para verificar que la red diseñada cumple con los estándares de calidad, y estar en el rango competitivo con empresas que ofrecen el mismo servicio.
- Al realizar un análisis de los costos de los planes en comparación a las otras empresas que ofrecen el servicio se aprecia que un plan de Internet de \$20 más el precio adicional por IPTV y telefonía es factible y accesible para las personas de Saquisilí, esto está basado en la encuesta realizada.
- Realizando un análisis de ancho de banda para el uso de los tres servicios se observó que los parámetros técnicos son considerables. Determinado que el ancho de banda que usará IPTV varía de 10Mbps en adelante por cliente, con 3 a 4 usuarios conectados al mismo tiempo al servicio de internet o IPTV, al querer usar los dos servicios al mismo tiempo el consumo de ancho de banda aumenta y es directamente proporcional al número de decodificadores generando tráfico de datos al ofertar 25 Mbps como plan básico satisface el uso del número de usuarios mencionados anteriormente.
- Con la propuesta de planes establecida, se pudo concluir, que, con respecto a la competencia, brindamos un servicio de calidad - precio, muy competitivo y rentable a largo plazo. Lo cual permitirá recuperar la inversión en tiempo y

poder así ganas más suscriptores, y en el futuro poder ampliar la red a muchos más usuarios, mejorando así la calidad de vida de muchas personas, que al estar en zonas muy alejadas a la parte urbana no pueden gozar de estos servicios.

## **RECOMENDACIONES**

- La red GPON fue diseñada para las zonas rurales de Saquisili, se recomienda extender la red ya que la OLT soporta distancias hasta de 20km, con esto se obtendrá una mayor demanda de clientes.
- Al momento de implementar la red se recomienda dejar reservas de fibra en cada punto de unión de fibra con la finalidad de una expansión, ya que lo equipos adquiridos dan la capacidad para 4096 clientes. Con esto se busca que la rentabilidad del proyecto sea mayor y la empresa tenga mayores beneficios.
- Se recomienda que los planes que contiene los tres servicios sean ofertados hasta donde está diseñada la red debido a que si se llega a superar la pérdida de potencia de -18dBm se corre el riesgo de que los servicios no sean óptimos para el cliente, es decir la calidad de imagen y carga de datos tenga retardos.
- Para la implementación de la red GPON con IPTV se recomienda que el personal técnico y administrativo estén capacitados con conocimientos técnicos, beneficios y ventajas de adquirir dicho servicio, con esto se lograra brindar un óptimo servicio al cliente, garantizando una calidad de servicio y una proyección al pasar el tiempo.
- Las comunidades de Saquisili y sus alrededores, se encuentran ubicadas en zonas alejadas del área urbana, por lo cual los servicios de televisión, telefonía e internet son escasos. Las personas que los poseen tiene un servicio de mala calidad, con tecnologías muy poco convencionales y costos excesivos.

# BIBLIOGRAFIA

- [1 C. S.A., «Compucima,» 2021. [En línea]. Available:  
] <https://compucima.com.ec/telecomunicaciones-en-ecuador/>.
- [2 A. D. V. NÚÑEZ, Mayo 2012. [En línea]. Available:  
] <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1742/1/106374.pdf>.
- [3 Ministerio de Telecomunicaciones Y de la Sociedad de la Información, Enero 2021. [En  
] línea]. Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/Familia-Digital-Documento.pdf>.
- [4 J. Cedeño, «UNIVERSIDAD TECNOLOGICA EMPRESARIAL DE GUAYAQUIL,» 2018.  
] [En línea]. Available:  
<http://biblioteca.uteg.edu.ec:8080/bitstream/handle/123456789/83/PROPUESTA-DE-IMPLEMENTACION-DE-TECNOLOGIA-PLC-PARA-TRANSMISION-DE-DATOS-DE-INTERNET-EN-ZONAS-RURALES-PARA-LA-PROVINCIA-DEL-GUAYAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [5 MINTEL, «Ministerio de Telecomunicaciones,» 2021. [En línea]. Available:  
] <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/gracias-a-los-infocentros-comunitarios-ecuador-reduce-drasticamente-el-analfabetismo-digital/>.
- [6 E. Comercio, 31 Mayo 2022. [En línea]. Available:  
] <https://www.elcomercio.com/actualidad/cotopaxi-nino-camina-kilometros-para-llegar-escuela.html>.
- [7 L. Hora, «La Hora,» 29 Julio 2020. [En línea]. Available:  
] <https://www.lahora.com.ec/noticias/ecuador-uno-de-los-paises-con-peor-internet/>.
- [8 CNT, «Visor Geografico de Servicios de CNT,» 2022. [En línea]. Available:  
] <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/#>.

