



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE F.O DESDE EL NODO  
IBARRA HASTA EL NODO OTAVALO PARA SOLUCIONAR LOS PROBLEMAS  
DE NIVEL DE SERVICIO DE LA PLATAFORMA ACTUAL” PARA LA EMPRESA  
PUNTONET S.A

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Tecnólogo en Redes y Telecomunicaciones.

Profesor guía

Ing. Patricio Rodrigo Arellano Vargas

Autor

Daniel Ricardo Paillacho Llulluna

Año

2018

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Diseño e implementación de una solución de F.O desde el nodo Ibarra hasta el nodo Otavalo para solucionar los problemas de nivel de servicio de la plataforma actual para la empresa Puntonet S.A, a través de reuniones periódicas con el estudiante Daniel Ricardo Paillacho Llulluna, en el trimestre 2018-2, orientado a sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Patricio Rodrigo Arellano Vargas

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

C.I 1706996442

## DECLARACION DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Diseño e implementación de una solución de F.O desde el nodo Ibarra hasta el nodo Otavalo para solucionar los problemas de nivel de servicio de la plataforma actual para la empresa Puntonet S.A, del estudiante Daniel Ricardo Paillacho Llulluna, en el trimestre 2018-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Mario Augusto Garzón González

Ingeniero en electrónica y telecomunicaciones

C.I 1711296606

## DECLARACION DE AUTORIA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se ha citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Daniel Ricardo Paillacho Llulluna.

C.I 1723220933



## **RESUMEN**

El problema de la congestión y saturación en los enlaces de microondas que se encuentran en Ibarra causan inconvenientes en el servicio brindado por PUNTONET S.A, se presenta como solución el implementar una red de fibra óptica para mejorar la calidad de servicio a sus abonados.

Por la demanda de tráfico y la saturación en el servicio, fue necesario enviar tráfico simultáneamente por el enlace principal y el enlace backup. Se instaló un nuevo enlace de microonda para respaldo y en poco tiempo fue necesario nuevamente enviar tráfico por ese enlace, teniendo así los tres enlaces activos lo cual genero problemas al usuario final.

Con la implementación de una red de fibra óptica, el usuario final cuenta con un servicio de calidad, ya que con estos enlaces no se corre el riesgo de pérdidas por factores naturales como el clima o falta de línea de vista, también se cuenta con un ancho de banda mucho mayor.

En el presente documento se incluye un informe detallado de la tecnología que será utilizada, análisis económico, fotografías del proyecto, metodología y estándares de diseño, demostrando que el proyecto se ha realizado con éxito.

## **ABSTRACT**

The problem of congestion and saturation in the microwave links that are in Ibarra cause inconveniences in the service provided by PUNTONET S.A, is presented as a solution to implement a fiber optic network to improve the quality of service to its subscribers.

Due to traffic demand and saturation in the service, it was necessary to send traffic simultaneously through the main link and the backup link. A new microwave link was installed for backup and in a short time it was necessary to send traffic through that link, thus having the three active links generated problems for the end user.

With the implementation of a fiber optic network, the end user has a quality service, since with these links there is no risk of losses due to natural factors such as weather or lack of line of sight, there is also a much greater bandwidth.

This document includes a detailed report of the technology that will be used, economic analysis, photographs of the project, methodology and design standards, demonstrating that the project has been carried out successfully.

## ÍNDICE

CAPITULO I. INTRODUCCCION .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Formulación del problema .....	1
1.3. Objetivos .....	1
1.3.1. Objetivo General.....	1
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Alcance .....	2
1.5. Justificación.....	2
1.5.1. Justificación Teórica.....	2
1.5.2. Justificación Práctica.....	3
1.5.3. Justificación Metodológica.....	3
CAPITULO II. MARCO TEORICO .....	4
2.1. Fibra óptica .....	4
2.2. Características .....	4
2.3. Ventajas y Desventajas .....	4
2.3.1. Ventajas.....	4
2.3.2. Desventajas.....	4
2.4. Tipos de fibra óptica .....	4
2.4.1. Fibra multimodo .....	5
2.4.2. Fibra monomodo.....	5
2.5. Redes de acceso de fibra óptica.....	5
2.5.1. Definición de FTTX.....	5
2.5.2. Topologías de FTTX.....	6
2.5.3. Arquitectura FTTH.....	6
2.5.4. Aplicaciones FTTH.....	7

2.6. Redes PON.....	7
2.6.1. Elementos de la red PON.....	7
2.6.2. Estructura de Redes PON.....	8
2.7. Estándares de la red PON.....	8
2.7.1. APON.....	9
2.7.2. BPON.....	9
2.7.3. EPON.....	9
2.8. GPON.....	9
2.8.1. Arquitectura de red GPON.....	9
2.8.2. Ventajas de la red GPON.....	10
2.8.3. Tecnología de transmisión de las redes GPON.....	10
2.8.4. Sistema de modulación digital de banda ancha MDBA.....	11
<b>CAPITULO III. ANALISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN ..</b>	<b>12</b>
3.1. Requerimientos de la red .....	12
3.2. Propuesta.....	12
3.3. Criterio de diseño.....	12
3.4. Dimensionamiento.....	12
3.4.1. Factibilidad técnica.....	13
3.4.2. Factibilidad de la red.....	13
3.4.3. Factibilidad postes.....	13
3.4.4. Esquema de la red.....	13
3.5. Ubicación del OLT.....	15
3.5.1. Diseño de la Ruta Principal.....	16
3.5.2. Diseño del Enlace Backup.....	18
3.5.3. Implementación de la red en campo.....	21
3.5.4. Cálculos.....	26
<b>CAPITULO IV. ANALISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>27</b>

4.1. Costos de implementación y equipos .....	27
4.1.1. Costos Administrativos .....	27
4.1.2. Costos por ampliación de la red de transporte.....	28
4.1.3. Costos por arrendamiento de postes .....	28
4.2. Indicadores de evaluación económica.....	28
4.2.1. Valor Actual Neto (VAN).....	28
4.2.2. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	29
4.2.3. Periodo de recuperación del capital.....	30
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .</b>	<b>31</b>
5.1. Conclusiones.....	31
5.2. Recomendaciones.....	32
<b>REFERENCIA .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>36</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de fibra óptica. Tomado de: (Cofitel, 2011) .....	5
Figura 2. Topologías Ftx. Tomado de: (IN, Lattanzi, & Graf, s.f.).....	6
Figura 3. Arquitectura FTTH. Tomado de: (Danilo, s.f.) .....	7
Figura 4. Elementos de la Red PON. Tomado de: (Del Rio, 2015) .....	8
Figura 5. Arquitectura de la Red GPON. ....	9
Figura 6. Topología de tipo árbol.....	14
Figura 7. Lugar donde se encuentra instalado el nuevo OLT.....	15
Figura 8. Recorrido de Ruta Principal de F.O.....	16
Figura 9. Recorrido de FO al nodo San Antonio.....	16
Figura 10. Recorrido de FO al nodo Atuntaqui. ....	17
Figura 11. Recorrido de FO al nodo Peguche. ....	17
Figura 12. Recorrido de FO al nodo Imbaya. Fuente Noc Puntonet S.A.....	18
Figura 13. Enlace microonda Ibarra Cotacachi. Tomado de: Puntonet S.A .....	18
Figura 14. Diagrama de conexiones Ibarra-Cerro Cotacachi. ....	19
Figura 15. Diagrama de conexión CerroCotacachi-Otavalo. ....	19
Figura 16. Utilización de la Microonda 3 Ibarra-Cotacachi. ....	20
Figura 17. Utilización Microonda Cotacachi-Otavalo.....	20
Figura 18. Manga de fusión.....	22
Figura 19. Mangas de distribución. ....	23
Figura 20. OLT desarmado .....	24
Figura 21. Ingreso de hilos al OLT. ....	24
Figura 22. Separación de hilos en el OLT. ....	25
Figura 23. OLT Armado.....	25

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo del presupuesto óptico.....	26
Ecuación 2. Cálculo del VAN.....	28
Ecuación 3. Cálculo del TIR. ....	29
Ecuación 4. Calculo del PCR .....	30

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tecnología de Transmisión de GPON. Fuente: (Abreu, 2009).....	10
Tabla 2. Cálculos del presupuesto óptico. Fuente: NOC Puntonet S.A.....	26
Tabla 3. Costos de implementación y materiales. Fuente: NOC Puntonet S.A.....	27
Tabla 4. Valores totales del proyecto .....	28



## CAPITULO I. INTRODUCCION

### 1.1 Antecedentes

“PUNTONET S.A.” es una empresa que brinda servicios de enlaces microondas, radio enlaces, conexiones satelitales y enlaces mediante fibra óptica.

“PUNTONET S.A.” cuenta con varios proyectos FTTx y FTTH con tecnología GPON para robustecer su infraestructura actual, mediante fibra óptica a nivel nacional, y garantizar el servicio entregado a sus abonados.

En la sucursal de Ibarra se tiene el nodo Cotacachi ubicado en el cerro del mismo nombre, de este nodo dependen varios clientes corporativos y nodos wifi. Como enlace de backhaul el nodo cuenta con tres radios de microonda punto-punto hacia Ibarra, cada uno con una capacidad de 180 Mbps, los tres enlaces están operativos debido a la capacidad que demanda el nodo. No existe la posibilidad de llegar con Fibra óptica de backhaul entre Ibarra y el nodo en el Cerro Cotacachi.

Por otro lado, se tiene el nodo Otavalo, dependiente del cerro Cotacachi con dos enlaces de microonda: Principal de 180 Mbps y respaldo de 100 Mbps El enlace principal está al 85% de uso, el respaldo es pasivo.

### 1.2 Formulación del problema

Actualmente el enlace del Nodo Previsora Ibarra al Nodo Cotacachi tiene tres radios microonda de 180 Mbps cada uno, por estos enlaces pasa tráfico de clientes y nodos del sector.

En Noviembre del 2017, por la demanda de tráfico, fue necesario pasar capacidad simultáneamente por el enlace principal, se instaló un nuevo enlace de Microonda para respaldo y en poco tiempo fue necesario nuevamente pasar tráfico por ese enlace, quedando los tres enlaces activos lo cual está generando problemas al cliente final.

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo General

“Implementar una solución de fibra óptica, desde el nodo Ibarra hasta el nodo Otavalo, para solucionar los problemas de nivel de servicio de la plataforma actual” para la empresa “Puntonet. S.A.”

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Planteamiento del problema.

- Determinar los recursos necesarios para implementar el proyecto. Teóricos y Prácticos
- Validar la factibilidad física del tendido.
- Diseñar e implementar la ruta de fibra óptica Ibarra-Otavalo
- Análisis económico, evaluar financieramente los costos que representará la implementación.
- Generar un informe con conclusiones y recomendaciones.

### **1.4 Alcance**

Considerando las condiciones actuales de la infraestructura, es necesario realizar un estudio detallado del lugar a intervenir, de una forma muy clara, precisa, para así poder dimensionar de la mejor manera el alcance del proyecto.

Diseñar la nueva ruta de la red y así lograr el óptimo desempeño de la infraestructura nueva y cubrir el sector, teniendo en cuenta los clientes futuros.

El proyecto trata sobre la implementación de una red de troncal FTTx con la tecnología GPON. La cual permitirá mejorar la calidad de servicio actual, el tendido total de fibra óptica es de aproximadamente 31 Km, si a esto se suma 3 Km que puede extenderse por curvaturas y reservas, el tendido final de la red troncal será de aproximadamente 34 Km. Adicionalmente se requiere el tendido de 4 Km, de la red de acceso hacia los nodos wifi. Considerando que se realice 4 Km por día con el grupo de 5 personas, se estima 11 días de trabajo. 9 para la red troncal y 2 para los ramales a los Nodos wifi.

