



**Migración de la tecnología de radioenlace de la empresa ONFIBER hacia una red GPON  
FTTH en la parroquia de Tumbaco**

Chiriboga Alvear, Miguel Ángel y Vaca Castellanos, Daniel Josué

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y  
Telecomunicaciones

Ing. Aguilar Salazar, Darwin Leonidas Msc.

22 de febrero del 2023

## Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

22/2/23, 22:48

Tesis Final

### Informe de originalidad

---

#### NOMBRE DEL CURSO

Tesis

#### NOMBRE DEL ALUMNO

DANIEL JOSUE VACA CASTELLANOS

#### NOMBRE DEL ARCHIVO

Tesis-Chiriboga-Vaca-FINAL2



Escanea el código QR para  
 DARWIN LEONIDAS  
 AGUILAR SALAZAR

#### SE HA CREADO EL INFORME

22 feb 2023

ING. DARWIN AGUILAR SALAZAR  
 DOCENTE TUTOR - DEEL

---

### Resumen

Fragmentos marcados	6	0,7 %
Fragmentos citados o entrecomillados	1	0,1 %

#### Coincidencias de la Web

espe.edu.ec	5	0,7 %
on-line.ec	1	0,1 %
slideplayer.es	1	0,1 %

---

1 de 7 fragmentos

Fragmento del alumno MARCADO

#### Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniería **Electrónica y Telecomunicaciones**

##### Mejor coincidencia en la Web

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES.** Publicada porInés Ferreyra Ponce Modificado hace 4 años.

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL ... <https://slideplayer.es/slide/12642510/>

---

2 de 7 fragmentos

Fragmento del alumno MARCADO

#### Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

##### Mejor coincidencia en la Web

#### Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

<https://classroom.google.com/g/tg/NTQxMTAzODY2MTQ1/NTQxMTAzODUzOTMx#u=NzgxNTM3NDAxMTda&t=f>

1/3



**Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones**

**Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones**

### **Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación: **“Migración de la tecnología de radioenlace de la empresa ONFIBER hacia una red GPON FTTH en la parroquia de Tumbaco”** fue realizado por los señores **Chiriboga Alvear Miguel Ángel** y **Vaca Castellanos Daniel Josué**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 22 de febrero del 2023**

Firma:



**Aguilar Salazar, Darwin Leónidas**

C.C.: 110303682-6



**Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones**

**Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Chiriboga Alvear Miguel Ángel** con cédula de ciudadanía 172790859-0, y **Vaca Castellanos Daniel Josué** con cédula de ciudadanía 172050195-4, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Migración de la tecnología de radioenlace de la empresa ONFIBER hacia una red GPON FTTH en la parroquia de Tumbaco”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 22 de febrero del 2023**

Firma

**Chiriboga Alvear Miguel Ángel**

C.C.: 172790859-0

Firma

**Vaca Castellanos Daniel Josué**

C.C.: 172050195-4



**Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones**

**Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones**

**Autorización de Publicación**

Nosotros, **Chiriboga Alvear Miguel Ángel** con cédula de ciudadanía 172790859-0, y **Vaca Castellanos Daniel Josué** con cédula de ciudadanía 172050195-4, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Migración de la tecnología de radioenlace de la empresa ONFIBER hacia una red GPON FTTH en la parroquia de Tumbaco”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 22 de febrero del 2023**

Firma

**Chiriboga Alvear Miguel Ángel**

C.C.: 172790859-0

Firma

**Vaca Castellanos Daniel Josué**

C.C.: 172050195-4

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres que han sido un apoyo incondicional en este proceso y han sabido recordarme, con su ejemplo, lo importante del esfuerzo constante para ser capaz de alcanzar mis metas personales y profesionales.

A mi pequeña Victoria, que es la persona con quien siempre he tenido la fortuna de contar, la razón por la que no me rindo y la razón por la que nunca me rendiré, mi más grande motivación e inspiración, y junto a quien celebro este logro.

A mis amigos, quienes han estado presentes para aconsejarme y respaldar mis decisiones académicas y profesionales, como a mi amigo Dani Vaca, que es con quien hemos recorrido este largo camino y a quien admiro y respeto profundamente.

Chiriboga Alvear, Miguel Ángel

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi hijo Anthuan Alessandro Vaca, quién ha sido mi fuente de inspiración a diario para seguir luchando por mis objetivos demostrándome que siempre se puede lograr más de lo que se espera, que los límites no existen cuando estar seguro de lo que deseas lograr, y porque me enseñó a amar de una manera diferente.

A mi Abuelita Lilian Raquel Arias, a Gloria Coronel quien siempre vive en mi corazón y mi madre Lourdes Castellanos por ser las mujeres que me formaron, sacaron adelante y nunca me dejaron doblegar. A mi tío Sandro B. Vaca por ser un eje sólido de apoyo y el mejor ejemplo para seguir, porque cuando me trazaba una meta siempre quise ser más como él.

Finalmente, a mi padre Germán Vaca y mi hermano Andrés Vaca, por formar parte de este arduo camino, por el cariño inmenso que tengo hacia ustedes y por siempre querer lo mejor para mí.

Definitivamente, este trabajo, cada letra y experiencia que conllevo va dedicado plenamente a ustedes.

Vaca Castellanos, Daniel Josué

### **Agradecimiento**

Agradezco a mi familia infinitamente por ser quienes han estado permanentemente pendientes de mi avance y el estado de mi progreso en este proyecto, con quienes he debatido y compartido opiniones para volver mucho más claros mis pensamientos y decisiones.

A mis tutores y docentes con quienes he tenido la oportunidad de contar académicamente, ya que, gracias a su predisposición y apertura, he sido capaz de superar muchos de los retos presentes a lo largo mi camino estudiante.

Chiriboga Alvear, Miguel Ángel

## **Agradecimiento**

En primer lugar, a Dios, por ser parte fundamental de mi creer en que todo va a salir bien día con día, proyecto con proyecto y meta con meta. A mi familia por ser el principal apoyo y fuente de inspiración para lograr cada uno de mis propósitos.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, por abrirme las puertas, y brindarme el conocimiento con el que día a día respondo como profesional. Al Ingeniero Derling Morocho por darme la oportunidad de guiar mi primer proyecto para la Universidad, al Ing. Freddy Tapia por ver un potencial en mí y lanzarme hacia la primera empresa de Telecomunicaciones donde pude demostrar mi conocimiento y abrirme el camino hacia donde me encuentro.

A mi tutor, Ing. Darwin Aguilar quién es un excelente profesional, un gran referente del área de las Telecomunicaciones, un guía y docente de gran categoría, por aceptar el desafío de llevar a cabo este proyecto de titulación.

A Daniel A. Vargas, quién me dio la oportunidad de llegar a Fyco a conocer una familia que hasta ese momento no sabía que necesitaba en mi vida. Quien desde el primer momento no solo fue un jefe, es un mentor, un amigo, un modelo a seguir y que en innumerables ocasiones me ha extendido la mano para sacarme de los más duros momentos y lograr que mi vida mejore en todos los aspectos. A Abel Pérez, por valorar en mí la facultad de profesión y conocimiento sobre muchas otras personas y ser un excelente líder con ideas locas del futuro de las Telecomunicaciones y a toda la familia Fyco por el aprecio, experiencias y el camino que estamos labrando.

Finalmente, me agradezco a mí por no rendirme nunca, por el empuje, las ganas que le pongo a todo lo que emprendo y por el deseo de nunca dejar de superarme, de siempre ser mejor que el día anterior.

Vaca Castellanos, Daniel Josué

## Contenido

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de autoría .....	4
Autorización de publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimiento .....	8
Agradecimiento .....	9
Resumen .....	22
Abstract .....	23
Capítulo I Definición del proyecto.....	24
Introducción .....	24
Antecedentes .....	24
Justificación e importancia .....	25
Alcance .....	28
Objetivos.....	28
<i>Objetivo general</i> .....	28
<i>Objetivos específicos</i> .....	29
Capítulo II Marco Teórico .....	30
Espectro Radioeléctrico .....	30
Radioenlace .....	31
Arquitectura de Radioenlace.....	31

	11
<i>Enlace punto a punto</i> .....	31
<i>Enlace punto a multipunto</i> .....	31
<i>Enlace multipunto a multipunto</i> .....	32
Fibra óptica.....	32
Tipos de fibra y sus aplicaciones.....	33
<i>Fibra Monomodo</i> .....	33
<i>Fibra Multimodo</i> .....	34
Redes PON.....	35
Redes FTTX.....	36
<i>Red FTTH</i> .....	36
<i>Red FTTB</i> .....	37
<i>Red FTTA</i> .....	37
<i>Red FTTC</i> .....	37
<i>Red FTTN</i> .....	37
<i>Red FTTD</i> .....	37
Arquitectura de la red PON FTTH.....	38
Tecnologías PON.....	40
<i>EPON</i> .....	40
<i>GPON</i> .....	41
Capítulo III Desarrollo e Implementación.....	42
Metodología.....	42
Fases de la Metodología.....	43
Arquitectura de red con tecnología de Radioenlace de la empresa ONFIBER.....	44

	12
<i>Radio base Central: El Quinche</i> .....	46
<i>Enlace Backhaul</i> .....	48
<i>Radio Base Tumbaco: Cerro Ilaló</i> .....	48
<i>Enlaces PTMP</i> .....	49
<i>Localidad clientes Tumbaco</i> .....	49
Equipamiento de red con tecnología de Radioenlace.....	50
<i>BMU</i> .....	50
<i>Radio Mimosa C5C</i> .....	51
<i>Router Mikrotik RB2011UiAS-RM</i> .....	52
<i>Antenas de Distribución AP's Ubiquiti</i> .....	53
<i>Antena CPE Ubiquiti Airgrid M5HP</i> .....	55
<i>Router DLINK DIR-615</i> .....	56
Planes de Internet con tecnología de Radioenlace.....	57
Principales inconvenientes presentados en el servicio de internet con red de radioenlace ...	58
Propuesta de solución al servicio de internet con red de radioenlace existente.....	58
Diseño de Red FTTH.....	59
<i>Diseño de Planta Interna</i> .....	59
<i>Configuración Mikrotik CCR 1009-7G-1C-1S+</i> .....	63
<i>Configuración Mikrotik RB 3011 UiAS-RM</i> .....	63
<i>Gestor WISPRO para router Mikrotik RB 3011 UiAS-RM</i> .....	66
<i>Configuración OLT ZTE C300</i> .....	71
<i>Gestor SMART OLT para OLT ZTE C300</i> .....	75

<i>Configuración Equipos de Ultima milla</i> .....	79
<i>Diseño de Planta Externa</i> .....	83
<i>Nomenclatura de Planta Externa</i> .....	86
<i>Distrito A</i> .....	88
<i>Distrito B</i> .....	91
<i>Distrito C</i> .....	95
<i>Distrito D</i> .....	98
<i>Distrito E</i> .....	102
<i>Distrito F</i> .....	105
<i>Distrito G</i> .....	109
<i>Distrito G1</i> .....	109
<i>Distrito G2</i> .....	113
Capítulo IV Evaluación y Análisis de la Red .....	116
PRTG.....	116
Instalación del PRTG .....	116
Pruebas PRTG .....	118
Presupuesto de potencia óptica .....	124
Cálculo de presupuesto de Potencia Óptica .....	125
<i>Distrito A</i> .....	125
<i>Distrito B</i> .....	126
<i>Distrito C</i> .....	127
<i>Distrito D</i> .....	127

<i>Distrito E</i> .....	128
<i>Distrito F</i> .....	128
<i>Distrito G1</i> .....	129
<i>Distrito G2</i> .....	130
Mediciones de Potencia con equipo OTDR.....	130
Verificación de potencias con Gestor SmartOLT y consumo de tráfico por cliente .....	132
PRUEBA DE DESEMPEÑO: Control de tráfico en la red de ONFIBER Tumbaco .....	141
PRUEBAS DE DESEMPEÑO: Análisis del tráfico de red por Firewall de proveedor Ufinet. ....	144
PRUEBAS DE CONECTIVIDAD: Utilizando la herramienta PING y TRACEROUTE .....	146
Análisis de Red con tecnología de Radioenlace .....	149
Análisis de Red con tecnología GPON FTTH .....	154
Comparación de red con tecnología de Radioenlace vs red con tecnología GPON FTTH ..	158
Conclusiones.....	163
Recomendaciones .....	166
Trabajos futuros .....	167
Bibliografía .....	168
Apéndices .....	171

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Banda de frecuencias del Espectro radioeléctrico</i> .....	30
<b>Tabla 2</b>	<i>Comparación de tecnologías EPON vs GPON</i> .....	41
<b>Tabla 3</b>	<i>Características Ordenador BMU</i> .....	50
<b>Tabla 4</b>	<i>Características primordiales de Radio C5C</i> .....	52
<b>Tabla 5</b>	<i>Características principales Router RB2011UiAS-RM</i> .....	53
<b>Tabla 6</b>	<i>Características de Antenas de Distribución AP's</i> .....	54
<b>Tabla 7</b>	<i>Características principales de Antena CPE AirGrid M5HP</i> .....	56
<b>Tabla 8</b>	<i>Características principales de router home Dlink DIR615</i> .....	57
<b>Tabla 9</b>	<i>Planes de Internet vía Radioenlace ofertados por ONFIBER</i> .....	58
<b>Tabla 10</b>	<i>Características técnicas de equipamiento activo de Planta Interna</i> .....	61
<b>Tabla 11</b>	<i>Credenciales de acceso a interfaz de línea de comandos de OLT</i> .....	71
<b>Tabla 12</b>	<i>Tipos de tarjetas soportadas por OLT ZTE C300</i> .....	73
<b>Tabla 13</b>	<i>Nomenclatura asignada a diseño unifilar y geográfico de planta externa</i> .....	86
<b>Tabla 14</b>	<i>Datos de Distrito A</i> .....	90
<b>Tabla 15</b>	<i>Datos de Distrito B</i> .....	93
<b>Tabla 16</b>	<i>Datos de Distrito C</i> .....	97
<b>Tabla 17</b>	<i>Datos de Distrito D</i> .....	100
<b>Tabla 18</b>	<i>Datos de Distrito E</i> .....	104
<b>Tabla 19</b>	<i>Datos de Distrito F</i> .....	107
<b>Tabla 20</b>	<i>Datos de Distrito G subdistrito G1</i> .....	111
<b>Tabla 21</b>	<i>Datos de Distrito G subdistrito G2</i> .....	114
<b>Tabla 22</b>	<i>Valores de ping, jitter y tiempo de carga</i> .....	123
<b>Tabla 23</b>	<i>Valores referenciales de atenuación acorde a las normas ANSI/TIA/ISO-IEC</i> .....	124
<b>Tabla 24</b>	<i>Atenuaciones presentes en el distrito A</i> .....	125
<b>Tabla 25</b>	<i>Atenuaciones presentes en el distrito B</i> .....	126

<b>Tabla 26</b> <i>Atenuaciones presentes en el distrito C</i> .....	127
<b>Tabla 27</b> <i>Atenuaciones presentes en el distrito D</i> .....	127
<b>Tabla 28</b> <i>Atenuaciones presentes en el distrito E</i> .....	128
<b>Tabla 29</b> <i>Atenuaciones presentes en el distrito F</i> .....	128
<b>Tabla 30</b> <i>Atenuaciones presentes en el distrito G subdistrito G1</i> .....	129
<b>Tabla 31</b> <i>Atenuaciones presentes en el distrito G subdistrito G2</i> .....	130
<b>Tabla 32</b> <i>Presupuesto de potencia óptica por Distrito vs potencia óptica medida</i> .....	131
<b>Tabla 33</b> <i>Potencias y Consumo de tráfico promedio por cliente verificado por gestor SmartOLT</i> .....	134
<b>Tabla 34</b> <i>Historial de clientes activos en red de radioenlace Onfiber de Tumbaco</i> .....	152
<b>Tabla 35</b> <i>Costo de Planes en Red de Radioenlace</i> .....	153
<b>Tabla 36</b> <i>Costo de Planes en Red de fibra óptica</i> .....	155
<b>Tabla 37</b> <i>Red de Radioenlace vs Red GPON FTTH</i> .....	158

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Estructura de la Fibra Óptica</i> .....	33
<b>Figura 2</b> <i>Fibra Monomodo</i> .....	34
<b>Figura 3</b> <i>Fibra Multimodo</i> .....	35
<b>Figura 4</b> <i>Estructura de una red FTTH</i> .....	36
<b>Figura 5</b> <i>Aplicaciones de redes FTTX</i> .....	38
<b>Figura 6</b> <i>Arquitectura de una red FTTH</i> .....	39
<b>Figura 7</b> <i>Estructura de red ODN</i> .....	40
<b>Figura 8</b> <i>Enlace Backhaul de 18 Km Quinche-Tumbaco</i> .....	45
<b>Figura 9</b> <i>Arquitectura General de Radioenlace de la empresa ONFIBER</i> .....	46
<b>Figura 10</b> <i>Distribución desde Radio Base Central El Quinche a diferentes localidades utilizando un equipo switch</i> .....	47
<b>Figura 11</b> <i>Torre de Base Central El Quinche</i> .....	47
<b>Figura 12</b> <i>Dashboard de Radio C5C para antena CPE ubicada en la parroquia de Tumbaco</i>	48
<b>Figura 13</b> <i>Torre de Radio Base Ilaló</i> .....	49
<b>Figura 14</b> <i>Ordenador DELL para BMU</i> .....	51
<b>Figura 15</b> <i>Mikrotik RB2011UiAS-RM</i> .....	52
<b>Figura 16</b> <i>Distintas antenas y radios utilizados para la distribución en la parroquia de Tumbaco</i> .....	54
<b>Figura 17</b> <i>Antena CPE AirGrid M5HP</i> .....	55
<b>Figura 18</b> <i>Representación de arquitectura de red en casa del cliente</i> .....	56
<b>Figura 19</b> <i>Distribución de equipos en Rack de Oficina Central</i> .....	60
<b>Figura 20</b> <i>Diseño de Planta Interna de Empresa ONFIBER</i> .....	60
<b>Figura 21</b> <i>Dirección IP Gateway del Proveedor</i> .....	63
<b>Figura 22</b> <i>Dirección del equipo Mikrotik RB 3011 UiAS-RM</i> .....	64
<b>Figura 23</b> <i>Ventana para guardar la ruta</i> .....	64

<b>Figura 24</b>	<i>Dirección IP para clientes.....</i>	65
<b>Figura 25</b>	<i>Puertos habilitados y deshabilitados.....</i>	66
<b>Figura 26</b>	<i>Creación del nuevo servidor.....</i>	66
<b>Figura 27</b>	<i>Puerto API-SSL del equipo Mikrotik.....</i>	67
<b>Figura 28</b>	<i>Configuraciones de DNS, NTP y estadísticas .....</i>	68
<b>Figura 29</b>	<i>Generación de las reglas en Winbox .....</i>	69
<b>Figura 30</b>	<i>Vinculación y aplicación de cambios en WISPRO .....</i>	70
<b>Figura 31</b>	<i>Verificación de los contratos guardados.....</i>	70
<b>Figura 32</b>	<i>Acceso vía Telnet a OLT ZTE C300.....</i>	71
<b>Figura 33</b>	<i>Verificación de tarjetas activas en la OLT mediante CLI.....</i>	72
<b>Figura 34</b>	<i>Verificación de estatus de tarjetas mediante CLI .....</i>	73
<b>Figura 35</b>	<i>Verificación de estatus de equipos ONU en clientes.....</i>	74
<b>Figura 36</b>	<i>Redireccionamiento de IP pública hacia puerto SNMP de la OLT ZTE.....</i>	75
<b>Figura 37</b>	<i>Integración exitosa de OLT ZTE C300 con gestor SmartOLT .....</i>	76
<b>Figura 38</b>	<i>Topología de red para implementación de Gestor en OLT.....</i>	76
<b>Figura 39</b>	<i>Interfaz gráfica de gestor Smart OLT.....</i>	77
<b>Figura 40</b>	<i>Estado de tarjetas de línea y sus puertos utilizando el gestor gráfico .....</i>	78
<b>Figura 41</b>	<i>Verificación del estado de ONU cliente utilizando el gestor gráfico.....</i>	78
<b>Figura 42</b>	<i>ONU ZTE Single band F660 .....</i>	79
<b>Figura 43</b>	<i>Configuración Última milla ONU ZTE F660.....</i>	80
<b>Figura 44</b>	<i>Router Single band TP Link.....</i>	81
<b>Figura 45</b>	<i>ONU bridge ZTE F601.....</i>	82
<b>Figura 46</b>	<i>Configuración última milla ONU bridge ZTE + Router TP Link.....</i>	83
<b>Figura 47</b>	<i>Diseño y distribución de Planta Externa en Google Earth .....</i>	84
<b>Figura 48</b>	<i>Diagrama Unifilar de Planta Externa.....</i>	85
<b>Figura 49</b>	<i>Representación de nomenclatura aplicada en diseño de planta externa .....</i>	87

<b>Figura 50</b>	<i>Despliegue de planta externa Distrito A</i> .....	88
<b>Figura 51</b>	<i>Diagrama Unifilar Distrito A</i> .....	89
<b>Figura 52</b>	<i>Despliegue de planta externa Distrito B</i> .....	92
<b>Figura 53</b>	<i>Diagrama Unifilar Distrito B</i> .....	93
<b>Figura 54</b>	<i>Despliegue de planta externa Distrito C</i> .....	95
<b>Figura 55</b>	<i>Diagrama Unifilar Distrito C</i> .....	96
<b>Figura 56</b>	<i>Despliegue de planta externa Distrito D</i> .....	99
<b>Figura 57</b>	<i>Diagrama Unifilar Distrito D</i> .....	100
<b>Figura 58</b>	<i>Despliegue de planta externa Distrito E</i> .....	102
<b>Figura 59</b>	<i>Diagrama Unifilar Distrito E</i> .....	103
<b>Figura 60</b>	<i>Despliegue de planta externa Distrito F</i> .....	106
<b>Figura 61</b>	<i>Diagrama Unifilar Distrito F</i> .....	107
<b>Figura 62</b>	<i>Despliegue de planta externa Distrito G subdistrito G1</i> .....	110
<b>Figura 63</b>	<i>Diagrama Unifilar Distrito G subdistrito G1</i> .....	111
<b>Figura 64</b>	<i>Despliegue de planta externa Distrito G subdistrito G2</i> .....	113
<b>Figura 65</b>	<i>Diagrama Unifilar Distrito G subdistrito G2</i> .....	114
<b>Figura 66</b>	<i>Página web de descarga del software PRTG</i> .....	116
<b>Figura 67</b>	<i>Ventana con la información de la red</i> .....	117
<b>Figura 68</b>	<i>Sensor Ping de la ventana PRTG</i> .....	118
<b>Figura 69</b>	<i>Dirección IP asignada a la máquina de monitorización</i> .....	118
<b>Figura 70</b>	<i>Valores relacionados al tiempo de ping</i> .....	119
<b>Figura 71</b>	<i>Gráfico ms vs tiempo de monitorización</i> .....	119
<b>Figura 72</b>	<i>Valor de Jitter</i> .....	120
<b>Figura 73</b>	<i>Gráfico de tiempo de jitter</i> .....	120
<b>Figura 74</b>	<i>Valor de tiempo de carga HTTP</i> .....	121
<b>Figura 75</b>	<i>Gráfico de tiempo de carga HTTP</i> .....	122

<b>Figura 76</b>	<i>Gráfico de monitorización.....</i>	122
<b>Figura 77</b>	<i>Datos de monitorización detallada.....</i>	123
<b>Figura 78</b>	<i>Medición de potencia en puerto óptico de la OLT utilizando un OTDR.....</i>	131
<b>Figura 79</b>	<i>Medición de potencia en cajas de nivel y cajas de clientes de planta externa.....</i>	132
<b>Figura 80</b>	<i>Clientes activos en red ONFIBER Tumbaco verificado por herramienta SmartOLT .....</i>	133
<b>Figura 81</b>	<i>Verificación de Potencia RX de ONU cliente y consumo de tráfico promedio.....</i>	133
<b>Figura 82</b>	<i>Control de tráfico de la red de ONFIBER Tumbaco utilizando el gestor Wispro ....</i>	141
<b>Figura 83</b>	<i>Control de tráfico por cliente utilizando el gestor Wispro .....</i>	142
<b>Figura 84</b>	<i>Gráficas de rendimiento en tarjetas de la OLT ZTE C300 .....</i>	143
<b>Figura 85</b>	<i>Control de tráfico en tarjeta GPON de OLT obtenido por SMARTOLT .....</i>	143
<b>Figura 86</b>	<i>Secure Gateway de Ufinet para análisis de tráfico de red Onfiber Tumbaco.....</i>	144
<b>Figura 87</b>	<i>Informes gráficos de Secure Gateway.....</i>	145
<b>Figura 88</b>	<i>Informe de amenaza mostrado por el Secure Gateway.....</i>	146
<b>Figura 89</b>	<i>Prueba de conectividad utilizando el protocolo ICMP herramienta Ping .....</i>	147
<b>Figura 90</b>	<i>Ping hacia servidores de Google.....</i>	148
<b>Figura 91</b>	<i>Prueba de conectividad utilizando el protocolo ICMP herramienta Traceroute.....</i>	148
<b>Figura 92</b>	<i>Traceroute hacia servidores de Google.....</i>	149
<b>Figura 93</b>	<i>Analizador de Espectro para enlace backbone .....</i>	150
<b>Figura 94</b>	<i>Arquitectura de Red de Radioenlace obtenida desde gestor Wispro con BMU .....</i>	150
<b>Figura 95</b>	<i>Enlaces PTMP con antenas sectoriales para aprovisionamiento de clientes.....</i>	151
<b>Figura 96</b>	<i>Historial de clientes de la red de Radioenlace Tumbaco entre 2010-2023 .....</i>	153
<b>Figura 97</b>	<i>Costo de Planes en red de Radioenlace .....</i>	154
<b>Figura 98</b>	<i>Historial de clientes en la red de Fibra óptica Tumbaco año 2022-2023.....</i>	155
<b>Figura 99</b>	<i>Costo de Planes en red de Fibra óptica.....</i>	156
<b>Figura 100</b>	<i>Relación del número máximo de clientes .....</i>	157

<b>Figura 101</b> <i>Relación del número mínimo de clientes</i> .....	157
<b>Figura 102</b> <i>Costo de planes Fibra Óptica vs Planes de Radioenlace</i> .....	162

## Resumen

El Internet se convertido poco a poco en una herramienta para divulgar información a nivel mundial y de esta manera, conectar a los individuos para que sean capaces de interactuar entre ellos sin importar el lugar en donde se encuentren, lo cual ha representado eventualmente que los ISP se vean obligados a garantizar estándares altos en desempeño, eficiencia y calidad, de acuerdo con las últimas tecnologías disponibles para así satisfacer las demandas de los usuarios.

El proyecto pretende encargarse del diseño, implementación y evaluación de una red de GPON FTTH para la empresa ONFIBER que actualmente tiene desplegado una red con tecnología de radio enlace en la parroquia de Tumbaco, en donde se han presentado problemas relacionados a la conexión e intermitencia de servicio y sobrecarga del espectro radio eléctrico del sector. Se planea examinar la red para registrar su estado y hacer una comparativa del desempeño posterior al levantamiento de la nueva red, lo que resolvería la problemática que conlleva el uso de esta tecnología.

GPON FTTH está estrechamente relacionado con el uso de fibra óptica como un medio de transmisión más avanzado, contando con la capacidad de soportar los servicios de nueva generación, considerando ventajas primordiales como: altos anchos de banda, distancias mayores entre la central y el suscriptor, alta resistencia a la interferencia electromagnética, mayor seguridad y baja degradación de la señal (Millán, 2008).

El presente proyecto tiene como objeto realizar un análisis, diseño, implementación y evaluación relacionada con la migración de tecnología de radio enlace hacia una red de fibra óptica. Para esto, se requiere el desarrollo de una metodología experimental y teórico-cuantitativa que asegure una cobertura efectiva a todos los usuarios suscritos al servicio, además de los recursos tecnológicos requeridos para la implementación de la red, y las pruebas de medición de los parámetros técnicos que nos permitan verificar un desempeño de red superior al actual.

*Palabras clave:* GPON, FTTH, ISP, radio frecuencia, espectro radioeléctrico.

### **Abstract**

The Internet has gradually become a tool to disseminate information worldwide and by this way connect people so that they are able to interact with each other no matter where they are, which has eventually meant that ISPs are forced to guarantee high standards in performance, efficiency, and quality, according to the latest technologies available to satisfy the demands of users.

The project aims to be in charge of the design, implementation and evaluation of a GPON FTTH network for ONFIBER company that currently has a network with radio link technology deployed in the parish of Tumbaco, where there have been problems related to the connection and intermittency of the service and oversaturation of the radio electric spectrum of the sector. It is planned to examine the network to record its status and make a comparison of the performance after the new network has been executed, which would solve the problems associated with the use of this technology.

GPON FTTH is closely related to the use of optic fiber as a more advanced transmission medium, with the ability to support new generation services, considering primary advantages such as: high bandwidth, greater distances between the central office and the subscriber, high resistance to electromagnetic interference, higher security and low signal degradation (Millán, 2008).

The purpose of this project is to carry out an analysis, design, implementation, and evaluation related to the migration of radio link technology towards a GPON FTTH optic fiber network. For this, the development of an experimental and theoretical-quantitative methodology is required to ensure effective coverage for all users subscribed to the service, in addition to the technological resources required for the implementation of the network, and the measurement tests of the technical parameters. that allow us to verify a network performance superior to the current one.

*Key words:* GPON, FTTH, ISP, radiofrequency, Radioelectric spectrum.

## Capítulo I

### Definición del proyecto

#### Introducción

El aumento de la demanda del servicio de internet y sus estándares de calidad estuvieron relacionadas directamente con el impacto que sufrió la sociedad por la pandemia del COVID-19, la cual presentó un antes y un después en la forma como utilizamos las plataformas digitales, exigiendo así un avance tecnológico inmediato que se ha ido estabilizando poco a poco. Las estadísticas demuestran que el Ecuador, con un número de habitantes de 18 millones, cuenta con un 76% de personas que usan Internet activamente, este dato representa un crecimiento de 3.4 millones entre 2021 y 2022 con un 33.7%, que resalta la importancia que tiene este servicio para sociedad actual (Kemp & Simón, 2022)

La empresa ONFIBER/on-line.ec evalúa constantemente las necesidades de los sectores a los cuales brinda el servicio de Internet para asegurar su calidad y eficiencia, es así como el sector de la parroquia de Tumbaco ha demostrado un aumento en la demanda del servicio y calidad del Internet, por lo que la empresa se ve obligada a realizar la migración de tecnología de radio enlace a fibra óptica para combatir las desventajas propias de dicha tecnología, como lo son la baja velocidad, intermitencia del servicio por climas cambiantes y condiciones terreno. Para ello es necesario valorar la información obtenida del sector para hacer el diseño y despliegue de la red con tecnología GPON fijando el punto en donde se encuentra la central y la dirección de los ramales principales, comprobando finalmente que las mediciones de los parámetros de la red se encuentren dentro de los valores apropiados

#### Antecedentes

ONFIBER – Online.ec es una empresa proveedora de servicio de internet inalámbrico y Fibra Óptica fundada en el año 2013. Nace como una alternativa de conectividad al internet en la parroquia de El Quinche y sectores aledaños.

## **Justificación e importancia**

El acceso a Internet ha evolucionado a lo largo de la historia, empezando por la necesidad de contar con roles asociados al gobierno o a universidades para acceder a ella; su apertura comercial se dio a principios de la década de 1990 con una tasa de transferencia que crecería de forma exponencial con el desarrollo progresivo de la tecnología hasta nuestros tiempos, en conjunto con el crecimiento de las compañías de telecomunicaciones que evolucionaron hasta convertirse en lo que hoy conocemos como ISP (Internet Service Provider).

El tipo de tecnología que hace posible la conexión a Internet ha sido sujeta a diversos cambios asociados a un profundo análisis tanto de la infraestructura ya implementada como de la constante experimentación en el campo de las telecomunicaciones, teniendo como prioridad superar los desafíos que representaban las necesidades de los usuarios.

La migración de tecnología de radioenlace a fibra óptica que planea desarrollar este proyecto representa la necesidad de adaptación a las exigencias del usuario por mejorar la calidad del servicio que ofrece un ISP que en este caso se lleva a cabo por los estudiantes y la empresa ONFIBER para la parroquia de Tumbaco.

La red de radio enlace actualmente cuenta con su nodo principal en el sector del Ilaló, lugar en donde recibe el servicio del proveedor desde El Quinche utilizando antenas de la marca MIMOSA, desde el nodo principal se brinda cobertura a la parroquia de Tumbaco y sus alrededores utilizando antenas sectoriales de distintas marcas como Mikrotik, MIMOSA, Ubiquiti, ALG con rangos de cobertura de 45, 60, 90 y 120 grados.

Cada una de estas antenas sectoriales anteriormente ofrecía servicio hasta 15 clientes por sector, quienes recibían el servicio mediante antenas CPE, sin embargo, debido a la gran saturación del espectro radio eléctrico, las condiciones atmosféricas y los obstáculos entre el nodo central y el cliente hacen que desemboque en pérdida de clientes por la baja calidad en el servicio, dejando como consecuencia al ISP con 9 clientes por antena aproximadamente.

Los clientes dados de baja han optado por contratar otros proveedores que ofrecen el servicio por fibra óptica debido al alto ancho de banda ofertado, propio de la superioridad de las tasas de transferencia de la tecnología de fibra óptica frente al radio enlace bajo el mismo rubro económico.

El costo de implementación del servicio de radio enlace es mayor al de fibra óptica, cuyo valor es de aproximadamente \$70-90 por cliente, considerando una antena CPE, cable UTP para bajada de antena, POE para alimentación eléctrica y router home, mientras que para fibra óptica el valor de implementación es de \$75 por cliente, que abarca alrededor de 300 metros de fibra drop, conectores, patch core de fibra y equipo ONT (Optical Network Terminal). Por ende, la instalación del servicio en fibra óptica es más costo-efectiva debido a la posibilidad de conectar más clientes, ofertar mayor ancho de banda y cobertura por un menor precio, con la posibilidad de extender el servicio hasta 20 km a la redonda.

El estudio del comportamiento de las conexiones levantadas por radio enlace o fibra óptica permiten entender y resolver la problemática que conlleva el mantenimiento y correcto funcionamiento de dichas redes, como en el caso del radio enlace, las condiciones atmosféricas pueden ser causa de desvanecimientos y desviaciones y de la fibra óptica, su delicadeza y atenuación por kilómetro (Silva, 2011).

Por lo cual, dentro del mundo de las telecomunicaciones tanto el proveedor de un servicio como el cliente final deben estar siempre dispuestos a adaptarse a los cambios tecnológicos con el fin de ofrecer y recibir un servicio de alta calidad, sin embargo, esta responsabilidad recae en gran magnitud sobre los proveedores ya que ellos son los que determinan el medio y los recursos a utilizar para llegar a los suscriptores de su red en distintas localidades geográficas sean estas urbanas o rurales.

Considerando que la penetración en países subdesarrollados como el Ecuador es del 57% y este porcentaje se incrementa apenas en un 1.5% anual. Lo que representa que casi la mitad de la población ecuatoriana no posee un acceso directo o fácil al servicio de internet lo

que evidencia la existencia de una brecha digital muy marcada en esta región (Branch Group, 2021). Y es por esto que una de las grandes motivaciones de este siglo es la reducción de la brecha digital, llegando a los lugares más recónditos y conectando a cientos y miles de personas que tienen la necesidad de comunicarse con el mundo exterior y así tener acceso a distintos ámbitos como lo son: educativo, cultural, social, económico, consultas de telemedicina, trabajar de forma remota e incluso suscripciones a plataformas de entretenimiento. Siendo este acceso de gran importancia ya que permite el desarrollo y la evolución sin exclusión de ningún tipo, a esto se lo reconoce como un indicador de desarrollo humano (Serrano & Martinez, 2011).

Y es por eso que mediante este tipo de proyectos de carácter tecnológico y social también se contempla el abanico de oportunidades que brindan a estudiantes de tercer nivel para demostrar los conocimientos aprendidos durante la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones y así involucrarlos e inducirlos al mundo laboral con casos prácticos de la vida real (Vitorelli, 2016), dándoles un nivel de empoderamiento laboral al formar parte de la innovación y el aporte al que se someten las distintas redes de telecomunicaciones en el Ecuador.

Las redes de fibra óptica han cubierto gran parte del país gracias al trabajo conjunto de los sectores público y privado con el fin de brindar acceso a los servicios de telecomunicaciones y TIC's, demostrando un alto crecimiento evidenciado solo en junio del 2016, 70.713 kilómetros lineales de fibra óptica y un aumento para junio del 2020, con 171.354 kilómetros lineales, registrándose de esta manera cómo el diseño e implementación de esta tecnología se ha convertido en la mejor solución utilizando a la fibra como medio de transmisión (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la información, 2021).

Consecuentemente, la empresa ONFIBER ha decidido tener una proyección a futuro que la vuelva más competitiva al ofertar servicios de alta calidad y confiabilidad frente a sus clientes permitiéndole expandir su cobertura dentro de la parroquia de Tumbaco, utilizando la

tecnología GPON FTTH para cubrir las demandas del ancho de banda y velocidades de transmisión que requieren la sociedad, así como las aplicaciones tecnológicas de hoy en día (León, 2015).

Esta infraestructura que se planea diseñar, implementar y evaluar cuenta con una visión a futuro de crecimiento relacionada directamente con la expansión de la empresa, con un foco dirigido a los sectores de Ilaló, Pifo, Puembo y Tababela, posicionándose de esta manera como un ejemplar competitivo en el mercado de las telecomunicaciones del país.

### **Alcance**

El presente proyecto pretende hacer un estudio de la tecnología de red implementada por la empresa ONFIBER en el sector de la parroquia de Tumbaco para migrar dicha tecnología, de radio enlace a una red de fibra óptica, mediante la evaluación y análisis del estado actual la red.

Se hará el levantamiento de la información del sector en donde se planea desplegar la red FTTH con tecnología GPON para elaborar el diseño, estableciendo las características que requerirán los equipos para el correcto funcionamiento la red, así dando solución a los inconvenientes presentados en la red de radio enlace como bajo ancho de banda, degradación de la señal, entre otros. Además de la planificación de la ruta que tomará la red desde la central a sus diferentes ramales con el objetivo de brindar cobertura a todo el sector de la parroquia de Tumbaco.

### **Objetivos**

#### ***Objetivo general***

Migrar la tecnología de radioenlace de la empresa ONFIBER hacia una red GPON FTTH para obtener una mayor eficiencia en el servicio de Internet en la parroquia de Tumbaco.