[9 Sakitel, 2022. [En línea]. Available: <https://es-la.facebook.com/Sakytel-2052041804842265/about/>.

[1 M. Vera Puebla y Equipo Legal INREDH, «INREDH,» Comunicaciones INREDH, Mayo 0] 2015. [En línea]. Available: [https://www.inredh.org/archivos/pdf/derecho\\_a\\_la\\_informacion\\_publica.pdf](https://www.inredh.org/archivos/pdf/derecho_a_la_informacion_publica.pdf).

[1 M. d. T. d. Ecuador, «MINTEL,» MINTEL, [En línea]. Available: 1] <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-continua-creciendo-en-tecnologia/>.

[1 C. D. R. G. -. N. Cardona, «Repositorio UPV,» UPV, Enero 2015. [En línea]. Available: 2] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/78993/Radicelli%20Garc%C3%ADa%2C%20C.D.%20%3B%20Cardona%2C%20Narc%C3%ADs%20-%20Propuesta%20de%20conectividad....pdf?sequence=3>.

[1 J. R. Quain, «AARP,» AARP, 15 Julio 2021. [En línea]. Available: 3] <https://www.aarp.org/espanol/hogar-familia/tecnologia/info-2021/internet-de-alta-velocidad-zonas-rurales.html>.

[1 T. Perú, «ITU,» 2019. [En línea]. Available: 4] <https://www.itu.int/itu-news/manager/display.asp?lang=es&year=2005&issue=10&ipage=peru&ext=html>.

[1 R. Ganesan, «Microsoft,» 29 Enero 2021. [En línea]. Available: 5] <https://news.microsoft.com/es-xl/features/una-conectividad-rapida-y-confiable-a-internet-lleva-nuevas-esperanzas-a-las-villas-rurales/>.

[1 D. Arias, «ENTER.CO,» 30 Abril 2021. [En línea]. Available: 6] <https://www.enter.co/empresas/colombia-digital/airband-microsoft-internet-zonas-rurales-colombia/>.

[1 «PulpoBlog,» 10 Febrero 2021. [En línea]. Available: [https://pulpo.ec/se-impulsa-venta-7\] directa-de-internet-en-zonas-rurales/](https://pulpo.ec/se-impulsa-venta-directa-de-internet-en-zonas-rurales/).

- [1 Embou, «Embou,» 07 Abril 2022. [En línea]. Available:  
8] <https://www.embou.com/blog/como-tener-internet-en-zonas-rurales>.
- [1 CenturyLink, «CenturyLink,» 2018. [En línea]. Available:  
9] <https://espanol.centurylink.com/home/help/internet/rural-internet-options.html>.
- [2 V. E. M. Pinto, «Universidad Técnica de Ambato,» 2016. [En línea]. Available:  
0] [https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23060/1/EC\\_t1115mif.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23060/1/EC_t1115mif.pdf).
- [2 J. P. Añapa, «USFQ,» 11 Agosto 2019. [En línea]. Available:  
1] <https://repositorio.usfq.edu.ec/jspui/bitstream/23000/5901/1/126381.pdf>.
- [2 A. Miller, «Viasat,» 01 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.viasat.com/es-2/mx/acerca-de-nosotros/sala-de-prensa/blog/como-el-satelite-posibilita-velocidades-de-internet-similares-a-las-de-la-ciudad-en-el-campo/>.
- [2 Ipcomm, «Ipcomm,» 21 Junio 2021. [En línea]. Available: <https://www.internet-3/satelite.eu/noticias/wifi-rural-para-campo-zonas-sin-internet/>.
- [2 BnAmericas, 05 Enero 2021. [En línea]. Available:  
4] <https://www.bnamericas.com/es/noticias/mas-de-200-mil-cusquenos-en-zonas-rurales-seran-beneficiados-con-internet-de-alta-velocidad>.
- [2 Q. A. Contratar, «Que ADSL,» 27 Abril 2022. [En línea]. Available:  
5] <https://queadslcontratar.com/internet/rural>.
- [2 UTPL, «UTPL Blog,» 25 Junio 2021. [En línea]. Available:  
6] <https://noticias.utpl.edu.ec/utpl-implementa-puntos-de-internet-en-escuelas-de-zonas-perifericas-de-loja>.
- [2 Plokiko, «Xataka Movil,» 02 Febrero 2022. [En línea]. Available:  
7] <https://www.xatakamovil.com/comparativa-de-tarifas/internet-rural-comparativa-precios-alternativas-mediante-satelite-4g-wimax-adsl>.