### **1.5 Justificación**

#### **1.5.1 Justificación Teórica.**

En la actualidad hay varias tecnologías para llegar al usuario final como:

PON, esta tecnología no necesita de equipos electrónicos activos mediadores hacia el abonado final y la central de la operadora.

ASON, a diferencia esta tecnología tiene equipos electrónicos activos colocados entre el abonado final y la central de la operadora.

GPON, no necesita de dispositivos electrónicos ayudando a eliminar o quitar de plano los repetidores dentro de una red, no necesita fuentes de energía intermedios,

#### **1.5.2 Justificación Práctica.**

Por lo antes expuesto, se ve la necesidad de realizar un estudio y diseño, para implementar una ruta de fibra óptica utilizando tecnología GPON, desde la Matriz Ibarra hacia el Nodo wifi Otavalo para garantizar el crecimiento en capacidad, de acuerdo a la demanda, mejorar la calidad de servicio y preparar la red para implementar proyectos FTTH en los sectores que cubrirá la ruta

#### **1.5.3 Justificación Metodológica.**

El proyecto está basado en el método descriptivo revisando el estado de la infraestructura actual, para poder generar un informe del panorama de la zona a intervenir con la red FTTx, además se conseguirá toda la información.

## CAPITULO II. MARCO TEORICO

### 2.1. Fibra óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión, sus hilos son de distintos materiales como son vidrio o plástico, a través de estos hilos baja un haz de luz por el cual viajan los datos a ser transmitidos, la fuente de luz puede ser un láser o un led. (Group, AKVA, s.f.)

### 2.2. Características

Las características más importantes de la fibra óptica son: mayor capacidad de transmisión, reducida atenuación y seguridad, puesto que a través de la fibra óptica los datos son inmunes a interferencias de terceros. (España Boquera, 2005)

### 2.3. Ventajas y Desventajas

La fibra óptica como todos los medios de transmisión presenta ventajas y desventajas que serán mencionadas a continuación. (España Boquera, 2005)

#### 2.3.1. Ventajas

- Elevado ancho de banda.
- Reducido valor de atenuación.
- Inmune a factores extrínsecos.
- Inmune a interferencias electromagnéticas
- Reducido tamaño y peso.
- Transmisión a grandes distancias.

#### 2.3.2. Desventajas

- Debe ser manipulada de forma delicada.
- Los empalmes entre los hilos de fibra son complejos y deben ser exactos para evitar las pérdidas elevadas en la señal.

### 2.4. Tipos de fibra óptica

La fibra óptica dependiendo de su forma de propagación se clasifica en fibra monomodo y multimodo.

## TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

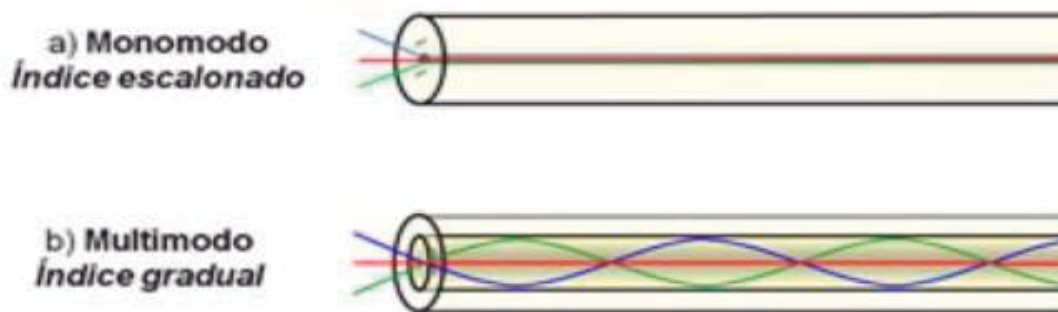


Figura 1 Tipos de fibra óptica. Tomado de: (Cofitel, 2011)

### 2.4.1. Fibra multimodo

La fibra multimodo provee altos anchos de banda en distancias cortas, las ondas de luz toman varios caminos, su núcleo va entre las 50 y 1000 micras, sus hilos son de plástico. Los múltiples trayectos en su haz de luz pueden causar distorsión en la señal. (TelproMadrid, 2017)

### 2.4.2. Fibra monomodo

En la fibra monomodo el haz de luz toma un único camino, las fibras monomodo tienen núcleos entre 8,3 a 10 micras, su hilo es de vidrio, la atenuación en este tipo de fibra es menor en comparación con la fibra multimodo por lo que este tipo de fibra es utilizada para grandes distancias. (Instituto Tecnológico de la Laguna)

## 2.5. Redes de acceso de fibra óptica.

Los esfuerzos de las operadoras de telecomunicaciones para llevar accesos de banda ancha hasta el abonado final, se han basado en muchas tecnologías desde el inicio, con los avances tecnológicos del hoy en día ya no es suficiente lo que se está prestando en cuanto a calidad de servicio. Debido a que la infraestructura actual ha sufrido degradación, saturación o envejecimiento se ha tenido que considerar otro tipo de alternativas para proveer del servicio de redes de acceso, los cuales se consideró ver otras opciones que garanticen altos valores de velocidad transmisión. Lo que está en el mercado de las telecomunicaciones garantizando grandes anchos de banda y fiabilidad es la fibra óptica. (Campany & Ortega, 2009)

### 2.5.1. Definición de FTTX

- FTTX (Fiber to the x) por definición es fibra hasta alguna parte, de la cual se distribuyen varias topologías.

- FTTN (“Fiber to the Node”) la fibra óptica llega hasta el interior del nodo o vecindario que esta una caja de conexiones.
- FTTB (“Fiber to the Building”) la terminación de la fibra óptica se encuentra en un punto de distribución, en el interior del edificio donde se encuentran los usuarios.
- FTTH (“Fiber to the Home”) la fibra óptica llega hasta el hogar del usuario, y se encuentra en el interior de la fachada de las casas o departamentos (Campany & Ortega, 2009)

### 2.5.2. Topologías de FTTX

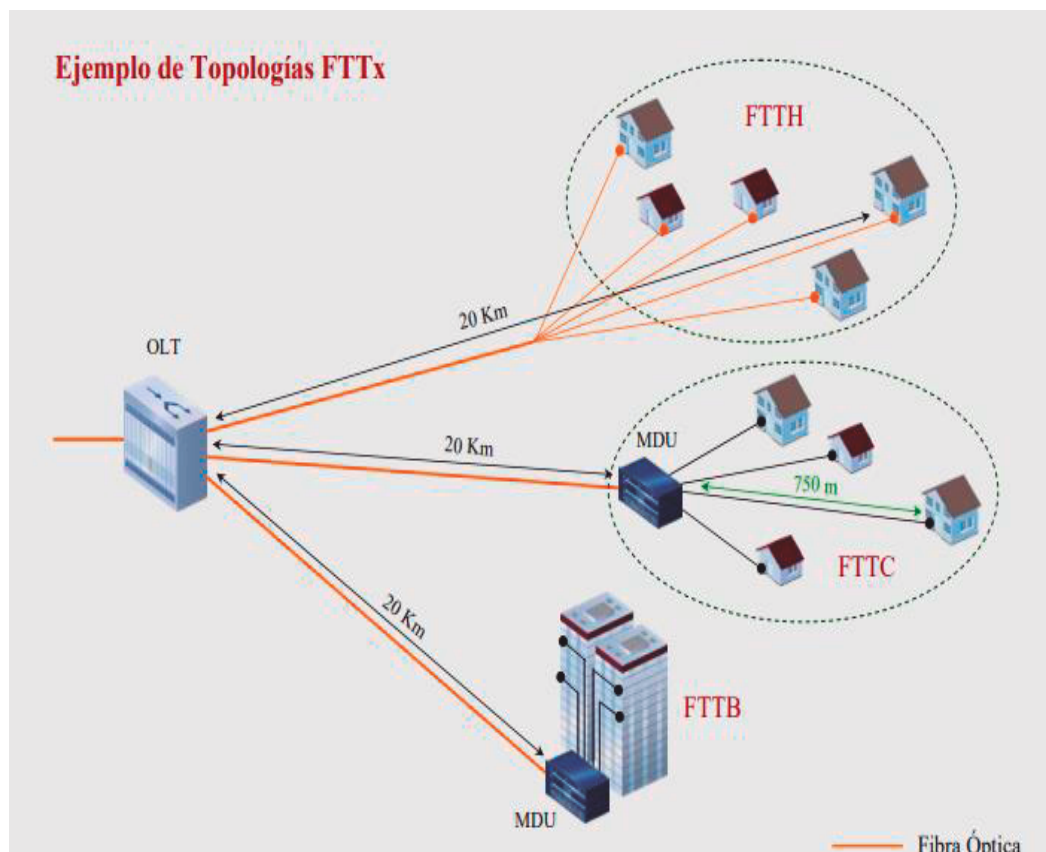


Figura 2. Topologías Fttx. Tomado de: (IN, Lattanzi, & Graf, s.f.)

### 2.5.3. Arquitectura FTTH.

La red FTTH es una arquitectura que se basa en llegar por medio de fibra óptica hasta el hogar, dependiendo que tipo de servicio contrate cambia sus equipos y medios de transmisión en la última milla.

La infraestructura FTTH está dividida en dos:

Punto a Punto (P2P), tiene como fin conectar directamente entre el proveedor y el abonado final.

Punto Multipunto (P2MP), esta arquitectura tiene otro tipo de conexión como, instalar splitters para realizar la distribución hacia el usuario.

#### 2.5.4. Aplicaciones FTTH.

La infraestructura FTTH puede alcanzar distancias de 10 km, ya sea instalado en urbanizaciones, barrios residenciales donde la última milla no pase la distancia de 200 metros.

#### 2.6. Redes PON.

Es un tipo de red viable y a la vez adecuadamente adaptable y evita componentes activos entre el servidor y el abonado final, permite ofrecer mejoras de calidad de servicio, a diferencia de otros medios de transmisión. (Argüello, 2016)

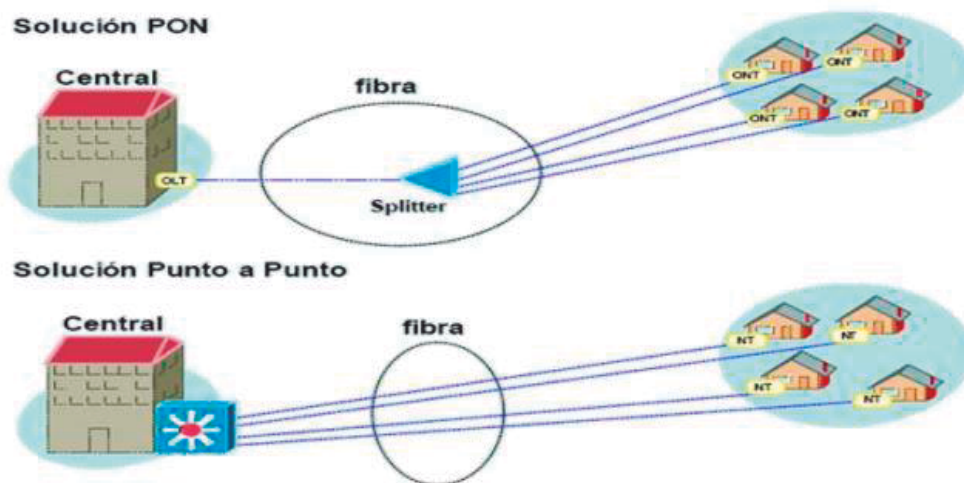


Figura 3. Arquitectura FTTH. Tomado de: (Danilo, s.f.)