**Objetivos específicos**

- Realizar el relevamiento de información en los distintos sectores de la parroquia de Tumbaco por donde se planifica desplegar la red FTTH.
- Analizar y determinar el presupuesto requerido para el diseño e implementación de la red GPON (aquí se incluye los materiales, mano de obra, equipos, etc.)
- Configurar los distintos parámetros del router de borde y OLT para levantar el funcionamiento del ISP y aprovisionar los clientes.
- Diseñar la planta externa, redes de última milla y diagrama unifilar de la red GPON FTTH tomando en consideración la información obtenida del relevamiento utilizando distintas herramientas de diseño.
- Registrar el número de abonados nuevos y de aquellos que migran de tecnología a GPON FTTH.
- Medir la velocidad de la red, ancho de banda mediante pruebas de conectividad y desempeño, diagnosticar el estado de la conexión de fibra óptica utilizando un OTDR para asegurar la entrega de potencia requerida al equipo ONT desde la OLT.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### Espectro Radioeléctrico

Es un recurso natural limitado compuesto de ondas electromagnéticas por debajo de 3000 GHz el cual es de dominio público bajo la administración, regulación, control y gestión del gobierno del país; la Constitución de la República del Ecuador lo ha decretado como un sector estratégico por su importancia social y económica. Como medio de propagación sin ninguna guía artificial es utilizado para varios de los servicios de telecomunicaciones que impulsan el desarrollo del país (ARCOTEL, 2017).

El espectro radioeléctrico está dividido en 9 bandas de frecuencia desde los 3 kHz a los 3000 GHz como muestra la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Banda de frecuencias del Espectro radioeléctrico*

Número de la banda	Símbolos	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas
6	MF	300 a 3000 kHz	Ondas hectométricas
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas
9	UHF	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas
12		300 a 3000 GHz	Ondas decimilimétricas

## **Radioenlace**

Se trata de la comunicación dada por equipos de transmisión y recepción utilizando señales transmitidas en el aire como canal que contienen datos, audio y video; estas señales pueden enviarse individualmente o de forma simultánea según el diseño implementado por la arquitectura de red, que puede ser desde un solo punto hacia otro directamente; desde un punto a varios puntos o multipunto a multipunto (Castellanos, 2022).

### **Arquitectura de Radioenlace**

#### ***Enlace punto a punto***

Se denota como P2P y es la interconexión entre dos nodos con la capacidad de comunicarse en ambos sentidos gracias a la conmutación de circuitos que crea una línea fija para transmitir información. Como su nombre lo dice la transferencia de datos está dado entre dos estaciones para intercambiar información lo cual está definido como comunicación dúplex (Castellanos, 2022).

#### ***Enlace punto a multipunto***

Este tipo de arquitectura se encarga de la comunicación entre una estación hacia dos o más estaciones de modo que el transmisor necesita de tecnología de largo alcance como central que alcance el mayor rango de cobertura hacia los receptores. Un ejemplo de este tipo de transmisión son los sistemas de radio difusión AM y FM en donde se hace esta transmisión de la central hacia oyentes y televidentes.

La transmisión punto a multipunto a diferencia de la transmisión punto a punto, trabaja en una sola frecuencia y a un nivel de potencia alto ya que necesita cubrir un gran número de estaciones receptoras, que para disminuir costos de implementación se precisan de usar antenas de tamaños reducidos.

Sus puntos en contra son que su costo de instalación es alto, además de la alta dificultad de implementación y la confiabilidad de recepción de información menor comparado al uso de fibra óptica, por ejemplo (Castellanos, 2022).

### ***Enlace multipunto a multipunto***

Se diferencia de los dos tipos de arquitecturas anteriores por el tipo de comunicación dado con el enlace de forma simultánea entre los usuarios de forma individual. La central de conmutación es la encargada de crear rutas mediante las solicitudes de los usuarios conectados a las estaciones fijas, como pueden ser las redes LAN inalámbricas o los sistemas celulares (Castellanos, 2022).

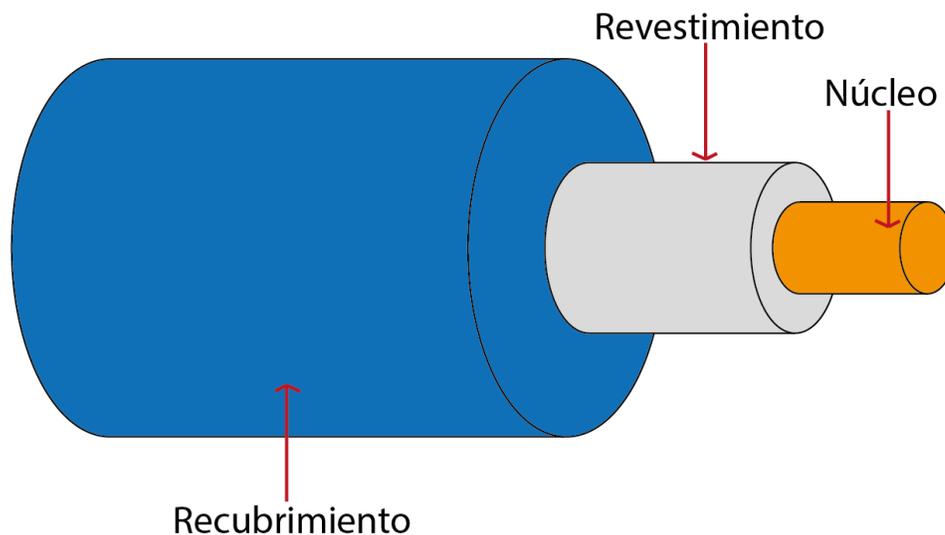
### **Fibra óptica**

La fibra óptica es un delgado filamento que generalmente es fabricado de plástico o vidrio que tiene como finalidad ser la guía o medio por el que atraviesa una o varias ondas de luz. El filamento de fibra óptica está compuesto por dos cilindros concéntricos el interno denominado core o núcleo y es por donde viaja la luz y el externo denominado cladding o revestimiento cuya función es no permitir que los haces de luz salgan del core. Adicionalmente este filamento está protegido por un polímero denominado coating o recubrimiento que permite manipular la fibra sin provocar una fractura de esta (CommScope, 2018).

El core como el cladding poseen un índice de refracción, que describe la velocidad con la que la onda de luz se desplaza por el medio, el índice de refracción del core  $n_1$  es mayor al índice de refracción del cladding  $n_2$ , lo que asegura que las ondas se propaguen con un efecto de rebote denominado reflexión interna y así alcance el otro extremo de la fibra óptica.

## Figura 1

### *Estructura de la Fibra Óptica*



### **Tipos de fibra y sus aplicaciones**

Existen dos tipos de fibra óptica y se elaboran bajo ciertas normas, reglamentos y procedimientos de fabricación de acuerdo con su utilidad final, y se clasifican por el modo de propagación de la onda de luz sobre estas, distancia a recorrer y capacidad de información que se requiere transmitir (Agrawal, 2010), estas son:

#### ***Fibra Monomodo***

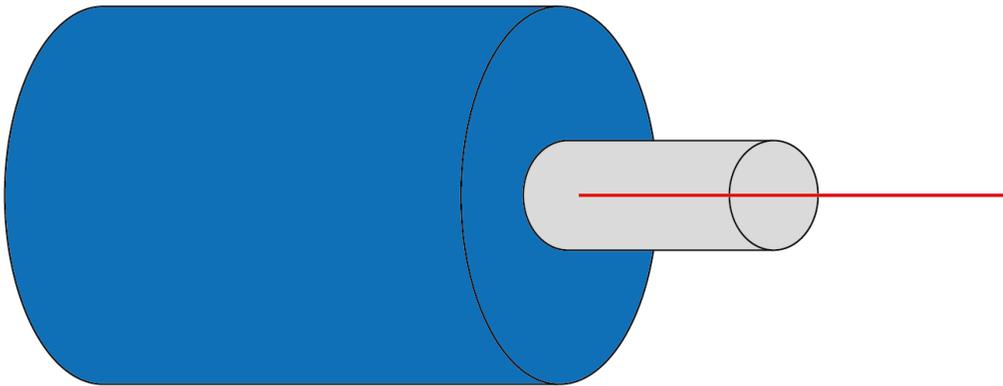
Las fibras monomodo "SMF" permiten transmitir una sola onda de luz sobre su core lo que permite llegar a mayores distancias y transmitir mayor capacidad de información, el diámetro del core es de 8,5 a 10  $\mu\text{m}$ . Su principal aplicación se da en redes troncales o de distribución de planta externa ODN acogiéndose a la recomendación ITU-T G652D (International Telecommunication Union, 2016) y en redes de última milla para conexión con el

cliente final por su alta tolerancia y robustez ante curvaturas con la recomendación ITU-T GG57 (International Telecommunication Union, 2016).

El costo de este tipo de fibra óptica es inferior respecto a multimodo, aunque su inversión en electrónica de fuente óptica es superior por la potencia para abarcar largas distancias.

## **Figura 2**

### *Fibra Monomodo*



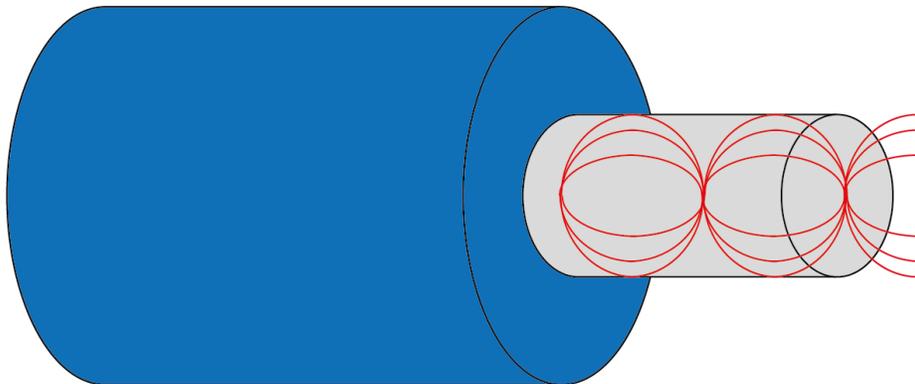
### ***Fibra Multimodo***

Las fibras multimodo “MMF” permiten transmitir diferentes ondas de luz sobre su core, está específicamente diseñada para distancias cortas de aproximadamente 2 Km y su capacidad es inversamente proporcional a la distancia, esto quiere decir a menor distancia mayor capacidad de información. El diámetro del core es superior con respecto a la fibra monomodo, aproximadamente 50 y 62,5  $\mu\text{m}$  (Liverio, 2017).

Su principal aplicación es en redes de almacenamiento de datos, circuitos cerrados de TV CCTV, transmisión de video y audio, redes LAN y Data Centers, el costo de implementación es superior con respecto a monomodo pero su costo en electrónica de fuente óptica inferior.

### Figura 3

*Fibra Multimodo*



### Redes PON

Una red PON denominada así por su descripción en inglés Passive Optical Network o red óptica pasiva, toma su nombre por estar conformada por elementos tales como cajas NAP, fibra óptica, empalmes, splitter o divisores ópticos que no requieren ningún tipo de alimentación de energía eléctrica. Este tipo de redes se puede implementar utilizando diferentes tecnologías, estándares y topología de la red de acceso al cliente final (Viavi, 2021).

## Redes FTTX

Las redes PON *passive optical network* se clasifican por la forma en la que el operador de la red llega hasta el cliente final, esta clasificación es muy amplia por lo que se generaliza bajo las siglas FTTX (Farmer & Otros, 2017).

En cada uno de estos tipos de red se aprecia que la fibra llega hasta un punto final distinto e incluso el medio de transmisión puede cambiar, estas variaciones son:

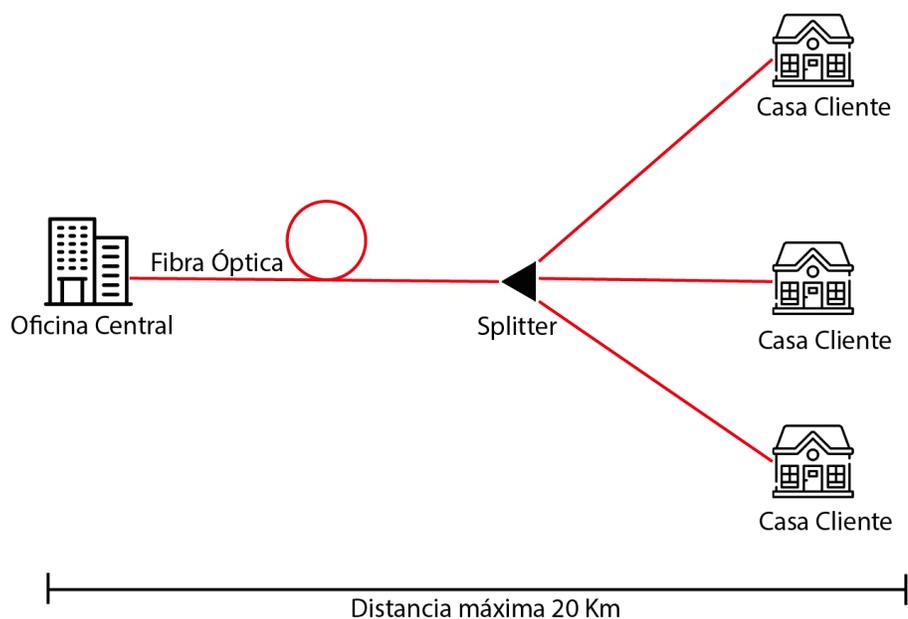
### Red FTTH

*Fiber to the Home* o *Fibra hasta el Hogar* es básicamente una red de acceso de banda ancha que consta de tres elementos; una OLT Optical Line Terminal, Splitters Ópticos y la ONT *Optical Network Terminal*, que se interconectan entre sí por medio de fibra SMF para abarcar distancias de hasta 20 KM permitidos por el estándar GPON *Gigabit Passive Optical Network*.

En este tipo de red se puede implementar más de un splitter óptico con la finalidad de distribuir la red a diferentes localidades aumentando la cobertura, pero se debe considerar el presupuesto óptico ya que la potencia disminuye con cada nivel de spliteo.

### Figura 4

*Estructura de una red FTTH*



**Red FTTB**

*Fiber to the Building* o *Fibra hasta el Edificio* es una red de acceso que llega hacia un cuarto de comunicación dentro de un edificio en donde se realiza la conversión óptica a eléctrica y se distribuye a las diferentes áreas usando un medio diferente a la fibra óptica como lo es el cable UTP.

**Red FTTA**

*Fiber to the Antena* o *Fibra hasta la Antena* es una red donde la fibra óptica termina en la parte superior de la torre en donde se conecta a radios remotas con el fin de cambiar el medio de transmisión de fibra a aire, generalmente esta aplicación es cuando el operador quiere llegar a zonas que geográficamente tienen dificultad por el tendido de fibra, no es una zona de mucho interés por tener pocos abonados o simplemente porque el coste de un radioenlace es más accesible.

**Red FTTC**

*Fiber to the Cabinet* o *Fibra hasta el Armario* es una red en donde el destino final de la fibra es un armario ubicado a una distancia no superior a 300 metros de la zona, empresa o edificio donde se encuentra el cliente final, en este armario se hace la conversión óptica a eléctrica y a partir de allí el medio de transmisión es de cobre.

**Red FTTN**

*Fiber to the Node* o *Fibra hasta el Nudo*, esta red es muy similar a la red FTTC con la diferencia que este nodo se encuentra ubicado a una distancia superior a los 300 metros, también se realiza una conversión óptica a eléctrica y a partir de ese punto se despliega una red HFC hasta el cliente. El principal objetivo de esta red es cubrir una zona con clientes dispersos en ella, como por ejemplo un barrio o urbanización.

**Red FTTD**

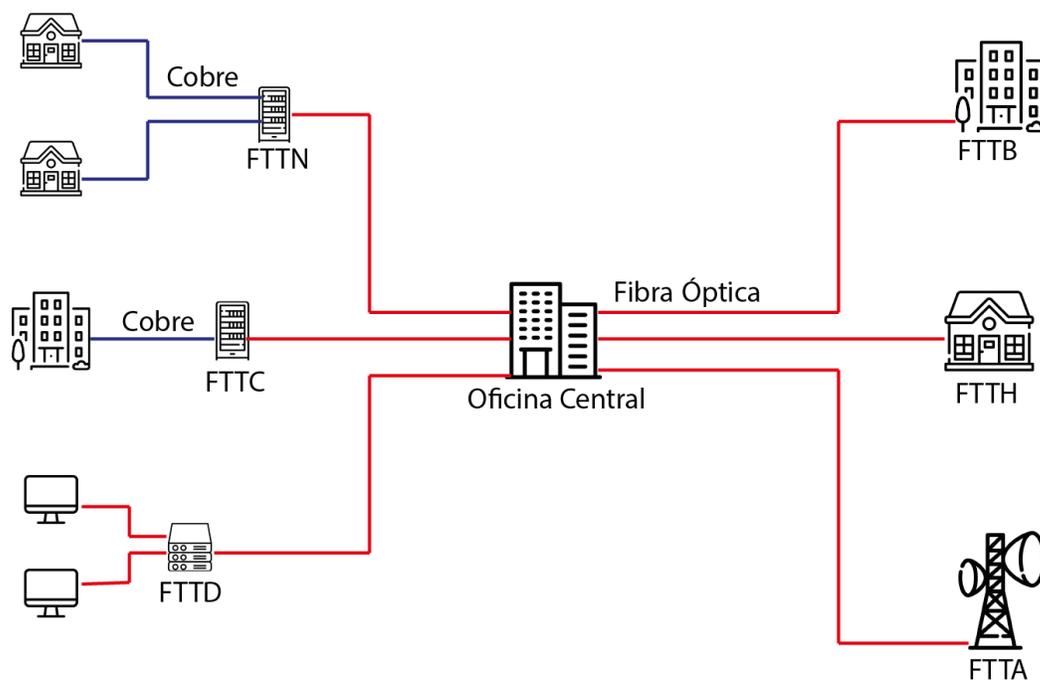
*Fiber to the Desktop* o *Fibra hasta el Escritorio*, es una red que no se encuentra muy posicionada pero su principal intención es llegar directamente al dispositivo final del cliente

sustituyendo al cable UTP y abriendo paso al desarrollo de la tecnología POL *Passive Optical LAN*.

Las diferentes aplicaciones y variaciones del FTTX se aprecia en el siguiente gráfico.

**Figura 5**

*Aplicaciones de redes FTTX*

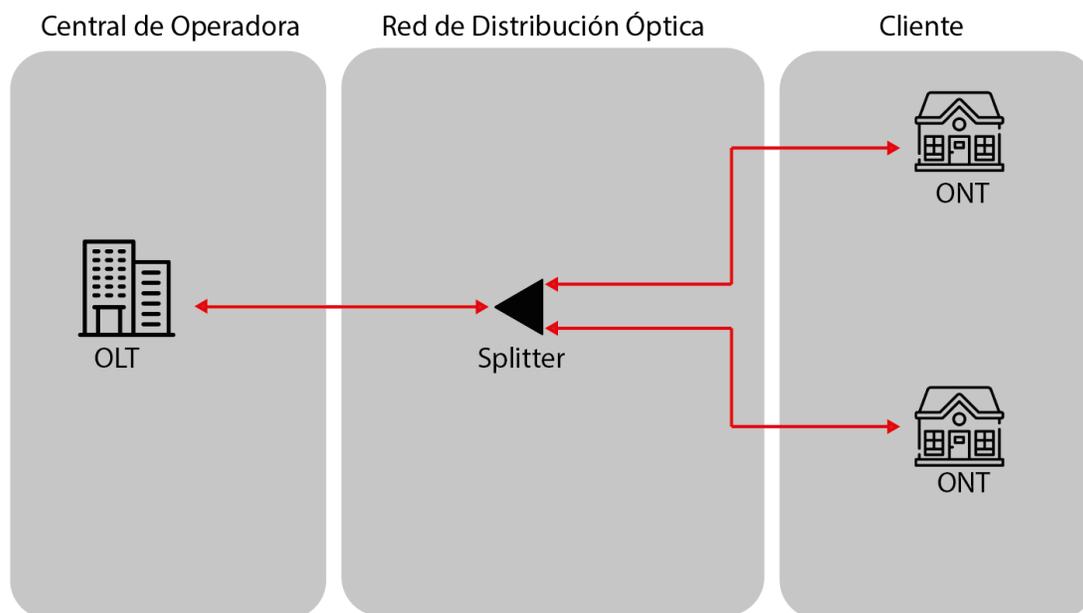


### Arquitectura de la red PON FTTH

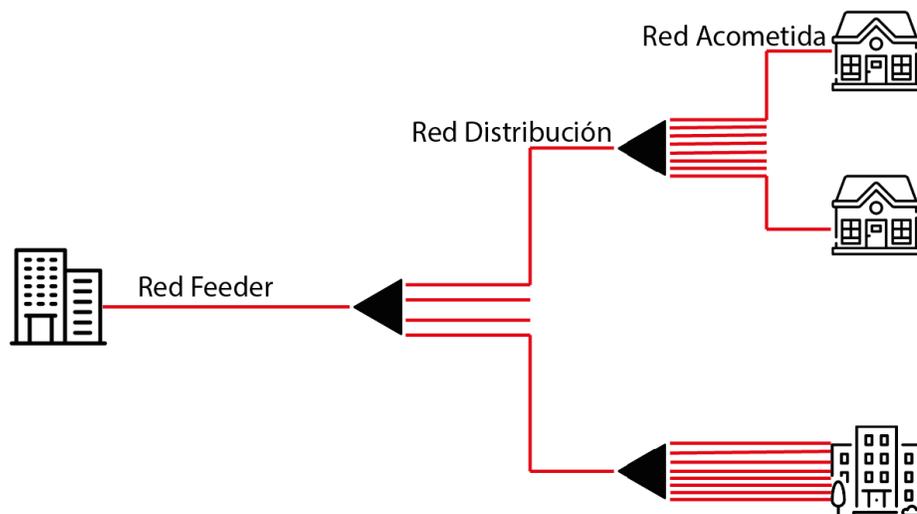
Se encuentra compuesta por tres elementos como se había mencionado previamente al tratar la red FTTH; estos elementos son la oficina central o lugar de operaciones, la red de distribución óptica ODN y el cliente final (González & Becerra, 2016).

**Figura 6**

*Arquitectura de una red FTTH*



Dentro de esta arquitectura existen subelementos que la conforman, en la oficina central se encuentra la OLT desde donde se despliega la red feeder que es la ramificación principal hasta el splitter de primer nivel donde al dividirse se crean ramificaciones secundarias denominadas red de distribución que llegan hasta un splitter secundario ubicado en el interior de una caja NAP *Network Access Point*, a partir de este punto empieza la red de acometida en donde el tipo de fibra utilizado es fibra Drop y llega hasta la ONT ubicada en la casa del cliente final (González & Becerra, 2016).

**Figura 7***Estructura de red ODN*

## Tecnologías PON

Dentro de las redes pasivas se han desarrollado distintas tecnologías, sin embargo, dentro de este estudio abarcaremos las dos más utilizadas a nivel de nuestra región, estas son EPON y GPON sin negar la realidad que en los grandes operadores corporativos con mayor despliegue a nivel nacional ya se está implementando XGPON y en países de primer mundo incluso 25GPON (Conectónica, 2019).

### EPON

*Ethernet Passive Optical Network*, es una red que asegura la compatibilidad con dispositivos ethernet, se alinea al estándar IEEE 802.3 ah. No necesita ningún tipo de encapsulación o protocolos de conversión de datos, además las velocidades manejadas son de 1,25 Gbps tanto para downstream y upstream es decir son simétricas, abracan distancias de

entre 20 a 40 km utilizando las longitudes de 1490 nm para downstream, 1310 nm upstream y 1550 nm para video RF.

### **GPON**

*Gigabit Passive Optical Network*, o red de capacidad gigabit por sus capacidades de transmisión de 2,5 Gbps para downstream y 1,25 Gbps para upstream. Se apega al estándar desarrollado por la ITU-T G.984. Requiere una amplia cantidad de protocolos IP para el procesamiento de voz, video y datos conocido generalmente como servicio triple play.

Toda esta información es encapsulada en tramas denominadas *Gpon Encapsulation Method* y viajan distancias de hasta 60 km lógicos dependiendo el diseño de la red. Las longitudes de onda utilizadas son las mismas que en la tecnología EPON; 1490 nm, 1310 nm y 1550 nm (García, 2012).

**Tabla 2**

*Comparación de tecnologías EPON vs GPON*

<b>Tecnología</b>	<b>EPON</b>	<b>GPON</b>
<b>Estándar</b>	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984
<b>Capacidad Downstream</b>	1,25 Gbps	2,5 Gbps
<b>Capacidad Upstream</b>	1,25 Gbps	1,25 Gbps
<b>Máximo nivel de spliteo por puerto PON</b>	1x128	1x128
<b>Distancia máxima</b>	20 km	20 km, hasta 60 km lógicos
<b>Modelo de red</b>	L2	L2 / L3
<b>Longitudes de onda</b>	1310 nm / 1490 nm / 1550 nm	1310 nm / 1490 nm / 1550 nm

## Capítulo III

### Desarrollo e Implementación

#### Metodología

Para cumplir con el desarrollo de este proyecto de titulación de forma acertada en conjunto con los objetivos propuestos, se plantea el uso de una metodología de investigación mixta; experimental y teórico cuantitativa.

La metodología experimental abarca la puesta en práctica de los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria para realizar la migración de tecnología de radioenlace a tecnología GPON FTTH mediante un relevamiento urbano de la parroquia de Tumbaco en donde se va a desplegar inicialmente la red. Para un desarrollo completo y óptimo del proyecto, se realizará un diseño sobre el tendido de planta externa donde se evaluará la cantidad de materiales que se requiere, apegándonos al presupuesto otorgado por la empresa ONFIBER.

El diseño también incluye el equipamiento activo como son un Router de Borde y OLT que sean capaces de gestionar la red como los usuarios suscriptores que se pretende conseguir dentro de la parroquia, se considerará un margen de escalabilidad para crecimiento a futuro sin sobredimensionar la solución. Habiendo sido aprobado el diseño se procederá a implementar el proyecto con el levantamiento de Headend o cabecera y el tendido de planta externa donde se contará con un equipo de cuadrillas para el despliegue de la red, durante este proceso se realizarán procesos rigurosos de medición de niveles de potencia para controlar las atenuaciones que se van a ir presentando por la calidad de la fibra óptica, así como por el uso de conectores y fusiones hasta la conexión de última milla utilizando un OTDR (Optical time Domain Reflectometer) dispositivo que se utiliza para caracterizar y diagnosticar una red GPON FTTH de tal forma que se entregue la potencia de recepción adecuada en el equipo ONT del cliente final, esta potencia de recepción varía de acuerdo al fabricante y por lo general se encuentran en rango de -10 dBm a -27dbm. Se configurarán equipos ONT dentro de los

domicilios de los suscriptores registrando el Perfil WAN para conseguir el aprovisionamiento desde la OLT utilizando asignación de IP estática, dinámica o PPPoE y así el cliente pueda tener acceso al servicio de Internet otorgado por el proveedor.

La metodología teórica cuantitativa permite recopilar información para realizar una comparación entre las dos tecnologías, analizando parámetros técnicos como qué tecnología ofrece un mayor ancho de banda al suscriptor final, se determinará si el medio guiado es más costo-eficiente que el medio no guiado. Para las pruebas de implementación se utilizará un diagnóstico de conectividad y desempeño, se ejecutarán pruebas de conectividad utilizando el protocolo ICMP (Internet Control Message Protocol) con el fin de cuantificar las pérdidas de paquetes, delay y latencias, usando herramientas como ping o traceroute para comprobar la accesibilidad de red, así como pruebas de desempeño donde se monitoreará la red con el software PRTG NETWORK MONITOR designado por el proveedor por un periodo prolongado de tiempo para certificar que la red está construida y lista para ofrecer un servicio de calidad, este software permite probar y medir la velocidad de red, también ofrece un sistema de alertas cuando el ancho de banda es demasiado bajo, utiliza protocolos como SNMP (Simple Network Management Protocol) para gestión de la red a nivel de la capa de aplicación intercambiando información entre el administrador y cualquier dispositivo dentro de la red, NetFlow y detección de paquetes.

### **Fases de la Metodología**

- Registrar la red de radioenlace, equipos y cobertura mediante una visita de campo a las instalaciones de la empresa.
- Levantar la información de los distintos sectores de la parroquia de Tumbaco por donde se planifica desplegar la red FTTH.
- Definir las rutas por donde se desplegará la red FTTH usando Google Earth.
- Analizar y elegir los materiales adecuados para la implementación del proyecto.

- Analizar y determinar el presupuesto requerido para el diseño e implementación de la red GPON (aquí se incluye los materiales, mano de obra, equipos, etc.) entregado a la empresa ONFIBER para que sea la encargada de entregar dichos materiales.
- Configurar los distintos parámetros del router de borde y OLT para levantar el funcionamiento del ISP y aprovisionar los clientes.
- Diseñar la planta externa, redes de última milla y diagrama unifilar de la red GPON FTTH tomando en consideración la información obtenida del relevamiento utilizando distintas herramientas de diseño.
- Registrar el número de abonados nuevos y de aquellos que migran de tecnología a GPON FTTH.
- Medir la velocidad de la red, ancho de banda mediante pruebas de conectividad y desempeño, diagnosticar el estado de la conexión de fibra óptica utilizando un OTDR para asegurar la entrega de potencia requerida al equipo ONT desde la OLT.

### **Arquitectura de red con tecnología de Radioenlace de la empresa ONFIBER**

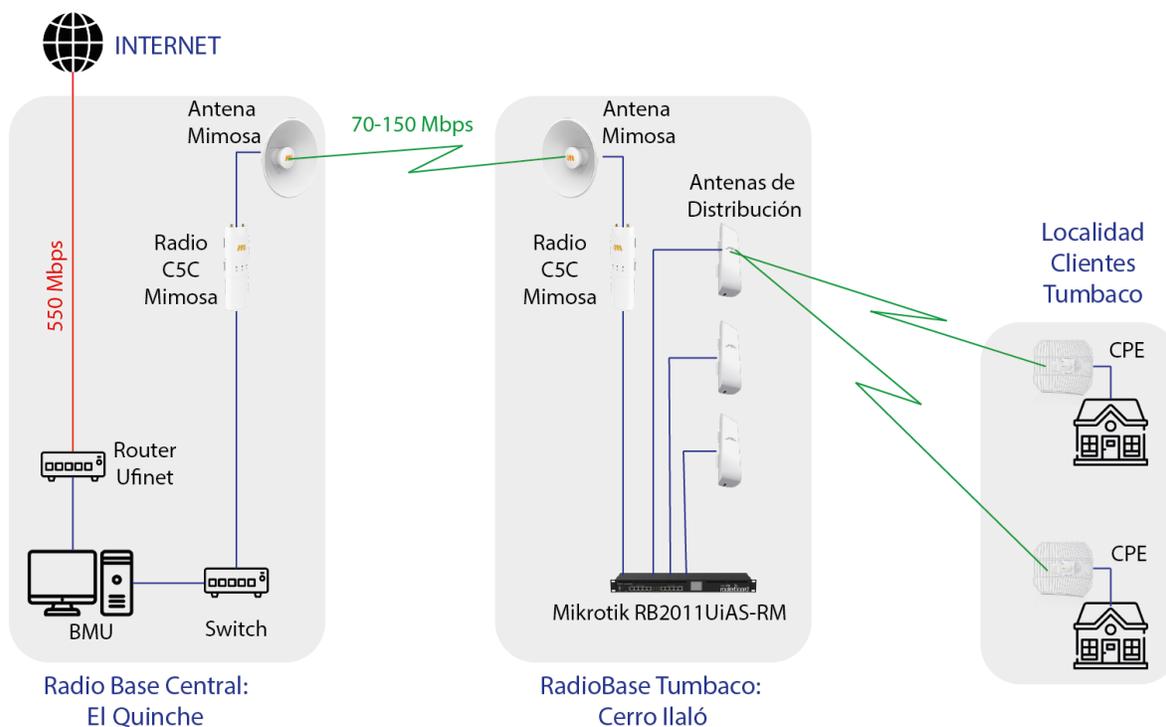
La empresa ONFIBER previo a la migración de tecnología opera utilizando radioenlaces para ofrecer el servicio de internet a los usuarios finales ubicados en la parroquia de Tumbaco, para lo cual, el proveedor Ufinet entrega un servicio de 550 Mbps en una Radio Base Central ubicada en el Quinche (-0.11011133445256285,-78.29295817222902) desde donde mediante un enlace troncal llega hasta la Radio Base de Tumbaco (-0.23695239110370672,-78.40499404278108) un aproximado de 70 a 150 Mbps.

La ubicación de las Radio Bases se aprecia en la siguiente imagen.



**Figura 9**

*Arquitectura General de Radioenlace de la empresa ONFIBER*



### **Radio base Central: El Quinche**

Como se mencionó previamente en la etapa de Radio Base Central la empresa ONFIBER se encarga de recibir el servicio del proveedor Ufinet con una capacidad de 550 Mbps sobre un equipo router de borde que a su vez dirige el tráfico a un equipo BMU donde se maneja toda la gestión de distribución de este tráfico a diferentes localidades, Tumbaco es una de ellas.

**Figura 10**

*Distribución desde Radio Base Central El Quinche a diferentes localidades utilizando un equipo switch*



En la imagen a continuación se puede apreciar la torre de la Radio Base Central en donde se encuentra la antena que levanta el enlace hacia el cerro Ilaló en la parroquia de Tumbaco, esta torre consta de 7 módulos, cada módulo tiene una altura de 3 metros y la antena se encuentra al finalizar el primer módulo.

**Figura 11**

*Torre de Base Central El Quinche*

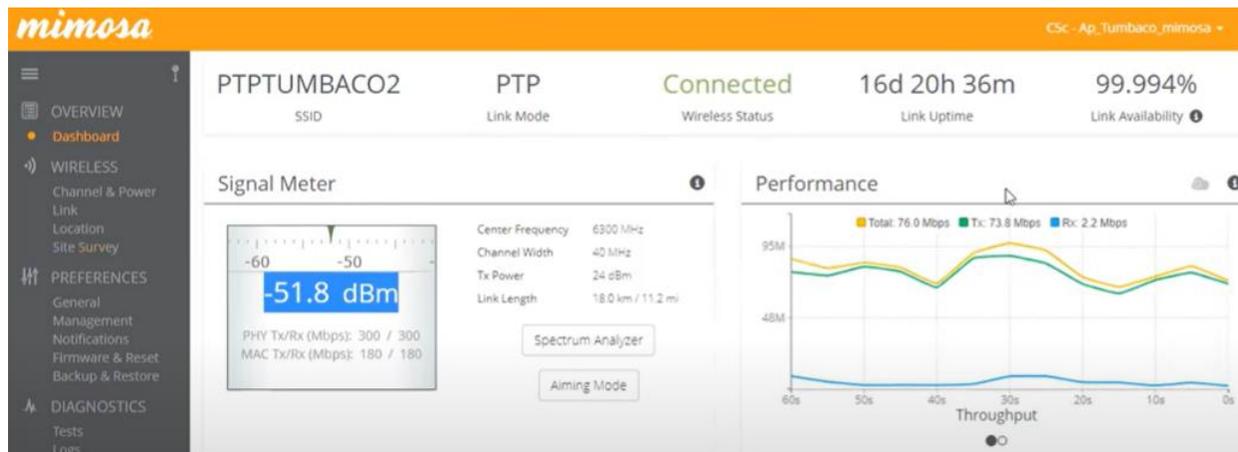


## Enlace Backhaul

El enlace Backhaul es un enlace PTP de 18 Km utilizando antenas de la marca Mimosa con Radios modelo C5C configurados para operar con un ancho de canal de 40 Mhz con una frecuencia de 6300 MHz por ser la frecuencia que posee menor saturación en el espectro radioeléctrico, las configuraciones y gestión realizadas tanto en la Radio Base Central como en la Radio Base de Tumbaco se realizan mediante un Dashboard propietario de Mimosa que se muestra a continuación.

### Figura 12

*Dashboard de Radio C5C para antena CPE ubicada en la parroquia de Tumbaco*



### Radio Base Tumbaco: Cerro Ilaló

Mientras que en la Radio Base Tumbaco se ubica en el cerro Ilaló y recibe una capacidad de entre 70 a 150 Mbps que es el tráfico que se maneja en esta zona. El equipo principal es un router Mikrotik RB2011UiAS-RM que se va a encargar de gestionar los clientes de esta parroquia, así como de ciertas funcionalidades que se detallarán más adelante. Los puertos de este router están configurados en modo bridge para llegar hacia las antenas de distribución o AP's en donde comienza la siguiente etapa.

**Figura 13***Torre de Radio Base Ilaló****Enlaces PTMP***

Esta etapa se levanta desde las antenas de distribución con enlaces punto a multi puntos AP hacia las antenas CPE o equipo local del cliente, tanto las antenas de distribución como las CPE son de la marca Ubiquiti y diferentes modelos. Estos enlaces poseen anchos de canal de entre 10 a 20 MHz aproximadamente y operan en frecuencias cercanas a los 5900 MHz, estos dos parámetros van a depender de la saturación del espectro radioeléctrico, plan contratado y características del equipamiento.

***Localidad clientes Tumbaco***

En la localidad del cliente es donde termina la arquitectura de red de radioenlace ya que se recibe el servicio en las antenas CPE y se ingresa al domicilio utilizando cable UTP como bajada de antena hacia un equipo router de marca DLINK DIR-615 cuya principal funcionalidad

es proveer el servicio vía inalámbrica Wifi o cableada hacia los dispositivos del cliente desde los puertos LAN.

### Equipamiento de red con tecnología de Radioenlace

#### ***BMU***

Sus siglas significan Bandwidth Manager Unit o Unidad de Gestión de Ancho de Banda y funciona como un router de borde para el ISP, que utiliza un software de la plataforma Wispro sobre un servidor que en este caso es un ordenador cuyas características se detallan más adelante.

**Tabla 3**

*Características Ordenador BMU*

<b>Tipo de Equipamiento</b>	<b>Sistema Operativo</b>	<b>Procesador</b>	<b>Memoria RAM</b>
Ordenador	Linux	Core i7 de 4ta	8 GB
PowerEdge T130		Generación	

Este BMU se vincula y sincroniza con la nube desde donde se administra los contratos de clientes, planes, facturación, corte y activación de servicios (Wispro, 2022). Entre otras funcionalidades que este BMU permite tenemos:

- Balance de cargas
- QoS
- Gráficas de consumo
- Servidores VPN
- Pruebas de conectividad y velocidad hacia los CPE
- DHCP

- PPPoE

### Figura 14

Ordenador DELL para BMU



### Radio Mimosa C5C

Este es un equipo de Radio que se encarga de inyectar la potencia a una antena, es utilizado específicamente para enlaces de largo alcance PTP aunque también tiene aplicaciones en enlaces PTMP. Su versatilidad es una de sus mayores ventajas ya que se puede acoplar con distintos modelos de antenas (Mimosa by airspan, 2023).