- [2 N. Prieto, «Semana Rural,» 13 Junio 2011. [En línea]. Available: 8] <https://semanarural.com/web/articulo/ministerio-de-tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-lleva-internet-gratis-a-zonas-rurales-de-colombia/1295>.
- [2 A. Fernandez, «Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria,» 2021 Noviembre 2021. 9] [En línea]. Available: <https://inta.gov.ar/noticias/conectividad-a-internet-una-cuenta-pendiente-para-los-parajes-rurales>.
- [3 M. Terol, «TinkBig,» 2021. [En línea]. Available: <https://blogthinkbig.com/conexion-0-zonas-rurales-5g/>.
- [3 RADIOKABLE, «RADIOKABLE,» 2021. [En línea]. Available: 1] <https://radiokable.net/blog/cual-es-el-mejor-internet-rural/>.
- [3 M. Arguello, «Info Teknico,» [En línea]. Available: <https://www.infoteknico.com/que-es-2-una-red-gpon>.
- [3 J. Marti, «UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA,» 2008 Diciembre 2008. [En 3] línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6158/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [3 A. Lopez, «RedesZone,» 06 Junio 2022. [En línea]. Available: 4] <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/tecnologia-ftth-gpon-que-es-funcionamiento/>.
- [3 L. Jimenez, «Huawei,» 19 Junio 2019. [En línea]. Available: 5] <https://forum.huawei.com/enterprise/es/aprendiendo-los-conceptos-de-olt-onu-y-ont/thread/540747-100275>.
- [3 CENTEL, «CENTEL,» 2018. [En línea]. Available: <https://ce.entel.cl/pymes/articulos/red-6-mpls-que-es-beneficios/>.

- [3 IMPORTRADE, «IMPORTRADE,» 2019. [En línea]. Available: 7] <https://www.importrade.ec/product/olt-4p-gpon-new-model/>.
- [3 Y. Fernandez, «Xataka,» 20 Septiembre 2020. [En línea]. Available: 8] <https://www.xataka.com/basics/que-ont-como-saber-cual-debes-elegir-para-sustituir-router-fibra-tu-operadora>.
- [3 J. D, «Medium,» 23 Octubre 2018. [En línea]. Available: 9] <https://xxxamin1314.medium.com/an%C3%A1lisis-de-pon-qu%C3%A9-es-olt-onu-ont-y-odn-8e78eb25e4bb>.
- [4 F. Andrade, «CableCom,» 17 Enero 2020. [En línea]. Available: 0] [https://www.cablecom.com.ec/post/qu%C3%A9-es-el-cable-de-fibra-%C3%B3ptica?gclid=CjwKCAjwzeqVBhAoEiwAOrEmzRfdhIDjpaLfTcAMI19iBGHJdUyZqSMKRRTQX6H-RqjQ9R2hI5WvthoCiGQQAvD\\_BwE](https://www.cablecom.com.ec/post/qu%C3%A9-es-el-cable-de-fibra-%C3%B3ptica?gclid=CjwKCAjwzeqVBhAoEiwAOrEmzRfdhIDjpaLfTcAMI19iBGHJdUyZqSMKRRTQX6H-RqjQ9R2hI5WvthoCiGQQAvD_BwE).
- [4 BlackBox, «BlackBox,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.blackbox.com.mx/mx-11/mx/page/28535/Recursos/Technical/black-box-explica/Fibre-Optic-Cable/Cable-de-fibra-optica-multimodo-vs-monomodo>.
- [4 Termired, «Termired,» 2019. [En línea]. Available: [https://termired.com/splitter-fibra-2\] optica/](https://termired.com/splitter-fibra-2] optica/).
- [4 Sheldon, «FS Comunity,» 22 Octubre 2018. [En línea]. Available: 3] <https://community.fs.com/es/blog/abc-of-pon-understanding-olt-onu-ont-and-odn.html>.
- [4 Extorm, 2019. [En línea]. Available: [https://community.fs.com/es/blog/abc-of-pon-4\] understanding-olt-onu-ont-and-odn.html](https://community.fs.com/es/blog/abc-of-pon-4] understanding-olt-onu-ont-and-odn.html).
- [4 D. Lopez, «Tm5Multiplexaion,» 28 Mayo 2014. [En línea]. Available: 5] <http://www.tm5multiplexacion.260mb.net/?p=31&i=1>.
- [4 Electronica, 2015. [En línea]. Available: 6] <https://sites.google.com/site/3cuellectronica/home/multiplexacion/tdma>.