##### 2.6.1. Elementos de la red PON.

Los equipos de la estructura PON que se alojan en la parte externa donde se distribuye la Fibra óptica son:

- Splitter ( "Divisor Óptico" )

Es un equipo conectado a la red que permite la división de la señal 1x64, 1x32, 1x16, 1x8 1x4 dependiendo de la capacidad de la fibra óptica instalada. (Fumero, 2013)

- OLT ( “Optical Line Terminal” )  
El equipo principal de cabecera, conectada directamente a su enlace principal, y su función principal es repartir la señal hacia la ONT.
- ONT ( “Optical Network Terminal” )  
Es como el modem de la red PON, con el cual se llega al abonado final. (Martinez, 2013)

### 2.6.2. Estructura de Redes PON.

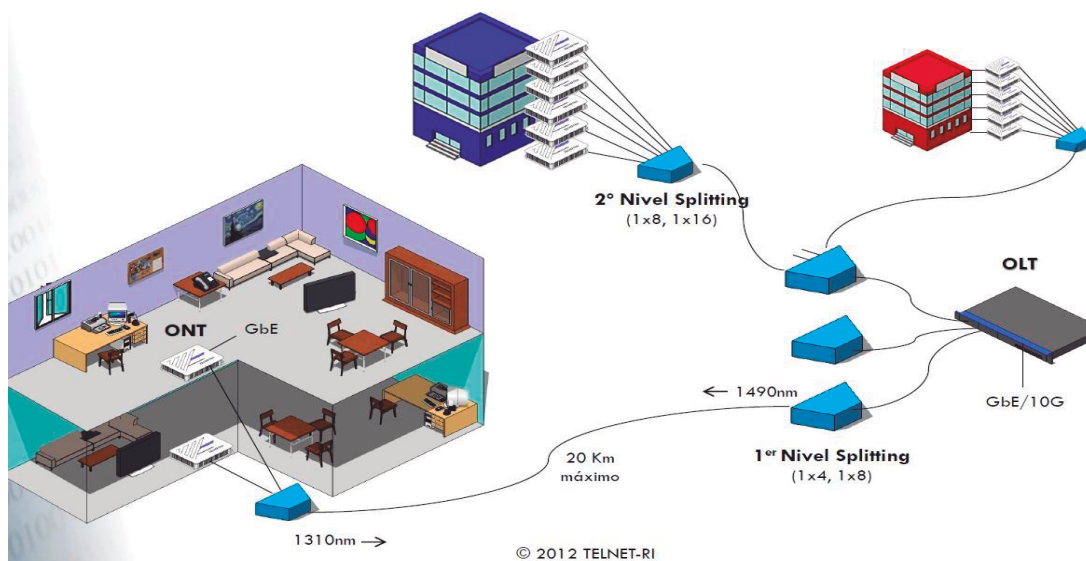


Figura 4. Elementos de la Red PON. Tomado de: (Del Rio, 2015)

### 2.7. Estándares de la red PON.

Para este tipo de redes donde la información viaja por la misma fibra desde la central o nodo hasta el usuario final, se tienen diferentes técnicas de multiplexación, diferentes topologías para grandes y medianas empresas, llevando a diseñar nuevas normas optimizar las redes, esto conlleva la creación de los estándares.

La tecnología PON, está definida por el estándar ITU-T G.983, aunque las especificaciones primeras fueron desarrolladas en el comité FSAN (“Full Service



Access Network”) por el cual se utiliza el estándar ATM, y por otro lado el protocolo de señalización (“Enlace de Datos”) capa 2. (Noren, 2010)

### 2.7.1. APON.

El sistema APON usa el protocolo ATM como portador de esta manera A-PON se adapta a estas arquitecturas de red de acceso como: FTTH, FTTB, FTTC, FTTCab. (Noren, 2010)

### 2.7.2. BPON.

Surgió para mejorar la tecnología A-PON y poder integrar de mejor calidad acceso a servicios Ethernet, video, VPL, multiplexación de onda, teniendo así un mayor ancho de banda. (Noren, 2010)

### 2.7.3. EPON.

Es (“Ethernet sobre red Óptica pasiva”) una referencia a la extensión del estándar IEEE 802.3, tiene un alcance de 20 km, una redundancia robusta sobre PON, 1,25 Gb de downstream y upstream. (Albuja Paredes, 2010)

## 2.8. GPON.

Una de las tecnologías PON, aprobada por la ITU-T en cuatro recomendaciones: G.984.4, G.984.3, G.984.2, G.984.1. El objetivo principal de GPON es ofrecer un ancho de banda mejorado y de más alta calidad que sus predecesoras y eficiencia en servicios IP. (Noren, 2010)

### 2.8.1. Arquitectura de red GPON.

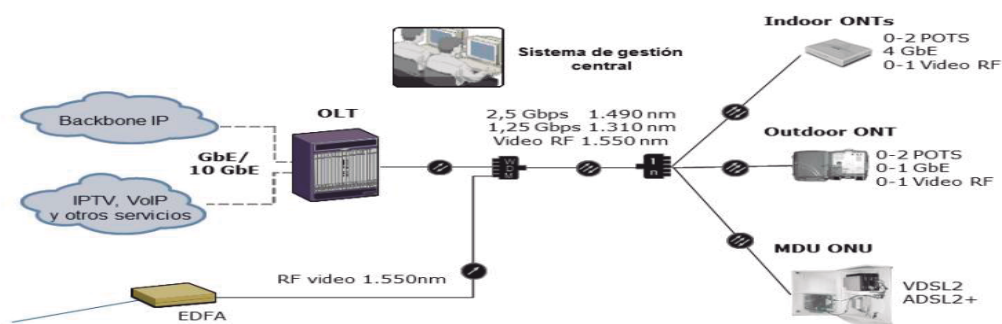


Figura 5. Arquitectura de la Red GPON.

Las redes GPON tienen un OLT (“Optical Line Terminal”) ubicado estratégicamente por cada operador y los ONT (“Optical Network Terminal”) en cada uno de los

clientes FTTH. Una OLT tiene algunos puertos GPON, soportando hasta 64 ONT. (Millan, 2006)

### 2.8.2. Ventajas de la red GPON.

- Puede alcanzar grandes distancias manteniendo estable el servicio.
- Transmite servicios de videos, datos, voz, de mayor calidad a diferencia de cable telefónico y cable coaxial.
- Aumento de seguridad, ya que la informacion viaja cifrada.
- Es una infraestructura escalable.
- GPON dispone de ("Quality of Service") calidad de servicio garantizando el ancho de banda entregado (Millan, 2006)

### 2.8.3. Tecnología de transmisión de las redes GPON.

Todas las clases de redes PON usan varias tecnologías, estándares y protocolos, las más usadas en el mercado son EPON y GPON las dos tecnologías están siendo utilizadas por las prestadoras de servicio.

En la siguiente tabla se muestra las características principales de las dos tecnologías

Tabla 1

*Tecnología de Transmisión de GPON.*

	EPON	GPON
Estandar	IEEE 803.2 ah	ITU-T G.984
Ancho de Banda	Hasta 1,5 Gbps	Hasta 2.5/1.25 Gbps de DL/UL
Downstream (nm)	1490 (voz y datos IP) y 1.550 (video RF)	1490 (voz y datos IP) y 1.550 (video RF)
Upstream (nm)	1.310	1.310
Transmision	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM

#### **2.8.4. Sistema de modulación digital de banda ancha MDBA.**

Los Sistemas de Modulación digital de Banda Ancha (MDBA) son sistemas que utilizan técnicas de codificación o modulación digital en el ancho de banda asignado, y una densidad de potencia baja lo que minimiza la posibilidad de interferencias haciendo un uso eficaz del espectro, pues permiten la coexistencia de múltiples sistemas con el mismo ancho de banda. En Ecuador de acuerdo al Plan Nacional de frecuencias vigente las bandas atribuidas para la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de modulación digital de banda ancha son las siguientes: 2400-2483.5 MHz, 5150-5250 MHz, 5250-5350 MHz, 5470-5725 MHz, 5725-5850 MHz con configuración Punto a punto y Punto a Multipunto.

## CAPITULO III. ANALISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

### 3.1. Requerimientos de la red

A continuación se detallan los requerimientos por parte de la empresa para la implementación de una ruta de fibra óptica desde la Matriz Ibarra hasta el Nodo wifi Otavalo.

- Disminuir el tráfico en los enlaces de microondas ya que no se cuenta con una red física de respaldo.
- Crear una ruta física de respaldo que cuente con una robustez superior a los enlaces de microondas.
- Incrementar el número de enlaces de Microondas aumentando la capacidad de cada uno.

### 3.2. Propuesta.

Se detectó la necesidad de realizar un estudio para implementar una ruta de fibra óptica, desde la Matriz Ibarra hacia el Nodo wifi Otavalo para garantizar el crecimiento en capacidad de acuerdo a la demanda, mejorar la calidad de servicio y preparar la red para implementar proyectos FTTH en los sectores que cubrirá la ruta.

### 3.3. Criterio de diseño.

Teniendo en cuenta varias opciones como: las facilidades técnicas de realizar los trabajos en campo, las óptimas condiciones para instalar los equipos, disponibilidad de acceso a los postes que estén en buen estado, se realizó una inspección física por toda la ruta propuesta y se pudo constatar que es factible realizar el tendido de fibra óptica a lo largo de la carretera por los postes que se encuentran a la orilla de la misma.

### 3.4. Dimensionamiento.

Se debe tener en cuenta varios aspectos logísticos y geográficos para realizar el diseño de red.

- La geografía que se presenta en la ruta que se realiza el tendido de fibra no presenta mayor accidentabilidad en el terreno, esto permite que se pueda realizar el trabajo sin mayores inconvenientes.
- La cartografía necesaria para el trazado de la red previo a la implementación, es obtenida gracias a la Empresa Eléctrica de Ibarra.

- Ya que el enlace que se realiza es un enlace de fibra óptica, el sector por donde pasa el tendido debe contar con estructura adecuada (postes), esta información es obtenida gracias a la Empresa Eléctrica de Ibarra.

#### **3.4.1. Factibilidad técnica.**

Según los requerimientos mencionados con anterioridad, el diseño de la red tiene que estar definido como: el tendido de fibra óptica será el enlace principal de la infraestructura de Ibarra – Otavalo, por lo tanto las Microondas punto-punto hacia Ibarra y viceversa serán el enlace backup.

#### **3.4.2. Factibilidad de la red.**

La distancia total recorrida para el enlace de la red desde el Nodo Ibarra hasta el Nodo Otavalo es de aproximadamente 34km, tomando en cuenta esta distancia se dejan reservas para la instalación de enlaces backhaul a los nodos de la zona, esto con el fin de garantizar la escalabilidad de la red para mejorar el servicio y preparando la red para futuros proyectos FTTH que beneficiarán a los sectores por donde se encuentra la ruta.

- Nodo San Antonio
- Nodo Atuntaqui
- Nodo Peguche
- Nodo Imbaya

#### **3.4.3. Factibilidad postes.**

Para poder dimensionar y determinar la ruta a realizar, se debe tener en consideración la disponibilidad de los postes, que tipo de postes están instalados (hormigón armado o de madera), si es accesible o es complicado acceder a los postes ya que eso retrasaría los trabajos y aplazaría los tiempos.

#### **3.4.4. Esquema de la red.**

El diseño de la red está definido en dos tramos, de Otavalo hacia Atuntaqui y de Atuntaqui hasta Ibarra.