Tabla 4

## Características primordiales de Radio C5C

Equip	Radio y Performance				Físicas		
o	Rendimien to Máx.	MIMO y Modulaci ón	Banda Ancha	Rango Frecuenci as	Potenc ia Salida	Alimentaci ón	Protecci ón
Radio C5C	PTP/PTMP : 700Mbps	2x2:2 MIMO OFDM a 256QAM	Canale s de 20/40/8 0 MHz	4900-6400 MHz	27 dBm	PoE 48-56V	IP55

**Router Mikrotik RB2011UiAS-RM**

Este Router lowcost fue diseñado para uso de interiores y se ubica en la Radio Base Cerro Ilaló desde donde se gestionarán a todos los clientes de la parroquia de Tumbaco, está encargado de distintas funcionalidades como el nateo de direcciones privadas asignadas a los clientes hacia una pública asignada a este router para tener salida hacia el BMU.

Figura 15

Mikrotik RB2011UiAS-RM



Sus puertos se encuentran configurados en modo bridge para desde allí salir a las distintas antenas de distribución o AP's, sus características principales se detallan a continuación.

**Tabla 5**

*Características principales Router RB2011UiAS-RM*

<b>Equipo</b>	<b>CPU</b>	<b>CPU</b>	<b>Licencia</b>	<b>RAM</b>	<b>Puertos</b>	<b>PoE</b>
		<b>Frecuencia</b>				
RB2011UiAS-RM	AR9344	600 MHz	Nivel 5	128	5xEthernet	Puerto
				MB	5xGigabit	10
					Ethernet	

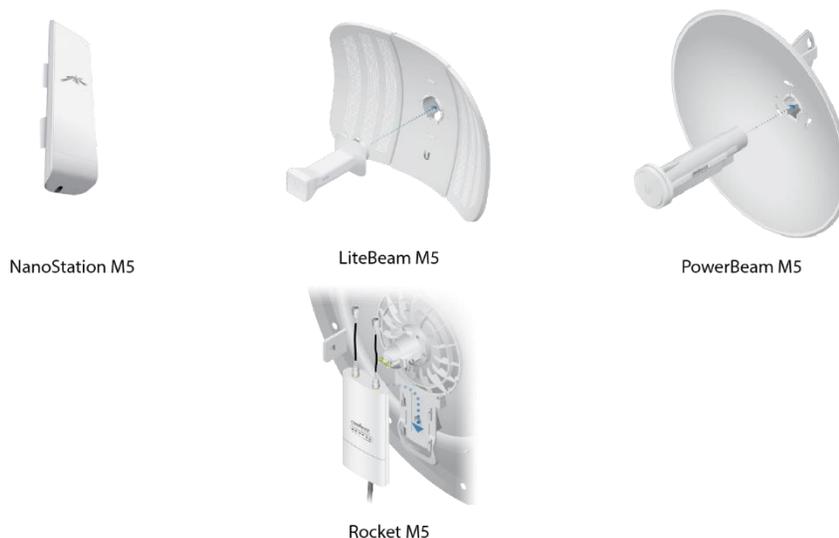
Además, posee la capacidad de manejar enrutamientos dinámicos, firewall, MPLS, VPN, QoS avanzada, balance de cargas y monitoreo en tiempo real mediante gráficas (MIKROTIK, 2023).

#### ***Antenas de Distribución AP's Ubiquiti***

Las antenas de distribución se ubican en la Radio Base del Cerro Ilaló, éstas son de la marca Ubiquiti, radian en forma sectorial para tener enlaces de tipo PTMP, de tal forma que puedan abarcar la mayor parte de la parroquia de Tumbaco y así levantar la conectividad hacia antenas CPE, en ciertos casos también se levantan enlaces PTP.

**Figura 16**

*Distintas antenas y radios utilizados para la distribución en la parroquia de Tumbaco*



Se utilizan distintos modelos ya que varían en sus características, unas necesitan un mayor ángulo de cobertura o simplemente el tráfico a manejar, distancia de enlace y la potencia deben ser mayores, por lo que se representan estos modelos en la siguiente tabla (Ubiquiti, 2023).

**Tabla 6**

*Características de Antenas de Distribución AP's*

<b>Tipo de Antena</b>	<b>Frecuencia Operación</b>	<b>Ganancia</b>	<b>Interfaces de red</b>	<b>Alimentación</b>	<b>Procesador</b>
NanoStation M5	5170-5875 MHz	14,6-16,1 dBi	(2) 10/100 Mbps	PoE 24 V y 0,5 A	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz
LiteBeam M5	5150-5875 MHz	23 dBi	(1) 10/100 Mbps	PoE 24 V y 0,2 A	MIPS 74K

Tipo de Antena	Frecuencia Operación	Ganancia	Interfaces de red	Alimentación	Procesador
Rocket M5	5150-5875 MHz	Depende del plato conectado a este radio.	(1) 10/100 Mbps	PoE 24 V y 1 A	MIPS 74Kc
PowerBeam M5 400	5150-5875 MHz	25 dBi	(1) 10/100/1000 Mbps	PoE 24 V y 0,5 A	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz

### ***Antena CPE Ubiquiti Airgrid M5HP***

Antena designada para funcionar como CPE, es la antena que se encarga de recibir la señal desde las antenas de distribución, posee polarización horizontal como vertical y tiene alcance de hasta 30 Km y soporta tasas de +100 Mbps.

### **Figura 17**

*Antena CPE AirGrid M5HP*



Las características principales de esta antena son:

Tabla 7

*Características principales de Antena CPE AirGrid M5HP*

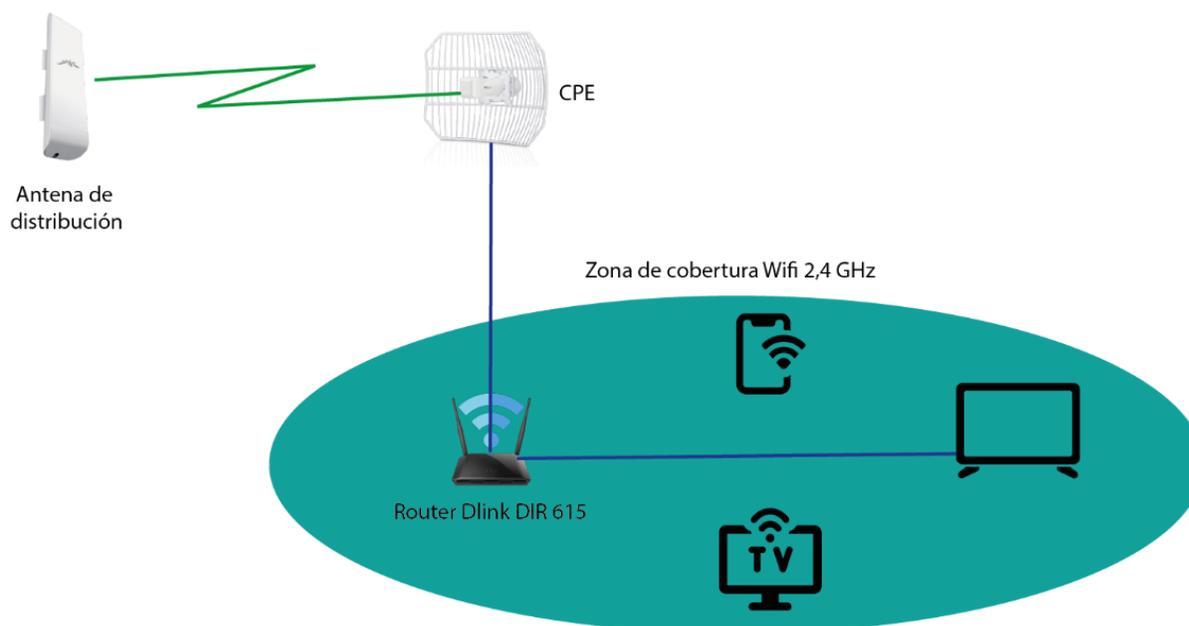
Tipo de Antena	Frecuencia Operación	Ganancia	Interfaces de red	Alimentación	Procesador
AirGrid M5 HP	5725-5850 MHz	23/27 dBi	(1) 10/100 Mbps	PoE 24 V y 0,5 A	Atheros MIPS 74Kc, 560 MHz

### **Router DLINK DIR-615**

Dispositivo con el que finaliza la arquitectura entregando el servicio al cliente, tiene conexión directa con la antena CPE mediante un cable UTP que se conecta a la WAN del dispositivo, el cliente final tiene dos formas de acceder al servicio a partir de este router home.

Figura 18

*Representación de arquitectura de red en casa del cliente*



La primera es de forma inalámbrica en la banda de 2,4 GHz utilizando la funcionalidad Wifi, mientras que la segunda es de forma cableada por los puertos LAN, esta opción es recomendable para conexión hacia dispositivos de alta demanda como pueden ser televisores inteligentes o computadores (D-LINK, 2023).

**Tabla 8**

*Características principales de router home Dlink DIR615*

<b>Equipo</b>	<b>Estándar</b>	<b>Tasa de transmisión inalámbrica</b>	<b>Modo de operación</b>	<b>Puertos</b>	<b>Cobertura</b>	<b>Antenas</b>
Router	802.11	300 Mbps	Router	1 WAN	100 mtrs	2 x 5 dBi
Dlink DIR 615	b/g/n	teóricos	Access Point Repetidor	10/100 Mbps 4 LAN 10/100 Mbps	cuadrados	

### **Planes de Internet con tecnología de Radioenlace**

ONFIBER oferta distintos planes a sus clientes que poseen conectividad vía radioenlace, sus capacidades son relativamente bajas y sus precios elevados en comparación a la oferta del servicio de Internet mediante fibra óptica que poseen otros proveedores.

Los planes ofertados son:

**Tabla 9**

*Planes de Internet vía Radioenlace ofertados por ONFIBER*

<b>Tipo de Plan</b>	<b>Capacidad Upstream</b>	<b>Capacidad Downstream</b>	<b>Compartición</b>	<b>Precio</b>
Plan Home 1	7 Mbps	7 Mbps	4:1	\$20
Plan Home 2	7,5 Mbps	7,5 Mbps	4:1	\$22,50
Plan Home 3	8 Mbps	8 Mbps	4:1	\$25
Plan Home 4	10 Mbps	10 Mbps	4:1	\$30
Plan Pymes	9 Mbps	9 Mbps	2:1	\$45

### **Principales inconvenientes presentados en el servicio de internet con red de radioenlace**

La revisión de la red de radio enlace mediante la visita de campo permite el estudio de la infraestructura utilizada por la empresa ONFIBER – Online.ec del cual se extrajeron las siguientes observaciones:

Los cambios de clima y larga distancia entre el AP y el cliente, son causa de inconvenientes constantes en la calidad del servicio e intensidad de la señal.

El terreno en el cual se ha desplegado la red de radio enlace presenta una geografía irregular en algunos sectores de la parroquia de Tumbaco, imposibilitando la línea de vista entre transmisor y receptor, haciendo que exista una degradación del servicio.

Los nuevos abonados suscritos al servicio de Internet tras la pandemia incrementan la demanda de consumo de ancho de banda haciendo que los equipos instalados sean altamente exigidos.

### **Propuesta de solución al servicio de internet con red de radioenlace existente**

El análisis de los problemas detectados en la red permite proponer soluciones para mejorar el servicio que ofrece la empresa ONFIBER – Online.ec como lo son:

Mantener bajo control oportuno los cortes de servicio, degradación e interferencias de la señal usando equipos que se adecuen a las exigencias de calidad y al medio por el cual se efectúa la comunicación.

Considerar la implementación de una nueva tecnología que cuente con las características de escalabilidad y eficiencia superior a la red de radio enlace, aumentando la posibilidad de cubrir mayores áreas de la parroquia de Tumbaco haciendo frente a la creciente competitividad de las empresas que ofrecen el servicio de Internet del sector.

Proponer a los abonados el acceso a mayores anchos de banda, mejor conectividad y calidad de servicio con la migración de tecnología de radio enlace de la cual se encarga la empresa, con el objetivo de cubrir las exigencias del mercado.

### **Diseño de Red FTTH**

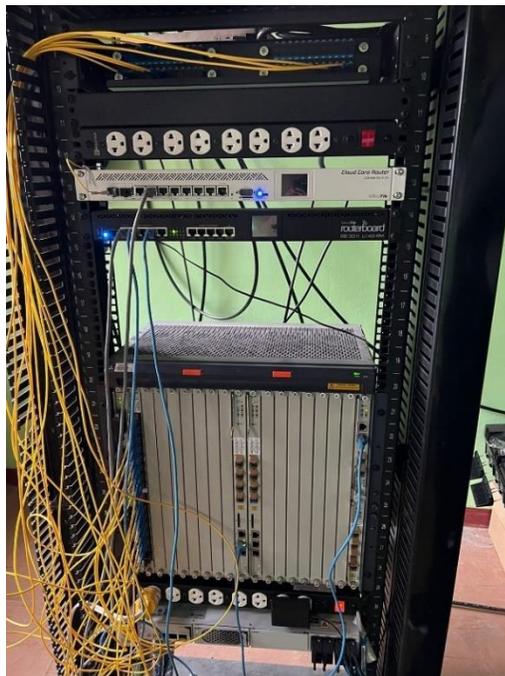
El diseño de la red FTTH como solución para ofertar un servicio de Internet más eficiente en a los clientes de la parroquia de Tumbaco, así como para incrementar nuevos potenciales clientes consta de dos partes; la Planta Interna y la Planta Externa.

#### ***Diseño de Planta Interna***

La planta interna se encuentra ubicada en la Oficina Central y es en donde se encuentra todo el equipamiento activo cuya funcionalidad es gestionar la red, así como a sus clientes, la oficina Central de la empresa ONFIBER se encuentra ubicada en la parroquia de Tumbaco, Av. Oswaldo Guayasamín 422 comprendiendo las siguientes coordenadas geográficas -0.203823, -78.376888. El rack que contiene los equipos muestra la siguiente distribución:

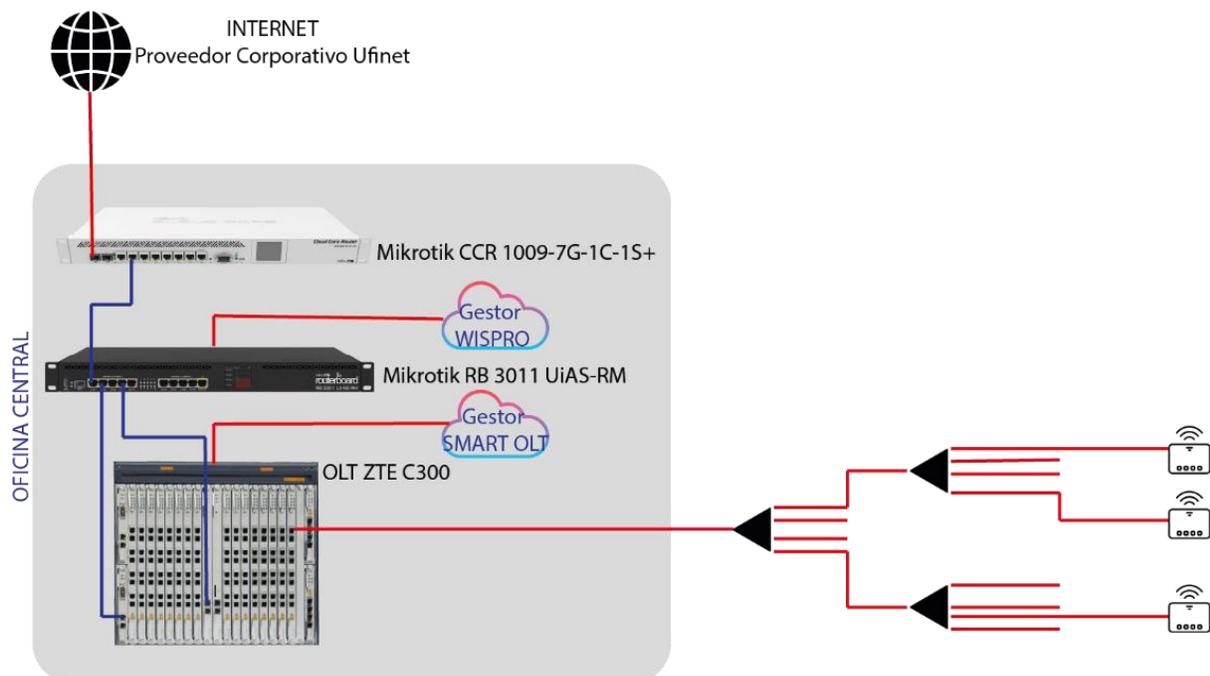
**Figura 19**

*Distribución de equipos en Rack de Oficina Central*



**Figura 20**

*Diseño de Planta Interna de Empresa ONFIBER*



En la figura se aprecia el equipamiento activo que utiliza la empresa ONFIBER para operar desde la Oficina Central de Tumbaco, cada equipamiento integrado en esta arquitectura de red tiene ciertas características específicas y funcionalidades que se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 10**

*Características técnicas de equipamiento activo de Planta Interna*

<b>Equipo</b>	<b>Característica</b>	<b>Especificación</b>	<b>Funcionalidad</b>
<b>Mikrotik CCR 1009-7G-1C-1S+</b>	CPU	TLR4-00980 a 1,2 GHz	Equipo de
	Licencias	RouterOS nivel 6	recepción del
	Sistema Operativo	RouterOS	proveedor
	RAM	2 GB	UFINET
	Temperatura de funcionamiento	-20°C a 60 °C	
	Puertos	1 POE Input Voltage 7 Giga Ethernet 1 combo 1 SFP +	
	Tráfico permitido	18 Gbps	
<b>Mikrotik RB 3011 UIAS-RM</b>	CPU	IPQ-8064 a 1,4 GHz	Router de borde
	Licencias	RouterOS nivel 5	BGP
	Sistema Operativo	RouterOS	NAT
	RAM	1GB	Firewall
	Temperatura de funcionamiento	-20°C a 70 °C	PPPoE DHCP

<b>Equipo</b>	<b>Característica</b>	<b>Especificación</b>	<b>Funcionalidad</b>
<b>Mikrotik RB 3011</b>	Puertos	1 POE Input Voltage /	Router de borde
<b>UiAS-RM</b>		Output Voltage	BGP
		9 Giga Ethernet	NAT
		1 SFP	Firewall
		1 USB	PPPoE
			DHCP
<b>OLT ZTE C300</b>	Configuración de chasis	16 tarjetas de línea 2 tarjetas de control 2 tarjetas de alimentación	Terminal de Línea óptica Distribución de red óptica pasiva
	Densidad de tarjeta de línea	2 tarjetas de Uplink e interfaces de cascada	
	Transceptores	GPON: 8/16 puertos por tarjeta Clase B+ Clase C+	
	Alcance de laser óptico	20 km	
	Capacidades L2/L3	4 K Vlans DHCP Server/Relay/ OSPF /RIP /BGP Multicast-IPTV QoS	
	Temperatura de funcionamiento	-25°C a 55°C	

Los equipos mencionados poseen una configuración específica de acuerdo con sus funcionalidades. Estas configuraciones se realizan mediante un software de gestión alojado en la nube que permite una administración más fácil de la red como de los suscriptores.

### **Configuración Mikrotik CCR 1009-7G-1C-1S+**

Este equipo es propiedad del proveedor Ufinet y no posee configuraciones por parte del ISP ONFIBER, su funcionalidad es ser el medio por el que se entrega el ancho de banda contratado. Este equipo posee la IP 177.234.213.126 que es la IP a la que apuntará el router de borde del ISP.

**Figura 21**

*Dirección IP Gateway del Proveedor*

	Dst. Address	Gateway	Distance	Routing Mark	Pref. Source
AS	0.0.0.0/0	177.234.213.126 reachable ether1	1		
DAC	172.0.1.10/0.0.0.0 - 255.255.255.255	USANA2> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.16.1.1	<pppoe-trujillo> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.16.3.6	<pppoe-ANAESCOBAR> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.0/21	bridge1 reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.5	<pppoe-GOKU2> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.6	<pppoe-WILSONONCE> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.7	<pppoe-FIOREPUEMBO> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.8	<pppoe-aguirreruth> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.9	<pppoe-LUCIAGONZALES> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.10	<pppoe-gomezbrinan> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.11	<pppoe-YASIGCARMITA> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.12	<pppoe-RAMIREZMARIUXI> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.13	<pppoe-franciscoarmijos> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.14	<pppoe-CARBOCARBO> reachable	0		172.17.0.1
DAC	172.17.0.15	<pppoe-lilianachavez> reachable	0		172.17.0.1

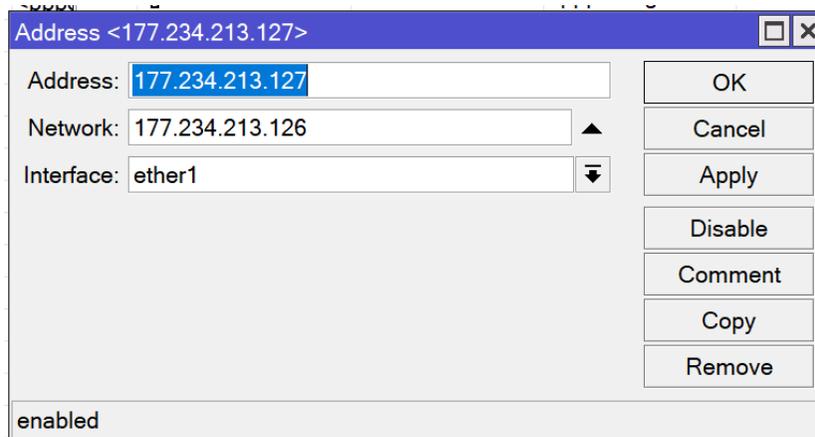
66 items (1 selected)

### **Configuración Mikrotik RB 3011 UiAS-RM**

El router al cual tiene acceso el ISP es del modelo Mikrotik RB 3011 UiAS-RM, aquí se establece la comunicación que tendrá este equipo con el router del proveedor apuntando a la dirección 177.234.213.126 y siendo asignada la dirección 177.234.213.127, como indica la Figura 22.

## Figura 22

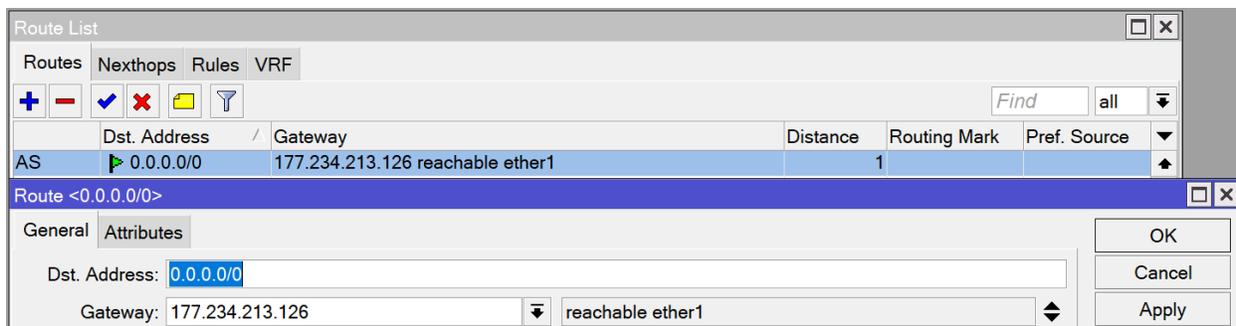
Dirección del equipo Mikrotik RB 3011 UiAS-RM



La IP estática 0.0.0.0/0 es asignada al puerto ethernet 1 para así dirigir el tráfico al router del proveedor, como indica la Figura 23.

## Figura 23

Ventana para guardar la ruta.



Después de guardar la dirección IP del router del proveedor, se asigna la dirección IP 172.17.0.1 con máscara 21, de la que serán distribuidas a los clientes como se observa en la Figura 24.

**Figura 24***Dirección IP para clientes*

	Address	Network	Interface
	172.17.0.1/21	172.17.0.0	bridge1
D	172.17.0.1	172.17.0.7	<pppoe-FIORE...
D	172.17.0.1	172.17.0.45	<pppoe-LIDIAG...
D	172.17.0.1	172.17.0.11	<pppoe-YASIG...
D	172.17.0.1	172.17.2.8	<pppoe-manob...
D	172.17.0.1	172.17.1.11	<pppoe-LASSO...
D	172.17.0.1	172.17.0.40	<pppoe-CARLO...
D	172.17.0.1	172.17.0.6	<pppoe-WILSO...
D	172.17.0.1	172.16.3.6	<pppoe-ANAES...
D	172.17.0.1	172.17.2.16	<pppoe-ZAMBR...
D	172.17.0.1	172.17.2.18	<pppoe-nellylull...
D	172.17.0.1	172.17.0.26	<pppoe-MONT...
D	172.17.0.1	172.17.0.35	<pppoe-GUAN...
D	172.17.0.1	172.17.0.32	<pppoe-SANC...
D	172.17.0.1	172.17.0.46	<pppoe-delgado...
D	172.17.0.1	172.17.0.15	<pppoe-lilianac...
D	172.17.0.1	172.17.0.13	<pppoe-francisc...
D	172.17.0.1	172.17.0.69	<pppoe-coyago...
D	172.17.0.1	172.17.4.12	<pppoe-FRANC...
D	172.17.0.1	172.17.0.9	<pppoe-LUCIA...
D	172.17.0.1	172.17.0.5	<pppoe-GOKU2>
D	172.17.0.1	172.17.0.42	<pppoe-SARAN...
D	172.17.0.1	172.17.0.29	<pppoe-JULIOS...
D	172.17.0.1	172.16.1.1	<pppoe-trujillo...
D	172.17.0.1	172.17.3.8	<pppoe-ERNES...
D	172.17.0.1	172.17.0.38	<pppoe-LUISM...
D	172.17.0.1	172.17.0.19	<pppoe-GONZ...

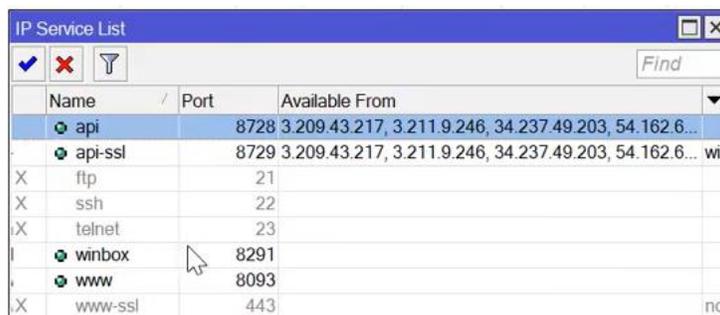
73 items

Se habilita el protocolo PPPoE para contar con el encapsulamiento del tráfico de red a través de ethernet para que acceso se dé solo si se cuenta con las credenciales guardadas mediante Winbox, así se establece la sincronización y seguridad de la comunicación entre el router y WISPRO.

Las direcciones IP asignadas a clientes que se derivan de 172.17.0.1/21 cuenta con un total de 2046 posibles clientes, es decir, el rango que se maneja empieza en 172.17.0.1 hasta 172.17.7.254. Además se considera la deshabilitación de puertos ftp, ssh, telnet y www-ssl, con 21, 22, 23 y 443, respectivamente, como indica la Figura 25.

## Figura 25

### Puertos habilitados y deshabilitados



	Name	Port	Available From
	api	8728	3.209.43.217, 3.211.9.246, 34.237.49.203, 54.162.6...
	api-ssl	8729	3.209.43.217, 3.211.9.246, 34.237.49.203, 54.162.6... wis
X	ftp	21	
X	ssh	22	
X	telnet	23	
	winbox	8291	
	www	8093	
X	www-ssl	443	no

### Gestor WISPRO para router Mikrotik RB 3011 UiAS-RM

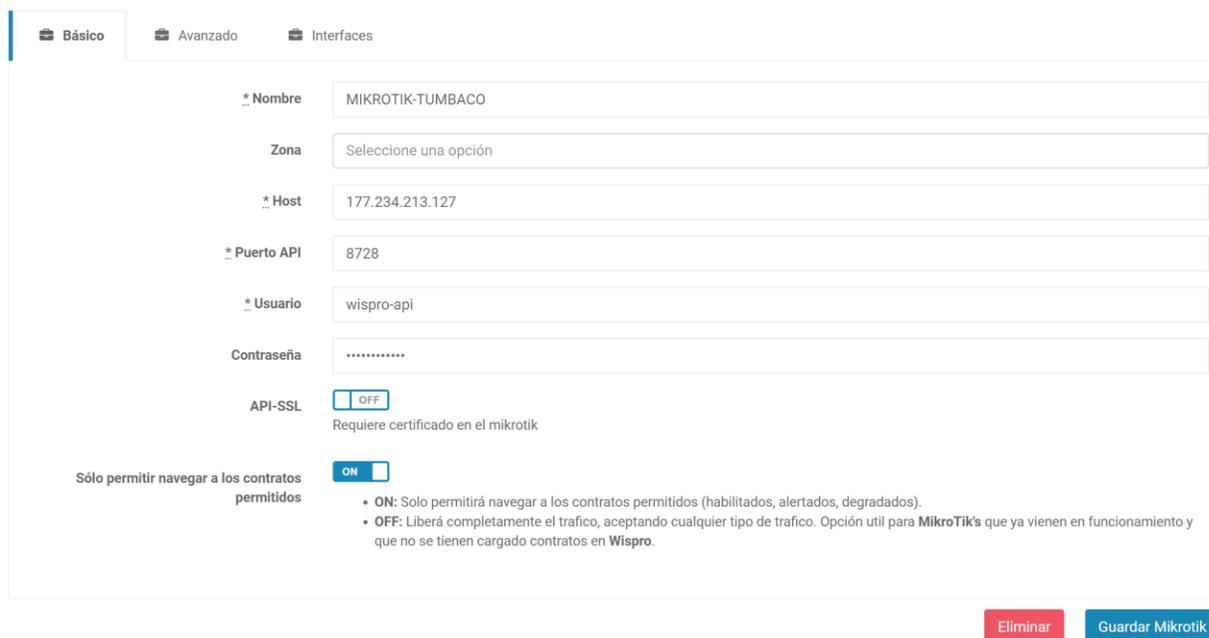
El manejo de WISPRO permite administrar las cuentas de los abonados, pero requiere de la vinculación con el equipo Mikrotik RB 3011 UiAS-RM, para lo que se debe seguir estos pasos:

En la pestaña “Servidores” se crea un nuevo servidor escogiendo la opción Mikrotik.

Ingresar la información, como muestra la Figura 26:

## Figura 26

### Creación del nuevo servidor



Básico   
  Avanzado   
  Interfaces

\* Nombre: MIKROTIK-TUMBACO  
 Zona: Seleccione una opción  
 \* Host: 177.234.213.127  
 \* Puerto API: 8728  
 \* Usuario: wispro-api  
 Contraseña: .....  
 API-SSL:  OFF  
 Requiere certificado en el mikrotik  
 Sólo permitir navegar a los contratos permitidos:  ON

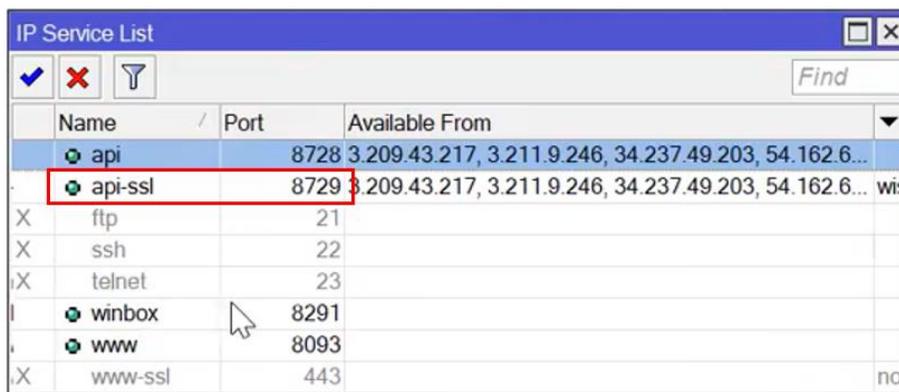
- ON: Solo permitirá navegar a los contratos permitidos (habilitados, alertados, degradados).
- OFF: Liberá completamente el trafico, aceptando cualquier tipo de trafico. Opción util para MikroTik's que ya vienen en funcionamiento y que no se tienen cargado contratos en Wispro.

- Nombre del equipo MIKROTIK-TUMBACO
- IP del host
- Puerto API
- Usuario
- Contraseña

El puerto API-SSL se obtiene del software de Mikrotik ingresando a “IP/Services” como muestra la Figura 27.

### Figura 27

*Puerto API-SSL del equipo Mikrotik*



	Name	Port	Available From
	api	8728	3.209.43.217, 3.211.9.246, 34.237.49.203, 54.162.6...
	api-ssl	8729	3.209.43.217, 3.211.9.246, 34.237.49.203, 54.162.6... wis
X	ftp	21	
X	ssh	22	
X	telnet	23	
I	winbox	8291	
	www	8093	
X	www-ssl	443	noi

La pestaña “Avanzado” permite activar los DNS, NTP y estadísticas gráficas, como muestra la Figura 28.

**Figura 28***Configuraciones de DNS, NTP y estadísticas*

The image shows a screenshot of the Mikrotik WinBox configuration interface. At the top, there are three tabs: 'Básico', 'Avanzado', and 'Interfaces'. The 'Avanzado' tab is selected. Below the tabs, the 'DNS' section is visible, containing a toggle for 'DNS Habilitado' (ON), and three input fields for 'Primer servidor DNS' (8.8.8.8), 'Segundo servidor DNS' (8.8.4.4), and 'Tercer servidor DNS'. Below that is the 'NTP' section with a toggle for 'NTP Habilitado' (OFF) and two empty input fields for 'Primer servidor NTP' and 'Segundo servidor NTP'. The 'Estadísticas (Gráficas)' section includes an input field for 'Puerto servicio www' (8093) and two toggles for 'Habilitar gráficos de contratos' (ON) and 'Habilitar gráficos de interfaces' (ON).

La vinculación entre el equipo Mikrotik y WISPRO genera el certificado API-SSL que encripta la comunicación entre ellos. Así se podrá guardar cambios y reglas aplicados a cada abonado como muestra la Figura 29.

Figura 29

Generación de las reglas en Winbox

Firewall											
Filter Rules											
#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	Bytes	Packets
0	jump	input								32.4 GiB	521 183 3...
1	jump	forward								75217.4 ...	79793 48...
2	jump	output								1341.4 GiB	464 427 7...
3	accept connections	wispro_input								32.5 KiB	615
4	accept connections	wispro_input								0 B	0
5	accept connections	wispro_for...								8.4 GiB	6 386 938
6	accept connections	wispro_for...								242.9 MiB	3 989 476
7	drop	wispro_for...								0 B	0
8	drop	wispro_for...			6 (tcp)		443			0 B	0
9	drop	wispro_for...			17 (u...)		443			0 B	0
10	accept connections	wispro_for...								3978.4 GiB	20685 73...
11	accept connections	wispro_for...								156.1 GiB	708 823 2...
12	accept connections	wispro_for...								68454.1 ...	56264 74...
13	accept connections	wispro_for...								2619.6 GiB	2115 538 ...
14	drop	wispro_for...								627.9 MiB	8 258 686
15	accept connections	input			6 (tcp)		1723			1017.7 KiB	14 219
16	accept connections	input			6 (tcp)		1723			0 B	0
17	accept connections	input			6 (tcp)		1723			0 B	0
18	accept connections	input			6 (tcp)		1723			0 B	0
19	accept connections	input			6 (tcp)		1723			0 B	0
20	accept connections	input			6 (tcp)		1723			0 B	0

WISPRO es capaz de generar las reglas para que Mikrotik administre abonados de forma que se establecen los siguientes apartados en el address list:

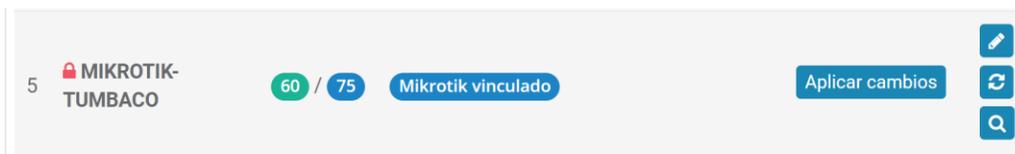
- contract\_enable: contratos habilitados
- contract\_alerted: contratos alertados
- contract\_disable: contratos deshabilitados

El sistema funciona de tal manera que cuando se encuentra con una IP fuera del address list, habilitados o alertados, se bloquean mediante el Firewall generado por las reglas.

Para finalizar con este proceso, en WISPRO se ubica en el botón “link” (ícono de flechas circulares) para comprobar la vinculación y “Aplicar cambios” para generar las reglas en el equipo Mikrotik como muestra la Figura 30.

**Figura 30**

*Vinculación y aplicación de cambios en WISPRO*



Para revisar los contratos generados en WISPRO se ingresa en la pestaña “Contratos” el cual permite la gestión de acceso y tarifa del servicio de Internet de cada cliente usando el protocolo PPPoE (point to point over ethernet) que asegura la calidad de servicio ya que crea un túnel de encapsulamiento entre el equipo Mikrotik y el equipo del cliente dando seguridad a la red ya que elimina sucesos como los son las difusiones por broadcast como indica la Figura 31.