- [4 J. Alomoto, «DocPLayer,» 2014. [En línea]. Available: [https://docplayer.es/52458934-7\] Saquisili-gobierno-autonomo-descentralizado-municipal-del-canton-saquisili-provincia-del-cotopaxi-lic-juan-alomoto-totasig-alcalde.html](https://docplayer.es/52458934-7] Saquisili-gobierno-autonomo-descentralizado-municipal-del-canton-saquisili-provincia-del-cotopaxi-lic-juan-alomoto-totasig-alcalde.html).
- [4 M. Jimenez, «Intelsa,» 6 Octubre 2021. [En línea]. Available: 8] <https://intelsa.com.ec/producto/olt-huawei-ma5608t/>.
- [4 A. Liu, «Ycict Co,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.ycict.net/es/products/huawei-hg8310m-ftth/>.
- [5 Nextel, «Nextel Telecomunicaciones,» 2018. [En línea]. Available: [http://www.nextel-es.com/descargas/FTTH/NEXTEL\\_NSW\\_Series\\_Intelligent\\_Optical\\_Switch.pdf](http://www.nextel-es.com/descargas/FTTH/NEXTEL_NSW_Series_Intelligent_Optical_Switch.pdf).
- [5 Optitel, «Optitel,» 2021. [En línea]. Available: [https://www.optitelsrl.com/product/odf-1\] modular-19-sc-fc-lc/](https://www.optitelsrl.com/product/odf-1] modular-19-sc-fc-lc/).
- [5 J. JIMENEZ, «RedesZone,» 22 Mayo 2022. [En línea]. Available: 2] <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/ping-latencia-videollamada>.
- [5 Netflix, «Help Netflix,» 2019. [En línea]. Available: <https://help.netflix.com/es/node/306>. 3]
- [5 H. Netflix, «Netflix,» 2019. [En línea]. Available: <https://help.netflix.com/es/node/306>. 4]
- [5 J. Jimenez, «Redes Zone,» 19 Mayo 2022. [En línea]. Available: 5] <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/ping-latencia-videollamada/>.
- [5 R. Chicharro, «Experto Movil,» 06 Julio 2020. [En línea]. Available: 6] <https://www.tuexpertomovil.com/2020/07/06/cuantos-datos-consume-una-llamada-y-una-videollamada-de-whatsapp/>.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1: RESULTADOS DE ENCUESTA DE MERCADEO

1. ¿Actualmente dispone de un servicio de internet en su domicilio?

Si

No



Figura A 1.1 RESPUESTAS

2. ¿Cuál es el nombre del proveedor de servicio?