Cada uno de los tramos cuenta con una manga de distribución y dos mangas de fusión de esta manera se tienen un diseño tipo árbol garantizando la escalabilidad de la red para proyectos futuros

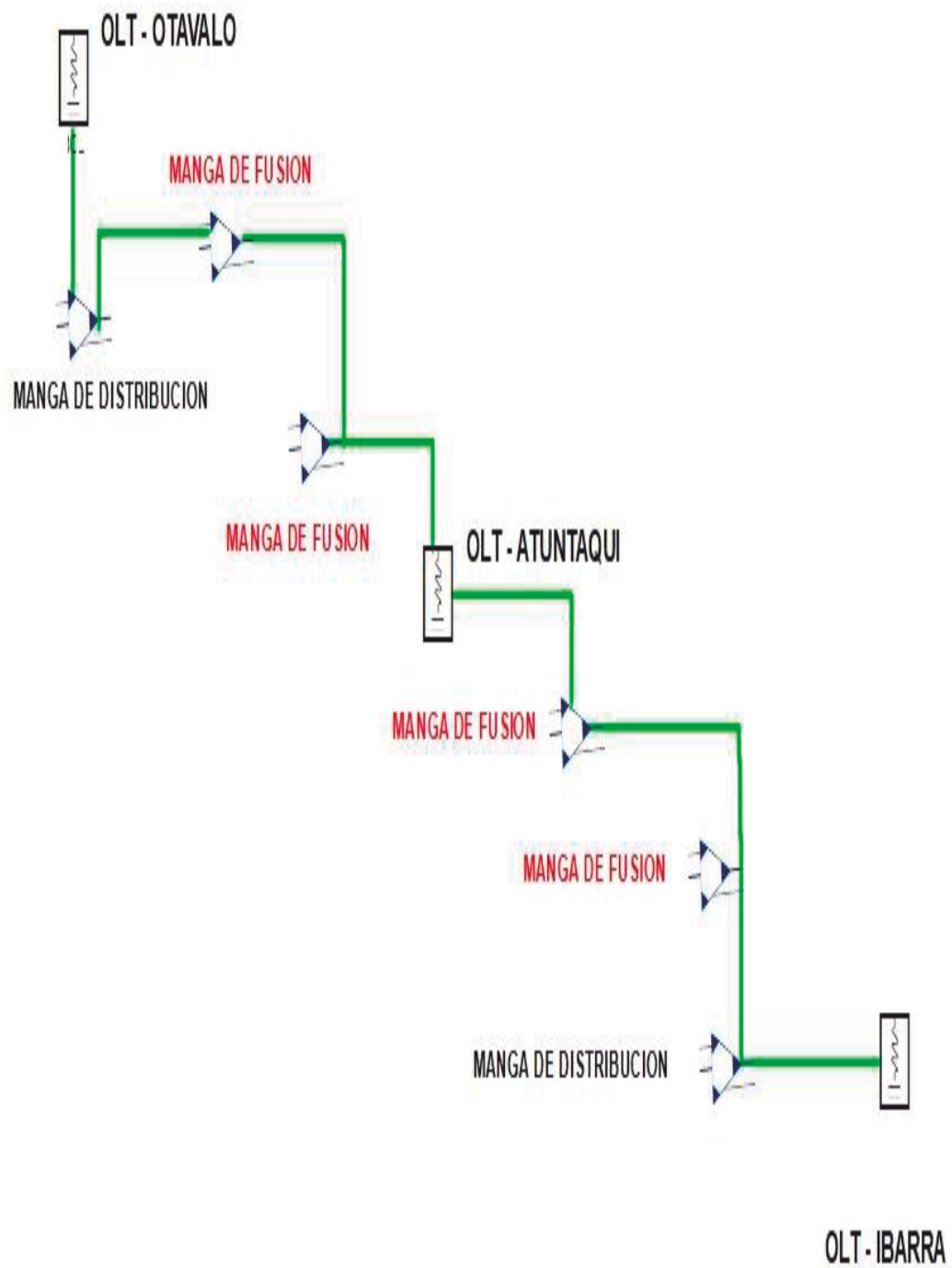


Figura 6. Topología de tipo árbol.



### 3.5. Ubicación del OLT

El nuevo OLT será instalado en el nodo Atuntaqui, ya que se encuentra en la mitad del proyecto, de allí se derivaran nuevos proyectos FTTH, para todos los barrios cercanos y es un sector de gran movimiento económico que se encuentra en crecimiento constante por todos sus negocios que se realiza en el lugar.

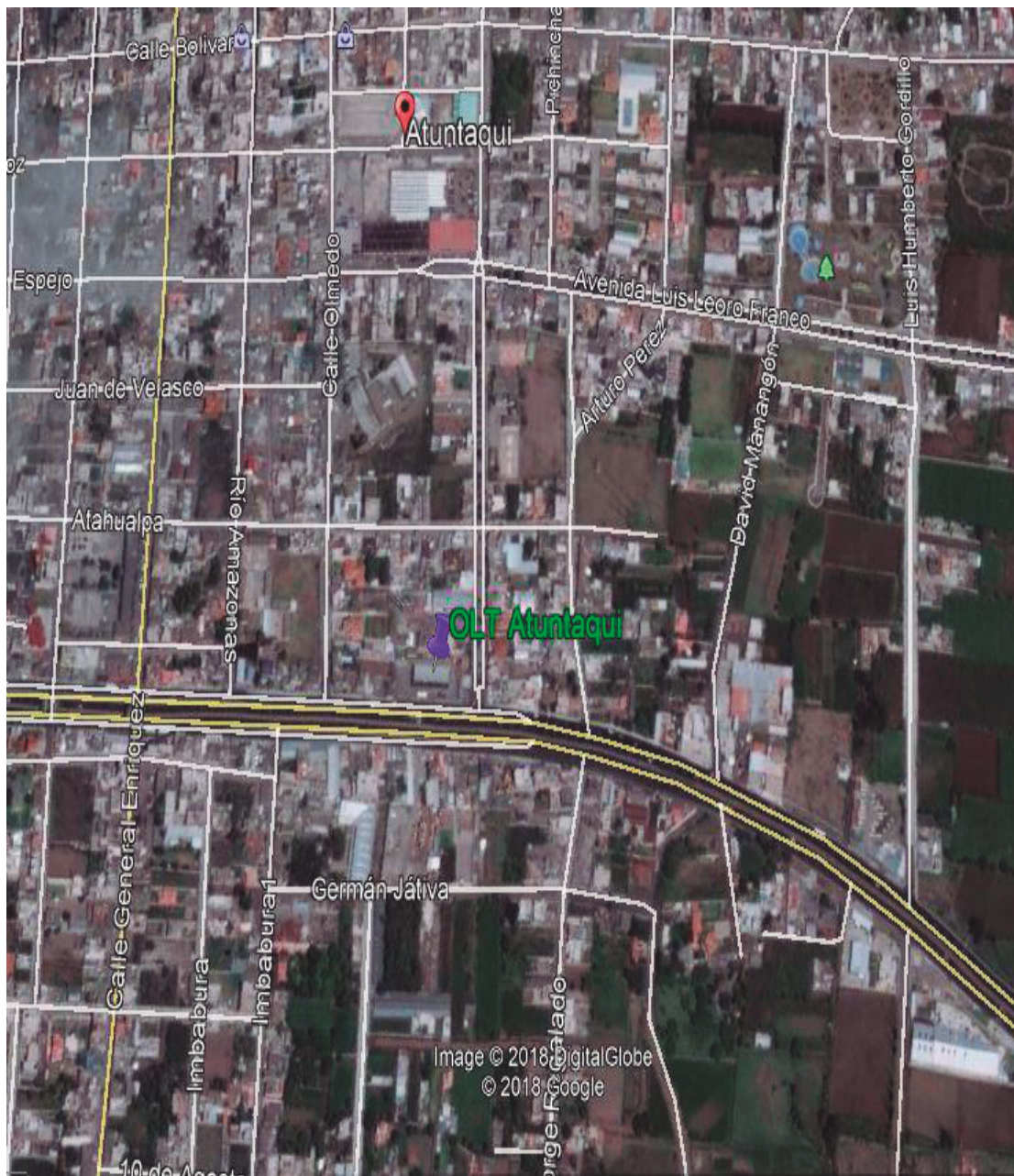


Figura 7. Lugar donde se encuentra instalado el nuevo OLT.

### 3.5.1. Diseño de la Ruta Principal.

En la siguiente imagen se muestra el diseño de la ruta principal que tomará la fibra óptica y las reservas que se dejan para los proyectos FTTH y para la instalación de los enlaces backhaul a los nodos de la zona

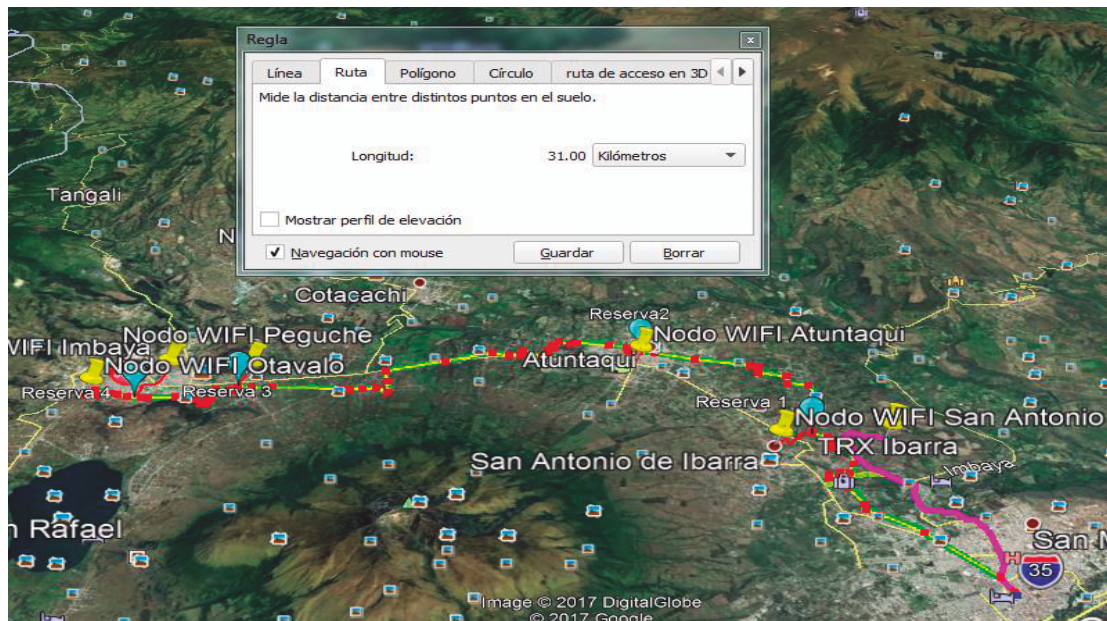


Figura 8. Recorrido de Ruta Principal de F.O.

Según el estudio realizado la primera reserva a dejar para llegar al nodo wifi San Antonio. Coordenadas:  $00^{\circ}20'43.12''N$ ,  $78^{\circ}10'31.27''O$   
Manga a instalar: Nodo wifi San Antonio



Figura 9. Recorrido de FO al nodo San Antonio.