**Figura 31**

*Verificación de los contratos guardados*

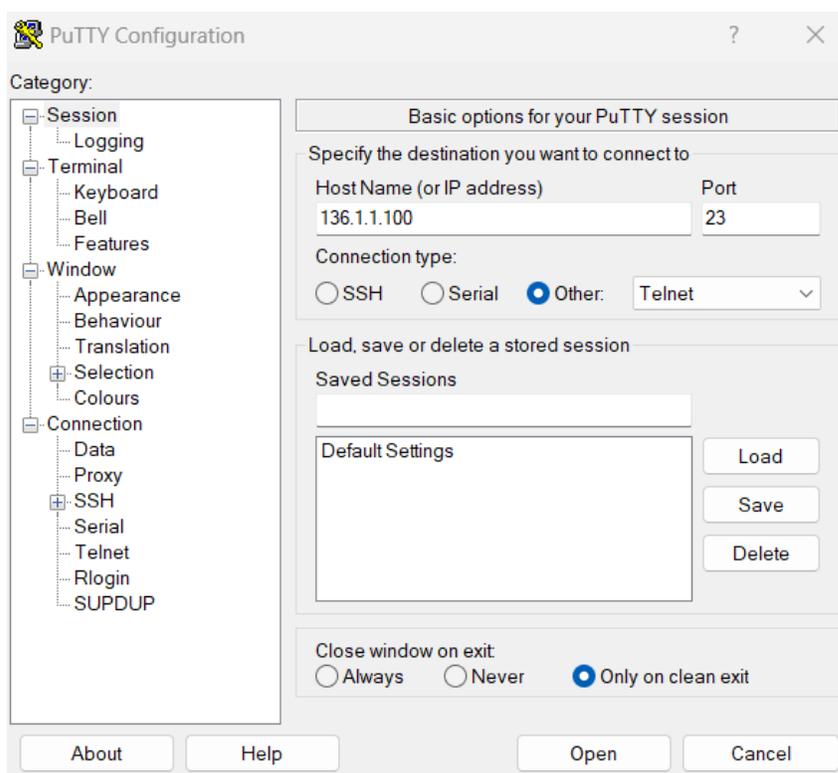
PPP							
Interface	PPPoE Servers	Secrets	Profiles	Active Connections	L2TP Secrets		
PPP Authentication&Accounting							
Name	Password	Service	Caller ID	Profile	Local Address	Remote Address	Last Logged Out
::: Contract_id: 2996,client_id: 4324, controlled_by_wispro							
ABELBAJA...	*****	pppoe		default		172.17.4.6	Jun/05/2022 17:28:47
::: Contract_id: 2414,client_id: 3764, controlled_by_wispro							
ADRIANAM...	*****	pppoe		default		172.17.0.22	Oct/13/2022 13:17:19
::: Contract_id: 2717,client_id: 4046, controlled_by_wispro							
ANAESCO...	*****	pppoe		default		172.16.3.6	Dec/31/2022 04:01:41
::: Contract_id: 3151,client_id: 4465, controlled_by_wispro							
ANDINOJO...	*****	pppoe		default		172.17.0.20	Jan/15/2023 22:42:44
::: Contract_id: 3516,client_id: 4809, controlled_by_wispro							
ANDREAZ...	*****	pppoe		default		172.17.0.17	Feb/05/2023 08:32:44
::: Contract_id: 3235,client_id: 4544, controlled_by_wispro							
ARIZAGAJ...	*****	pppoe		default		172.17.0.36	Feb/05/2023 08:32:48
::: Contract_id: 3143,client_id: 4458, controlled_by_wispro							
BEATRIZLO...	*****	pppoe		default		172.17.0.21	Jan/23/2023 13:45:28
::: Contract_id: 3631,client_id: 4916, controlled_by_wispro							
BONEERAZO	*****	pppoe		default		172.17.0.47	
::: Contract_id: 3190,client_id: 4504, controlled_by_wispro							
CABASCA...	*****	pppoe		default		172.17.2.3	Jan/20/2023 05:42:34
::: Contract_id: 2975,client_id: 4304, controlled_by_wispro							
CARBOCA...	*****	pppoe		default		172.17.0.14	Feb/04/2023 17:29:02
::: Contract_id: 3522,client_id: 4814, controlled_by_wispro							

## Configuración OLT ZTE C300

La OLT ZTE C300 para su configuración inicial por defecto requiere un acceso por interfaz de línea de comandos CLI para lo cual se utiliza el programa PUTTY, se accede mediante telnet hacia la dirección IP por default de la OLT, la IP 136.1.1.100.

### Figura 32

Acceso vía Telnet a OLT ZTE C300



Al ingresar la OLT va a solicitar un usuario y clave configuradas por defecto para poder acceder a la interfaz de línea de comandos, estas son:

### Tabla 11

Credenciales de acceso a interfaz de línea de comandos de OLT

<b>Usuario:</b>	zte
<b>Clave:</b>	zte

La línea de comandos a seguir es la siguiente:

**Username:zte**

**Password:zte**

**ZXAN>enable**

**Password:zxr10**

**ZXAN# conf t**

**ZXAN# set-pnp enable**

**ZXAN# add-rack rackno 1 racktype C300Rack**

**ZXAN# add-shelf rackno 1 shelfno 1 shelftype C300\_SHELF**

Al ejecutar estos comandos activamos la OLT, así como sus tarjetas, lo cual podemos verificar utilizando el comando **show card**:

### Figura 33

Verificación de tarjetas activas en la OLT mediante CLI

```

ZXAN#
ZXAN#
ZXAN#
ZXAN#show
ZXAN#show card
ZXAN#show card
Rack Shelf Slot CfgType RealType Port HardVer SoftVer Status
-----
1 1 0 PRWH PRWH 0 V1.0.0 V2.1.0 INSERVICE
1 1 1 PRWH PRWH 0 V1.0.0 V2.1.0 INSERVICE
1 1 2 GTGH GTGHG 16 V1.0.0 V2.1.0 INSERVICE
1 1 3 GTGH GTGHG 16 V1.0.0 V2.1.0 INSERVICE
1 1 10 SCXN SCXN 4 V1.0.0 V2.1.0 INSERVICE
1 1 11 SCXN SCXN 4 V1.0.0 V2.1.0 STANDBY
1 1 19 GUSQ GUSQ 4 V1.0.0 V2.1.0 INSERVICE
1 1 20 HUVQ HUVQ 4 V1.0.0 V2.1.0 INSERVICE
ZXAN#
ZXAN#

```

El estatus **INSERVICE** significa que la tarjeta desplegada se encuentra activa o en servicio. Las distintas tarjetas desplegadas tienen distintas funcionalidades:

Tabla 12

Tipos de tarjetas soportadas por OLT ZTE C300

Tipo de Tarjeta	Función
PRWH	Tarjeta de alimentación eléctrica con conversión AC a DC
GTGH	Tarjetas de línea o de servicios, contienen los puertos PON
SCXN	Tarjetas de control de la OLT
GUSQ	Tarjeta de tráfico de datos hasta 1 Gbps
HUVQ	Tarjeta de tráfico de datos hasta 10 gbps

Cada una de las tarjetas posee información de su estado físico como de procesamiento al que podemos acceder utilizando el comando **show card slotno #card**.

Figura 34

Verificación de estatus de tarjetas mediante CLI

```

OLT-TUMBACO - Google Chrome
onfiber.smartolt.com:46655

ZXAN#
ZXAN#show card slotno 2
Config-Type : GTGH      Status      : INSERVICE
Port-Number : 16
Cpu-Alarm-Threshold : 100%
Mem-Alarm-Threshold : 100%

Real-Type : GTGHG      Serial-Number : 288814700796
Phy-Mem-Size : 1024MB  Main-CPU      : PowerPC Processor
M-CODE : 120700      Hardware-VER : V1.0.0
Cpld-VER : V1.3      Fpga-VER      :
OtherFirmwareVER:pm_fw(V2.1.0)

BootROM-VER : V4.0.16   2018-05-09 0:51:16
Software-VER : V2.1.0   2017-01-17 00:40:26
Cpu-Usage : 18%
Mem-Usage : 19%
C-Code : FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF00EE12
Uptime : 86 Days, 19 Hours, 43 Minutes, 17 Seconds
Last restart reason : Power-off
ZXAN#show card slotno 3
Config-Type : GTGH      Status      : INSERVICE
Port-Number : 16
Cpu-Alarm-Threshold : 100%
Mem-Alarm-Threshold : 100%

Real-Type : GTGHG      Serial-Number : 705482601824
Phy-Mem-Size : 512MB   Main-CPU      : PowerPC Processor
M-CODE : 140901      Hardware-VER : V1.0.0
Cpld-VER : V1.3      Fpga-VER      :
OtherFirmwareVER:pm_fw(V2.1.0)

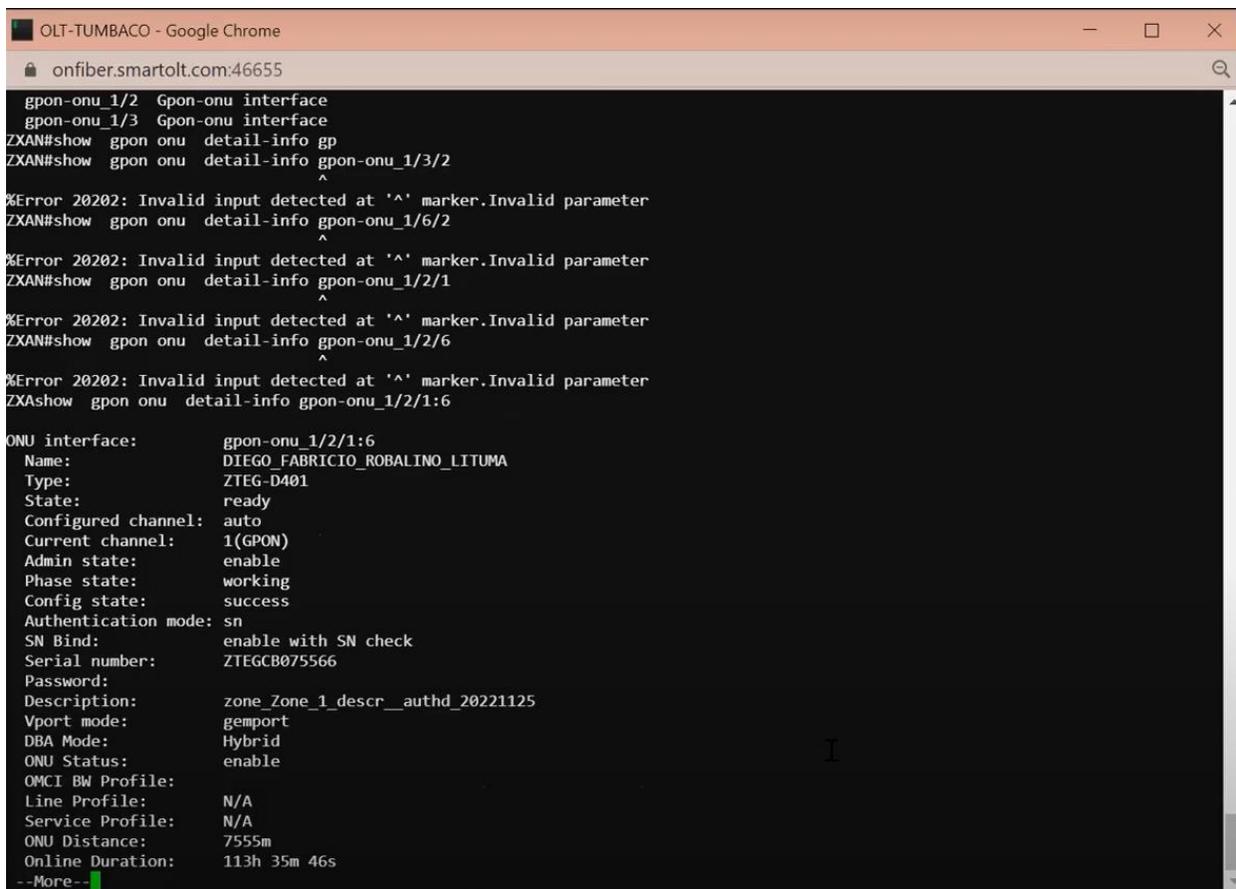
BootROM-VER : V4.0.16   2018-05-09 0:51:16
Software-VER : V2.1.0   2017-01-17 00:40:26
Cpu-Usage : 15%
Mem-Usage : 39%
C-Code : FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF00EE12
Uptime : 50 Days, 21 Hours, 25 Minutes, 58 Seconds
Last restart reason : Power-off
ZXAN#

```

Al aprovisionar los equipos de clientes se puede acceder a información de los mismos desde la interfaz de línea de comandos utilizando la siguiente instrucción **show gpon onu detail-info gpon-onu\_#tarjeta/#puertoPON/#ONU:**

**Figura 35**

*Verificación de estatus de equipos ONU en clientes*



```

OLT-TUMBACO - Google Chrome
onfiber.smartolt.com:46655
gpon-onu_1/2 Gpon-onu interface
gpon-onu_1/3 Gpon-onu interface
ZXAN#show gpon onu detail-info gp
ZXAN#show gpon onu detail-info gpon-onu_1/3/2
^
%Error 20202: Invalid input detected at '^' marker.Invalid parameter
ZXAN#show gpon onu detail-info gpon-onu_1/6/2
^
%Error 20202: Invalid input detected at '^' marker.Invalid parameter
ZXAN#show gpon onu detail-info gpon-onu_1/2/1
^
%Error 20202: Invalid input detected at '^' marker.Invalid parameter
ZXAN#show gpon onu detail-info gpon-onu_1/2/6
^
%Error 20202: Invalid input detected at '^' marker.Invalid parameter
ZXAShow gpon onu detail-info gpon-onu_1/2/1:6
ONU interface:          gpon-onu_1/2/1:6
Name:                   DIEGO_FABRICIO_ROBALINO_LITUMA
Type:                   ZTEG-D401
State:                  ready
Configured channel:    auto
Current channel:        1(GPON)
Admin state:            enable
Phase state:            working
Config state:           success
Authentication mode:    sn
SN Bind:                enable with SN check
Serial number:          ZTEGCB075566
Password:
Description:            zone_Zone_1_descr_authd_20221125
Vport mode:             gempport
DBA Mode:               Hybrid
ONU Status:             enable
OMCI BW Profile:
Line Profile:           N/A
Service Profile:        N/A
ONU Distance:           7555m
Online Duration:        113h 35m 46s
--More--

```

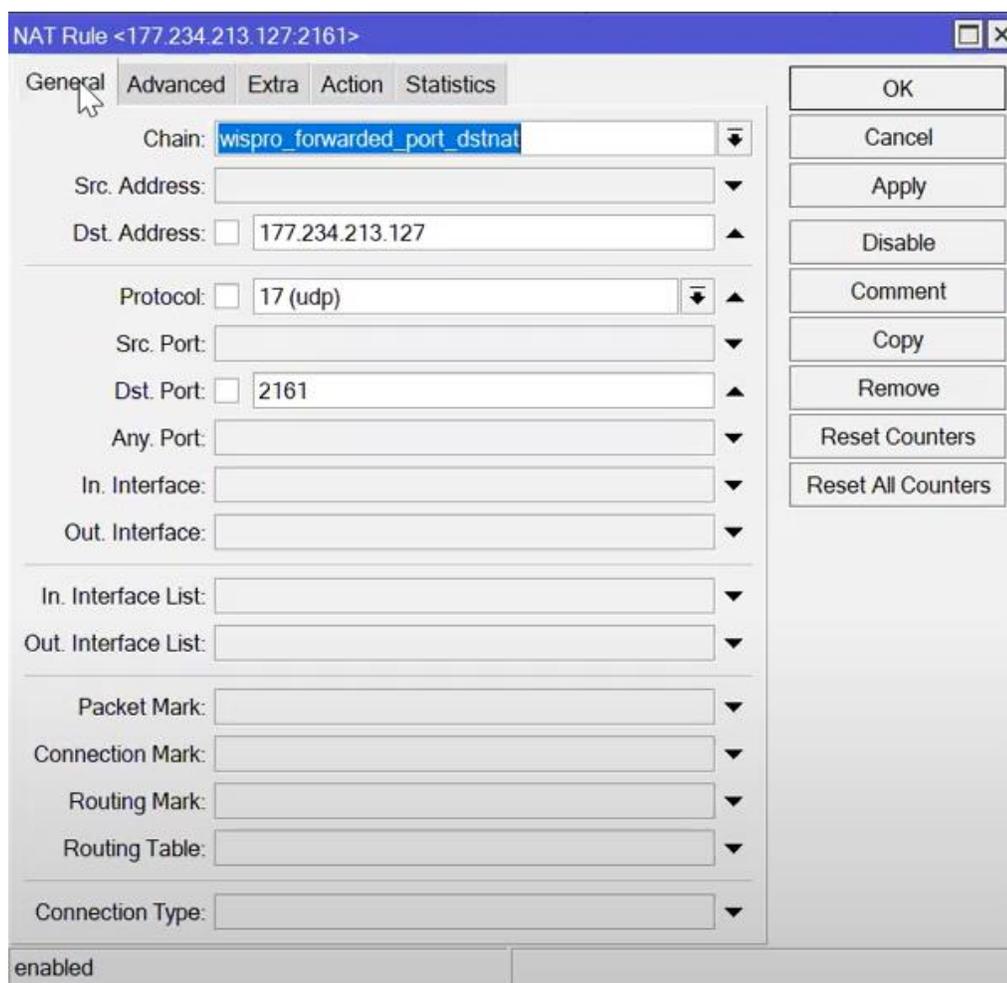
Al poder realizar todas estas acciones desde la activación de tarjetas, verificación del estado de tarjetas, red y equipos podemos decir que la OLT está totalmente operativa y puede ser gestionada mediante CLI, sin embargo, este tipo de gestión no es muy eficiente al tener que ser manejada por comandos por lo cual se va a utilizar un gestor alojado en la nube que nos permite una administración más fácil desde cualquier ubicación. Este gestor se llama SmartOLT y se presenta a continuación.

### Gestor SMART OLT para OLT ZTE C300

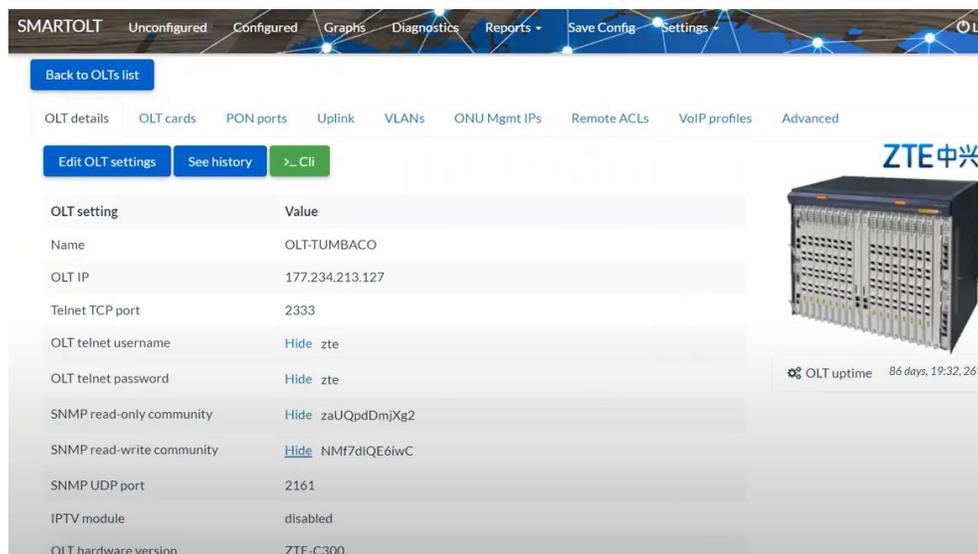
Una vez configurada la OLT ZTE C300 procedemos a reconocerla desde el gestor SmartOLT, para lo cual asignaremos una dirección IP 172.17.0.3 por la que accederemos utilizando el puerto SNMP 2161. Este registro se realiza en el gestor como en el router Mikrotik.

#### Figura 36

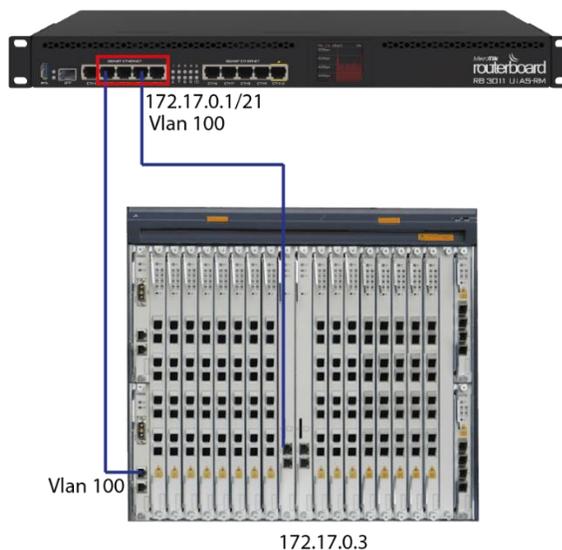
*Redireccionamiento de IP pública hacia puerto SNMP de la OLT ZTE*



La integración se realiza con éxito y se refleja en el gestor SmartOLT.

**Figura 37***Integración exitosa de OLT ZTE C300 con gestor SmartOLT*

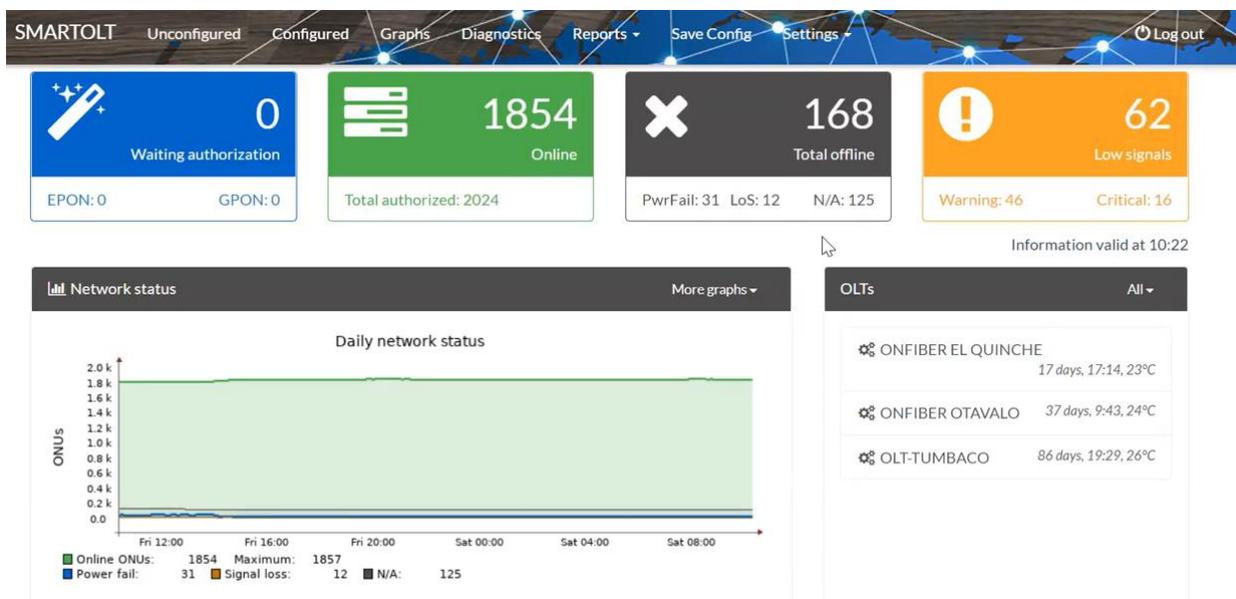
El resultado de esta implementación resulta en la siguiente topología, los puertos 2, 3, 4, 5 del Router Mikrotik están configurados en modo bridge y asignarán direcciones dentro del siguiente rango 172.17.0.1/21 con la Vlan 100 para el aprovisionamiento de clientes desde la OLT. La dirección 172.17.0.3 es para el control y gestión.

**Figura 38***Topología de red para implementación de Gestor en OLT*

La pantalla inicial del gestor nos permite verificar que la OLT es reconocida por el sistema y que adicional se gestionan otras OLTs de la empresa ONFIBER para proveer el servicio en diferentes localidades.

**Figura 39**

*Interfaz gráfica de gestor Smart OLT*



Se aprecia que el modo de administrar a los clientes es mucho más fácil e intuitivo que por línea de comandos ya que nos permite tener información de primera mano sin recurrir a dar instrucciones a la OLT, esta información se obtiene de forma general como por OLT administrada.

Nos ofrece las mismas funcionalidades como visualizar el estado de las tarjetas de la OLT.

Figura 40

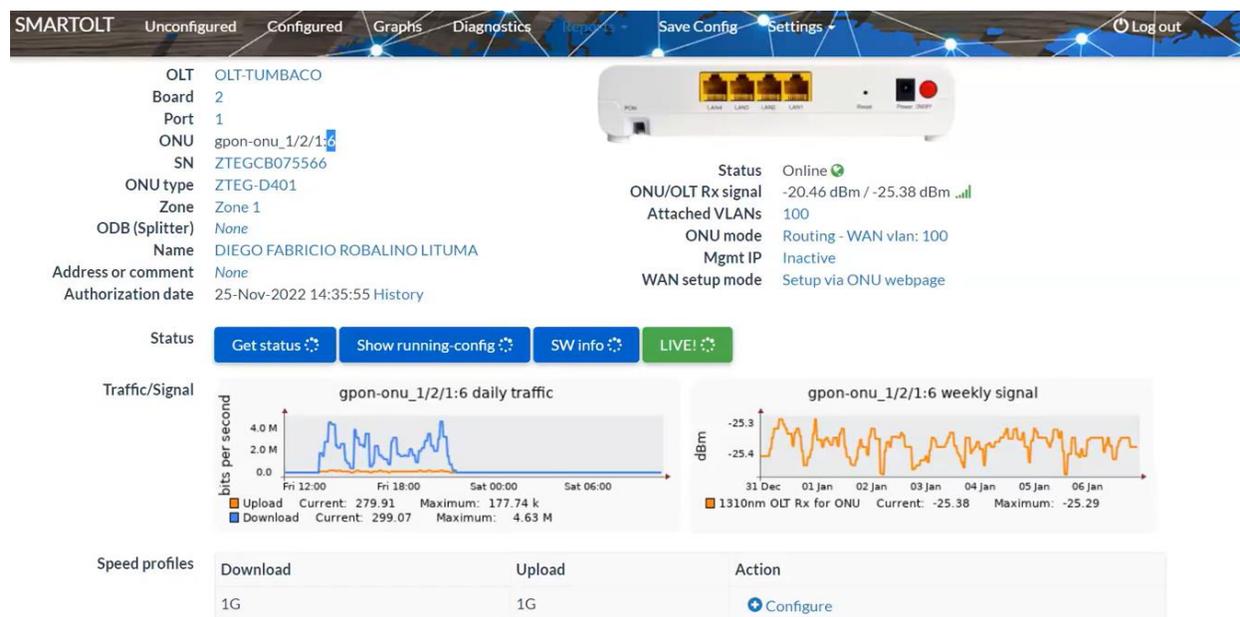
Estado de tarjetas de línea y sus puertos utilizando el gestor gráfico

Port	Type	Admin state	Status	ONUs	Average signal	Description	Range	TX Power	Action
1	GPON	Enabled	Up	Online: 6 Total: 6	-25.17		0 - 20000 m	6.911 dBm	<a href="#">Configure</a> <a href="#">Reboot ONUs</a>
2	GPON	Enabled	Up	Online: 2 Total: 2	-22.21		0 - 20000 m	6.831 dBm	<a href="#">Configure</a> <a href="#">Reboot ONUs</a>
3	GPON	Enabled	Down	Online: 0 Total: 0			0 - 20000 m	6.983 dBm	<a href="#">Configure</a> <a href="#">Reboot ONUs</a>
4	GPON	Enabled	Up	Online: 1 Total: 1	-20.25		0 - 20000 m	6.962 dBm	<a href="#">Configure</a> <a href="#">Reboot ONUs</a>
5	GPON	Enabled	Up	Online: 1 Total: 1	-22.02		0 - 20000 m	6.955 dBm	<a href="#">Configure</a> <a href="#">Reboot ONUs</a>
6	GPON	Enabled	Up	Online: 3 Total: 3	-24.66		0 - 20000 m	7.029 dBm	<a href="#">Configure</a> <a href="#">Reboot ONUs</a>
7	GPON	Enabled	Down	Online: 0 Total: 0			0 - 20000 m	6.925 dBm	<a href="#">Configure</a> <a href="#">Reboot ONUs</a>
8	GPON	Enabled	Up	Online: 3 Total: 3	-23.7		0 - 20000 m	6.974 dBm	<a href="#">Configure</a> <a href="#">Reboot ONUs</a>

O verificar el estado del dispositivo ONU ubicado en la residencia del cliente, para este ejemplo hemos tomado el mismo cliente que se tomó para la verificación mediante interfaz de línea de comandos.

Figura 41

Verificación del estado de ONU cliente utilizando el gestor gráfico



Se aprecia una gestión completa que da toda la información relevante para la red, mediante la cual se puede levantar o suspender de forma manual a un cliente, verificar si las potencias que llegan a la ONU son las adecuadas para su funcionamiento, obtener gráficas de su tráfico en tiempo real, entre otras funcionalidades.

### ***Configuración Equipos de Última milla***

A pesar de que los equipos de última milla no son parte de la Planta Interna tienen una gran relación con esta ya que son gestionados y configurados de forma remota desde la oficina central, y es el motivo por el que están integrados en esta parte del capítulo.

La última milla posee distintas configuraciones para ofrecer el servicio al cliente final. La primera es en la que se implementa un equipo ONU que se encarga de la conversión de la señal óptica en eléctrica del servicio y el performance inalámbrico Wifi para el hogar.

El modelo de ONU utilizado es de vendor ZTE modelo F660.

### **Figura 42**

*ONU ZTE Single band F660*



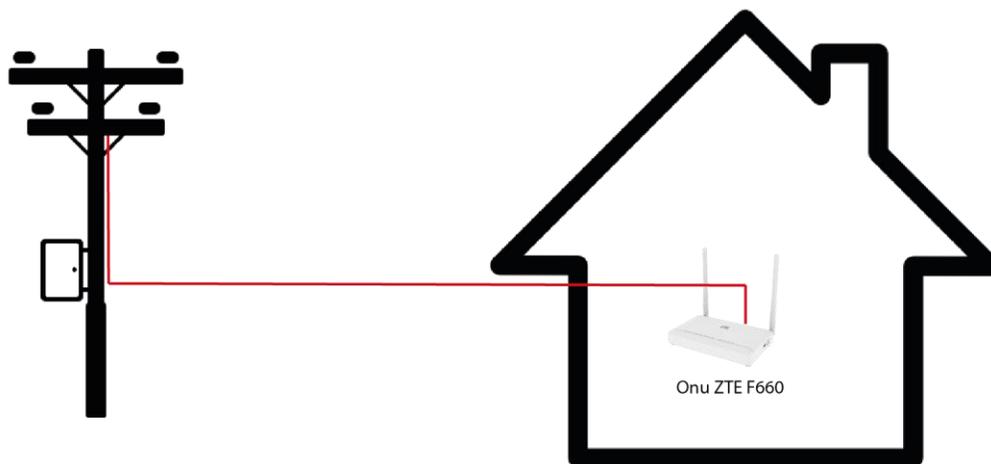
**Tabla 11**

*Características principales de ONU ZTE F660*

<b>Equipo</b>	<b>Estándar inalámbrico</b>	<b>Sensibilidad del receptor</b>	<b>Tasa de transmisión óptica</b>	<b>Tasa de transmisión inalámbrica</b>	<b>Puerto óptico</b>	<b>Antenas</b>
ZTE F660	802.11 b/g/n	-28dBm	2.488 Gbps de bajada 1.244 Gbps de subida	300 Mbps teóricos	1 interfaz GPON	2 x 5 dBi

**Figura 43**

*Configuración Última milla ONU ZTE F660*



La segunda configuración es la implementación de una ONU bridge ZTE F601 que se encargará netamente de la conversión óptica en eléctrica para brindar el servicio de internet al interno del domicilio y un router TP LINK WR840N que se encargará del performance inalámbrico Wifi.

**Figura 44***Router Single band TP Link***Tabla 12***Características principales del router inalámbrico TP-LINK WR840N*

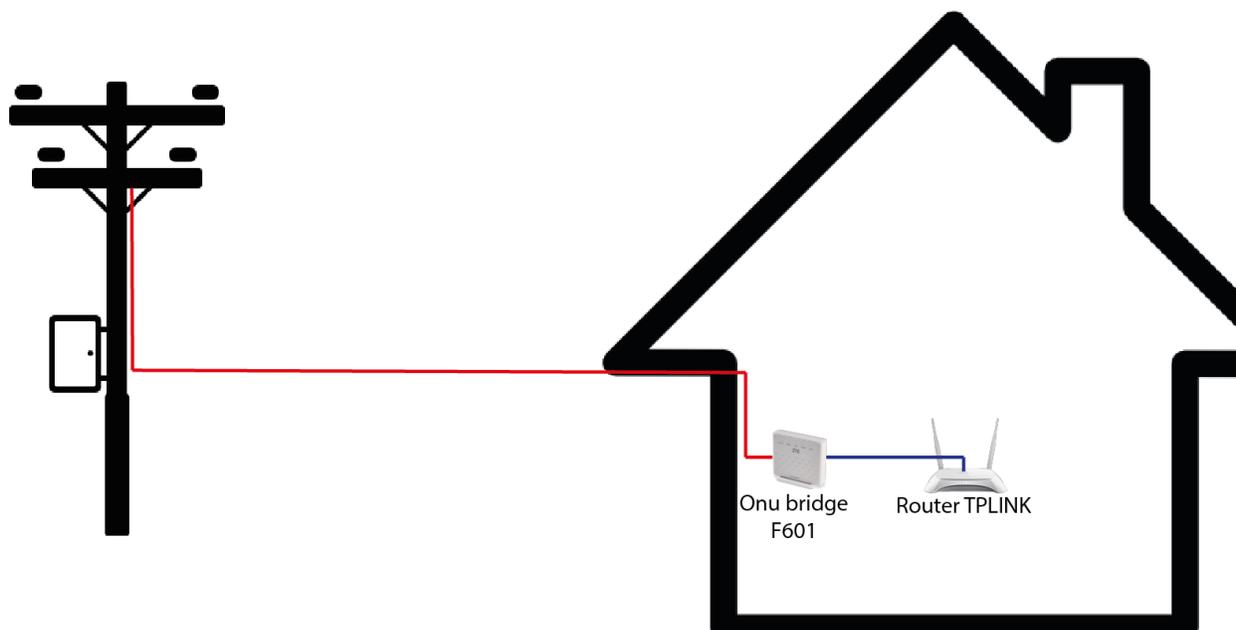
<b>Equipo</b>	<b>Estándar</b>	<b>Tasa de transmisión inalámbrica</b>	<b>Modo de operación</b>	<b>Puertos</b>	<b>Cobertura</b>	<b>Antenas</b>
Router TP-LINK WR840N	802.11 b/g/n	300 Mbps teóricos	Router Access Point Repetidor	1 WAN 10/100 Mbps 4 LAN 10/100 Mbps	150 mtrs cuadrados	2 x 5 dBi

**Figura 45***ONU bridge ZTE F601***Tabla 13***Características principales de ONT GPON ZTE ZXHN F601*

<b>Equipo</b>	<b>Sensibilidad de recepción</b>	<b>Transmisión de potencia óptica</b>	<b>Modo de operación</b>	<b>Puerto óptico</b>	<b>Distancia de transmisión</b>	<b>Tasa de transmisión óptica</b>
ZTE ZXHN F601	-28dBm	0.5 ~ 5dBm	Bridge	1 interfaz GPON (SC/PC o SC/APC)	0 ~ 20km	2.488 Gbps de bajada 1.244 Gbps de subida

**Figura 46**

*Configuración última milla ONU bridge ZTE + Router TP Link*



### ***Diseño de Planta Externa***

La planta externa tiene lugar desde la salida de la Oficina Central ubicada en la Av. Oswaldo Guayasamín 422 desde donde se despliega la fibra óptica de forma soterrada ya que esta vía no permite tendido aéreo de cable.

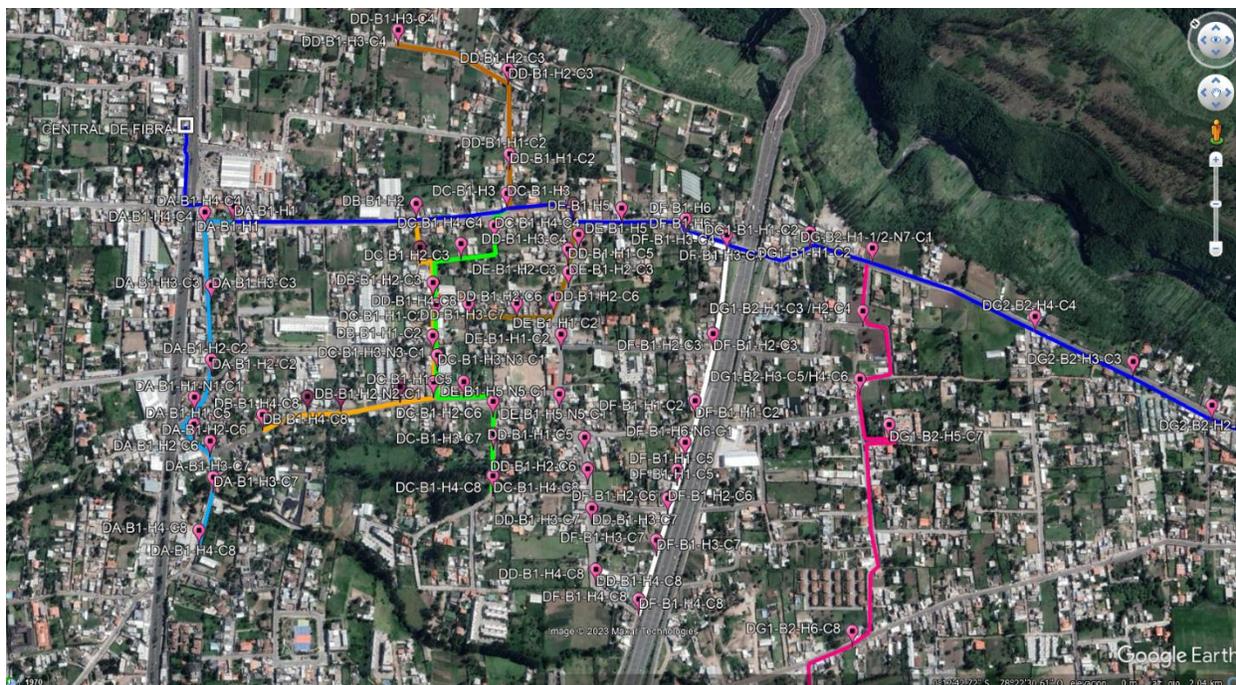
Al salir de la vía principal empieza el tendido aéreo con una fibra de 24 hilos de tipo ADSS spam 100 y LSZH que aseguran alta resistencia al fuego, condiciones climáticas y distancia de templado en el cable. Esta fibra se utiliza para el enlace troncal y sus divisiones hacia los distintos distritos se realiza con fibra óptica de 6 hilos desde donde se levanta una caja de nivel y 8 cajas de clientes.

Esto quiere decir que son 2 los niveles de spliteo presentes en la red y 3 en el caso de implementar cajas de medio nivel en zonas de mayor densidad poblacional.

La red de planta externa actualmente posee esta primera ramificación ya implementada y operativa, adicionalmente también se están desplegando enlaces troncales a zonas donde se quiere tener fibra cobertura. La red actual es la representada en la figura.