CNT

Speddy

Intel Cotopaxi

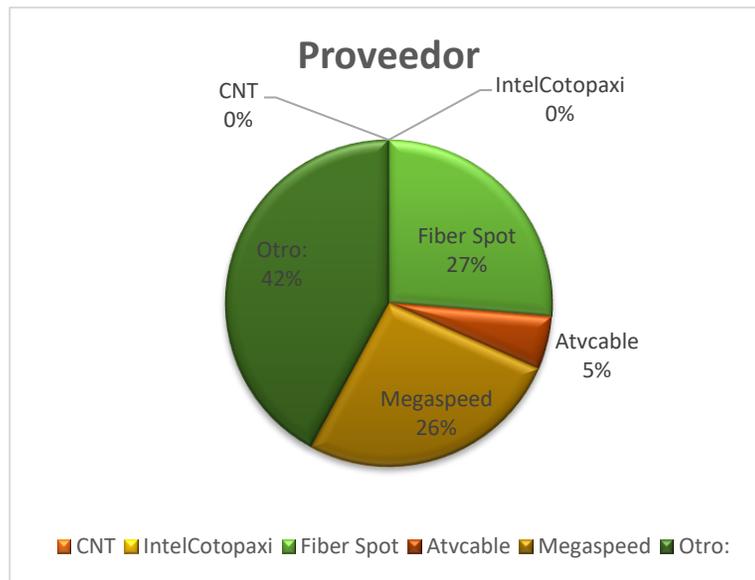
Fiber Spot

Atvcable

Netlife

Megaspeed

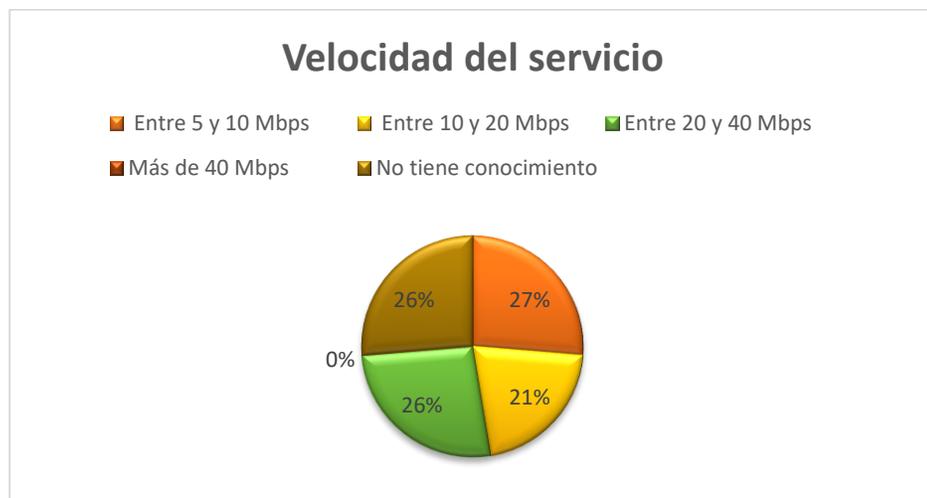
Otro: \_\_\_\_\_



**Figura A 1.2 PROVEEDOR**

3. ¿Cuál es la velocidad del servicio contratado?

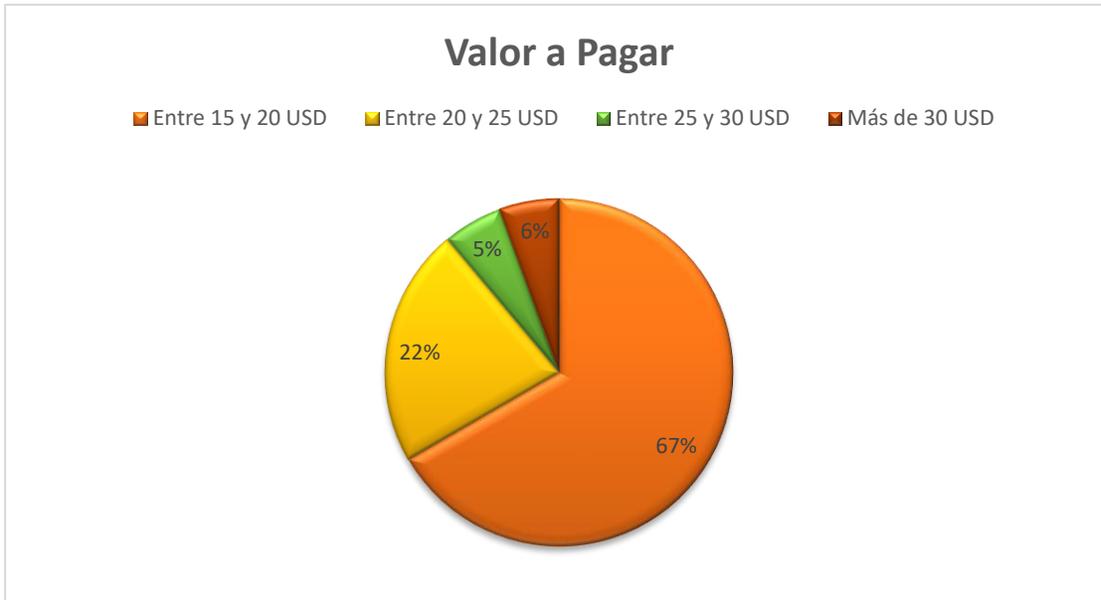
- Entre 5 y 10 Mbps
- Entre 10 y 20 Mbps
- Entre 20 y 40 Mbps
- Más de 40 Mbps



**Figura A 1.3 RESPUESTAS VELOCIDAD DEL SERVICIO**

4. ¿Cuánto cancela mensualmente por este servicio?