Según el estudio realizado la segunda reserva a dejar para llegar al nodo wifi Atuntaqui.  
Coordenadas:  $0^{\circ}19'51.59''N$ ,  $78^{\circ}13'6.06''O$   
Manga a instalar: Nodo wifi Atuntaqui

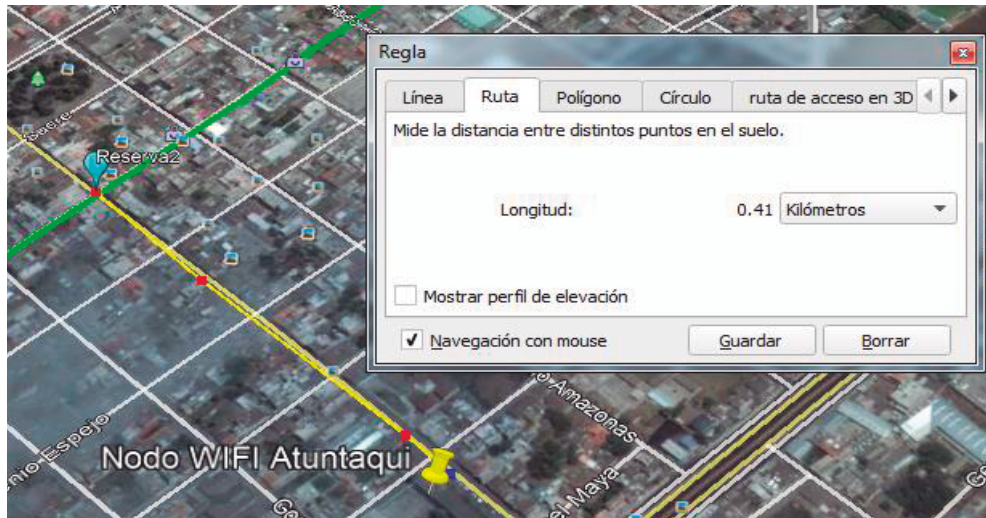


Figura 10. Recorrido de FO al nodo Atuntaqui.

Según el estudio realizado la tercera reserva a dejar para llegar al nodo wifi Peguche.  
Coordenadas:  $0^{\circ}14'59.86''N$ ,  $78^{\circ}14'53.78''O$   
Manga a instalar: Nodo wifi Peguche

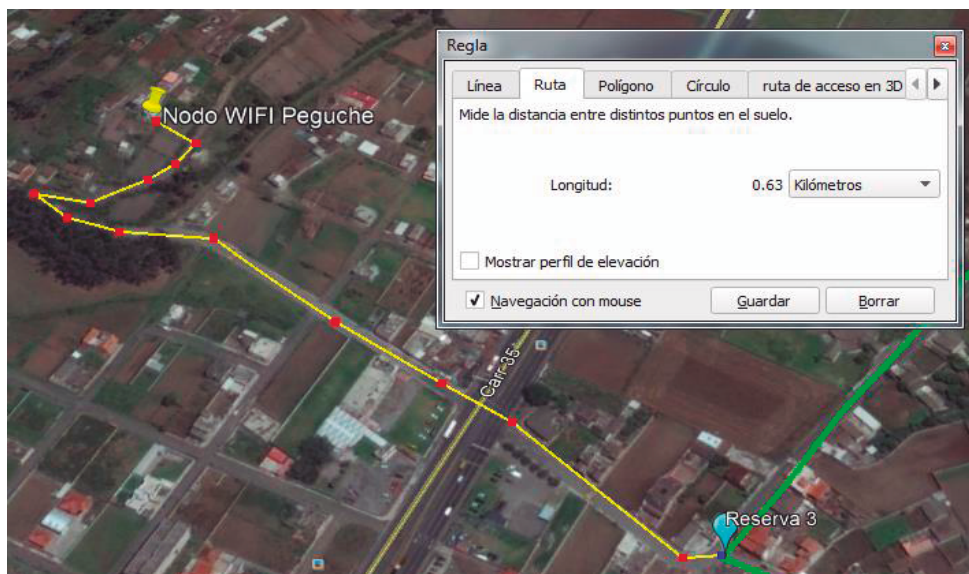


Figura 11. Recorrido de FO al nodo Peguche.

Según el estudio realizado la cuarta reserva a dejar para llegar al nodo Imbaya.  
 Coordenadas:  $0^{\circ}13'47.91''N$ ,  $78^{\circ}15'19.72''O$   
 Manga a instalar: Nodo Wifi Imbaya

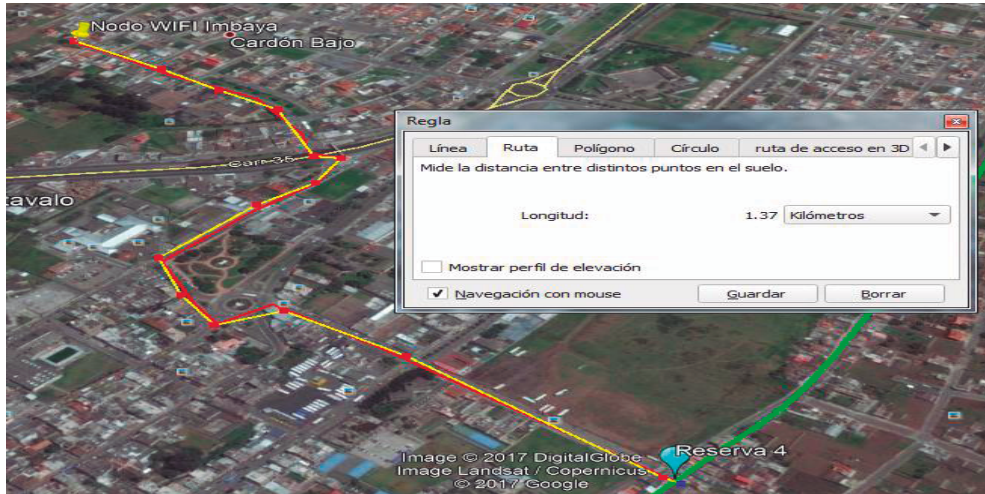


Figura 12. Recorrido de FO al nodo Imbaya. Fuente Noc Puntonet

### 3.5.2. Diseño del Enlace Backup.

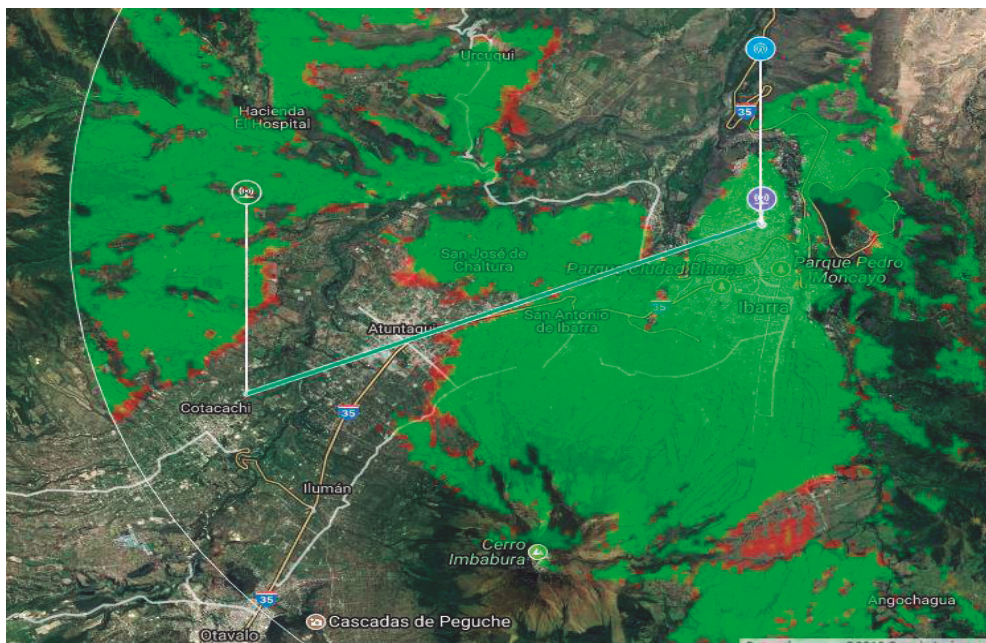


Figura 13. Enlace microonda Ibarra Cotacachi. Tomado de: Puntonet S.A

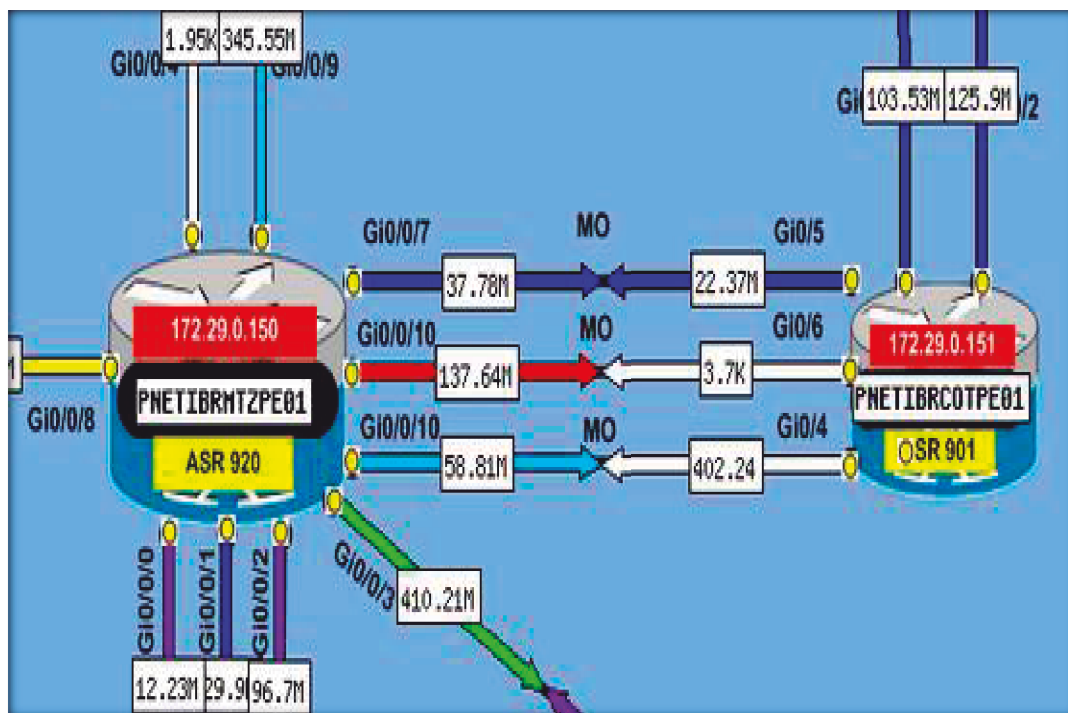


Figura 14. Diagrama de conexiones Ibarra-Cerro Cotacachi.