**Figura 47**

*Diseño y distribución de Planta Externa en Google Earth*

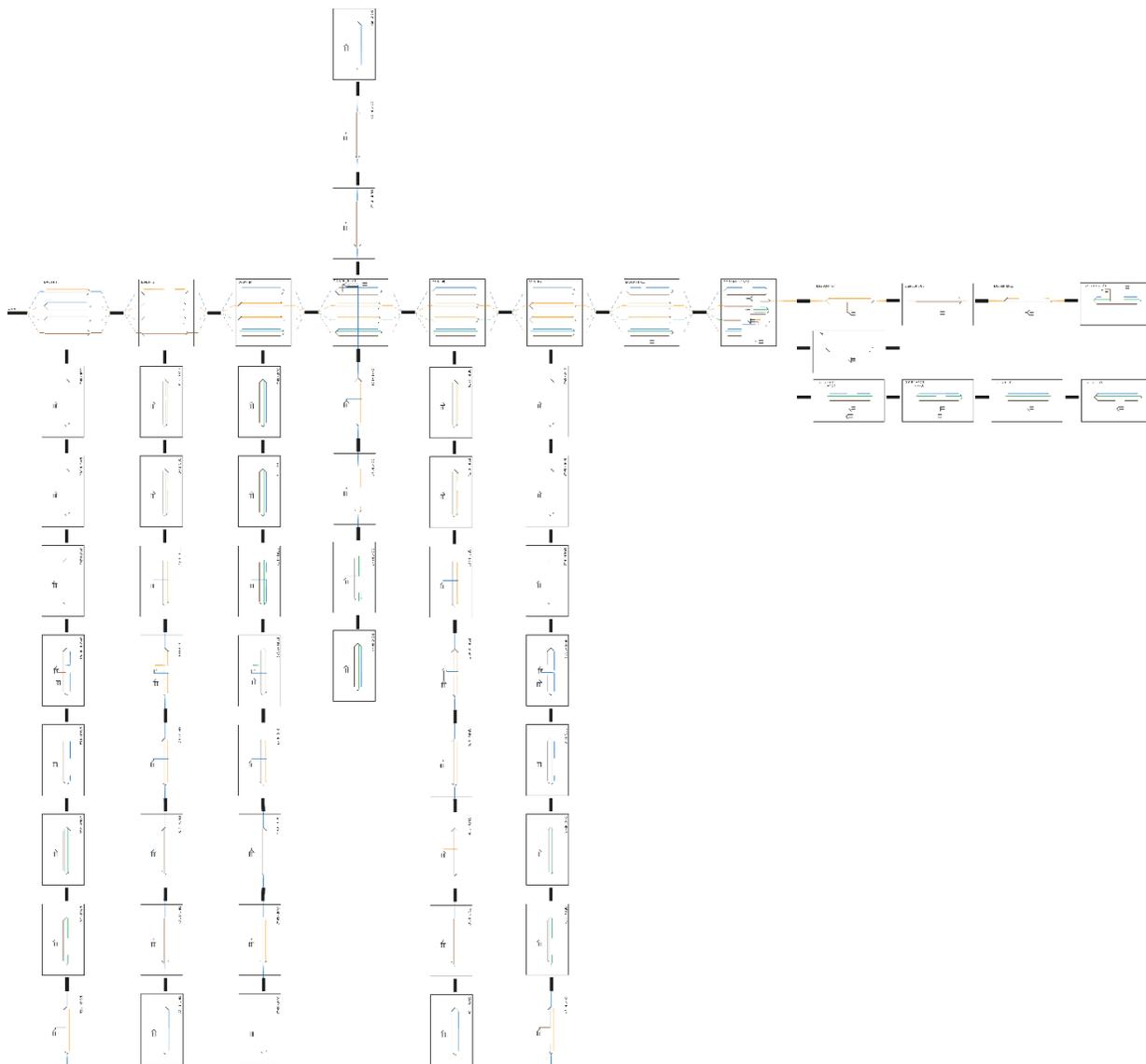


Como se aprecia en la imagen del diseño tenemos una fibra troncal de 24 hilos representada en el diseño por el color azul, y sus derivaciones a los distintos distritos representadas por los distintos colores en el gráfico.

Este diseño también se encuentra representado en un diagrama unifilar realizado con la herramienta Adobe Ilustrador en donde se aprecia los hilos contenidos por los buffers de la fibra de 24 hilos y como cada uno de estos hilos del buffer son fusionados con una fibra menor de seis hilos para llegar a los distritos. VER APÉNDICE #1

**Figura 48**

*Diagrama Unifilar de Planta Externa*



El presente gráfico no es muy claro debido a las dimensiones de la imagen y la gran estructura de planta externa que intenta abarcar, sin embargo, se explicará de forma más granular a continuación en la explicación de cada uno de los distritos.

### **Nomenclatura de Planta Externa**

Para reconocer cada una de las cajas NAP ubicadas en la planta externa se ha fijado la siguiente nomenclatura, que nos permitirá identificar los hilos y buffers utilizados en ese punto y si esta caja NAP corresponde a una caja de Nivel o una caja de cliente.

**Tabla 13**

*Nomenclatura asignada a diseño unifilar y geográfico de planta externa*

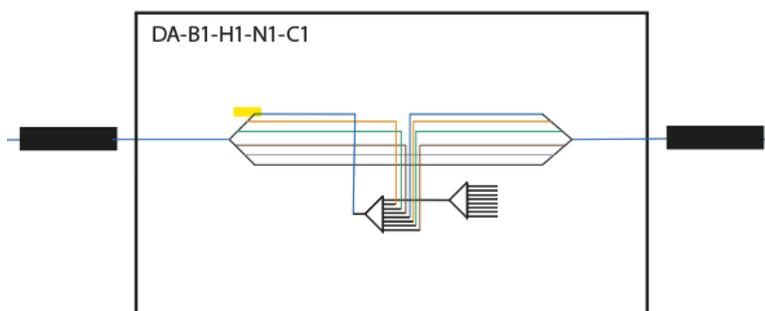
	<b>Identificador</b>	<b>Descripción</b>
Distrito	D	Se identifica con letras del Abecedario en el orden que se vayan implementando.
Buffer	B	Se identifica con números que se asignan con respecto al código de colores de la fibra óptica. Ejemplo: 1=Azul
Hilo	H	Se identifica con números que se asignan con respecto al código de colores de la fibra óptica. Ejemplo: 2=Naranja
Medio Nivel	½	Es un splitter 1:2.

	<b>Identificador</b>	<b>Descripción</b>
Caja de Nivel	N	Se identifica con la letra N más el numero de la caja de Nivel, una caja de nivel por cada distrito o subdistrito.
Caja de Cliente	C	Se identifica con la letra C más el número de la caja de cliente por lo general en cada distrito puede haber hasta 8 cajas de cliente.

Para una mejor comprensión de esta nomenclatura vamos a plasmar un ejemplo:

#### **Figura 49**

*Representación de nomenclatura aplicada en diseño de planta externa*



Como se aprecia en la nomenclatura, DA significa que es el primer distrito de esa distribución, B1 representa que el buffer utilizado es el Azul, H1 hace referencia a que en ese punto la fibra azul es la que alimenta esa caja, N1 es la primera caja de nivel de ese ramal y la

única en ese distrito, C1 es la primera caja de distribución hacia los clientes que sale desde la caja de nivel.

A continuación, explicamos la distribución en cada uno de los distritos.

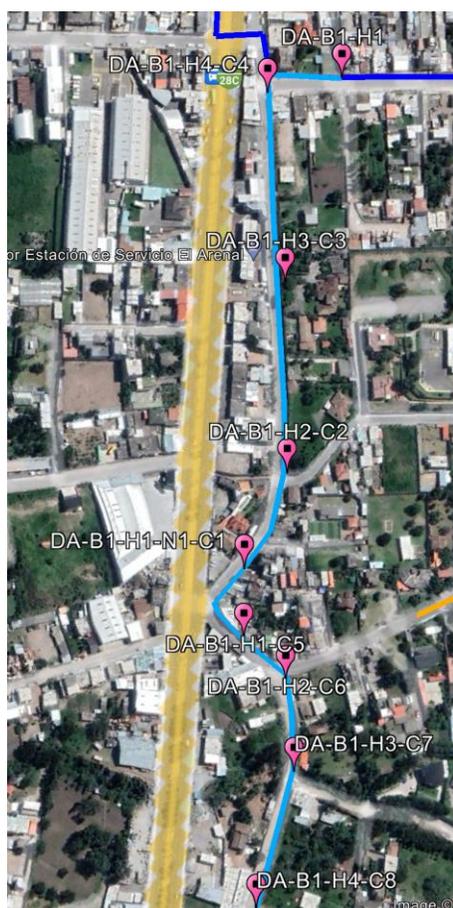
### ***Distrito A***

El distrito A tiene una distancia lineal de 709 metros de cobertura desde la fibra troncal de 24 hilos, la cantidad de fibra óptica de seis hilos utilizada es de 709 metros más una reserva del 10 % lo que significa que la cantidad de fibra óptica utilizada es de 716 metros aproximadamente.

Este distrito se representa en el diseño con un segmento lineal de color celeste, se representa en la siguiente figura:

### **Figura 50**

*Despliegue de planta externa Distrito A*



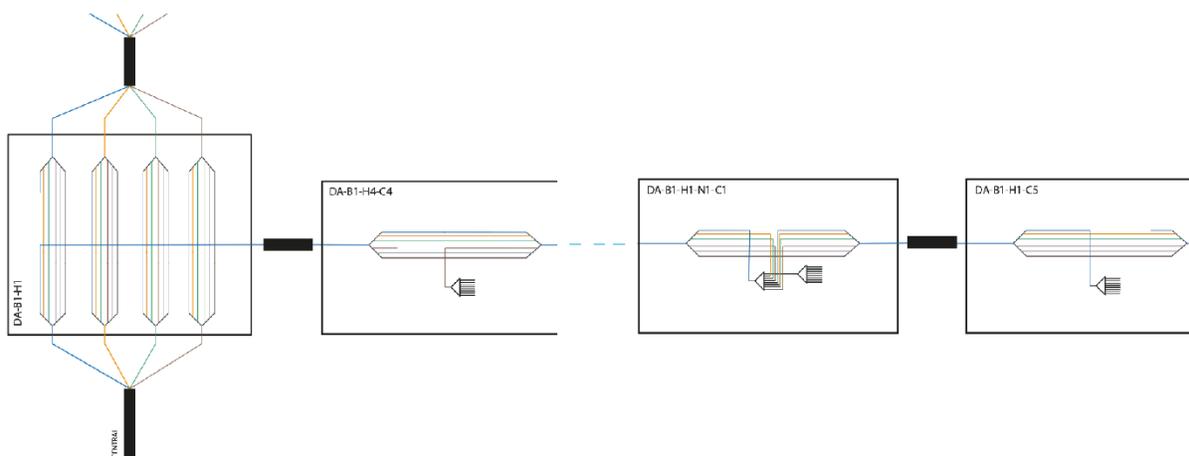
El hilo que se utiliza para el despliegue de este distrito es el hilo azul del buffer azul de la fibra de 24 hilos, este se va a empalmar con el hilo azul del buffer azul de la fibra de 6 hilos, y se despliega 4 cajas hacia adelante, desde donde se implementará la caja de nivel N1 correspondiente a este distrito y la primera caja de clientes.

Para hacer una reutilización de los hilos, desde este punto se alimenta hacia las cajas anteriores la fibra naranja, verde y café, de igual forma hacia las cajas siguientes se alimenta las fibras azul, naranja, verde y café.

Dejamos el hilo blanco como hilo de backup como se aprecia en el diagrama unifilar.

### Figura 51

*Diagrama Unifilar Distrito A*



Se adjunta también la tabla de ubicaciones geográficas que poseen cada una de las cajas de nivel como de clientes.

**Tabla 14***Datos de Distrito A*

<b>Identificador</b>	<b>Tipo de caja</b>	<b>Tipo de Spliteo</b>	<b>Distancia a Oficina Central</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
DA-B1-H1	Punto de Fusión Fibra de 24 h con fibra de 6 hilos	N/A	292.6 m	0°12'19.20"S	78°22'39.20"O
DA-B1-H4-C4	Caja de cliente/dispersión	1:8	374 m	0°12'18.02"S	78°22'40.56"O
DA-B1-H3-C3	Caja de cliente/dispersión	1:8	523.6 m	0°12'21.13"S	78°22'43.84"O
DA-B1-H2-C2	Caja de cliente/dispersión	1:8	673.2 m	0°12'23.93"S	78°22'47.40"O
DA-B1-H1-N1- C1	Caja de nivel/ distribución Caja de cliente/ dispersión	1:8  1:8	760.1 m	0°12'24.53"S	78°22'49.84"O

<b>Identificador</b>	<b>Tipo de caja</b>	<b>Tipo de Spliteo</b>	<b>Distancia a Oficina Central</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
DA-B1-H1-C5	Caja de cliente/dispersión	1:8	837.1 m	0°12'25.53"S	78°22'51.15"O
DA-B1-H2-C6	Caja de cliente/dispersión	1:8	885.5 m	0°12'26.94"S	78°22'51.35"O
DA-B1-H3-C7	Caja de cliente/dispersión	1:8	961.4 m	0°12'28.46"S	78°22'52.96"O
DA-B1-H4-C8	Caja de cliente/dispersión	1:8	1072.5 m	0°12'29.77"S	78°22'56.03"O

### ***Distrito B***

El distrito B tiene una distancia lineal de 696 metros de cobertura desde la fibra troncal de 24 hilos, la cantidad de fibra óptica de seis hilos utilizada es de 696 metros más una reserva del 10 % lo que significa que la cantidad de fibra óptica utilizada es de 703 metros aproximadamente.

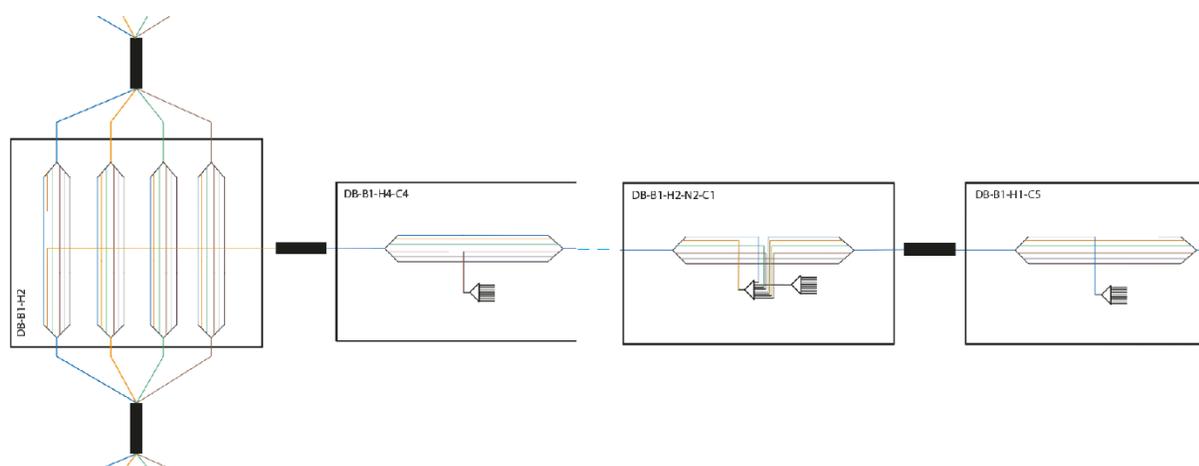
Este distrito se representa en el diseño con un segmento lineal de color amarillo, se representa en la siguiente figura:

**Figura 52***Despliegue de planta externa Distrito B*

El hilo que se utiliza para el despliegue de este distrito es el hilo naranja del buffer azul de la fibra de 24 hilos, este se va a empalmar con el hilo naranja del buffer azul de la fibra de 6 hilos, y se despliega 4 cajas hacia adelante, desde donde se implementará la caja de nivel N2 correspondiente a este distrito y la primera caja de clientes.

Para hacer una reutilización de los hilos, desde este punto se alimenta hacia las cajas anteriores la fibra azul, verde y café, de igual forma hacia las cajas siguientes se alimenta las fibras azul, naranja, verde y café.

Dejamos el hilo blanco como hilo de backup como se aprecia en el diagrama unifilar.

**Figura 53***Diagrama Unifilar Distrito B*

Se adjunta también la tabla de ubicaciones geográficas que poseen cada una de las cajas de nivel como de clientes.

**Tabla 15***Datos de Distrito B*

Identificador	Tipo de caja	Tipo de Spliteo	Distancia a Oficina Central	Latitud	Longitud
DB-B1-H2	Punto de Fusión Fibra de 24 h con fibra de 6 hilos	N/A	667.7 m	0°12'27.90"S	78°22'32.20"O
DB-B1-H4-C4	Caja de cliente/dispersión	1:8	759 m	0°12'29.74"S	78°22'34.17"O

<b>Identificador</b>	<b>Tipo de caja</b>	<b>Tipo de Spliteo</b>	<b>Distancia a Oficina Central</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
DB-B1-H3-C3	Caja de cliente/dispersión	1:8	861.3 m	0°12'31.71"S	78°22'35.38"O
DB-B1-H1-C2	Caja de cliente/dispersión	1:8	971.3 m	0°12'33.69"S	78°22'37.94"O
DB-B1-H2-N2-C1	Caja de nivel/ distribución Caja de cliente/ dispersión	1:8  1:8	1067 m	0°12'35.48"S	78°22'40.15"O
DB-B1-H1-C5	Caja de cliente/dispersión	1:8	1137.4 m	0°12'34.04"S	78°22'41.62"O
DB-B1-H2-C6	Caja de cliente/dispersión	1:8	1265 m	0°12'31.54"S	78°22'44.28"O
DB-B1-H3-C7	Caja de cliente/dispersión	1:8	1331 m	0°12'29.95"S	78°22'45.57"O
DB-B1-H4-C8	Caja de cliente/dispersión	1:8	1431.1 m	0°12'28.47"S	78°22'48.12"O

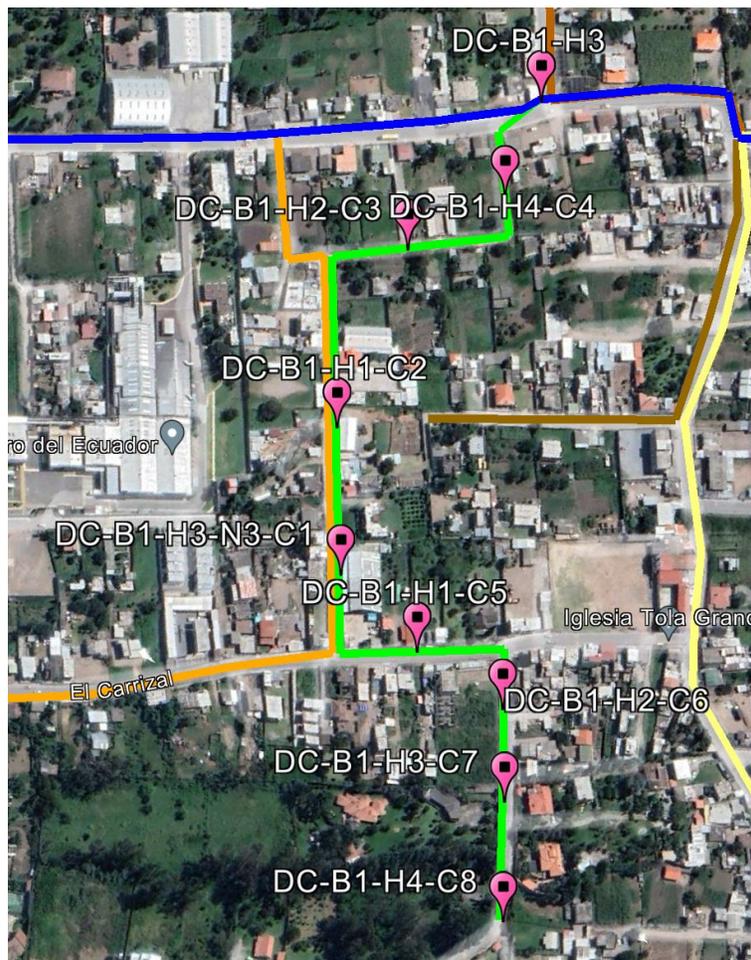
### ***Distrito C***

El distrito C tiene una distancia lineal de 758 metros de cobertura desde la fibra troncal de 24 hilos, la cantidad de fibra óptica de seis hilos utilizada es de 758 metros más una reserva del 10 % lo que significa que la cantidad de fibra óptica utilizada es de 765 metros aproximadamente.

Este distrito se representa en el diseño con un segmento lineal de color amarillo, se representa en la siguiente figura:

### **Figura 54**

*Despliegue de planta externa Distrito C*



El hilo que se utiliza para el despliegue de este distrito es el hilo verde del buffer azul de la fibra de 24 hilos, este se va a empalmar con el hilo verde del buffer azul de la fibra de 6 hilos,

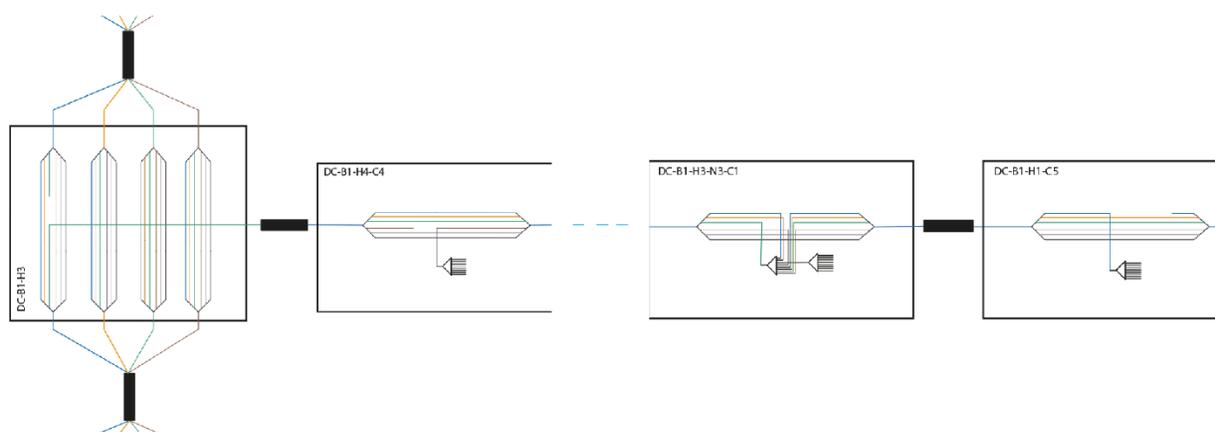
y se despliega 4 cajas hacia adelante, desde donde se implementará la caja de nivel N3 correspondiente a este distrito y la primera caja de clientes.

Para hacer una reutilización de los hilos, desde este punto se alimenta hacia las cajas anteriores la fibra azul, naranja y café, de igual forma hacia las cajas siguientes se alimenta las fibras azul, naranja, verde y café.

Dejamos el hilo blanco como hilo de backup como se aprecia en el diagrama unifilar.

### Figura 55

*Diagrama Unifilar Distrito C*



Se adjunta también la tabla de ubicaciones geográficas que poseen cada una de las cajas de nivel como de clientes.

**Tabla 16***Datos de Distrito C*

<b>Identificador</b>	<b>Tipo de caja</b>	<b>Tipo de Spliteo</b>	<b>Distancia a Oficina Central</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
DC-B1-H3	Punto de Fusión Fibra de 24 h con fibra de 6 hilos	N/A	856.9 m	0°12'31.90"S	78°22'28.30"O
DC-B1-H4-C4	Caja de cliente/dispersión	1:8	935 m	0°12'32.51"S	78°22'30.32"O
DC-B1-H2-C3	Caja de cliente/dispersión	1:8	1039.5 m	0°12'31.58"S	78°22'32.45"O
DC-B1-H1-C2	Caja de cliente/dispersión	1:8	1211.1 m	0°12'32.68"S	78°22'36.32"O
DC-B1-H3-N3- C1	Caja de nivel/ distribución Caja de cliente/ dispersión	1:8  1:8	1317.8 m	0°12'34.65"S	78°22'38.71"O

Identificador	Tipo de caja	Tipo de Spliteo	Distancia a Oficina Central	Latitud	Longitud
DC-B1-H1-C5	Caja de cliente/dispersión	1:8	1427.8 m	0°12'36.92"S	78°22'39.00"O
DC-B1-H2-C6	Caja de cliente/dispersión	1:8	1534.5 m	0°12'39.07"S	78°22'38.84"O
DC-B1-H3-C7	Caja de cliente/dispersión	1:8	1601.6 m	0°12'40.31"S	78°22'40.39"O
DC-B1-H4-C8	Caja de cliente/dispersión	1:8	1687.4 m	0°12'41.85"S	78°22'42.41"O

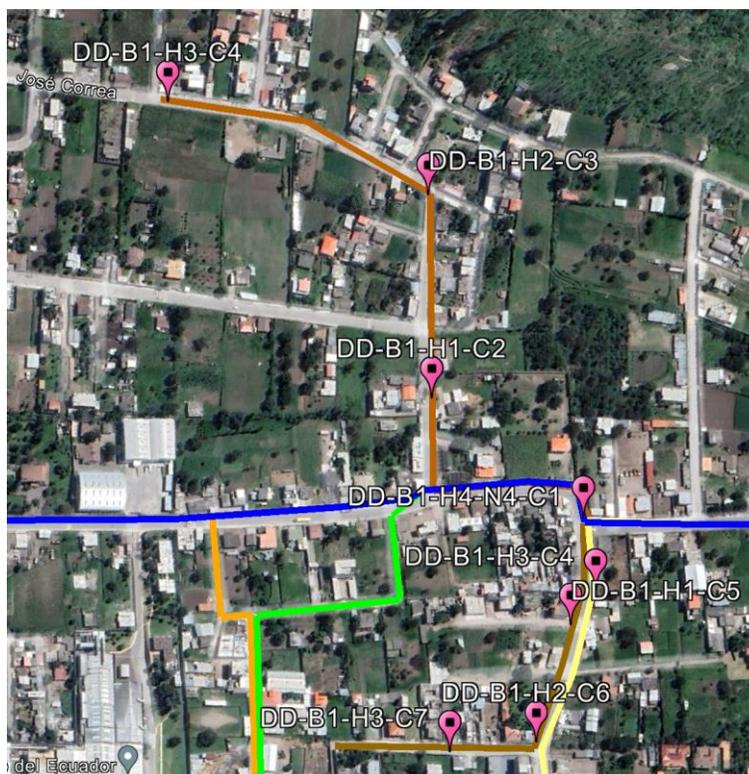
### ***Distrito D***

El distrito D se divide en dos ramales que se dirigen hacia dos sectores opuestos laterales a la fibra troncal de 24 hilos, la cantidad de fibra óptica de seis hilos que parte en la dirección superior tiene 609 metros y la que parte hacia la dirección opuesta es de 346 metros, más una reserva del 10% lo que significa que la cantidad de fibra óptica utilizada es de 615 metros y 349 metros, respectivamente.

Este distrito se representa en el diseño con un segmento linear de color café, se representa en la siguiente figura:

**Figura 56**

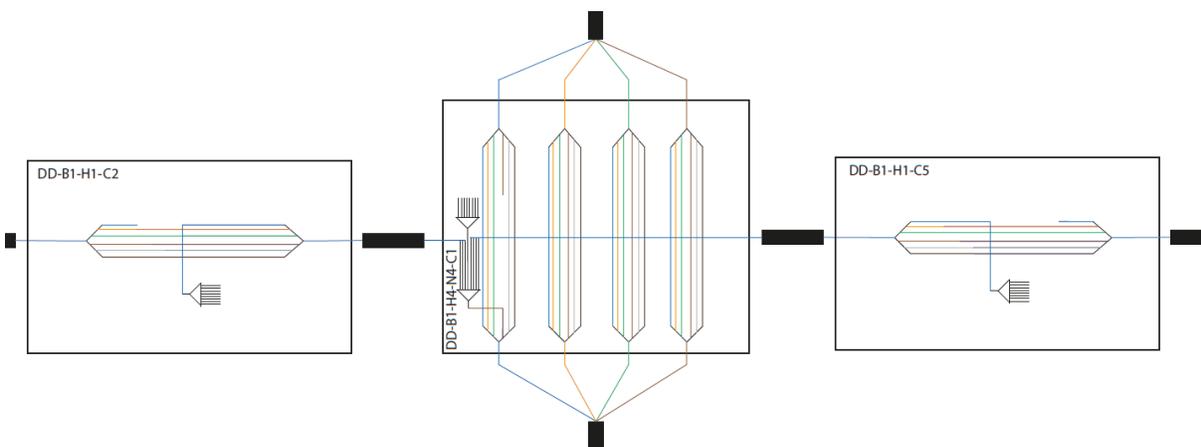
*Despliegue de planta externa Distrito D*



El hilo que se utiliza para el despliegue de este distrito es el hilo café del buffer azul de la fibra de 24 hilos, este se va a empalmar a un splitter 1:8 creando la caja de nivel N4 para así obtener tres hilos que se empalmarán con la fibra de 6 hilos dirigidos hacia la parte superior formando 3 cajas; un hilo del splitter para clientes y finalmente, los últimos 4 hilos se empalman con la fibra de 6 hilos dirigidos hacia la parte inferior formando 4 cajas.

La utilización de los hilos está dada con los hilos azul, naranja y verde hacia la parte superior y con los hilos azul, naranja, verde y café.

Dejamos los hilos restantes como hilos de backup como se aprecia en el diagrama unifilar.

**Figura 57***Diagrama Unifilar Distrito D*

Se adjunta también la tabla de ubicaciones geográficas que poseen cada una de las cajas de nivel como de clientes.

**Tabla 17***Datos de Distrito D*

Identificador	Tipo de caja	Tipo de Spliteo	Distancia a Oficina Central	Latitud	Longitud
DD-B1-H4-N4-C1	Punto de Fusión	1:8	1015.3 m	0°12'35.50"S	78°22'26.30"O
C1	Fibra de 24 h con fibra de 6 hilos				
	Caja de nivel/ distribución				
	Caja de cliente/ dispersión				

<b>Identificador</b>	<b>Tipo de caja</b>	<b>Tipo de Spliteo</b>	<b>Distancia a Oficina Central</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
DD-B1-H1-C2	Caja de cliente/dispersión	1:8	1255.1 m	0°12'30.54"S	78°22'26.29"O
DD-B1-H2-C3	Caja de cliente/dispersión	1:8	1427.8 m	0°12'27.25"S	78°22'22.24"O
DD-B1-H3-C4	Caja de cliente/dispersión	1:8	1676.4 m	0°12'20.45"S	78°22'24.48"O
DD-B1-H1-C5	Caja de nivel/ distribución Caja de cliente/ dispersión	1:8  1:8	1219.9 m	0°12'36.95"S	78°22'28.69"O
DD-B1-H2-C6	Caja de cliente/dispersión	1:8	1228.7 m	0°12'38.13"S	78°22'31.63"O
DD-B1-H3-C7	Caja de cliente/dispersión	1:8	1302.4 m	0°12'36.52"S	78°22'33.22"O
DD-B1-H4-C8	Caja de cliente/dispersión	1:8	1403.6 m	0°12'34.20"S	78°22'35.06"O

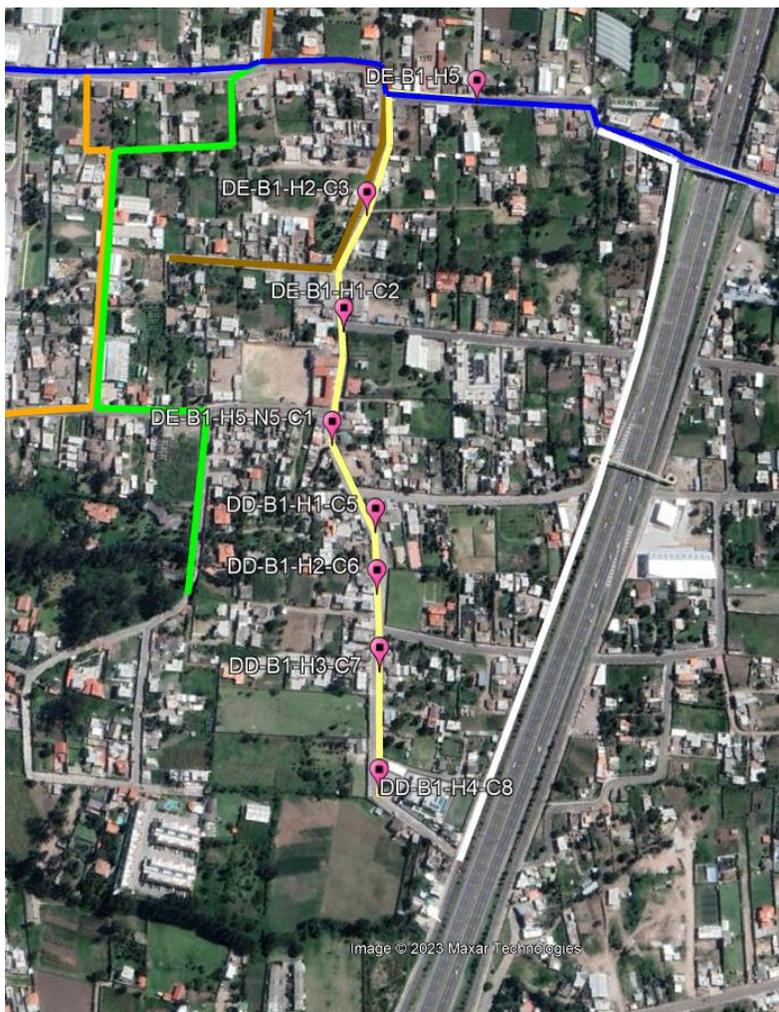
### ***Distrito E***

El distrito E tiene una distancia lineal de 800 metros de cobertura desde la fibra troncal de 24 hilos, la cantidad de fibra óptica de seis hilos utilizada es de 800 metros más una reserva del 10 % lo que significa que la cantidad de fibra óptica utilizada es de 880 metros aproximadamente.

Este distrito se representa en el diseño con un segmento linear de color amarillo, se representa en la siguiente figura:

### **Figura 58**

*Despliegue de planta externa Distrito E*



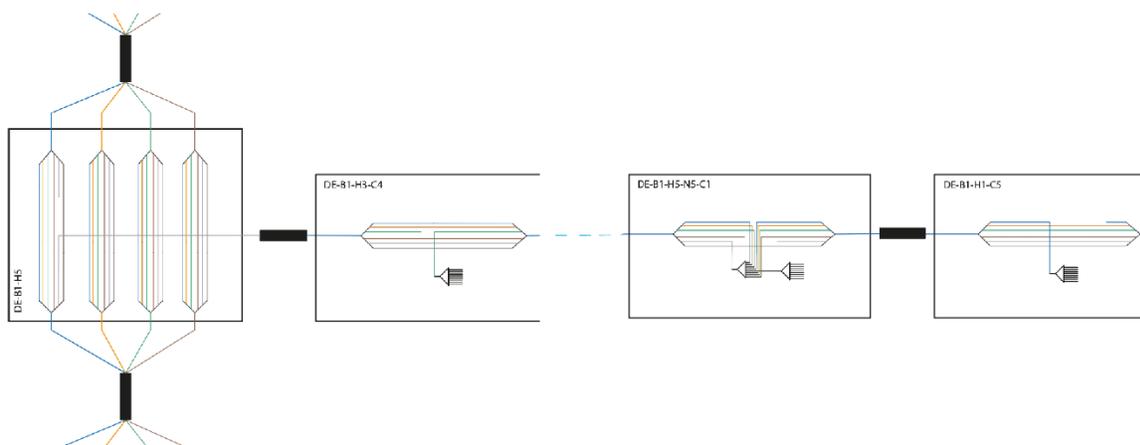
El hilo que se utiliza para el despliegue de este distrito es el hilo gris del buffer azul de la fibra de 24 hilos, este se va a empalmar con el hilo gris del buffer azul de la fibra de 6 hilos, y se despliega 4 cajas hacia adelante, desde donde se implementará la caja de nivel N5 correspondiente a este distrito y la primera caja de clientes.

Para hacer una reutilización de los hilos, desde este punto se alimenta hacia las cajas anteriores la fibra azul, naranja y verde, de igual forma hacia las cajas siguientes se alimenta las fibras azul, naranja, verde y café.

Dejamos el hilo blanco como hilo de backup como se aprecia en el diagrama unifilar.

### Figura 59

*Diagrama Unifilar Distrito E*



Se adjunta también la tabla de ubicaciones geográficas que poseen cada una de las cajas de nivel como de clientes.

**Tabla 18***Datos de Distrito E*

<b>Identificador</b>	<b>Tipo de caja</b>	<b>Tipo de Spliteo</b>	<b>Distancia a Oficina Central</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
DE-B1-H5	Punto de Fusión Fibra de 24 h con fibra de 6 hilos	N/A	1115.4 m	0°12'38.00"S	78°22'24.70"O
DE-B1-H3-C4	Caja de cliente/dispersión	1:8	1270.5 m	0°12'36.91"S	78°22'27.59"O
DE-B1-H2-C3	Caja de cliente/dispersión	1:8	1354.1 m	0°12'37.84"S	78°22'29.78"O
DE-B1-H1-C2	Caja de cliente/dispersión	1:8	1488.3 m	0°12'39.82"S	78°22'33.06"O
DE-B1-H5-N5- C1	Caja de nivel/ distribución Caja de cliente/ dispersión	1:8  1:8	1609.3 m	0°12'41.98"S	78°22'35.99"O

<b>Identificador</b>	<b>Tipo de caja</b>	<b>Tipo de Spliteo</b>	<b>Distancia a Oficina Central</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
DE-B1-H1-C5	Caja de cliente/dispersión	1:8	1712.7 m	0°12'44.83"S	78°22'37.13"O
DE-B1-H2-C6	Caja de cliente/dispersión	1:8	1780.9 m	0°12'46.15"S	78°22'38.53"O
DE-B1-H3-C7	Caja de cliente/dispersión	1:8	1863.4 m	0°12'47.82"S	78°22'40.26"O
DE-B1-H4-C8	Caja de cliente/dispersión	1:8	1987.7 m	0°12'50.30"S	78°22'43.03"O

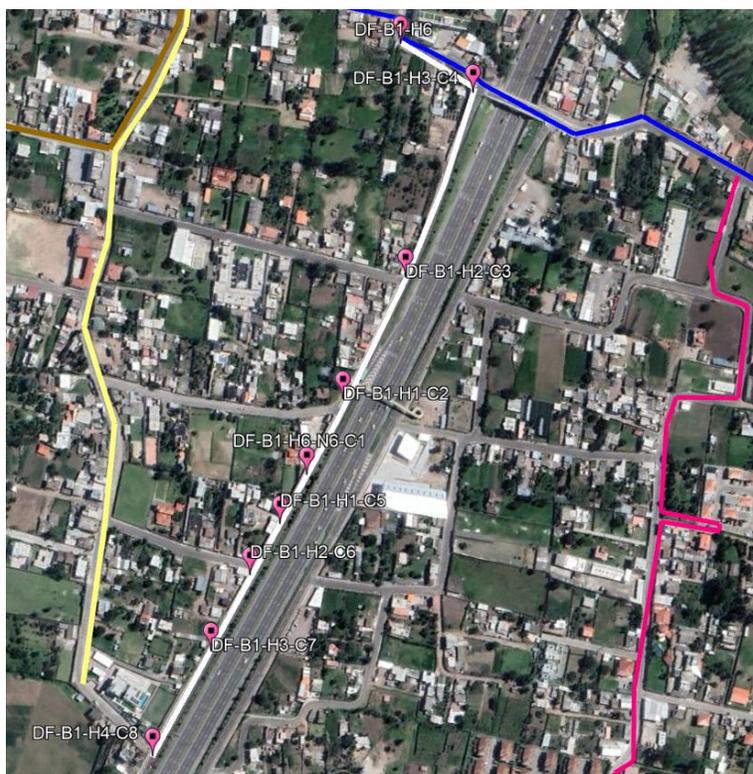
### ***Distrito F***

El distrito F tiene una distancia lineal de 794 metros de cobertura desde la fibra troncal de 24 hilos, la cantidad de fibra óptica de seis hilos utilizada es de 794 metros más una reserva del 10 % lo que significa que la cantidad de fibra óptica utilizada es de 873 metros aproximadamente.