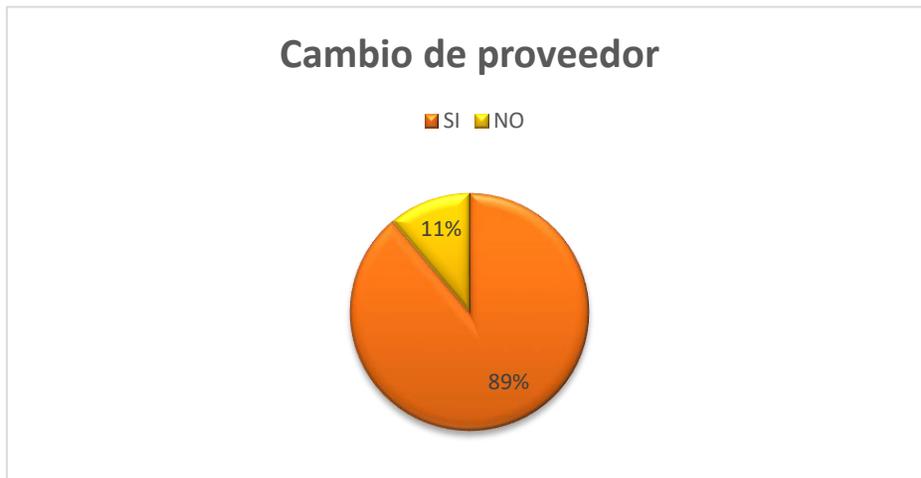
- Entre 15 y 20 USD
- Entre 20 y 25 USD
- Entre 25 y 30 USD
- Más de 30 USD



**Figura A 1.4 VALOR A PAGAR**

5. ¿Se cambiaría usted de proveedor por uno que le ofrezca menor precio (\$20 por la misma velocidad (40Mbps)?

- Si
- No (porque) \_\_\_\_\_



**Figura A 1.5 CAMBIO DE PROVEEDOR**

6. ¿El servicio técnico recibido es atendido en menos de 24H?

- Si
- NO

En el caso de ser su respuesta NO en cuanto tiempo es atendido su requerimiento\_\_\_\_\_



**Figura A 1.6 SOPORTE TÉCNICO**

7. ¿Tiene conocimiento usted de lo que es servicio de IPTV?

- SI
- NO



**Figura A 1.7 CONOCIMIENTO IPTV**

**8. ¿Por qué medio de publicidad usted se informa usualmente?**

- Radio
- Televisión
- Volantes, periódicos, etc.
- Redes sociales.



**Figura A 1.8 PUBLICIDAD**

### **Análisis de encuesta:**

De acuerdo con los resultados arrojados para la pregunta 1 el 74% de personas tienen servicio de internet en casa, el 15% no tiene y muestra interés en tenerlo y el 11% no tiene servicio y o muestra ningún interés en tenerlo.

En cuanto a la pregunta dos se dividió en dos partes, el tipo de servicio que tiene donde el 39% aún tiene servicio inalámbrico (por antena) y el 61% tiene servicio por fibra óptica. Para la segunda parte es el análisis de los proveedores que se encuentran en el sector, donde nuestros competidores directos son Megasppeed y Fiber Spot siendo estos los mayores proveedores del sector en el caso de fibra óptica, para servicio inalámbrico es Saquitel, Ultranext, Exticom.

De igual manera en esta pregunta se dividió en dos partes, los megas brindados por la empresa en servicio inalámbrico que en su mayoría son menor a 5 megas y otras personas no tienen conocimientos, en el caso de fibra óptica la mayoría de clientes tiene un plan entre 20 y 40 Mbps. Y esto va de acorde al análisis de precio, el plan más bajo ofrecido por el servicio inalámbrico es de \$18 y en el caso de fibra óptica es de \$22.50.

Al ofrecer un plan de menor costo y los mismos megas de velocidad se tuvo una reacción favorable de la gente ya que esta dispuestos a cambiarse al ofrecer esos beneficios.

En cuanto al servicio técnico debemos dar las mismas ventajas que el resto de proveedores, debido a que son inmediatos en su mayoría no superan las 24H de respuesta.

## ANEXO 2: ANÁLISIS DE LA ZONA GEOGRÁFICA



**Figura A 2.1 CÁLCULO DE DISTANCIA PARA UBICACIÓN DE CAJAS**  
**FUENTE: AUTORES**



**Figura A 2.2 ANÁLISIS GEOGRAFICO DE LA ZONA**  
**FUENTE: AUTORES**



**Figura A 2.2 TOMA DE DATOS PARA LA CORRECTA**  
**UBICACIÓN E LAS CAJAS**  
**FUENTE: AUTORES**