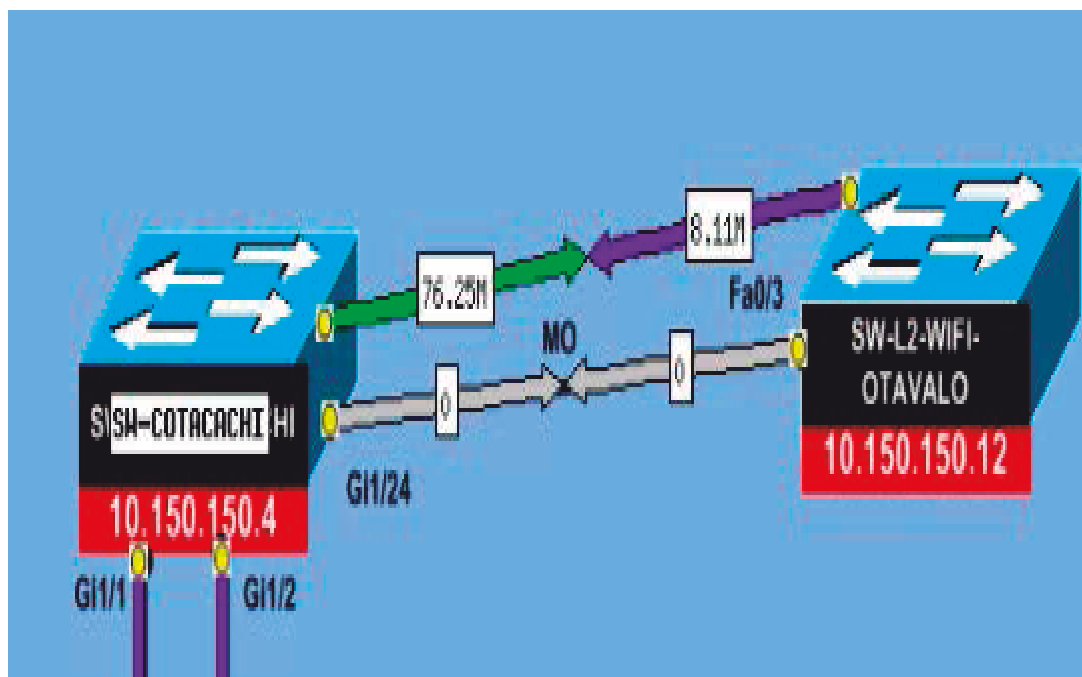


Figura 15. Diagrama de conexión CerroCotacachi-Otavallo.



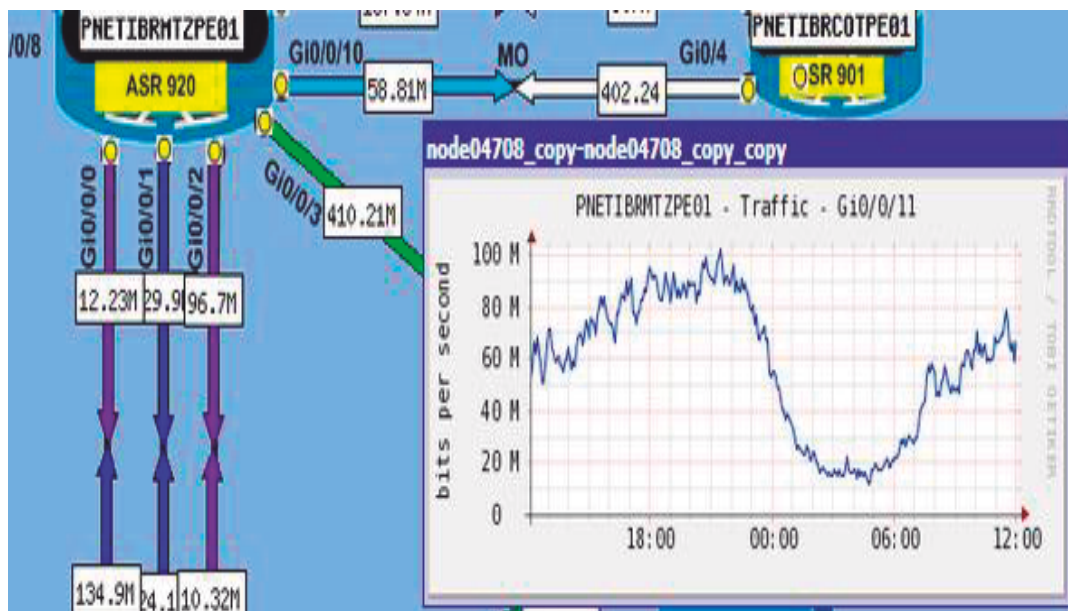


Figura 16. Utilización de la Microonda 3 Ibarra-Cotacachi.

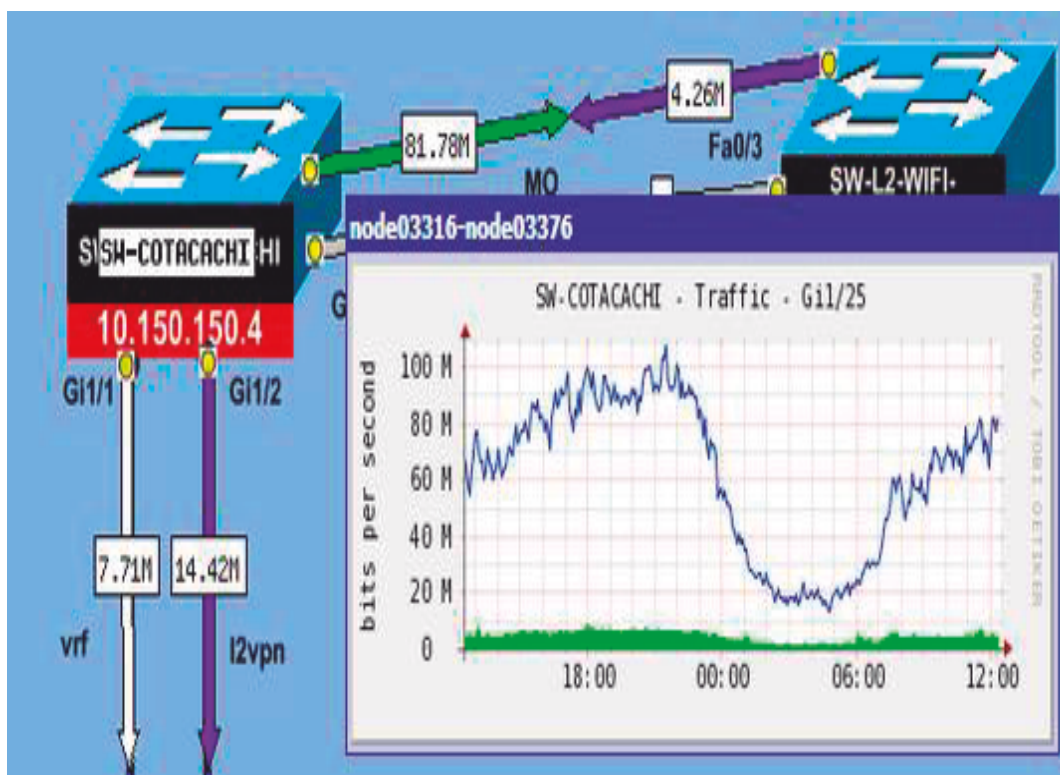


Figura 17. Utilización Microonda Cotacachi-Otavalo.

### 3.5.3. Implementación de la red en campo.

El inicio del proyecto de tendiendo la fibra óptica, desde el nodo de Ibarra, dejando las reservas antes ya mencionadas, según las coordenadas establecidas en el estudio.



Figura 18. Instalación de fibra óptica.



Figura 19. Instalación de reservas en los postes.





Figura 20. Etiquetado los cables de Puntonet S.A.



Figura 21. Instalación de manga en el poste.

En todo el proyecto se utilizó fibra Prysmian Draka de 48 hilos, utilizando 7 rollos de 5 kilómetros, para tener continuidad de la fibra se utilizó mangas de fusión y para proyectos futuros se dejó dos mangas de distribución en todo proyecto de tendido de fibra óptica.

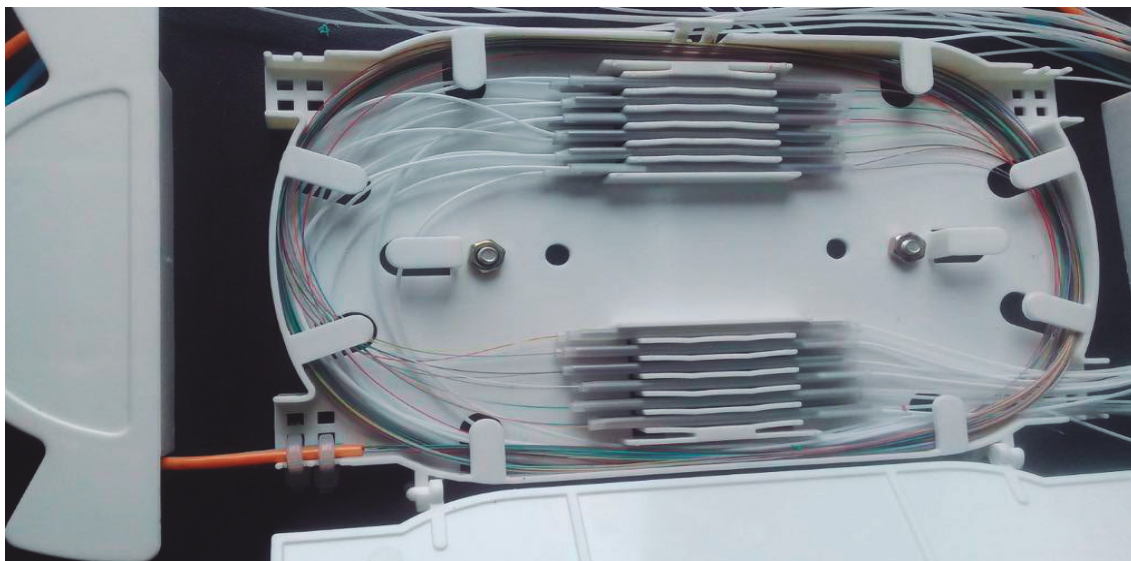


Figura 22. Manga de Distribución.

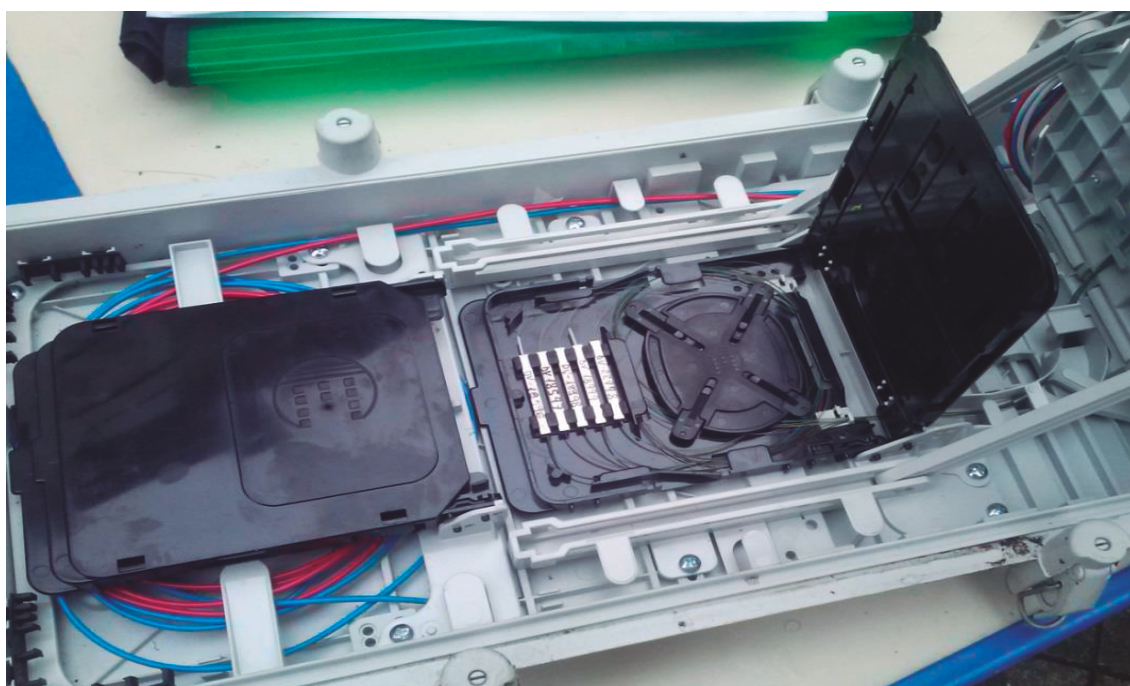


Figura 23. Mangas de distribución.