Este distrito se representa en el diseño con un segmento lineal de color blanco, se representa en la siguiente figura:

## Figura 60

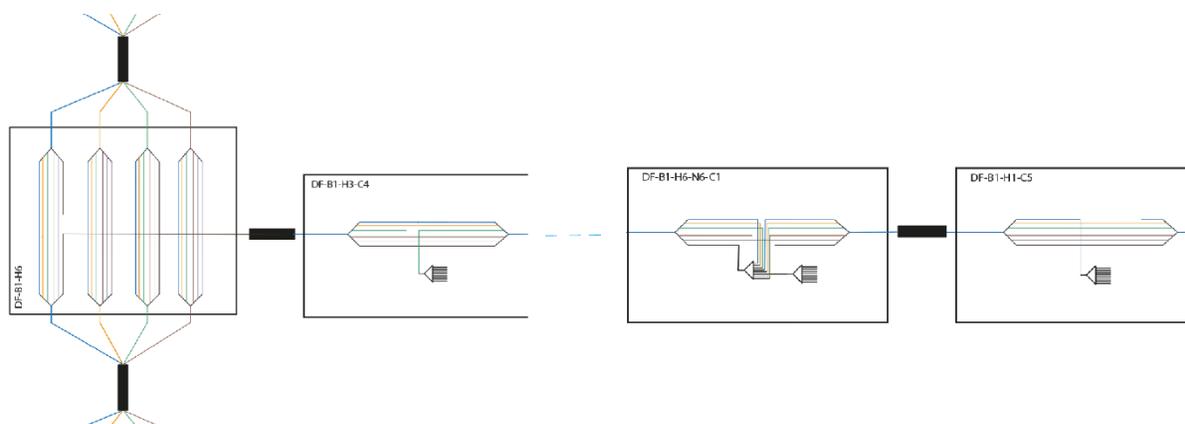
### Despliegue de planta externa Distrito F



El hilo que se utiliza para el despliegue de este distrito es el hilo blanco del buffer azul de la fibra de 24 hilos, este se va a empalmar con el hilo blanco del buffer azul de la fibra de 6 hilos, y se despliega 4 cajas hacia adelante, desde donde se implementará la caja de nivel N6 correspondiente a este distrito y la primera caja de clientes.

Para hacer una reutilización de los hilos, desde este punto se alimenta hacia las cajas anteriores la fibra azul, naranja y verde, de igual forma hacia las cajas siguientes se alimenta las fibras azul, naranja, verde y café.

Dejamos el hilo gris como hilo de backup como se aprecia en el diagrama unifilar.

**Figura 61***Diagrama Unifilar Distrito F*

Se adjunta también la tabla de ubicaciones geográficas que poseen cada una de las cajas de nivel como de clientes.

**Tabla 19***Datos de Distrito F*

Identificador	Tipo de caja	Tipo de Spliteo	Distancia a Oficina Central	Latitud	Longitud
DF-B1-H6	Punto de Fusión Fibra de 24 h con fibra de 6 hilos	N/A	1258.4m	0°12'41.50"S	78°22'22.80"O
DF-B1-H3-C4	Caja de cliente/dispersión	1:8	1349.7 m	0°12'44.10"S	78°22'22.05"O

<b>Identificador</b>	<b>Tipo de caja</b>	<b>Tipo de Spliteo</b>	<b>Distancia a Oficina Central</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
DF-B1-H2-C3	Caja de cliente/dispersión	1:8	1558.7 m	0°12'47.12"S	78°22'27.32"O
DF-B1-H1-C2	Caja de cliente/dispersión	1:8	1702.8 m	0°12'48.77"S	78°22'31.23"O
DF-B1-H6-N6- C1	Caja de nivel/ distribución Caja de cliente/ dispersión	1:8  1:8	1791.9 m	0°12'49.85"S	78°22'33.60"O
DF-B1-H1-C5	Caja de cliente/dispersión	1:8	1853.5 m	0°12'50.48"S	78°22'35.21"O
DF-B1-H2-C6	Caja de cliente/dispersión	1:8	1915.1 m	0°12'51.10"S	78°22'36.94"O
DF-B1-H3-C7	Caja de cliente/dispersión	1:8	2003.1m	0°12'52.12"S	78°22'39.37"O
DF-B1-H4-C8	Caja de cliente/dispersión	1:8	2131.8 m	0°12'53.46"S	78°22'42.86"O

***Distrito G***

El Distrito G posee dos subdistritos actualmente, con la probabilidad de crecer a más subdistritos, esto se debe principalmente a la implementación de una caja de derivación o de medio nivel que nos permite aumentar mayor cantidad de abonados por este distrito debido a su gran densidad poblacional.

En este punto poseemos una derivación o spliteo 1:2, una distribución o nivel con spliteo 1:8 y una dispersión o caja de clientes con spliteo 1:8. Se identifica con el nombre DG-B2-H1-1/2-N7-C1.

Este distrito se encuentra a 1393m desde la oficina central y la cantidad de fibra de 24 hilos utilizada es de 1532 m.

Los subdistritos se detallan a continuación:

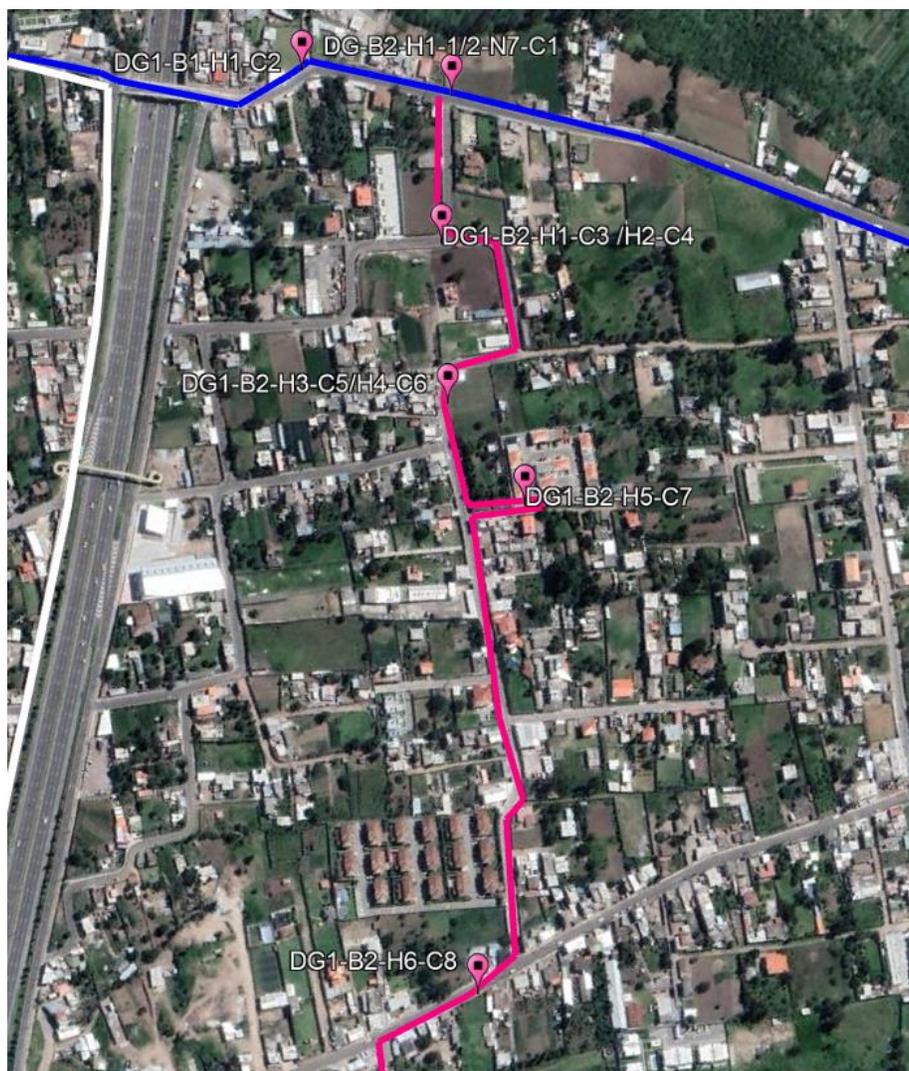
***Distrito G1***

El distrito G1 tiene una distancia lineal de 231 metros de retorno hacia su segunda caja de clientes utilizando la fibra troncal de 24 hilos, mientras que para el despliegue de las siguientes cajas de clientes se utiliza una fibra de 12 hilos, de la cual usaremos el buffer naranja fusionado sus primeros seis hilos a las salidas de la caja de nivel. La distancia lineal de este despliegue es de 998 metros.

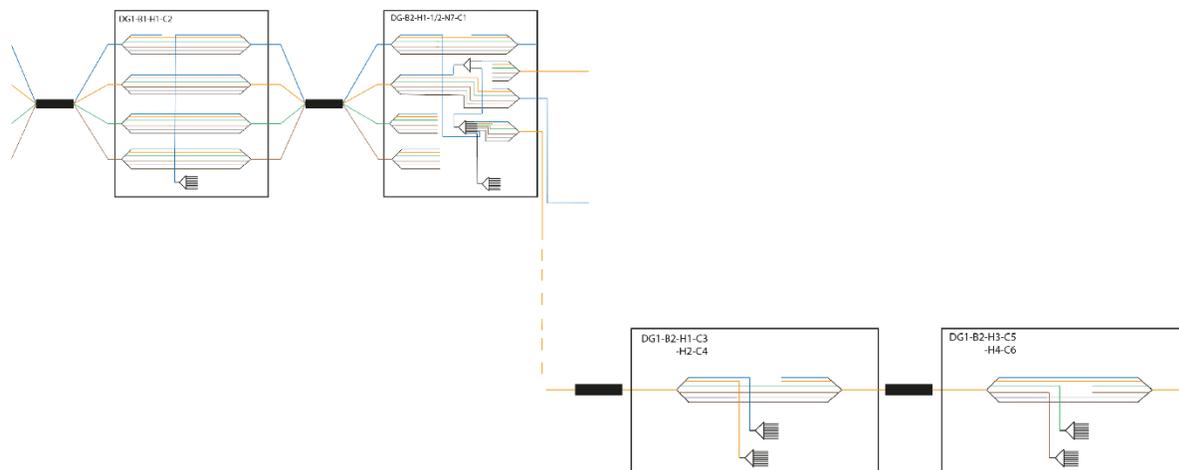
Este distrito se representa en el diseño con un segmento lineal de rosado, y se representa en la siguiente figura:

**Figura 62**

*Despliegue de planta externa Distrito G subdistrito G1*



Este subdistrito tiene 3 niveles de spliteo y se aprecian en el diagrama unifilar, para este subdistrito se implementa la caja de nivel N7 después del medio nivel y antes de la fusión con la fibra óptica de 12 hilos.

**Figura 63***Diagrama Unifilar Distrito G subdistrito G1*

Se adjunta también la tabla de ubicaciones geográficas que poseen cada una de las cajas de nivel como de clientes.

**Tabla 20***Datos de Distrito G subdistrito G1*

Identificador	Tipo de caja	Tipo de Spliteo	Distancia a Oficina Central	Latitud	Longitud
DG-B2-H1-1/2-N7-C1	Caja de derivación	1:2	1658.8 m	0°12'51.60"S	78°22'17.20"O
	Caja de Nivel/distribución	1:8			
	Caja de cliente/dispersión	1:8			

<b>Identificador</b>	<b>Tipo de caja</b>	<b>Tipo de Spliteo</b>	<b>Distancia a Oficina Central</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
DG1-B1-H1-C2	Caja de cliente/dispersión	1:8	1799.6 m	0°12'48.00"S	78°22'18.80"O
DG1-B2-H1-C3/ H2-C4	Caja de cliente/dispersión	1:8	1780.9 m	0°12'53.50"S	78°22'20.60"O
DG1-B2-H3-C5/ H4-C6	Caja de cliente/dispersión	1:8	2017.4 m	0°12'55.90"S	78°22'24.00"O
DG1-B2-H5-C7	Caja de cliente/dispersión	1:8	2163.7 m	0°12'59.00"S	78°22'25.10"O
DG1-B2-H6-C8	Caja de cliente/dispersión	1:8	2682.9 m	0°13'4.90"S	78°22'36.40"O

## ***Distrito G2***

El distrito G2 tiene una distancia lineal de 903 metros utilizando el hilo azul del buffer naranja de la fibra de 24 hilos, esto quiere decir que la implementación de este distrito se hará reutilizando los hilos de este buffer de la fibra troncal.

Este distrito se representa en el diseño con un segmento lineal azul de la red troncal, y se representa en la siguiente figura:

### **Figura 64**

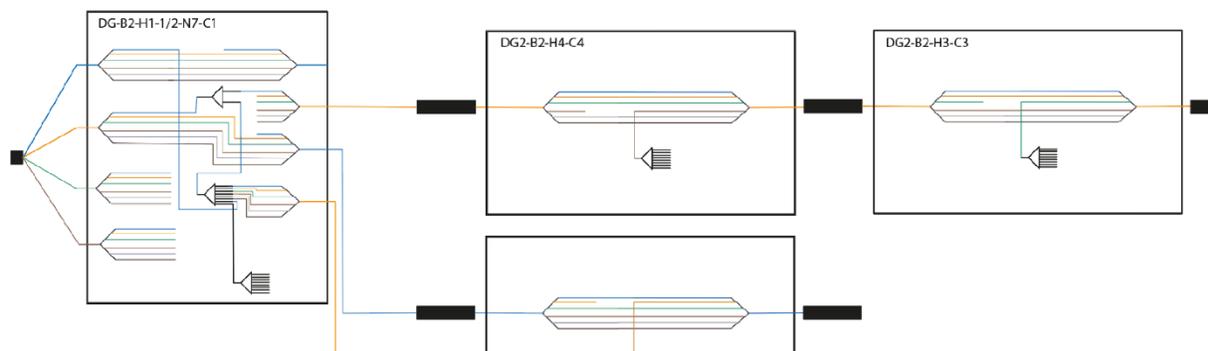
*Despliegue de planta externa Distrito G subdistrito G2*



Este subdistrito también obedece una estructura con 3 niveles de spliteo, un medio nivel en la zona principal DG, la caja de nivel o distribución cuatro cajas más adelante lo que nos permite reutilizar los hilos del buffer naranja y sus respectivas cajas de clientes. Esto puede apreciarse en el diagrama unifilar.

**Figura 65**

Diagrama Unifilar Distrito G subdistrito G2



Se adjunta también la tabla de ubicaciones geográficas que poseen cada una de las cajas de nivel como de clientes.

**Tabla 21**

Datos de Distrito G subdistrito G2

Identificador	Tipo de caja	Tipo de Spliteo	Distancia a Oficina Central	Latitud	Longitud
DG-B2-H1-1/2-N7-C1	Caja de derivación	1:2	1658.8 m	0°12'51.60"S	78°22'17.20"O
DG2-B2-H4-C4	Caja de cliente/dispersión	1:8	2027.3 m	0°13'2.00"S	78°22'14.40"O

<b>Identificador</b>	<b>Tipo de caja</b>	<b>Tipo de Spiteo</b>	<b>Distancia a Oficina Central</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
DG2-B2-H3-C3	Caja de cliente/dispersi ón	1:8	2255 m	0°13'8.40"S	78°22'12.90"O
DG2-B2-H2-C2	Caja de cliente/dispersi ón	1:8	2437.6 m	0°13'13.74"S	78°22'12.04"O
DG2-B2-H1-N8- C1	Caja de nivel/ distribución Caja de cliente/ dispersión	1:8  1:8	2648.8 m	0°13'19.85"S	78°22'10.26"O

## Capítulo IV

### Evaluación y Análisis de la Red

#### PRTG

Se trata de un software capaz de monitorear infraestructuras de redes, con la opción de evaluar sistemas, conexiones de red, aplicaciones, tráfico y dispositivos como switches, servidores y routers obteniendo el tiempo de actividad y ancho de banda. La instalación se hace de forma local en la misma red del servidor, siendo ejecutado con una interfaz web (Paessler, 2023).

Cuenta con la opción de ejecutar una detección automática de la red creando la lista de dispositivos con la información que va obteniendo durante su proceso de análisis. Este software está basado en sensores los cuales se tratan de métricas que muestran la información de los parámetros de la red como, por ejemplo, uso del CPU, tráfico, temperatura, uso de recursos o estado del sistema (Paessler, 2023).

#### Instalación del PRTG

El primer paso para empezar la instalación es conseguir el software mediante la descarga de la página oficial [paessler.com/es](https://paessler.com/es), como se ve en la siguiente figura.

#### Figura 66

*Página web de descarga del software PRTG*



La página nos entrega la clave de licencia que nos servirá para activar el programa durante la instalación guiada. Ejecutamos el instalador y seguimos los pasos de instalación hasta finalizarla, es entonces que se ejecuta en el navegador, en donde nos muestra la interfaz que se dispone el software con sus múltiples herramientas.

Este programa hace un discovery automático que no es recomendado, dado que el usuario debe asegurarse de hacer un monitoreo completamente nuevo generando el árbol de dispositivos según el criterio y selección del administrador.

En la pestaña “configuración” se hacen los cambios relacionados a la información de nuestros equipos, ubicación, credenciales y demás.

El descubrimiento de los dispositivos se va dando poco a poco mostrando información de los sensores como el estado del core, sistema, tráfico de la tarjeta de red, espacio en el disco que marcan de color verde que significa que no se presentan conflictos, como indica la siguiente figura.

**Figura 67**

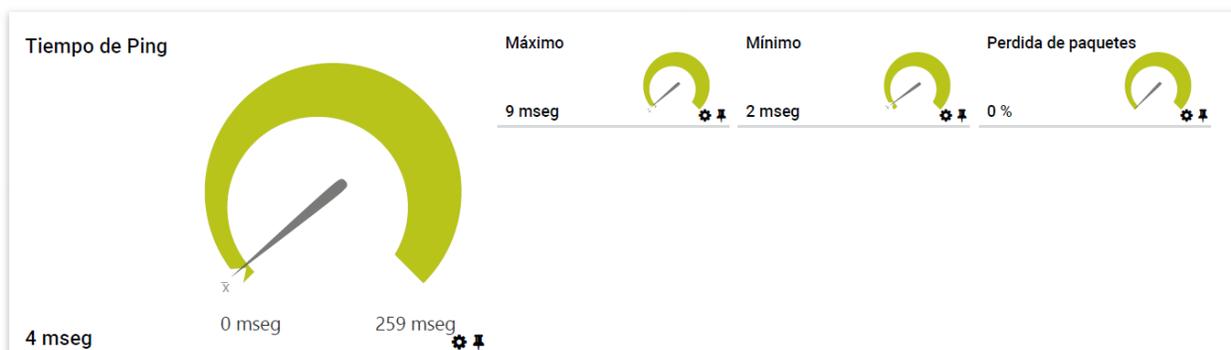
*Ventana con la información de la red*



Al ingresar en un sensor estamos abriendo una medición de un dispositivo, cada sensor es una métrica, y dentro de cada métrica podríamos ver varios canales, como por ejemplo en un sensor ping nos muestra los canales de máximo, mínimo tiempo en milisegundos y paquetes perdidos, como muestra la siguiente figura.

**Figura 68**

*Sensor Ping de la ventana PRTG*



## Pruebas PRTG

Para que el software empiece a hacer el escaneo de la red, se conecta el equipo a dicha red mediante un IP estática en el mismo rango de direcciones dispuestas por el router de la empresa, como en el caso de la siguiente pregunta se guarda la dirección 172.17.3.3.

**Figura 69**

*Dirección IP asignada a la máquina de monitorización*



✓ **Sensor Ping** ★★★★★

El escaneo se hace el tiempo necesario para presentar resultados que reflejen la suficiente información para obtener conclusiones del estado de la red, basándose principalmente en tres parámetros o sensores: ping, jitter y http, el ejemplo de la Figura 68 muestra el tiempo de ping para la dirección mencionada anteriormente.

Los valores entregados para los parámetros de máximo, mínimo, pérdida de paquetes, tiempo de inactividad y tiempo de ping, se muestra en la siguiente figura.

**Figura 70**

*Valores relacionados al tiempo de ping*

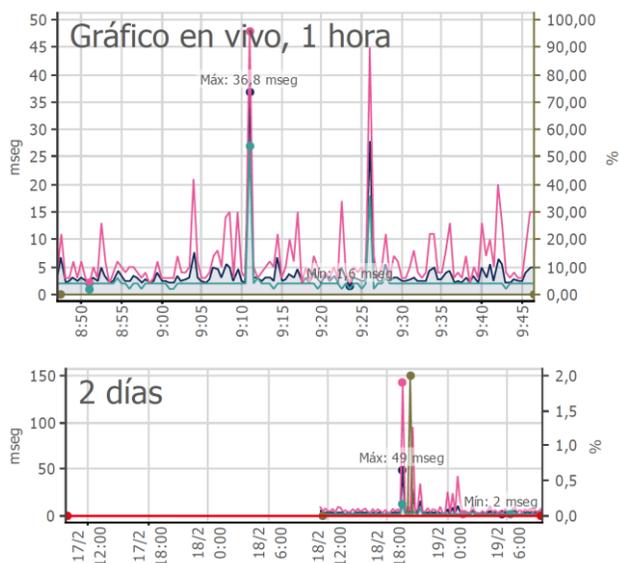
Canal ▾	ID ⇅	Último valor ⇅	Mínimo ⇅	Máximo ⇅	
Máximo	2	9 mseg	2 mseg	904 mseg	🔍
Mínimo	1	2 mseg	1 mseg	61 mseg	🔍
Perdida de paquetes	3	0 %	0 %	20 %	🔍
Tiempo de inactividad	-4				🔍
Tiempo de Ping	0	4 mseg	2 mseg	259 mseg	🔍

El tiempo de latencia aceptable según los estándares definidos por la UIT-T (G.114), son de máximo 125 ms, por lo que el valor de 4 ms se encuentra dentro de este rango (UIT-T, 2003).

El software también nos entrega la gráfica de cómo se ha ido dando el tiempo de ping a lo largo del tiempo que ha estado monitoreando la red, como se observa en la siguiente figura.

**Figura 71**

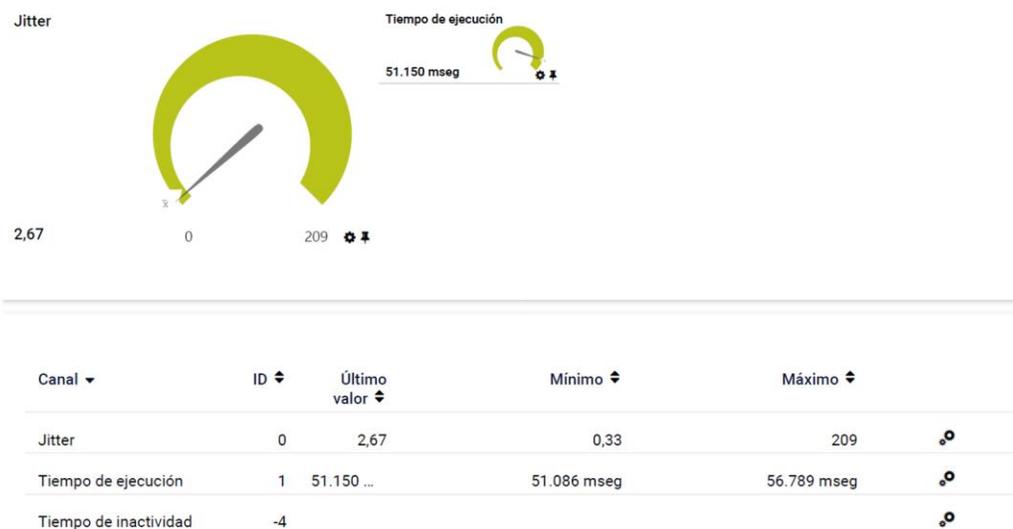
*Gráfico ms vs tiempo de monitorización*



El jitter evaluado en la dirección 172.17.3.3 nos entrega un valor 2.67 ms que está dentro del rango de valores aceptables según el estándar IETF RFC 3550 RTP que requiere que sea menor 20 ms (IETF, 2003), como se muestra en la siguiente figura .

**Figura 72**

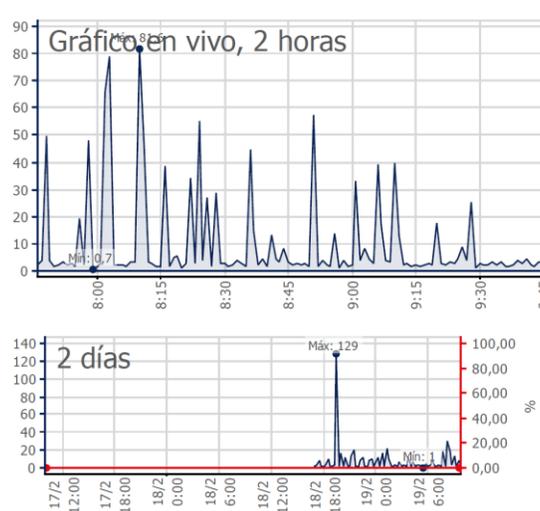
*Valor de Jitter*



La gráfica muestra un máximo de 81.6 ms y un mínimo de 0.7 ms en un rango de tiempo de 2 horas, mostrando varias fluctuaciones, como indica la siguiente figura.

**Figura 73**

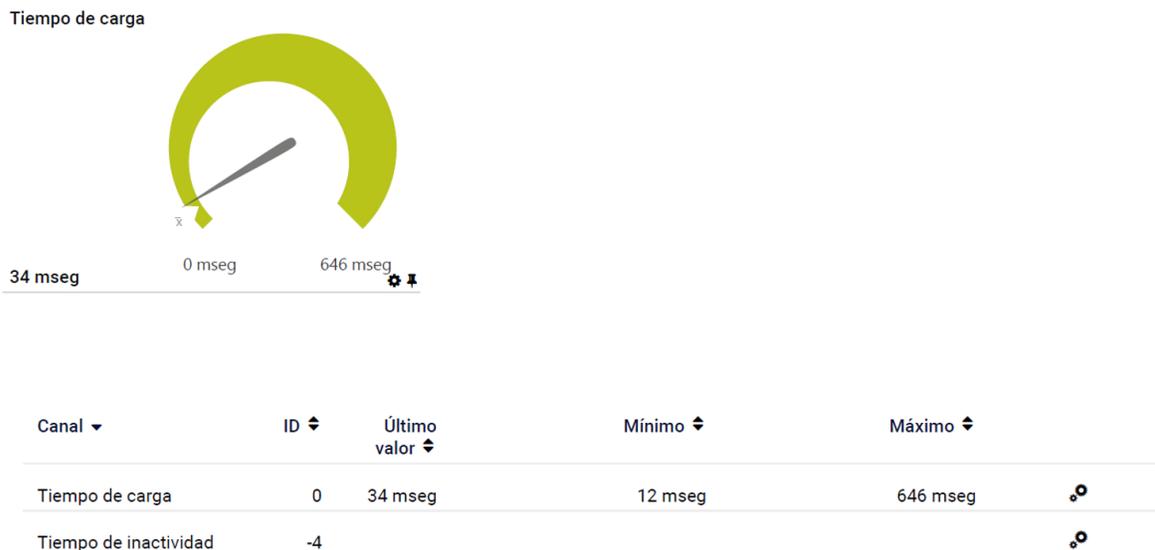
*Gráfico de tiempo de jitter*



El tiempo de carga es aquel que evalúa el tiempo que tarde una página HTTP cuando se ingresa en el navegador, mostrando los siguientes resultados.

### Figura 74

*Valor de tiempo de carga HTTP*



El gráfico muestra las fluctuaciones que tiene los valores del tiempo de carga a lo largo de 2 horas, mostrando un nivel máximo de 646 ms y un mínimo de 18 ms, como indica la siguiente figura. El nivel máximo de 646 ms se considera un comportamiento anómalo al ser un pico fuera del performance natural, el tiempo de 18 ms es el valor natural de respuesta de la red y se estima como un valor excelente ya que de acuerdo con la UIT-T (G.1030) el tiempo óptimo de respuesta HTTP son 553 ms considerando 99 ms de tiempo de handshake más 454 ms de tiempo de transferencia de datos. (Union Internacional de Telecomunicaciones, 2014)

**Figura 75**

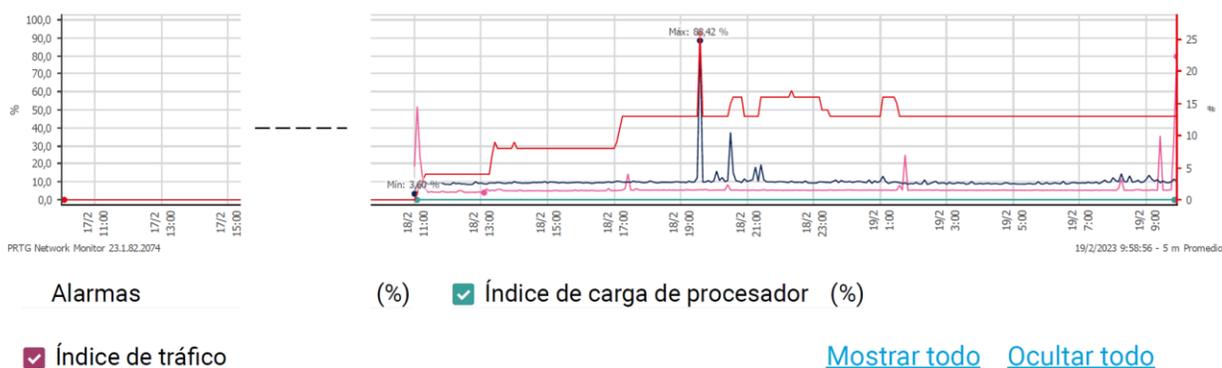
Gráfico de tiempo de carga HTTP



La monitorización general de los equipos muestra la gráfica con los índices de tráfico, índice de tiempo de respuesta e índice de carga de procesador, durante todo el proceso, como indica la siguiente figura.

**Figura 76**

Gráfico de monitorización



Los valores detallados del gráfico de monitorización también pueden ser generados por el software de forma que indican la hora a la que se presentan problemas en la red y nos entrega la posibilidad de analizarlos con más precisión, como se muestra en la siguiente figura.

## Figura 77

### Datos de monitorización detallada

#### Datos

Elementos: 50

Fecha Hora	Índice de tiempo de respuesta	Índice de carga de procesador	Índice de tráfico	Alarmas	Cobertura
<b>Promedios (de 276 valores)</b>	10 %	0 %	6,23 %	12 #	47 %
Fecha Hora ^	Índice de tiempo de respuesta ↕	Índice de carga de procesador ↕	Índice de tráfico ↕	Alarmas ↕	Cobertura ↕
19/2/2023 9:50:00 - 9:55:00	10 %	0 %	80 %	13 #	100 %
19/2/2023 9:45:00 - 9:50:00	11 %	0 %	36 %	13 #	100 %

<< < 1 a 50 de 576 > >>

Se toma un grupo de direcciones de equipos ONU de diferentes sectores de la red para hacer la monitorización y evaluar si los valores de ping, jitter y tiempo de carga se ajustan a los valores adecuados para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y así cubrir los estándares de calidad con el que se entregará el servicio al cliente, la siguiente table resume los valores obtenidos durante el proceso de monitorización.

**Tabla 22**

#### Valores de ping, jitter y tiempo de carga

Dirección	Ping	Jitter	Tiempo de carga
172.17.3.3	4 ms	2.67 ms	34 ms
172.17.3.36	8 ms	5.71 ms	24 ms
172.17.3.81	4 ms	1.66 ms	23 ms
172.17.3.84	6 ms	4.01 ms	26 ms
172.17.3.87	6 ms	3.77 ms	27 ms

Como se puede observar, el valor de ping se encuentra por debajo de la recomendación de 125 ms según el estándar UIT-T (G.114); el valor de jitter por debajo de 20 ms se considera un jitter aceptable que no obtendrá un impacto notable en la conexión según el estándar IETF RFC 3550 RTP y finalmente el tiempo de carga garantiza que se minimice la posibilidad de no

cumplir con los estándares de experiencia de usuario, por debajo de los 553 ms según el estándar UIT-T (G.1030), los valores se consideran aceptables.

### **Presupuesto de potencia óptica**

En los sistemas de telecomunicaciones con tecnología FTTH se debe considerar una potencia adecuada para llegar al receptor, esta potencia posee un rango que se debe respetar ya que si este valor es muy bajo o débil la ONU del cliente no podrá interpretar la información recibida y si se recibe una potencia muy alta esta puede saturar al equipo ONU del cliente e incluso puede afectar y dañar al puerto PON del receptor.

Para evaluar nuestra red y asegurarnos que los valores manejados dentro de nuestro presupuesto sean los correctos nos basamos en el siguiente cálculo:

$$\text{Potencia del receptor} = \text{Potencia del transmisor} - \text{Atenuación del enlace}$$

En las atenuaciones del enlace se debe considerar distintos factores y pérdidas, estas se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 23**

*Valores referenciales de atenuación acorde a las normas ANSI/TIA/ISO-IEC*

<b>Componente</b>	<b>Pérdida aproximada</b>
Conectores Acoplados	0.5 dB
Empalme	0.05 dB
Fibra monomodo	0.35 dB/Km a 1310 nm 0.25 dB/Km a 1550 nm
Splitter 1X2	3.7 dB
Splitter 1X4	7.1 dB
Splitter 1X8	10.5 dB
Splitter 1X16	13.7 dB

Entonces, procedemos a desarrollar la fórmula que vamos a aplicar para el cálculo:

$$P_{RX} = P_{TX} - a_{Total}$$

$$P_{RX} = P_{TX} - (a_L * L + n_e * a_e + n_c * a_c)$$

De donde, se entiende que la nomenclatura hace referencia a:

- $P_{RX}$  : Potencia de Recepción, generalmente el valor se encuentra entre -10 dB a -28 dB.
- $P_{TX}$  : Potencia de transmisión, esta potencia es la que se tiene en el puerto PON de la OLT, generalmente 6 dB.
- $a_{Total}$  : Atenuación total del enlace
- $a_L$  : Coeficiente de atenuación de la fibra óptica expresado en dB/Km.
- $L$  : Longitud de fibra óptica presente en el enlace
- $n_e$  : Número de empalmes
- $a_e$  : Atenuación por empalmes
- $n_c$  : Número de conectores
- $a_c$  : Atenuación por conectores.

### Cálculo de presupuesto de Potencia Óptica

Procedemos a realizar el cálculo para cada uno de los distritos considerando la caja de cliente con mayor distancia, ya que este es el punto que poseerá mayor atenuación:

#### ***Distrito A***

**Tabla 24**

*Atenuaciones presentes en el distrito A*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación</b>
Longitud de Fibra	1.072 Km	0.35 dB/Km
Conectores acoplados	5	0.5 dB
Empalmes	7	0.05 dB

Elemento	Cantidad	Atenuación
Splitter Caja de nivel	1* 1:8	10.5 dB
Splitter Caja de clientes	1* 1:8	10.5 dB

$$P_{RX} = P_{TX} - (a_L * L + n_e * a_e + n_c * a_c)$$

$$P_{RX} = 6 - \left( 0.35 \frac{dB}{Km} * 1.072 Km + 7 * 0.05 dB + 5 * 0.5 + 10.5 db + 10.5 dB \right)$$

$$P_{RX} = 6 dBm - 24.22 dB$$

$$P_{RX} = -18.23 dB$$

### **Distrito B**

**Tabla 25**

*Atenuaciones presentes en el distrito B*

Elemento	Cantidad	Atenuación
Longitud de Fibra	1.431 Km	0.35 dB/Km
Conectores acoplados	5	0.5 dB
Empalmes	7	0.05 dB
Splitter Caja de nivel	1* 1:8	10.5 dB
Splitter Caja de clientes	1* 1:8	10.5 dB

$$P_{RX} = 6 - \left( 0.35 \frac{dB}{Km} * 1.431 Km + 7 * 0.05 dB + 5 * 0.5 + 10.5 db + 10.5 dB \right)$$

$$P_{RX} = 6 dBm - 24.35 dB$$

$$P_{RX} = -18.35 dB$$

**Distrito C****Tabla 26***Atenuaciones presentes en el distrito C*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación</b>
Longitud de Fibra	1.687 Km	0.35 dB/Km
Conectores acoplados	5	0.5 dB
Empalmes	7	0.05 dB
Splitter Caja de nivel	1* 1:8	10.5 dB
Splitter Caja de clientes	1* 1:8	10.5 dB

$$P_{RX} = 6 - \left( 0.35 \frac{dB}{Km} * 1.687 Km + 7 * 0.05 dB + 5 * 0.5 + 10.5 db + 10.5 dB \right)$$

$$P_{RX} = 6 dBm - 24.44 dB$$

$$P_{RX} = -18.44 dB$$

**Distrito D****Tabla 27***Atenuaciones presentes en el distrito D*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación</b>
Longitud de Fibra	1.403 Km	0.35 dB/Km
Conectores acoplados	5	0.5 dB
Empalmes	7	0.05 dB
Splitter Caja de nivel	1* 1:8	10.5 dB
Splitter Caja de clientes	1* 1:8	10.5 dB

$$P_{RX} = 6 - \left( 0.35 \frac{dB}{Km} * 1.403 Km + 7 * 0.05 dB + 5 * 0.5 + 10.5 db + 10.5 dB \right)$$

$$P_{RX} = 6 \text{ dBm} - 24.34 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -18.34 \text{ dB}$$

### ***Distrito E***

**Tabla 28**

*Atenuaciones presentes en el distrito E*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación</b>
Longitud de Fibra	1.987 Km	0.35 dB/Km
Conectores acoplados	5	0.5 dB
Empalmes	7	0.05 dB
Splitter Caja de nivel	1* 1:8	10.5 dB
Splitter Caja de clientes	1* 1:8	10.5 dB

$$P_{RX} = 6 - \left( 0.35 \frac{\text{dB}}{\text{Km}} * 1.987 \text{ Km} + 7 * 0.05 \text{ dB} + 5 * 0.5 + 10.5 \text{ dB} + 10.5 \text{ dB} \right)$$

$$P_{RX} = 6 \text{ dBm} - 24.54 \text{ dB}$$

$$P_{RX} = -18.54 \text{ dB}$$

### ***Distrito F***

**Tabla 29**

*Atenuaciones presentes en el distrito F*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación</b>
Longitud de Fibra	2.131 Km	0.35 dB/Km
Conectores acoplados	5	0.5 dB
Empalmes	7	0.05 dB
Splitter Medio nivel	1* 1:2	3.7 dB
Splitter Caja de nivel	1* 1:8	10.5 dB

Elemento	Cantidad	Atenuación
Splitter Caja de clientes	1* 1:8	10.5 dB

$$P_{RX} = 6 - \left( 0.35 \frac{dB}{Km} * 2.131 Km + 7 * 0.05 dB + 5 * 0.5 + 10.5 dB + 10.5 dB \right)$$

$$P_{RX} = 6 dBm - 24.59 dB$$

$$P_{RX} = -18.59 dB$$

### ***Distrito G1***

**Tabla 30**

*Atenuaciones presentes en el distrito G subdistrito G1*

Elemento	Cantidad	Atenuación
Longitud de Fibra	2.682 Km	0.35 dB/Km
Conectores acoplados	5	0.5 dB
Empalmes	8	0.05 dB
Splitter Medio nivel	1* 1:2	3.7 dB
Splitter Caja de nivel	1* 1:8	10.5 dB
Splitter Caja de clientes	1* 1:8	10.5 dB

$$P_{RX} = 6 - \left( 0.35 \frac{dB}{Km} * 2.682 Km + 8 * 0.05 dB + 5 * 0.5 + 3.7 dB + 10.5 dB + 10.5 dB \right)$$

$$P_{RX} = 6 dBm - 28.53 dB$$

$$P_{RX} = -22.83 dB$$

**Distrito G2****Tabla 31***Atenuaciones presentes en el distrito G subdistrito G2*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Atenuación</b>
Longitud de Fibra	2.648 Km	0.35 dB/Km
Conectores acoplados	5	0.5 dB
Empalmes	9	0.05 dB
Splitter Caja de nivel	1* 1:8	10.5 dB
Splitter Caja de clientes	1* 1:8	10.5 dB

$$P_{RX} = 6 - \left( 0.35 \frac{dB}{Km} * 2.648 Km + 9 * 0.05 dB + 5 * 0.5 + 10.5 db + 10.5 dB \right)$$

$$P_{RX} = 6 dBm - 28.58 dB$$

$$P_{RX} = -22.58 dB$$

**Mediciones de Potencia con equipo OTDR**

Se utilizo un OTDR para realizar mediciones de potencia desde la salida del Puerto PON de la OLT y hacia cada una de las cajas de los distritos. Se recolectaron estos datos para verificar si los cálculos del presupuesto de potencia óptica obtenidos eran coherentes con el diseño de planta externa.

**Figura 78**

*Medición de potencia en puerto óptico de la OLT utilizando un OTDR*

**Tabla 32**

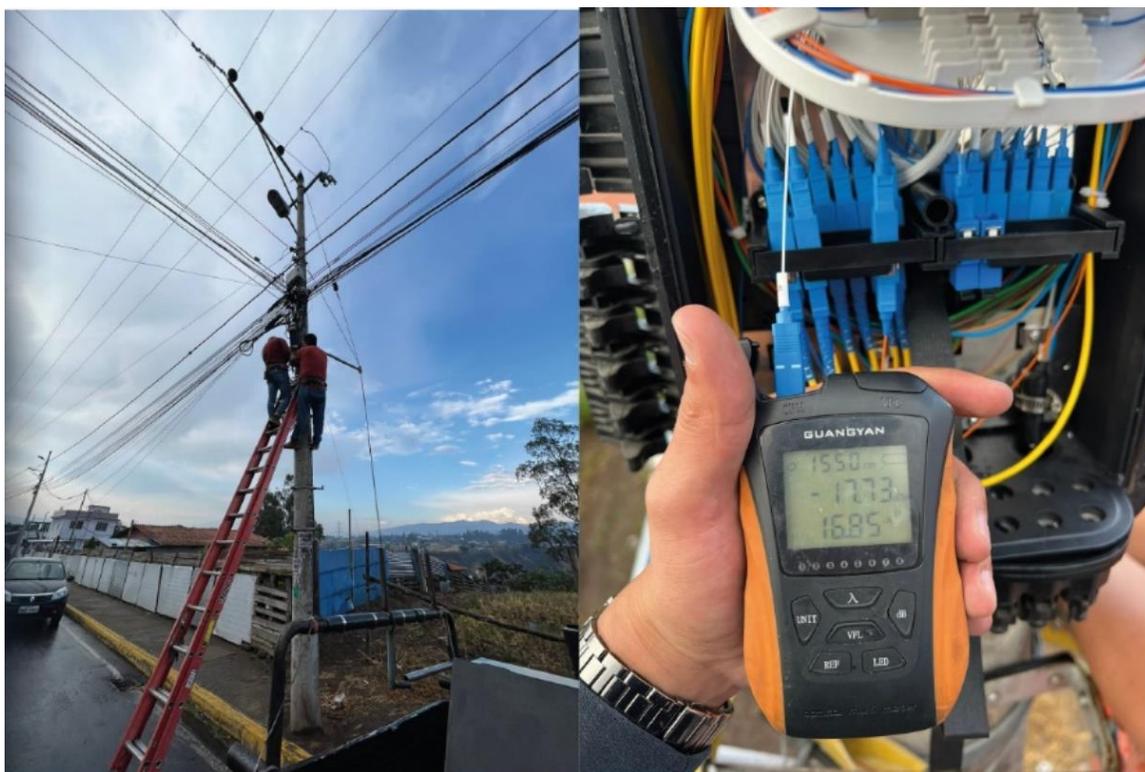
*Presupuesto de potencia óptica por Distrito vs potencia óptica medida*

Distrito	Cálculo de Presupuesto de potencia óptica	Potencia Medida
A	-18.23 dB	-18.28 dB
B	-18.35 dB	-18.37 dB
C	-18.44 dB	-18.45 dB
D	-18.34 dB	-18.30 dB
E	-18.54 dB	-18.59 dB
F	-18.59 dB	-18.59 dB
G1	-22.83 dB	-22.77 dB
G2	-22.58 dB	-22.55 dB

Como se aprecia en la tabla los valores obtenidos se encuentran dentro del rango permitido por los equipos finales, y sus valores difieren entre los distritos de una forma no representativa debido a que generalmente el único valor que varía es la distancia máxima de la última caja de cada distrito hasta la oficina central. Adicionalmente los valores medidos presentan mucha coherencia con los calculados.

### Figura 79

*Medición de potencia en cajas de nivel y cajas de clientes de planta externa*

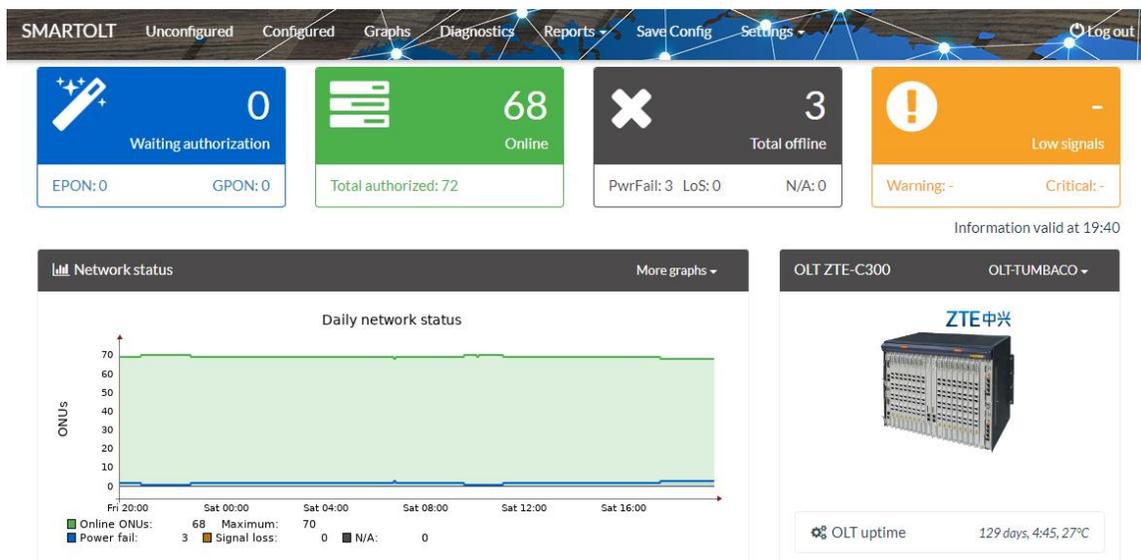


### Verificación de potencias con Gestor SmartOLT y consumo de tráfico por cliente

Actualmente la red ya cuenta con 68 clientes activos, para fines de documentación se plasmará la potencia de recepción de los equipos ONU de los 69 clientes que podemos tomar directamente desde la herramienta Smart OLT y su tráfico respectivo.

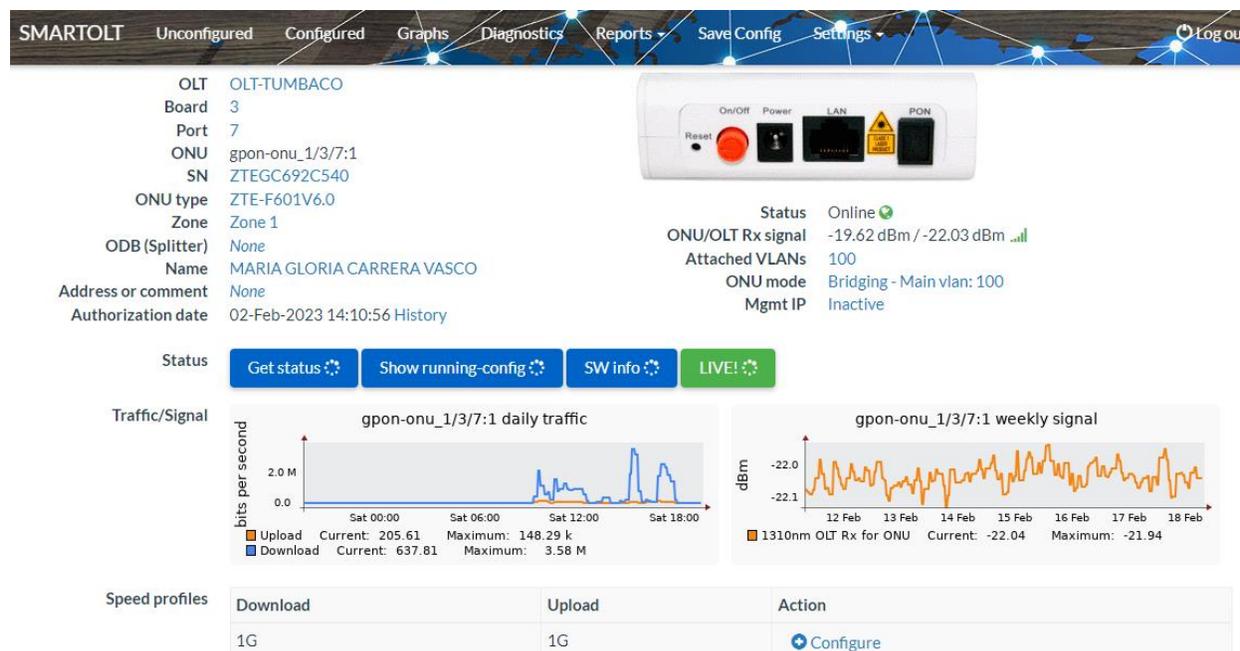
**Figura 80**

*Clientes activos en red ONFIBER Tumbaco verificado por herramienta SmartOLT*



**Figura 81**

*Verificación de Potencia RX de ONU cliente y consumo de tráfico promedio*



**Tabla 33***Potencias y Consumo de tráfico promedio por cliente verificado por gestor SmartOLT*

<b>N°</b>	<b>Cliente</b>	<b>Tarjeta</b>	<b>Puerto</b>	<b>Potencia RX</b>	<b>Consumo de tráfico promedio</b>
1	MARIA GLORIA CARRERA VASCO	3	7	-19.62 dBm / - 22.03 dBm	3.58 Mbps
2	MANUELA GALLEGOS ANDA OCHOA	3	3	-18.7 dBm / - 22.61 dBm	18.11 Mbps
3	CARRASCO COBO MARCELO ALFONSO	3	6	-21.81 dBm / - 25.41 dBm	11.39 Mbps
4	LUIS MIGUEL MANOPANTA QUIPO	2	16	-20.26 dBm / - 24.2 dBm	4.02 Mbps
5	ELSA IBETH CERNA SERNA	2	16	-20.13 dBm / - 24.54 dBm	2.39 Mbps
6	OLGA ELENA DAQUILEMA TOABANDA	3	5	-19.28 dBm / - 18.17 dBm	24 Mbps
7	MARIA FRANCISCA COYAGO SIMBANA	2	11	-20.04 dBm / - 23.24 dBm	11.71 Mbps
8	CECILIA MAGDALENA DELGADO LARA	2	12	-21.74 dBm / - 22.4 dBm	2.50 Mbps
9	JOHON SEBASTIAN RODRIGUEZ MORENO	2	14	-22.08 dBm / - 27.55 dBm	2.41 Mbps

<b>N°</b>	<b>Cliente</b>	<b>Tarjeta</b>	<b>Puerto</b>	<b>Potencia RX</b>	<b>Consumo de tráfico promedio</b>
		<b>OLT</b>			
10	MIRIAM GRACIELA DEL CISNE VEINTIMILLA GRANDA	3	4	-22.68 dBm / - 25.99 dBm	775.27 Kbps
11	KLEVER ABDON CAMINO CASTELLANOS2	2	11	-20.92 dBm / - 26.5 dBm	1.3 Kbps
12	NALLELY PAOLA MALDONADO CEDENO	2	14	-19.83 dBm / - 24.63 dBm	9.54 Mbps
13	NELY MELANIA ESCORZA TOAPANTA	2	11	-21.74 dBm / - 27.31 dBm	29.17 Mbps
14	JEREMY STEVE NARANJO ARIZAGA	2	15	-19.79 dBm / - 22.69 dBm	12.32 Mbps
15	LIDIA MARINA GUERRON REASCOS	2	12	-20.56 dBm / - 22.91 dBm	4.13 Mbps
16	JESSICA ALEXANDRA LINCANGO COLLAGUAZO	2	12	-21.67 dBm / - 23.43 dBm	5.92 Mbps
17	MAURICIO MARTINEZ MOLINA	3	2	-19.51 dBm / - 23.83 dBm	3.07 Mbps
18	DIEGO FABRICIO ROBALINO LITUMA	2	1	-23.37 dBm / - 28.48 dBm	1.43 Mbps

N°	Ciente	Tarjeta OLT	Puerto	Potencia RX	Consumo de tráfico promedio
19	CARLOS ANDRES CHIRIBOGA RIVAS	2	1	-21.61 dBm / - 25.29 dBm	41.03 Mbps
20	STEPHANIE ANDREA ZURITA SIMONS	3	3	-17.99 dBm / - 22.94 dBm	7.89 Mbps
21	JUAN DANIEL MIRANDA MOSQUERA	3	1	-20.97 dBm / - 24.23 dBm	6.80 Mbps
22	CARLOS JULIO PENAHERRERA SALAZAR	2	13	-18.51 dBm / - 22.06 dBm	5.18 Mbps
23	LENIN EDUARDO SANCHEZ CARRIEL	2	14	-19.24 dBm / - 24.87 dBm	19.56 Mbps
24	NORMA NOEMI RUIZ CHAPI	2	15	-11.68 dBm / - 12.76 dBm	5.73 Mbps
25	CESAR ANIBAL LOYO QUILUMBA	2	10	-18.15 dBm / - 22.34 dBm	10.89 Mbps
26	YOLANDA IBETH ESPIN MARMOL	2	11	-10.88 dBm / - 15.28 dBm9	98.26 Mbps
27	NIXON GUSTAVO BERNARDO DELGADO	2	12	-19.36 dBm / - 22.23 dBm	12.10 Mbps
28	BILLY JHOEY CARRERA AGUIRRE	2	4	-18.07 dBm / - 22.74 dBm	183.71 bps

N°	Cliente	Tarjeta OLT	Puerto	Potencia RX	Consumo de tráfico promedio
29	MARIA LUZMILA GUANOLUIZA ILLAPA	2	13	-17.57 dBm / - 20.97 dBm	3.59 Mbps
30	RODRIGUEZ MORENO JOHON SEBASTIAN	2	12	-20.76 dBm / - 22.49 dBm	23.64 Mbps
31	NELLY LLULLUNA CHICANOY	2	13	-17.35 dBm / - 20.12 dBm	4.74 Mbps
32	QUINATOA QUINATONA FLOR ELVIRA	2	11	-21.19 dBm / - 25.62 dBm	5.74 Mbps
33	MIRIAN JESSICA LEON GUALACATA	2	15	-8.26 dBm / - 11.74 dBm	4.97 Mbps
34	JEFERSON DUGLAS CHAMBA ZULETA	2	11	-20.66 dBm / - 25.35 dBm	4.49 Mbps
35	ROBERTO ANTONIO ZAMBRANO DOMINGUEZ	2	13	-18.6 dBm / - 21.62 dBm	7.66 Mbps
36	LUZURIAGA ALEXANDRA	2	9	-20.86 dBm / - 27.75 dBm	6.18 Mbps
37	GISELL MARIA SELLA OLIVARES	2	14	-20.92 dBm / - 26.5 dBm	3.38 Mbps
38	JOSE MANUEL LASSO LLIVI	2	14	-22.76 dBm / - 29.75 dBm	5.66 Mbps

N°	Cliente	Tarjeta OLT	Puerto	Potencia RX	Consumo de tráfico promedio
39	MONTERO GALEAS WILMER ISRAEL	2	1	-19.79 dBm / - 25.06 dBm	1.72 Mbps
40	MARIA NELLY VEGA CORONEL	2	6	-19.47 dBm / - 24.13 dBm	18.28 Mbps
41	LIDIA SUSANA GUAMAN CONLAGO	2	8	-21.68 dBm / - 23.59 dBm	1.75 Mbps
42	JEANETH ALEJANDRA SANCHEZ SALINAS	2	1	-20.09 dBm / - 24.56 dBm	7.33 Mbps
43	RODRIHO SANTOS	2	9	-20.27 dBm / - 26.42 dBm	22.87 Kbps
44	ANA PATRICIA ESCOBAR VASQUEZ	2	13	-17.91 dBm / - 21.64 dBm	3.31 Mbps
45	GENOVEVA GRIMANEZA GONZALEZ PINEDA	2	14	-20.76 dBm / - 27.55 dBm	10.45 Mbps
46	ESTEFANIA XIMENA CHAVEZ NIEVE	2	13	-18.54 dBm / - 21.2 dBm	7.74 Mbps
47	JOHNNY ARMANDO CABASCANGO RODRIGUEZ	2	12	-21.25 dBm / - 23.15 dBm	8.25 Mbps
48	ESTEFANI LILIANA CHAVEZ NIEVE	2	13	-18.63 dBm / - 21.86 dBm	7.28 Mbps

N°	Cliente	Tarjeta OLT	Puerto	Potencia RX	Consumo de tráfico promedio
49	MARIUXI ELIZABETH BALDA RAMIREZ	2	12	-19.91 dBm / - 22.22 dBm	25.27 Mbps
50	NARVAEZ CRISTHIAN 2	2	2	-17.03 dBm / - 22.41 dBm	12.99 Mbps
51	MARIA BEATRIZ LOZA MOGOLLON	2	14	-25.23 dBm / - 29.14 dBm	3.89 Mbps
52	SANDRA PATRICIA JACOME MORALES	2	13	-19.32 dBm / - 21.17 dBm	9.33 Mbps
53	CINTHIA MISHHELL SANCHEZ PAEZ	2	11	-21.37 dBm / - 25.14 dBm	4.93 Mbps
54	PELAGIO ERNESTO GARZON VALENZUELA	2	11	-21.14 dBm / - 26.27 dBm	3.67 Mbps
55	AIDA AMPARITO CHAMBA CUENCA	2	13	-17.7 dBm / - 21.46 dBm	2.77 Mbps
56	LUIS GUADALBERTO MANOBANDA LUMBI	2	12	-20.18 dBm / - 22.41 dBm	10.85 Mbps
57	LUIS FERNANDO CUMBAL CATAGNA	2	11	-22.44 dBm / - 24.9 dBm	14.36 Mbps
58	MENDES CASTILLO CLARA ELIZA	2	8	-22.22 dBm / - 23.92 dBm	7.90 Mbps
59	BRIAN ALEXIS GOMEZ ACOSTA	2	1	-18.76 dBm / - 23.32 dBm	3.70 Mbps

N°	Cliente	Tarjeta OLT	Puerto	Potencia RX	Consumo de tráfico promedio
60	MIRIAM LUCIA GONZALES	2	11	-20.92 dBm / - 25.23 dBm	1.51 Mbps
61	SEVILLLA CARMITA	2	12	-19.87 dBm / - 21.98 dBm	3.61 Mbps
62	FRANCISCO ARMIJOS	2	11	-18.83 dBm / - 24.13 dBm	27.17 Mbps
63	FIORI	2	6	-20.97 dBm / - 25.99 dBm	9.24 Kbps
64	TORRES SARANGO MAGALI ESPERANZA	2	8	-20.92 dBm / - 23.21 dBm	2.80 Mbps
65	CARBO CARBO ALFREDO DAMIAN	2	2	-17.42 dBm / - 22.02 dBm	7.58 Mbps
66	RUTH ANGELICA AGUIRRE PEREZ	2	6	-17.99 dBm / - 23.98 dBm	3.35 Mbps
67	WILSON ALEXANDER PERINGUEZA ONCE	2	1	-24.09 dBm / - 27.12 dBm	8.07 Mbps
68	GALARZA MOLINA ROBERTO DANILO	2	5	-20.66 dBm / - 21.95 dBm	2.75 Mbps
69	FRANCELINA CARRERA SIMBANA	2	14	-24.32 dBm / - 29.22 dBm	95.46 bps

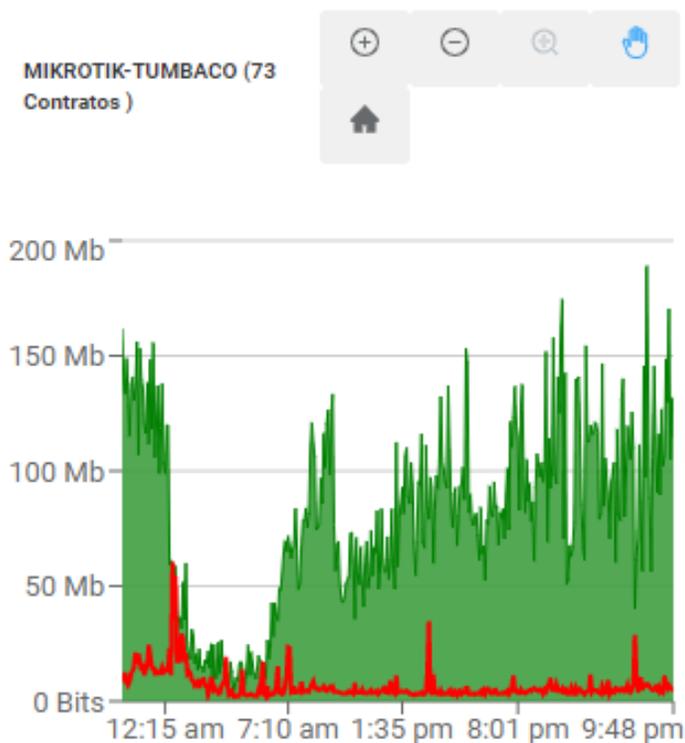
## PRUEBA DE DESEMPEÑO: Control de tráfico en la red de ONFIBER Tumbaco

Con frecuencia se realizan controles del tráfico que atraviesa esta red para poder dimensionar si la cantidad de megas contratadas por el ISP abastecen para ofrecer un servicio de calidad al cliente final. Actualmente ONFIBER contrata 220 Megas puros de su proveedor UFINET, esto quiere decir que es un plan totalmente dedicado con relación 1:1.

En la figura se muestra que el tráfico promedio de bajada como de subida no sobrepasa este valor.

### Figura 82

*Control de tráfico de la red de ONFIBER Tumbaco utilizando el gestor Wispro*

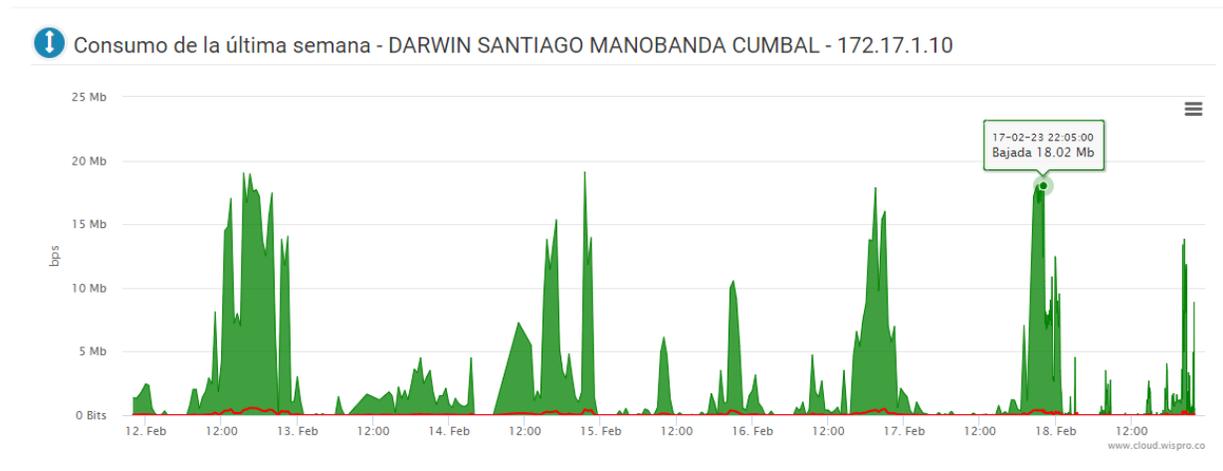


Este gestor nos permite también tener un control granular sobre cada uno de los clientes y el promedio de consumo, el tráfico representado en color verde hace referencia al tráfico de bajada mientras que el tráfico de subida está representado con color rojo.

Este resumen o control brinda información diaria, semanal, mensual o por un periodo definido de tiempo.

### Figura 83

*Control de tráfico por cliente utilizando el gestor Wispro*



Con motivos de registro de la información se ha tomado al cliente Darwin Santiago Manobanda Cumbal identificado con la IP 172.17.1.10, en la figura se aprecia que posee picos de consumo que no sobrepasan los 20 Mbps.

Adicional, poseemos el gestor de la OLT denominado SMARTOLT, este gestor también nos permite realizar estas pruebas de rendimiento ya que nos muestra gráficos del tráfico y comportamiento de cada una de las tarjetas implementadas en la OLT.

**Figura 84**

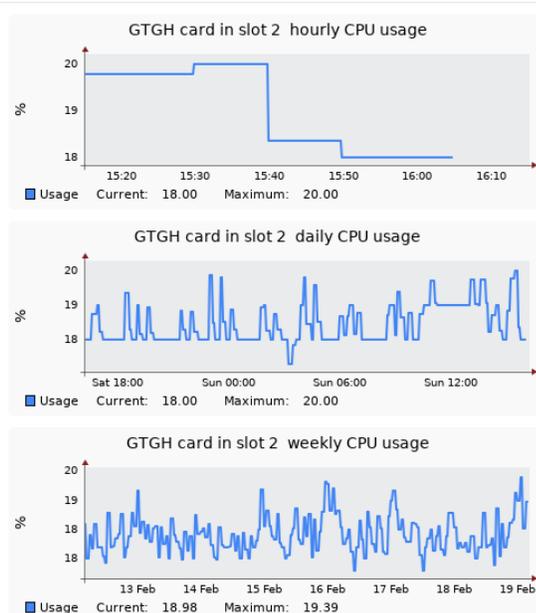
Gráficas de rendimiento en tarjetas de la OLT ZTE C300



De estas gráficas específicamente nos interesa las de las tarjetas GTGH que son las tarjetas GPON por donde atraviesa todo el tráfico de los suscriptores a la red GPON FTTH.

**Figura 85**

Control de tráfico en tarjeta GPON de OLT obtenido por SMARTOLT



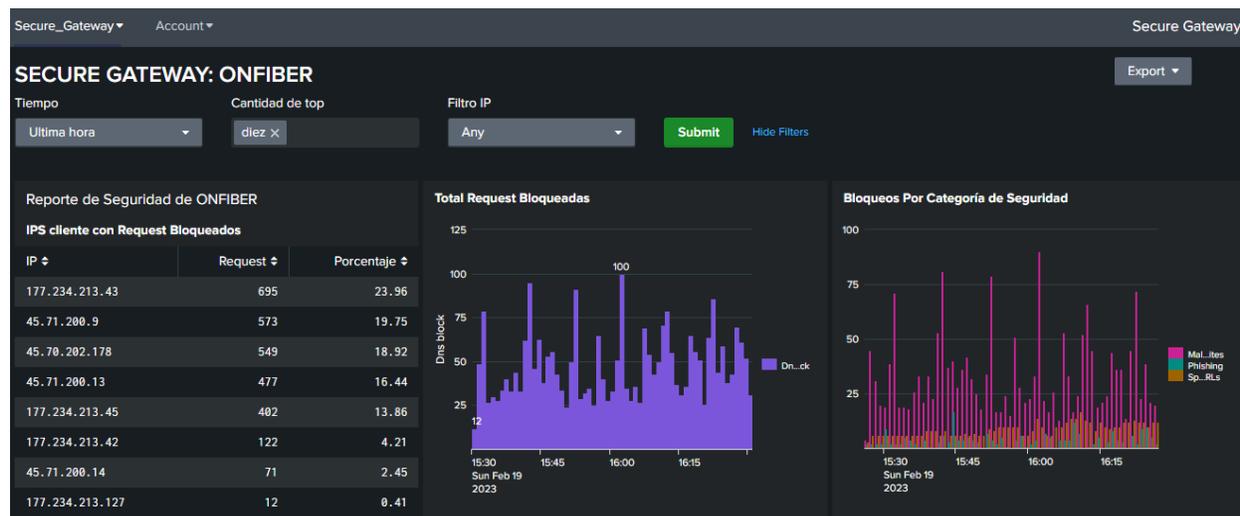
Se evidencia que el tráfico recurrente de esta tarjeta comprende los 20 megas y esto se puede evaluar en intervalos de tiempo por hora, por día, semana, mes o año. Lo que nos da una herramienta bastante útil para conocer el performance de la red y sus variaciones a lo largo del tiempo.

### PRUEBAS DE DESEMPEÑO: Análisis del tráfico de red por Firewall de proveedor Ufinet

Al ser una red que se encuentra iniciando sus operaciones y por la cantidad de clientes actuales no justifica una inversión en un equipo muy robusto que analice todo el tráfico y paquetes de la red, por lo que se contrató con el proveedor Ufinet el servicio de SECURE GATEWAY, esta plataforma va a analizar cada uno de los paquetes que entran y salen de nuestra IP pública.

#### Figura 86

*Secure Gateway de Ufinet para análisis de tráfico de red Onfiber Tumbaco*



Esta herramienta se encarga de bloquear sitios maliciosos y detectar los requerimientos a URL que se encuentran en la Web con alto contenido malicioso para ONFIBER como para sus usuarios, evitando así que nuestra IP pueda caer en lista negra.

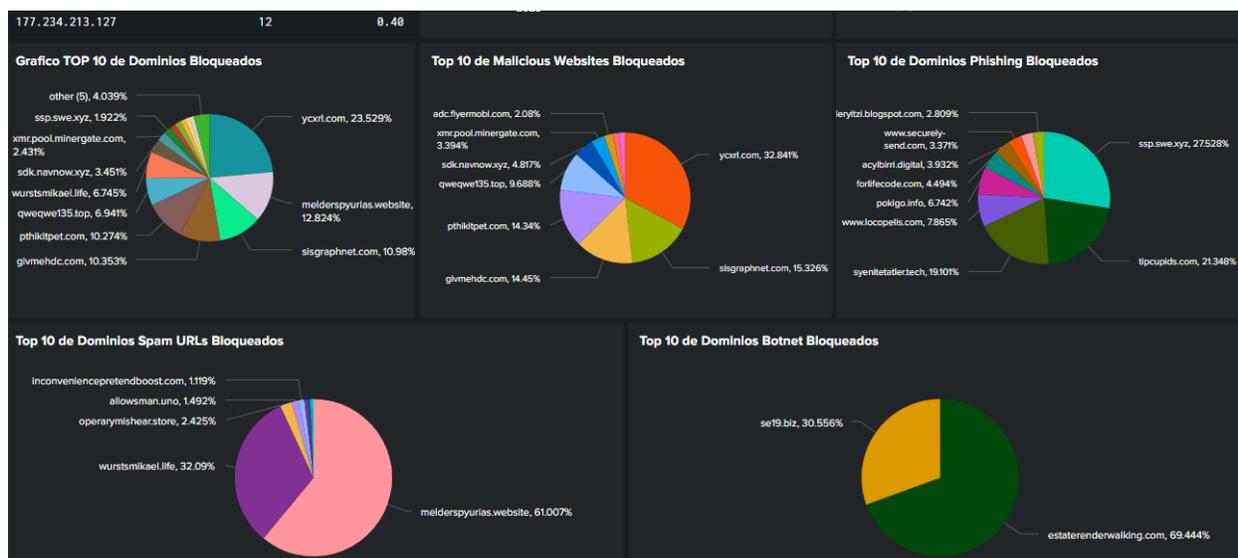
Ofrece informes de:

- Dominios Bloqueados

- Websites maliciosos bloqueados
- Dominios phishing bloqueados
- Dominios Spam URLs bloqueados
- Dominios botnet bloqueados

**Figura 87**

*Informes gráficos de Secure Gateway*



Se accede a cualquiera de estos informes dando click sobre la amenaza que deseamos evaluar, en este caso seleccionamos qweqwe135.top a manera de ejemplo para el registro de este escrito.

## Figura 88

### Informe de amenaza mostrado por el Secure Gateway

The screenshot displays a security report for the domain `qweqwe135.top`. At the top left, there is a search bar with the domain name and a 'Sign in' button. A circular gauge shows a 'Community Score' of 1 out of 88. A red warning icon indicates that '1 security vendor flagged this domain as malicious'. Below this, the domain name is listed with its registrar 'NameSilo, LLC', creation date '2 years ago', and last updated date '1 month ago'. A list of categories includes 'Malicious', 'media sharing', 'misc', and 'top-1M'. The report is divided into sections: 'DETECTION', 'DETAILS' (selected), 'RELATIONS', and 'COMMUNITY'. A blue banner encourages joining the 'VT Community'. Under 'Categories', it lists: alphaMountain.ai (Malicious), Comodo Valkyrie Verdict (media sharing), and BitDefender (misc). Under 'Popularity ranks', it shows: Rank (Cisco Umbrella), Position (234205), and Ingestion Time (2023-02-19 16:58:08 UTC).

Esta amenaza que fue bloqueada es identificada como maliciosa y posee una posición 234205 dentro del ranking de lugares seguros de Cisco Umbrella, por lo que evidenciamos que no es un sitio propio y por ende fue bloqueado denegando el acceso.

Se concluye que esta prueba de rendimiento es exitosa y la red GPON FTTH es efectivamente una red segura.

### **PRUEBAS DE CONECTIVIDAD: Utilizando la herramienta PING y TRACEROUTE**

Se evaluó la red realizando pruebas de conectividad basándonos en el protocolo ICMP (Internet Control Message Protocol) desde los equipos ONU y routers TP Link de clientes, para este registro hemos tomado al cliente María Francisca Coyago Simbaña que se identifica con la IP 172.17.0.69, se realiza el ping apuntando a la dirección 172.17.0.1 correspondiente al Gateway de la red de Tumbaco.

**Figura 89**

*Prueba de conectividad utilizando el protocolo ICMP herramienta Ping*

The screenshot shows the TP-Link router's web management interface. The browser address bar displays '172.17.0.69'. The page title is 'Router inalámbrico N 300Mbps WR840N Modelo TL-WR840N'. On the left, a navigation menu is visible with 'Herramientas del Sistema' highlighted. The main content area is titled 'Parámetros de Diagnóstico' and shows the 'Ping' tool selected. The target IP is '172.17.0.1', with 4 ping counts, a packet size of 64 bytes, and a 1-second timeout. The 'Resultados de Diagnóstico' section shows a successful ping to 172.17.0.1 with 4 data bytes, listing four individual ping results with times ranging from 1.08 ms to 3.42 ms. A summary at the bottom indicates '4 packets transmitted, 4 packets received, 0% packet loss'.

En cada una de estas pruebas se enviaron cuatro paquetes hacia la dirección de Gateway obteniendo siempre una respuesta efectiva del 100% al recibir 4 paquetes de vuelta sin pérdidas y tiempos óptimos en todas las pruebas.

El ping realizado hacia los servidores de Google también muestra tiempos de respuesta eficientes que rondan los 17 milisegundos, por lo general en redes FTTH el tiempo de respuesta es de 23 milisegundos, lo que afirma que la red está bien implementada y no posee factores que afecten el envío y recepción de paquetes.

Figura 90

*Ping hacia servidores de Google*

The screenshot shows the TP-Link router's diagnostic tool. The left sidebar lists various settings, with 'Herramientas del Sistema' (System Tools) selected. The main panel is titled 'Parámetros de Diagnóstico' (Diagnostic Parameters). The 'Herramienta de Diagnóstico' (Diagnostic Tool) is set to 'Ping'. The 'Dirección IP / Nombre de dominio' (IP Address / Domain Name) is '8.8.8.8'. The 'Conteo de Ping' (Ping Count) is 4, 'Tamaño del Paquete de Ping' (Ping Packet Size) is 64, and 'Tiempo de espera agotado de Ping' (Ping Timeout) is 1. The 'TTL Máximo de Traceroute' (Maximum Traceroute TTL) is 20. The 'Resultados de Diagnóstico' (Diagnostic Results) section shows a successful ping to 8.8.8.8 with 4 data bytes and a 0% packet loss rate.

**Router inalámbrico N 300Mbps WR840N**  
Modelo TL-WR840N

**Parámetros de Diagnóstico**

Herramienta de Diagnóstico:  Ping  Traceroute

Dirección IP / Nombre de dominio:

Conteo de Ping:  ping(1 - 50)

Tamaño del Paquete de Ping:  (0 - 65500 Bytes)

Tiempo de espera agotado de Ping:  (1 - 60 Segundos)

TTL Máximo de Traceroute:  (1 - 30)

**Resultados de Diagnóstico**

PING 8.8.8.8 (8.8.8.8): 64 data bytes

72 bytes from 8.8.8.8: icmp\_seq=1 ttl=128 time=17.9 ms

72 bytes from 8.8.8.8: icmp\_seq=2 ttl=128 time=16.68 ms

72 bytes from 8.8.8.8: icmp\_seq=3 ttl=128 time=16.98 ms

72 bytes from 8.8.8.8: icmp\_seq=4 ttl=128 time=16.5 ms

---8.8.8.8 ping statistics---

4 packets transmitted, 4 packets received,0% packet loss

Soporte App

Figura 91

*Prueba de conectividad utilizando el protocolo ICMP herramienta Traceroute*

The screenshot shows the TP-Link router's diagnostic tool. The left sidebar is the same as in Figure 90. The main panel is titled 'Parámetros de Diagnóstico'. The 'Herramienta de Diagnóstico' is set to 'Traceroute'. The 'Dirección IP / Nombre de dominio' is '172.17.0.1'. The 'Conteo de Ping' is 4, 'Tamaño del Paquete de Ping' is 64, and 'Tiempo de espera agotado de Ping' is 1. The 'TTL Máximo de Traceroute' is 20. The 'Resultados de Diagnóstico' section shows a successful traceroute to 172.17.0.1 with 20 hops max and 64 byte packets.