Armado del OLT, el mismo que se instalará en Atuntaqui a la mitad del recorrido, para desde ahí, salir hacia los nodos cercanos y enlazarlos con fibra óptica reemplazando así la microonda.



Figura 24. OLT desarmado

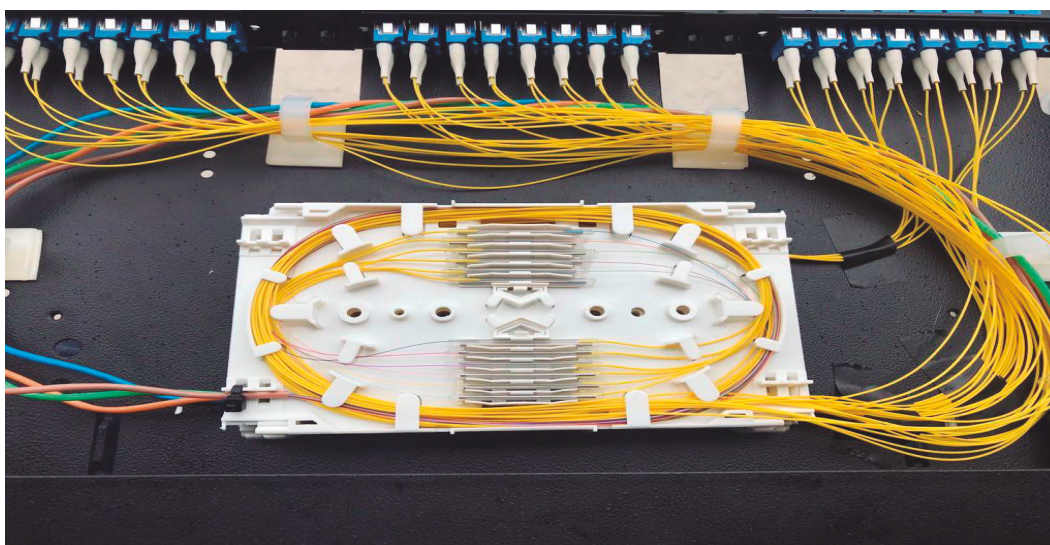


Figura 25. Ingreso de hilos al OLT.



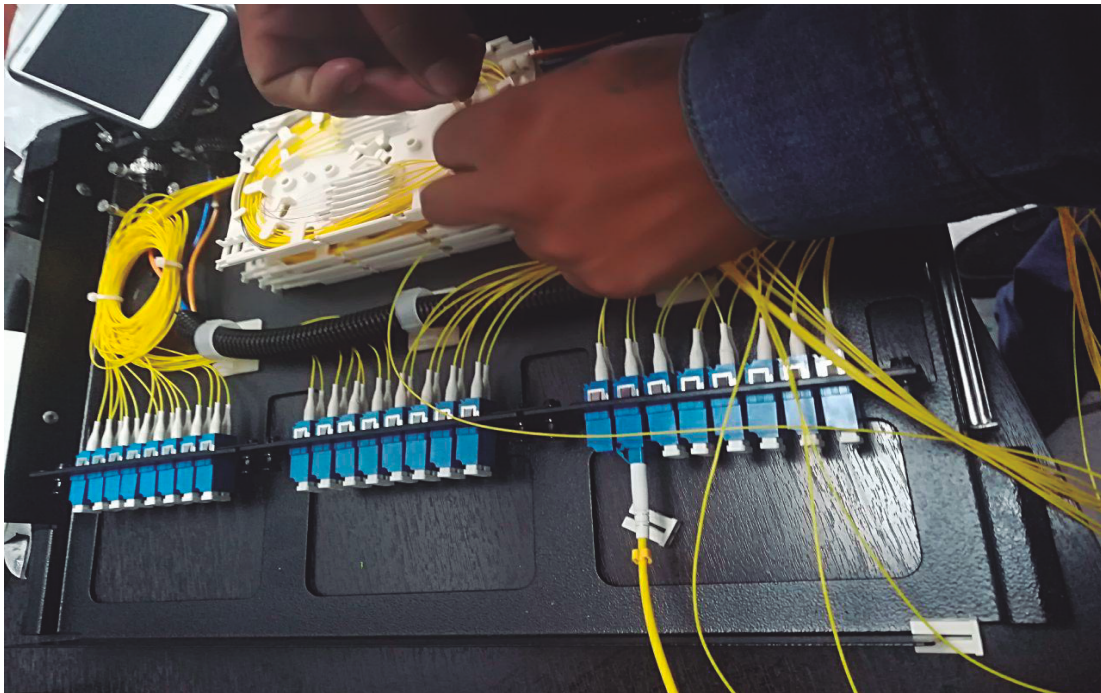


Figura 26. Separación de hilos en el OLT.

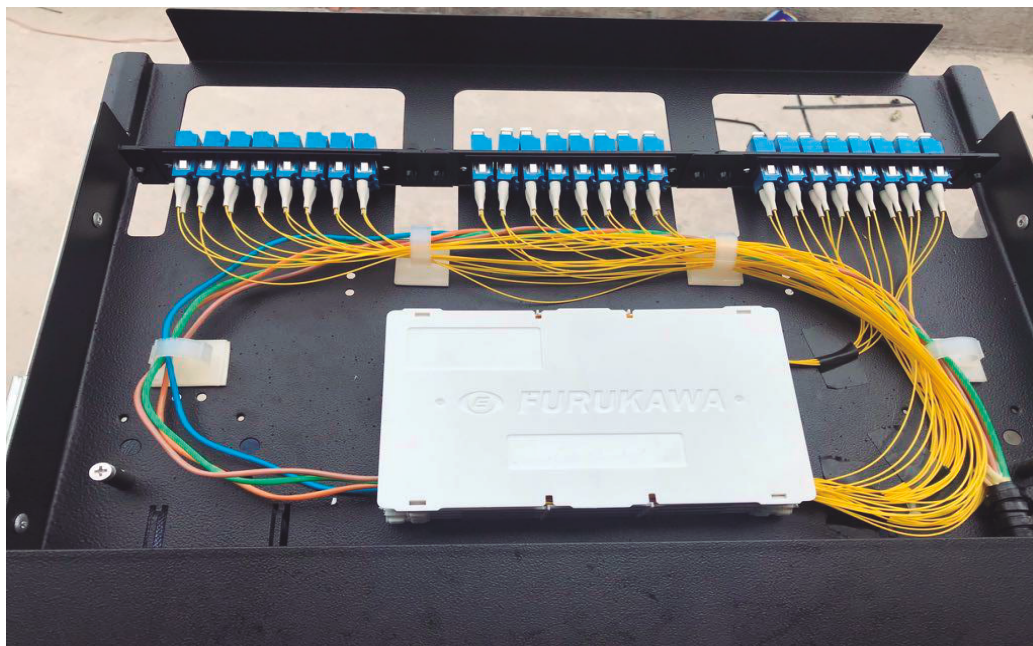


Figura 27. OLT Armado.

### 3.5.4. Cálculos.

Es importante y necesario tomar en cuenta el cálculo de pérdidas por atenuación, se debe prever las peores condiciones que se pueden dar en el diseño, de esta manera se asegura el funcionamiento en condiciones normales.

Cálculo del presupuesto óptico

(Ecuación 1)

$$\begin{aligned}
 & \textit{atenuación por conectores} + \textit{atenuación por fusiones} \\
 & + \textit{atenuación por splitters} \\
 & + \textit{atenuación por ventanas de transmisión} \\
 & = \textit{atenuación teorica} \quad (1)
 \end{aligned}$$

La atenuación que se obtiene según los cálculos del presupuesto óptico muestran un valor de **27,30 dB**, los valores adecuados según las recomendaciones de ITU están entre los 20dB hasta los 30 dB. Los datos obtenidos del presupuesto óptico se encuentran dentro de este rango, por lo tanto el diseño es adecuado.

Tabla 2

*Cálculos del presupuesto óptico.*

<b>Elementos</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación por elemento (dB)</b>	<b>Atenuación (dB)</b>
<b>Conectores (acoples) ITU 671 = 0.5dB</b>		2	0,5	1,00
<b>Empalmes de fusión ITU 751 = 0.1 dB</b>		4	0,1	0,40
<b>Empalmes mecánicos ITU 751 = 0.1 dB</b>		0	0,1	0,00
<b>Splitters</b>	1x2		3,50	0,00
	1x4	2	7,00	14,00
	1x8		10,50	0,00
	1x16		14,00	0,00
	1x23		17,50	0,00
	1x64		21,00	0,00
<b>Fibra</b>	1310 nm	34	0,35	11,90
	1490 nm		0,30	0,00
	1550 nm		0,25	0,00
<b>Total (dB)</b>				<b>27,30</b>

## CAPITULO IV. ANALISIS ECONÓMICO

### 4.1.1. Costos de implementación y equipos

En la siguiente tabla, se muestran los valores correspondientes a la instalación y materiales.

Tabla 3

*Costos de implementación y materiales.*

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Fibra óptica 48H	38000	1,57	59660,0
Herrajes	600	4,32	2592,0
Tensores	800	1,4	1120,0
Preformados	350	6	2100,0
Amarras	600	0,04	24,0
Odf 48 hilos	2	1105	2210,0
Mangas FOS350	6	162	972,0
SFP GLC-BX-D40	1	400	400,0
SFP GLC-BX-D40	1	400	400,0
Instalación	38000	0,12	4560,0
Etiquetas	600	0,08	48,0
<b><u>COSTO TOTAL MATERIALES</u></b>			<b>74086,0</b>

### 4.1.2. Costos Administrativos

“PUNTONET S.A.” al ser una empresa de telecomunicaciones tiene derecho y autorización para extender su red física e inalámbrica a nivel nacional, como empresa portadora de servicios de internet tiene la obligación de reportar todo tipo de cambio en sus redes tanto de acceso como de transporte y realizar los pagos respectivos a la ARCOTEL.

#### 4.1.3. Costos por ampliación de la red de transporte

La empresa "PUNTONET S.A." tiene como obligación, registrar todo tipo de modificaciones que se realice dentro de su red de transporte física, en el registro único entregado por parte de la Arcotel, el cual genera un costo total de \$ 200,00.

#### 4.1.4. Costos por arrendamiento de postes

Usando el software ArgGis, se puede calcular la cantidad de postes a utilizar. El pago por uso de postes a EMELNORTE es: 8 USD anual por cada poste.

- Número de postes aproximado:  $38000\text{mts} / 65\text{mts} \times \text{poste} = 585$  postes
- Costo por utilización de postes:  $585 \times 8 = 4680$  USD

#### 4.2. Indicadores de evaluación económica

El propósito de los indicadores es establecer la factibilidad del proyecto, para esto se requiere calcular el VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa de Interés de Retorno) y el PCR (Periodo de Recuperación de Capital).

Tabla 4

*Valores totales del proyecto*

<b><i>Inversión</i></b>	
Implementación y materiales	74.086,00
Arrendamiento de postes (1 año)	4680
Pago de red de transporte (1 año)	24000
Arrendamiento casa (1 año)	1800
<b>Total USD \$</b>	<b>104.566,00</b>

<b><i>Flujo de caja mensual</i></b>	
Pago por servicio (USD\$)	79.719

<b><i>Flujo de caja mensual</i></b>	
Pago por servicio	95.719

#### 4.2.1. Valor Actual Neto (VAN)

Para determinar si un proyecto es rentable o no, el VAN establece lo siguiente:

- $VAN > 0$ , el proyecto es rentable.
- $VAN = 0$ , no hay ganancia ni pérdida.
- $VAN < 0$ , el proyecto no es rentable.

Para el cálculo del VAN se utiliza la ecuación 2 (Velayos Morales, 2014)

Cálculo del VAN.

(Ecuación 2)

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - lo$$

Dónde:

*Vt*: flujos de caja de cada periodo

*lo*: inversión inicial

*n*: número de periodos considerados

*k*: interés

Se consideran los siguientes valores: inversión inicial de USDD\$ 104566,00, en un periodo de un año, un flujo de caja de USD\$ 100000,80 con una tasa de descuento del 20% utilizado por la empresa.

$$VAN = -104.566,00 + \frac{100000,80}{1 + 0,21}$$

$$VAN = \$ 21920.72$$

El valor indica que el proyecto es rentable.

#### 4.2.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Permite expresar el valor de rentabilidad de un proyecto en porcentajes.

Para el cálculo del TIR se utiliza la ecuación 3 (Velayos Morales, 2014)

Cálculo del TIR.

(Ecuación 3)

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+TIR)^t} - lo$$

Dónde:

*VAN*: es el valor actual neto igual a cero

*Ft*: flujo efectivo en el periodo

*n*: número de periodos considerados

*I*: inversión inicial

Se considera una inversión total inicial de USD\$ 104566,00 en un periodo de un año y un flujo de caja de USD\$ 100000,80

$$I * TIR = -I + Ft$$

$$TIR = \frac{-104566,00 + 100000,80}{104566,00}$$

$$TIR = 0,043$$

$$TIR = 4,3\%$$

El resultado indica que el proyecto es rentable y genera ganancias.

#### 4.2.3. Periodo de recuperación del capital

Este valor indica el tiempo en el que se recupera la inversión del proyecto, mientras menor es el tiempo de recuperación, mejor será la inversión.

Para el cálculo del PCR se utiliza la ecuación 4. (Fernandez de Navarrete, Llorente, & Perez , 2009)

Calculo del PCR

(Ecuación 4)

$$PCR = \frac{Inversión}{Flujo de Efectivo}$$

Se considera un valor de inversión de US\$ 104566,00 y un flujo efectivo de USD\$ 7840

$$PCR = \frac{104566}{7840}$$

$$PCR = 13,3$$

$$PCR = 13 \text{ meses}$$

Se obtiene como resultado un periodo de recuperación de 13 meses, debido a que el proyecto es de tendido de red troncal con proyección a nuevos proyectos, indica que es una buena inversión y el proyecto es rentable.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Al culminar con el diseño e implementación de la red de fibra óptica entre Ibarra y Otavalo, se concluye los siguientes:

- Esta implementación, se basó en un análisis del sector y sus necesidades, cuantificación de la población de Otavalo, Ibarra, Cotacachi, Atuntaqui, y otros datos, que permitieron llevar a cabo este proyecto.
- Se logra diseñar e implementar una solución de fibra óptica desde el Nodo de Ibarra hasta el Nodo de Otavalo, mejorando de esta manera el nivel de servicio brindado en los sectores por donde pasara el proyecto, determinados sectores para nuevos proyectos FTTH.
- Las ventajas al contar con el nuevo tendido de fibra óptica son: mejorar la calidad del servicio, gran ancho de banda, menor pérdida al ser enlace no inalámbrico, mayor zona de cobertura, el diseño de la red es escalable y se cuenta con una red de respaldo robusta.
- El análisis económico del proyecto mediante el VAN, el TIR y el PCR permite demostrar que la inversión es rentable ya que se obtiene un VAN de USD \$21920.72; un TIR de 4.3% y un PCR de 13 meses.
- Al realizar las pruebas de la red de fibra óptica tendida desde Ibarra a Otavalo, se pudo constatar que tiene un funcionamiento del 99.80 % está dentro de los parámetros de calidad para prestar el servicio.



## 5.2. Recomendaciones

- Se debe considerar la atenuación los empalmes realizados en todo el trayecto de Ibarra hacía Otavalo, ya que por mala conexión, en las mangas de fusión o en la mangas de distribución se puede generar pérdidas de señal o un mal funcionamiento de la nueva red de fibra óptica.
- Tener en cuenta la norma de curvatura ya establecida en las características de la fibra óptica, el no respetar se podría fisurar la fibra y generaría interferencia de transmisión.
- Evitar cargar peso extra sobre la fibra óptica o someterla a esfuerzo mecánico.
- Se debe dejar espacio, entre los cables existentes en el poste, para poder realizar mantenimiento o dar soporte técnico óptimo de la red.
- Realizar un levantamiento de información, después del tendido de fibra, con el personal técnico, para comprobar que la ruta diseñada es la ruta que se implementó y no se realizó ningún cambio en el proceso.
- Considerar que sea una red escalable dejando reservas en los equipos para seguir ampliando la infraestructura con proyectos FTTH, ya que la tecnología GPON está en constante crecimiento.
- Se recomienda comprar para todo el proyecto equipos de la misma marca, para no afectar la operatividad o en su caso la incompatibilidad al momento de instalar.



## REFERENCIAS

- Abreu, M. (2009). *www.um.edu.uy*. Obtenido de [http://www.um.edu.uy/\\_upload/\\_descarga/web\\_descarga\\_179\\_CaractersticageneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf](http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaractersticageneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf)
- Albujá Paredes, M. (22 de Enero de 2010). *bibdigital.epn.edu.ec*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1289>
- Argüello, P. (2016). *Diselo e implementacion de la red ftth en la Mitad del Mundo y Carcelen bajo utilizando tecnologia GPON para la empresa Puntonet S.A.* Quito: Universidad Politecnica Salesiana.
- Campany, J., & Ortega, B. (2009). *Redes Opticas*. Mexico: LIMUSA S.A.
- Cofitel, G. (2 de septiembre de 2011). Tipos de fibra óptica actualizados. Madrid.
- Danilo. (s.f.). *danilopy*. Obtenido de <https://danilopy.wordpress.com/2017/04/08/gpon-gigabit-passive-optical-network/>
- Del Rio, E. (17 de enero de 2015). *Equipos utilizados en las instalaciones*. Obtenido de <http://fibraoptica.blog.tartanga.eus/2015/01/17/donde-estan-los-splitter-opticos-en-la-red-ftth-de-movistar/>
- España Boquera, M. (2005). *Comunicaciones ópticas*. Madrid: Díaz de Santos S.A.
- Fernandez de Navarrete, F., Llorente, A., & Perez, E. (2009). *Economía de la Empresa 2º de Bachillerato*. Editex.
- Fumero, H. (9 de julio de 2013). *instaladoresdeteleconhoy.com*. Obtenido de [https://www.google.com.ec/search?ei=mYabWuikIYz-zgLym4-oDw&q=divisor+optico&oq=divisor+optico&gs\\_l=psy-ab.3..0i2j0i22i30k1i8.13342.19150.0.19820.14.14.0.0.0.191.1886.0j14.14.0..3.0...1.1.64.psy-ab..0.14.1882...35i39k1j0i131k1j0i3k1j0i203k1j0i22i10i30k1](https://www.google.com.ec/search?ei=mYabWuikIYz-zgLym4-oDw&q=divisor+optico&oq=divisor+optico&gs_l=psy-ab.3..0i2j0i22i30k1i8.13342.19150.0.19820.14.14.0.0.0.191.1886.0j14.14.0..3.0...1.1.64.psy-ab..0.14.1882...35i39k1j0i131k1j0i3k1j0i203k1j0i22i10i30k1)
- Group, AKVA. (s.f.). <http://www.akvagroup.com>. Recuperado el 02 de 03 de 2018, de <http://www.akvagroup.com/Products/User%20Manuals/Camera/ES%20Sistema%20Fibra%20%C3%93ptica%20Manual%20Instalaci%C3%B3n.pdf>

- IN, Lattanzi, M., & Graf, A. (s.f.). *www.cicomra.org.ar*. Obtenido de <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/tutorial%209%20lattanzi%20y%20graf-%20ieee.pdf>
- Instituto Tecnológico de la Laguna. (s.f.). Fundamentos de Fibra óptica. Mexico. Recuperado el 02 de marzo de 2018, de [http://www.itlalaguna.edu.mx/http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/opto pdf7\\_archivos/unidad7tema2.pdf](http://www.itlalaguna.edu.mx/http://www.itlalaguna.edu.mx/academico/carreras/electronica/opteca/opto pdf7_archivos/unidad7tema2.pdf)
- Martinez, T. (28 de febrero de 2013). *www,Telequismo.com*. Obtenido de <http://www.telequismo.com/2013/02/gpon-operador.html/>
- Millan, R. (2006). *www.ramonmillan.com*. Obtenido de <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/gpon.php>
- Moreton, M. (26 de Noviembre de 2011). *martinmoreton.wordpress.com*. Obtenido de <https://martinmoreton.wordpress.com/2011/11/26/fttc-la-mejor-solucion-a-todos-nuestros-problemas/>
- Noren, A. (2 de junio de 2010). *tecnologia.technology*. Obtenido de <http://tecnologia.technology/tecnologia-de-redes-pon-apon-bpon-gpon-gepon-epon.htm>
- TelproMadrid. (12 de noviembre de 2017). Que es la fibra optica monomodo y multimodo. Madrid.
- Velayos Morales, V. (14 de junio de 2014). *Econopedia*. Obtenido de Econopedia: <http://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>

## **ANEXO**

## ANEXO 1

**Backhaul.** Es la porción de una red jerárquica que comprende los enlaces intermedios entre núcleo (o backbone), y todas las subredes en su borde.

**FTTH.** Fibra hasta casa o fibra hasta el hogar

**FTTX.** Fibra hasta cualquier lugar o cualquier destino según las necesidades de cada instalación.

**PON.** Red óptica pasiva, permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente y en su lugar agregando componentes ópticos pasivos.

**APON.** Primer sistema PON construida en modo de transferencia asincrónica.

**BPON.** Banda ancha PON es la versión mejorada de APON con mejor velocidad de transmisión.

**EPON.** Internet sobre la red óptica pasiva, usando paquetes de internet en lugar de celdas.

**GPON.** La mejor solución de última milla, acceso óptico de banda ancha en comparación a sus predecesoras.

**ASON.** Red óptica de conmutación automática, puede sistematizar redes privadas ópticas virtuales.

**Fibra Óptica.** Medio de transmisión usado en redes de datos y telecomunicaciones, consiste en un hilo muy fino de material transparente, de vidrio o plástico por el cual se envían pulsos de luz que representan los datos transmitidos.

**Fibra Monomodo.** Transmisión de un haz de luz en un solo modo por la fibra óptica por lo que se evita dispersión modal.

**Fibra Multimodo.** Transmisión de un haz de luz en varios modos por lo que solo se puede utilizar en conexiones cortas.

**FTTN.** Es donde la fibra óptica llega hasta el interior del nodo

**FTTB.** Es cuando la fibra óptica llega hasta el interior del edificio.

**Splitters de fibra óptica.** Responsable de dividir la potencia de la fibra óptica, a varios segmentos según los requerimientos.

**ITU.** Es el organismo especializado en telecomunicaciones, encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

**dB.** Es una unidad de medida de potencia expresada en decibelios (db) utilizada en redes de radio, microondas y fibra óptica.

**VAN.** Valor Actual Neto, número de flujos futuros.

**TIR.** Tasa de interés de retorno, o rentabilidad que ofrece una inversión, es el porcentaje de pérdida o ganancia, que tendrá una inversión.

**PCR.** Periodo de recuperación del capital es el cual la empresa recupera la inversión realizada en el proyecto.