**Router inalámbrico N 300Mbps WR840N**  
Modelo TL-WR840N

**Parámetros de Diagnóstico**

Herramienta de Diagnóstico:  Ping  Traceroute

Dirección IP / Nombre de dominio:

Conteo de Ping:  ping(1 - 50)

Tamaño del Paquete de Ping:  (0 - 65500 Bytes)

Tiempo de espera agotado de Ping:  (1 - 60 Segundos)

TTL Máximo de Traceroute:  (1 - 30)

**Resultados de Diagnóstico**

traceroute to 172.17.0.1 (172.17.0.1), 20 hops max, 64 byte packets

1 (172.17.0.1) 0.920 ms

Soporte App

En el trazado de ruta desde el equipo de cliente se evidencia que solo existe un salto hacia el Gateway y que el tiempo de respuesta es óptimo. También se realizó el trazado de ruta hacia el servidor de Google identificado con la IP 8.8.8.8 y se evidencia que detrás del Gateway de la red de Onfiber se establecen otras IPs o saltos que corresponden a los proveedores internacionales por los que viaja el paquete.

## Figura 92

### Traceroute hacia servidores de Google

The screenshot shows the TP-Link router's web interface for a TL-WR840N. The left sidebar lists various settings, with 'Herramientas del Sistema' (System Tools) highlighted. The main panel is titled 'Parámetros de Diagnóstico' (Diagnostic Parameters) and shows the 'Traceroute' tool selected. The target IP is 8.8.8.8. The results section shows a successful traceroute with 7 hops, including the gateway and international providers.

Hop	IP	Latency (ms)
1	172.17.0.1	0.940
2	177.234.213.126	1.420
3	172.16.20.38	2.440
4	172.18.2.2	2.400
5	142.250.167.108	16.280
6	*	
7	8.8.8.8	16.500

## Análisis de Red con tecnología de Radioenlace

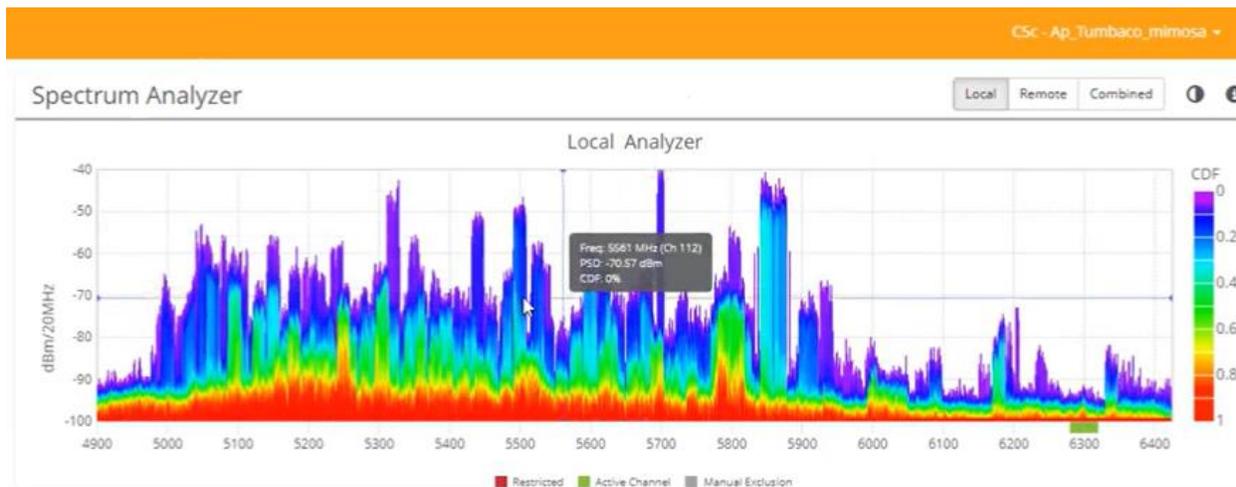
La red existente con tecnología de radioenlace en la parroquia de Tumbaco de la empresa ONFIBER está en operación desde el año 2010, en donde esta era la única forma para muchos de los clientes de la zona de obtener el servicio de Internet y así conectarse con el mundo exterior.

Esta red de radioenlace opera en la banda de 6300 MHz por no encontrarse al exceso saturada como la banda de 5 GHz, un canal de 40 MHz, las antenas poseen una potencia de

transmisión de 24 dBm que permiten abarcar el enlace backbone de 18.3 Km con throughput de entre 75 a 95 Mbps.

**Figura 93**

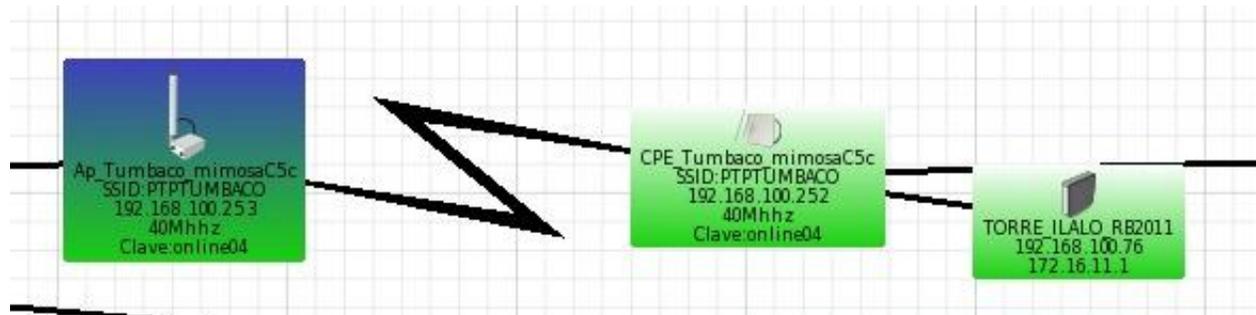
*Analizador de Espectro para enlace backbone*



Al ser el único medio ya que no existían muchas empresas ISP se considera que esta era una de sus mejores opciones llegando a tener un total de 150 clientes bajo la siguiente arquitectura.

**Figura 94**

*Arquitectura de Red de Radioenlace obtenida desde gestor Wispro con BMU*



En la figura se aprecia el enlace backbone donde se detalla las ubicaciones, identificación del punto, ancho de canal e IP de identificación para las antenas. Los clientes de la red de Radioenlace se aprovisionan desde el router Mikrotik RB 2011. Este se conecta a las



Dejando a la empresa ONFIBER con una pérdida significativa de abonados, de 150 clientes esta cifra decreció hasta 59 clientes que actualmente se mantienen con el servicio de radioenlace.

Se adjunta una tabla del registro de clientes activos dentro de esta red con el paso de los años.

**Tabla 34**

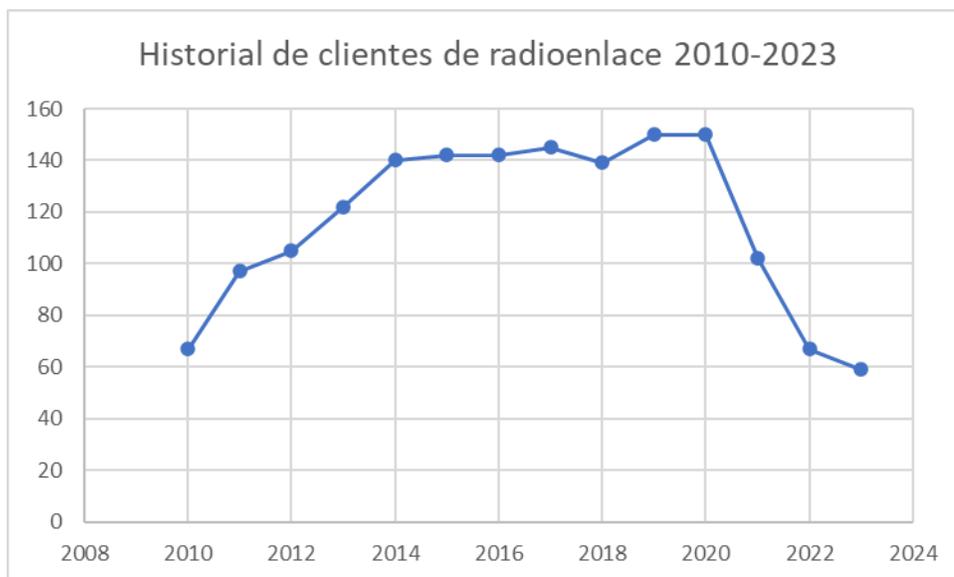
*Historial de clientes activos en red de radioenlace Onfiber de Tumbaco*

<b>Año</b>	<b>Cantidad de clientes</b>
2010	67
2011	97
2012	105
2013	122
2014	140
2015	142
2016	142
2017	145
2018	139
2019	150
2020	150
2021	102
2022	67
2023	59

Se aprecia que el tiempo para obtener los 150 suscriptores fue un trabajo de años y se mantuvo por un periodo considerable de tiempo en donde la demanda de mayor cantidad de throughput no era elevada, y tampoco habían ISPs que proveían mediante fibra.

**Figura 96**

*Historial de clientes de la red de Radioenlace Tumbaco entre 2010-2023*



En la figura se aprecia una drástica pérdida de clientes en un periodo de dos años que comprenden desde el 2020 al 2022, un aproximado de 100 clientes han migrado de esta red a otra con mayores beneficios.

Una tercera parte se mantiene debido a que en sus localidades aún no existen despliegues de fibra óptica, por lo que tienen un acceso limitado.

**Tabla 35**

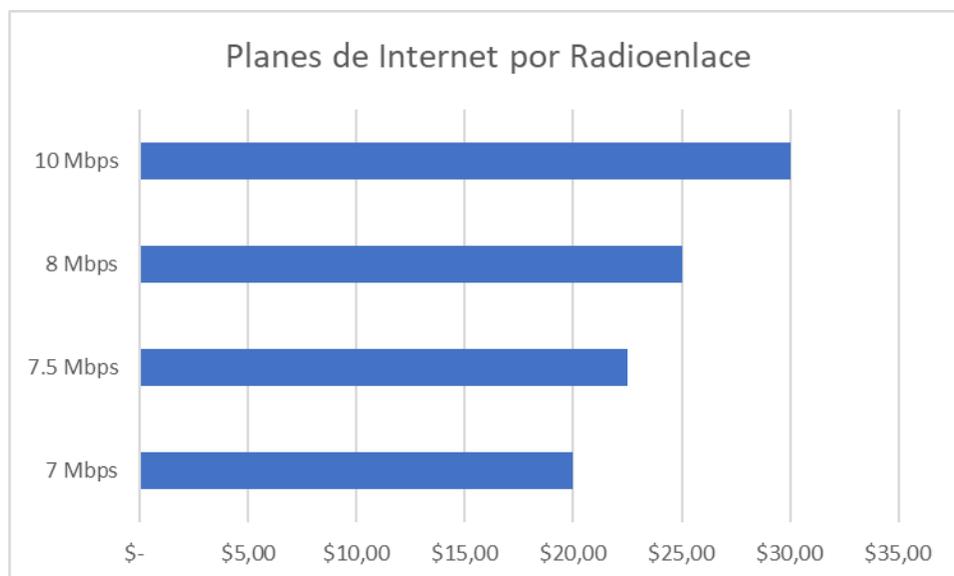
*Costo de Planes en Red de Radioenlace*

Planes	Costo de Plan
7 Mbps	\$ 20,00
7.5 Mbps	\$ 22,50
8 Mbps	\$ 25,00
10 Mbps	\$ 30,00

El acceso limitado principalmente es por el nivel de compartición de los planes en radioenlace y la poca capacidad para acceder a distintas plataformas de video en vivo, streaming, videojuegos, clases en línea, etc.

**Figura 97**

*Costo de Planes en red de Radioenlace*



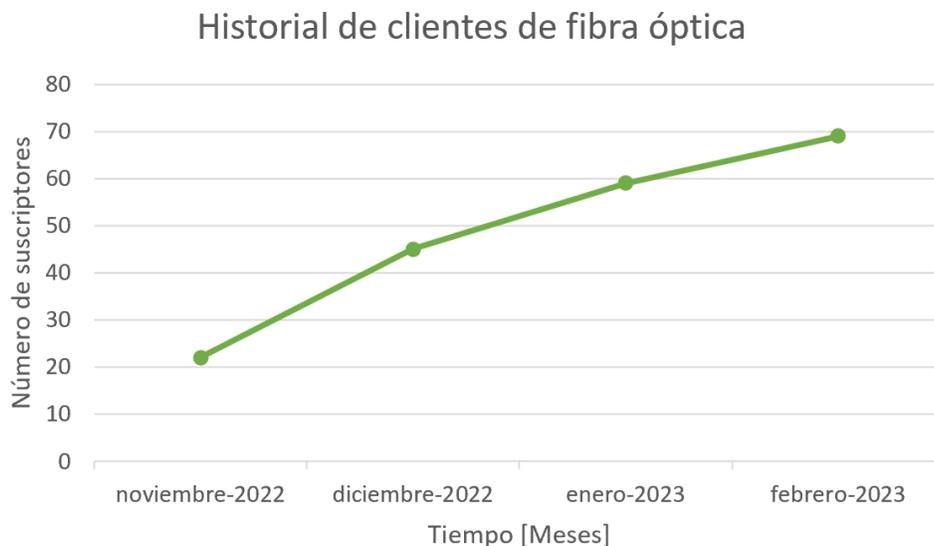
### **Análisis de Red con tecnología GPON FTTH**

La red con tecnología GPON FTTH fue la respuesta al aumento de la demanda del mercado por contratar los servicios de Internet, ya que pretendía resolver los problemas que representaba el uso del servicio por tecnología de radio enlace y hacerle frente a la competencia de las empresas que empezaban con el despliegue de sus propias redes en el sector de Tumbaco. Enfrentarse a la caída del número de clientes fue consecuencia del aumento de publicidad hacia mejores planes costo-eficientes en el servicio de fibra óptica frente a los planes que ofrecía la empresa Onfiber en radio enlace.

En el transcurso del tiempo en el que la OLT se encuentra activa se han suscrito al servicio de Internet un total de 69 clientes en aproximadamente 3 meses que, en este tiempo, es considerado en un aumento relativamente rápido, representado en una decisión acertada para la empresa, como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 98**

*Historial de clientes en la red de Fibra óptica Tumbaco año 2022-2023*



La siguiente tabla muestra la relación de los costos según el plan de Mbps contratadas, notando cómo se distribuyen los costos de acuerdo a las capacidades ofrecidas por la empresa.

**Tabla 36**

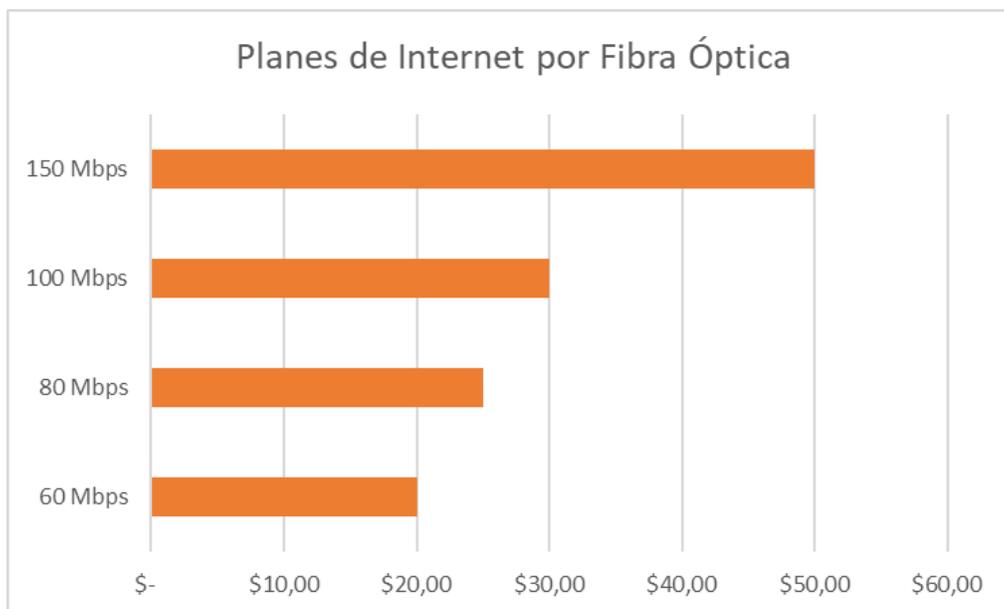
*Costo de Planes en Red de fibra óptica*

Planes	Costo de Plan
60 Mbps	\$ 20,00
80 Mbps	\$ 25,00
100 Mbps	\$ 30,00
150 Mbps	\$ 50,00

Esta table es representada gráficamente para que sea posible notar la forma como la relación entre el costo y la capacidad que ofrece el servicio de Internet tiene esta relación ascendente directamente proporcional.

**Figura 99**

*Costo de Planes en red de Fibra óptica*



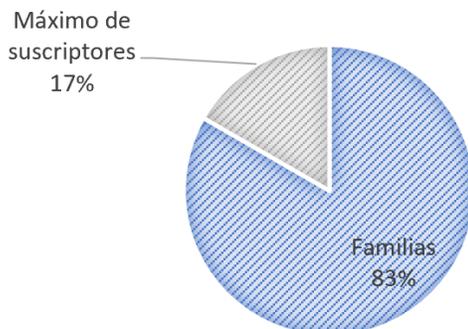
La escalabilidad de la red se establece según el número de habitantes de la parroquia de Tumbaco actual y a su creciente desarrollo poblacional en el futuro.

Considerando un número de habitantes de 174 000 con un promedio de 4 personas por familia, se obtiene un resultado de 43 500 familias aproximadamente. Este resultado es dividido por la cantidad de ISPs que cuentan con cobertura de red de fibra óptica en la zona, considerando las empresas con más presencia como los son: CNT, Netlife, Fibramax y empresas pequeñas, se obtiene un factor de 5, dejándonos con un valor de 8 700 posibles suscriptores que la empresa podría alcanzar de forma aproximada, como muestra la siguiente figura.

**Figura 100**

*Relación del número máximo de clientes*

## RELACIÓN DEL NÚMERO DE FAMILIAS - MÁXIMO DE SUSCRIPTORES

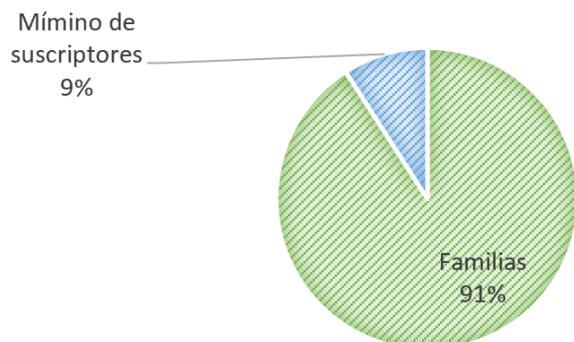


El límite inferior de suscriptores se calcula utilizando el porcentaje de penetración del sector 10%, entregando un valor de 4 350 posibles clientes como mínimo, mostrado en la figura siguiente. Este número es importante al evaluar la viabilidad del proyecto.

**Figura 101**

*Relación del número mínimo de clientes*

## RELACIÓN DEL NÚMERO DE FAMILIAS - MÍNIMO DE SUSCRIPTORES



Con el rango de posibles suscriptores de 4 350 a 8 700, se justifica la correcta la dimensión de las capacidades máximas de la OLT del modelo ZTE C300 con 16 384 posibles suscriptores que soportaría dicho equipo.

### **Comparación de red con tecnología de Radioenlace vs red con tecnología GPON FTTH**

En el transcurso de este proyecto se ha evidenciado grandes diferencias entre estas dos tecnologías y su impacto sobre la parroquia de Tumbaco, estas diferencias se plasman en la tabla a continuación.

**Tabla 37**

*Red de Radioenlace vs Red GPON FTTH*

<b>Parámetro de Comparación</b>	<b>Red de Radioenlace</b>	<b>Red GPON FTTH</b>
<b>Proveedor</b>	Onfiber El Quinche	UFINET
<b>Modo de provisionamiento del proveedor</b>	Radioenlace de 18 Km desde Radio Base El Quinche – Radio Base Cerro Ilaló	Entrada de Fibra hasta la Oficina Central de Onfiber Tumbaco sobre Router de Borde Mikrotik CCR 1009-7G-1C-1S+
<b>Capacidad contratada Medio</b>	70-95 Mbps No Guiado	220 Mbps Guiado
<b>Equipamiento activo de Oficina Central</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Server BMU</li> <li>• 1 Switch de agregación</li> <li>• 2 Radios Mimosa C5C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Router Mikrotik RB3011 UiAS RM</li> <li>• 1 OLT ZTE C300</li> </ul>

- 
- 2 Antenas tipo Dish  
para enlace PTP-  
Backbone
  - 1 Router Mikrotik  
RB2011
  - Varias Antenas  
sectoriales para  
distribución

<b>Parámetro de Comparación</b>	<b>Red de Radioenlace</b>	<b>Red GPON FTTH</b>
<b>Equipamiento Clientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Antena CPE/cliente</li> <li>• 1 Router Single Band</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 ONU Single Band</li> <li>• O 1 ONU bridge + Router Single Band</li> </ul>
<b>Precio de implementación por cliente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antena CPE \$50</li> <li>• Cable UTP \$25</li> <li>• Router SB \$35</li> </ul> <p>Total = \$110</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ONU DB \$33</li> <li>• Hasta 300 mtrs fibra Drop \$75</li> </ul> <p>Total= \$108 máximo</p>
<b>Gestores de Administración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma WEB Mimosa</li> <li>• Wispro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wispro</li> <li>• Smart OLT</li> </ul>
<b>Distancia de Cobertura</b>	Depende de LOS (Line of sight), para parroquia de Tumbaco 5 Km aproximadamente.	Hasta 20 Km definidos por el estándar GPON

---

<b>Parámetro de Comparación</b>	<b>Red de Radioenlace</b>	<b>Red GPON FTTH</b>
<b>Capacidades de transferencia de datos, tráfico.</b>	Limitado por interfaces de red de antenas, 10/100 Mbps.	Download: 2.5 Gbps Upload: 1.25 Gbps
<b>Escalabilidad de la Red</b>	Baja: depende de la demanda	Alta: hasta 16384 con 64 suscriptores por puerto PON de la OLT.  Y hasta 32728 con 128 suscriptores por puerto PON de la OLT.  Definido por cantidad de tarjetas de la OLT ZTE C300.
<b>Inversión</b>	Menor	Mayor
<b>Rentabilidad</b>	Menor	Mayor
<b>Demanda</b>	Menor	Mayor
<b>CAPEX</b>	Menor	Mayor
<b>OPEX</b>	Mayor	Menor
<b>Precio de Planes Internet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 Mbps por \$20</li> <li>• 7.5 Mbps por \$22.50</li> <li>• 8 Mbps por \$25</li> <li>• 10 Mbps por \$30</li> <li>• 9 Mbps por \$45</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60 Mbps por \$20</li> <li>• 80 Mbps por \$25</li> <li>• 100 Mbps por \$30</li> <li>• 150 Mbps por \$50</li> </ul>
<b>Número de clientes activos</b>	59 clientes	69 clientes

Parámetro de Comparación	Red de Radioenlace	Red GPON FTTH
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llegar a un punto específico que no tiene conexión guiada.</li> <li>• No necesita implementación de obra civil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayores tasas de transferencia.</li> <li>• Medio guiado</li> <li>• Inmune a interferencias electromagnéticas o ambientales.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Susceptible a interferencias de varios tipos.</li> <li>• Necesita Línea de vista.</li> <li>• No tiene futuro en el área de los ISP porque su demanda es casi nula.</li> <li>• Sus tasas de transferencia no se adaptan a la demanda tecnológica actual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesita implementación de obra civil.</li> <li>• La fibra óptica puede sufrir cortes.</li> <li>• Mayor tiempo de despliegue en planta externa.</li> <li>• Costos de reinstalación altos si el cliente migra de domicilio.</li> </ul>

La tabla nos ayuda a considerar los puntos más relevantes en la comparación de cada aspecto en los que la tecnología de fibra óptica supera las limitaciones del radio enlace y

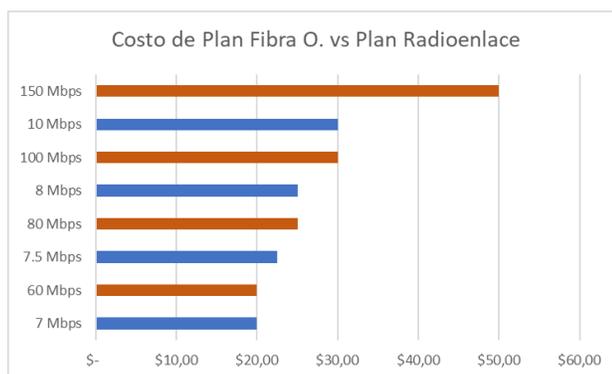
viceversa, empezando por la ventaja de contar con un medio guiado totalmente seguro e inmune a las interferencias electromagnéticas y que no depende del ajuste de parámetros como potencia de transmisión, frecuencia y ancho del canal disponibles, que ocurre en radio enlace.

La distancia de cobertura en fibra óptica abarca un rango mayor, contando con hasta 20 km definidos por el estándar GPON y cuya ingeniería se basa en analizar el tipo de fibra, capacidad de equipos y rutas de despliegue de la red, además de una alta capacidad de transferencia de datos.

El rendimiento es una de las mayores consideraciones de la migración de tecnologías debido a que, la fibra óptica no está limitada por la capacidad del medio como tal, sino por la capacidad de los transceptores. La latencia baja de esta tecnología permite que puedan usarse servicios que necesiten de prioridad alta ya que trabajan en tiempo real.

### Figura 102

*Costo de planes Fibra Óptica vs Planes de Radioenlace*



Al presentar todas estas diferencias sobre el rendimiento de las dos redes, la inversión de implementación, rentabilidad y demanda podemos asegurar que una red con tecnología GPON FTTH resulta más Costo-Eficiente que una red de Radioenlace por la escalabilidad que permite esta, la cobertura y las altas tasas de transferencia que se van ajustando a las necesidades actuales de los clientes con el fin de romper la brecha digital y mantener la conexión con el mundo exterior.

## Conclusiones

La migración de una red con tecnología de Radioenlace hacia una red con tecnología GPON FTTH fue posible debido a la alta demanda que existía en la parroquia de Tumbaco por los clientes de la red de Radioenlace ya que esta no ofrecía una alta eficiencia ni calidad de servicio por los diferentes factores que afectan a la red como son intermitencias en el servicio, espectro radioeléctrico saturado, pérdidas de línea de vista y bajo throughput en los planes ofertados a precios elevados.

El proceso de implementación de la red de planta externa GPON FTTH comprendió tres etapas; la primera fue el RELEVAMIENTO de información de planta externa donde se obtuvo información de la obra civil como son postería y ductos de soterramiento, la segunda es el DISEÑO de planta externa considerando la información obtenida en la primera etapa y la tercera etapa denominada REDISEÑO en donde se verificó si la etapa de diseño se ejecutó bajo lo planeado, si esto no fue así se registran los cambios que se realizaron al desplegar la planta externa, obteniendo así un resultado final.

El presupuesto de este proyecto fue manejado directamente por la empresa propietaria de la red ONFIBER, quien se encargó de abastecer de los materiales pasivos de planta externa como son; fibra óptica de 24 hilos ADSS spam 100 LSZH, fibra óptica de 6 hilos ADSS spam 100 LSZH, Splitters 1X2, Splitters 1X8, cajas NAP para medio nivel, cajas NAP de nivel, cajas NAP de clientes, hebillas, herrajes. Así como el equipamiento activo de planta interna que comprende un Router Mikrotik RB3011 UiAS RM, una OLT ZTE C300, una fusionadora y un OTDR palm.

El router Mikrotik RB3011 UiAS RM se encarga de registrar la IP pública 177.234.213.127 y recibir 220 Mbps puros contratados para el despliegue de esta red, así como de funcionalidades de NAT (Network Address Translation), registro de DNS, aprovisionamiento de suscriptores utilizando PPPoE (Protocolo Punto a Punto sobre Ethernet) que se encarga de crear un túnel de encapsulamiento entre el router Mikrotik y el equipo ONU

del cliente ofreciendo ventajas como cifrado y compresión de datos. Este router se gestiona mediante Wispro que es una plataforma alojada en la nube que nos permite manejar las configuraciones del equipo de forma más didáctica, fácil e intuitiva desde cualquier lugar.

La OLT ZTE C300 posee configuraciones que permiten registrar MAC y Serial Numbers de la ONU con el fin de levantar el servicio, esta OLT se vincula a una plataforma alojada en la nube denominada SmartOLT que nos permite gestionar, administrar y monitorizar el tráfico que atraviesa por el equipo, así como verificar potencias y parámetros de las ONUs en los clientes.

El diseño de planta externa con el que se puso en operación a la empresa ONFIBER consta de 8 Distritos que se van desplegando por ramales secundarios desde el enlace troncal de 24 hilos. Cada distrito posee una Caja de Nivel (Splitteo 1X8) y 8 Cajas de Clientes (Splitteo 1X8). Lo que resulta en una capacidad de 64 suscriptores por cada puerto PON, sin embargo, existen distritos que implementan sub-Distritos mediante una caja de medio nivel (Splitteo 1X2), el puerto PON correspondiente a este distrito albergara 128 suscriptores debido a la demanda y alta densidad poblacional de ese distrito.

El despliegue de última milla comprende la bajada del poste, desde la caja de cliente hacia el domicilio del abonado utilizando fibra Drop de 2 hilos figura 8. Cada abonado puede hacer uso de hasta 300 metros de este cable, más el equipamiento ONU Dual Band o a su vez una ONU Bridge en configuración con un Router Dual Band, la instalación que ofrece la empresa ONFIBER a sus abonados es gratuita como estrategia de marketing para ganar más suscriptores en la parroquia de Tumbaco.

Se ejecuto pruebas de conectividad utilizando el protocolo ICMP (Internet Control Message Protocol) utilizando el comando ping y traceroute desde los equipos del cliente hacia el Gateway y servidores externos como pueden ser los de Google, en cada una de estas pruebas se obtienen tiempos de respuesta de 1 ms para ping hacia el Gateway y de 17 ms aproximadamente hacia los servidores de Google, siendo estos tiempos resultados favorables para la evaluación de red, tampoco se evidencio pérdida de paquetes.

Se ejecutó pruebas de rendimiento utilizando el software PRTG que nos permite analizar de forma granular a cada una de las ONUS de los suscriptores y realizando controles sobre el consumo de tráfico, tiempos de respuesta en ping hacia el Gateway, el jitter y la respuesta HTTP de las páginas al navegar por la red. También se verificó el consumo promedio por cliente hacia el router Mikrotik RB3011UiAS RM donde registro picos que no sobrepasan los 200 Mbps y la OLT ZTE C300 mediante los gestores Wispro y SmartOLT.

Para la seguridad de la red se utiliza una plataforma denominada Secure Gateway contratada al proveedor Ufinet. Esta plataforma se encarga de analizar todo el tráfico que entra y sale de la red. Tiene la capacidad de bloquear páginas con contenido malicioso, eliminar paquetes y realizar informes para su evaluación por periodos definidos de tiempo. Al ser una red que está iniciando no se considera rentable instalar un equipo firewall propietario del ISP.

Las pruebas de potencia se realizaron con un equipo OTDR que nos permite medir la potencia de salida del puerto PON de la OLT, definido en 6 dBm y la potencia en las cajas de clientes con la que se va a llegar al equipo ONU. Esta potencia se conoce como rango de sensibilidad de la ONU y comprende desde -10 dB a -28 dB para que este equipo pueda funcionar de forma óptima. Se corroboró estos datos de forma teórica mediante el cálculo de presupuesto de potencia óptica, también con los datos obtenidos por Smart OLT.

Durante el corto periodo de operación de la red se ha registrado un crecimiento rápido de abonados en la red, hablamos de 69 en menos de 3 meses y se espera un crecimiento mayor con los nuevos despliegues de red para lograr los valores obtenidos en el estudio de penetración del ISP que abarca entre 4350 a 8700 abonados aproximadamente. Mientras que en la red de Radioenlace se ha evidenciado una cantidad considerable de bajas en los abonados de 150 a 59 abonados actualmente.

Al comparar la tecnología de Radioenlace con la tecnología GPON FTTH, se concluye que las ventajas de la fibra son ineludibles. Esta ofrecer mayor capacidad de Download 2,25 Gb y Upload 1,25 Gb por puerto PON mientras que en el enlace de Radio el throughput que se

puede manejar actualmente está entre 75 Mbps a 95 Mbps. La fibra al ser un medio guiado es inmune a interferencias del ambiente o condiciones climáticas, además que al ser de alta demanda en la parroquia de Tumbaco ofrece un Capex elevado y esto permite ofrecer planes de altas capacidades a precios inferiores de los que se ofrecen por Radioenlace.

### **Recomendaciones**

La visita de campo es esencial para comprobar que las rutas por las cuales se pretende desplegar la red a partir del diseño inicial elaborado en Google Earth pueda ser reajustada con los menores cambios posibles y optimizar el tiempo de esta fase del proyecto.

El dimensionamiento de la red requiere que inicialmente se considere correctamente el número de habitantes, promedio de personas por familia e ISPs que ya trabajan en el sector para evitar entregar a la empresa información que pueda representar pérdidas económicas a mediano y largo plazo.

Los hilos de la fibra óptica que alimentan los distritos iniciales de la troncal principal pueden ser reutilizados más adelante cuando ya no transportan una señal de luz para crear y alimentar subdistritos de sectores con aumento poblacional para así optimizar recursos.

La asesoría técnica en el uso de los softwares permite la gestión de la red de forma ágil y contar con un entorno amigable para el administrador.

Realizar pruebas constantes de rendimiento sobre la red sobre todo cuando esta esté generando mayor escalabilidad, ya que así nos aseguramos de que la cantidad de megas contratadas sea la adecuada para ofrecer un servicio de internet eficiente y de calidad.

La monitorización de la red arroja datos más confiables cuando son tomados en un amplio período de tiempo, se puede obtener más información de posibles inconvenientes y su recurrencia en el tiempo como para asignarle un estatus de alta o baja prioridad de resolución.

**Trabajos futuros**

Realizar los diseños de más ramales principales con sus respectivos ramales secundarios para llegar a tener mayor cobertura sobre más sectores de la parroquia de Tumbaco y así cumplir con los valores del estudio de factibilidad y cobertura del ISP.

Levantar un enlace redundante entre la red de Radioenlace y la Red GPON FTTH, de esta manera si se sufre un corte en la fibra principal del proveedor se puede tener una redundancia que va a evitar que los abonados se queden sin servicio.

## Bibliografía

- Agrawal, G. (2010). *Fiber-Optic Communication Systems* (4ta ed.). John Wiley & Sons.  
doi:10.1002/9780470918524
- ARCOTEL. (2017). *Espectro radioeléctrico*. <https://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>
- Branch Group. (2021). *Branch Group*. <https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-ecuador-en-el-2020->
- Castellanos, E. D. (2022, Septiembre). *Escuela Politécnica Nacional*. Simulación de un enlace de RF para extender la cobertura de un ISP.  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/23102/1/CD%2012526.pdf>
- CommScope. (2018). FTTX Fibra a la X, Principios básicos.  
<https://drive.google.com/file/d/1a2Jo7k7WbS3L4gb4pK1jaWQFEIvI-9SY/view?usp=sharing>
- Conectónica. (2019). *www.conectónica.com*. <https://www.conectonica.com/fibra-optica/redes-opticas/significados-de-redes-pon-gpon-xg-pon-10g-epon>
- D-LINK. (2023). *D-LINK*. <https://la.dlink.com/la/routers/dir-615/>
- Farmer, J., & Otros. (2017). *FTTx Networks Technology Implementation and Operation*. Cambridge: organ Kaufmann.
- García, A. (2012, 12 1). *Telnet Redes Inteligentes*. <https://www.telnet-ri.es/wp-content/uploads/2014/10/gpon-introduccion-conceptos.pdf>.
- González, N., & Becerra, S. (2016). *Diseño de una ODN para una red óptica de acceso mediante tecnología GPON para servicios triple play en el sector “La Tolita 1 y la Tolita 2” de la ciudad de Esmeraldas*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5444/1/98T00098.pdf>
- IETF. (2003, Julio). *RFC 3550 RTP*. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications:  
<https://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>

- International Telecommunication Union. (2016). Characteristics of a single-mode optical fibre and cable. *ITU-T*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-I/es>
- International Telecommunication Union. (2016). ITU-T G-657 FIBER, (s/f). *ITU-T*. [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/oth/0b/04/T0B040000542C01PDFE.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/0b/04/T0B040000542C01PDFE.pdf)
- Kemp, D., & Simón. (2022, Febrero 15). *DataReportal*. Digital 2022: Ecuador. <https://datareportal.com/reports/digital-2022-ecuador?rq=ecuador>
- León, C. (2015). *Análisis y diseño de la red FTTH con tecnología GPON para el ISP Troncalnet en el cantón Cañar*. Cañar, Pichincha, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9204/Tesis%20Carlos%20Leon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Liverio, A. (2017). *Slide Player*. Slide Player. <https://slideplayer.es/slide/11618870/>
- Llangarí, N. (2015). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:QmwkSjtNHj8J:scholar.google.com/+gpon&hl=es>
- MIKROTIK. (2023). *Mikrotik*. <https://mikrotik.com/product/RB2011UiAS-RM>
- Millán, R. (2008). *Qué es... GPON (Gigabit Passive Optical Networks)*. (S. d. España, Editor) [https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:ZG079CFzeUgJ:scholar.google.com/+gpon&hl=es&lr=lang\\_es&as\\_sd](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:ZG079CFzeUgJ:scholar.google.com/+gpon&hl=es&lr=lang_es&as_sd)
- Mimosa by airspan. (2023). *Mimosa*. <https://mimosa.co/products/c5c>
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la información. (2021). <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-continua-creciendo-en-fibra-optica/>
- Paessler. (2023). *Paessler PRTG Network Monitor*. Monitoreo de infraestructuras de redes y TI para entornos pequeños y medianos. <https://www.paessler.com/es/prtg/prtg-network-monitor#pricing>

- Serrano, S. A., & Martinez, E. (2011). La brecha digital: mitos y realidades. *Departamento editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Baja California*.
- Silva, J. (2011). *Estudio comparativo para el uso de conexiones de radio enlace y fibra óptica*. (C. d. Guayaquil., Ed.)  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6732/1/TesisCompleta-396-2011.pdf>
- Ubiquiti. (2023). *Ubiquiti*. (Ubiquiti, Editor) <https://www.ui.com/>
- UIT-T. (2003, Mayo). G.114. Serie G: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales.
- Union Internacional de Telecomunicaciones. (2014, Octubre 10). *Union Internacional de Telecomunicaciones*. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.1030-201402-I/es>
- Viavi. (2021). *Viavi Solutions*. <https://www.viavisolutions.com/es-es/red-optica-pasiva-pon>.
- Vitorelli, L. (2016). Inserción laboral y universitaria: Curso de Introducción al Trabajo. *Secretaría de extensión universitaria – UNC*.
- Wispro. (2022, 12 27). *Wispro*. <https://doc.cloud.wispro.co/docs/que-es-wispro>

## Apéndices