

**SISTEMA DE MONITOREO E INTEGRACIÓN DE DATOS DE  
USUARIO DE UNA RED FTTH/GPON PARA LA EMPRESA  
TELCOFIBER S.A.S.**

Trabajo de Grado  
Modalidad: Práctica Profesional

**OSCAR ALEXANDER LÓPEZ COBO**

Código: 100614021018

Asesor: Ing. Andrés Osiris López Martínez  
Director: Ing. Alejandro Toledo Tovar. MSc

*Universidad del Cauca*

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Telecomunicaciones  
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones (GNTT)  
Popayán - Cauca  
2021**

**SISTEMA DE MONITOREO E INTEGRACIÓN DE DATOS DE  
USUARIO DE UNA RED FTTH/GPON PARA LA EMPRESA  
TELCOFIBER S.A.S.**



Trabajo de Grado  
Modalidad: Práctica Profesional

**OSCAR ALEXANDER LÓPEZ COBO**

Código: 100614021018

Asesor: Ing. Andrés Osiris López Martínez  
Director: Ing. Alejandro Toledo Tovar. MSc

*Universidad del Cauca*

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Telecomunicaciones  
Grupo I+D Nuevas Tecnologías en Telecomunicaciones (GNTT)  
Popayán - Cauca  
2021**



## Contenido

<b>1</b>	<b>CAPITULO: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.2	OBJETIVOS .....	10
1.2.1	OBJETIVO GENERAL.....	10
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
1.3	APORTE.....	11
1.4	METODOLOGÍA.....	11
<b>2</b>	<b>CAPITULO: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1	GENERALIDADES .....	13
2.2	REDES.....	14
2.3	RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD DE GIGABIT (GPON).....	15
2.3.1	EQUIPOS DE RED ÓPTICA .....	17
2.3.2	FIBRA ÓPTICA .....	18
2.3.3	TOPOLOGÍAS.....	20
2.3.4	PROTOCOLOS .....	22
2.4	RED DE FIBRA ÓPTICA HASTA EL HOGAR (FTTH).....	23
2.4.1	ARQUITECTURA DE RED DE ACCESO FTTH.....	24
2.4.2	TOPOLOGIAS.....	25
2.4.3	OTROS ELEMENTOS DE RED.....	26
2.5	GESTIÓN DE REDES .....	29
2.5.1	SISTEMAS DE MONITOREO.....	30
2.5.2	HERRAMIENTAS DE MONITOREO DE REDES.....	32
2.6	SISTEMAS DE INTEGRACIÓN DE DATOS DE USUARIO .....	35
2.7	TELCOFIBER S.A.S.....	36
2.7.1	MISIÓN .....	37
2.7.2	VISIÓN .....	37
<b>3</b>	<b>CAPITULO: ARQUITECTURA FÍSICA Y LÓGICA .....</b>	<b>38</b>
3.1	ARQUITECTURA LÓGICA .....	38
3.2	ARQUITECTURA FISICA .....	40



3.3	RED CENTRAL Y OFICINA CENTRAL .....	45
3.4	RED TRONCAL.....	50
3.5	RED DE DISTRIBUCIÓN.....	52
3.6	RED DE ACCESO .....	54
<b>4</b>	<b>CAPITULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO E INTEGRACIÓN DE DATOS DE USUARIO .....</b>	<b>59</b>
4.1	HERRAMIENTAS DE GESTIÓN PARA EL MONITOREO.....	59
4.2	DEFINICION DE LA HERRAMIENTA DE MONITOREO .....	63
4.3	DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS A MONITOREAR .....	64
	CARACTERISTICAS DE MONITOREO ONT .....	64
	CARACTERISTICAS DE MONITOREO OLT HUAWEI 5608T.....	64
	DATOS DE USUARIOS .....	64
4.4	DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO E INTEGRACION DE DATOS DE USUARIO.....	65
4.4.1	ARQUITECTURA FISICA .....	66
4.4.2	ARQUITECTURA LOGICA.....	66
4.4.3	DISEÑO DE PAGINA WEB REMOTA (INTEGRACION DATOS DE USUARIO) .....	68
4.4.4	HERRAMIENTA CACTI Y PAGINA WEB LOCAL (SISTEMA DE MONITOREO) .....	74
4.5	IMPLEMENTACION .....	75
4.5.1	IMPLEMENTACION PAGINA WEB (INTEGRACION DATOS DE USUARIO).....	76
4.5.2	IMPLEMENTACION DE CACTI Y PAGINA WEB LOCAL (SISTEMA DE MONITOREO) ...	77
<b>5</b>	<b>CAPITULO: PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>88</b>
5.1	PARAMETROS OPTICOS.....	88
5.2	PARAMETRO DE DISTANCIA .....	91
5.3	ALERTAS DE CACTI.....	93
5.4	DESARROLLO WEB.....	95
5.4.1	Pruebas funcionales .....	95
5.4.2	Pruebas no funcionales .....	99
<b>6</b>	<b>CAPITULO: CONCLUSIONES, RECOMEDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS. 101</b>	
6.1	CONCLUSIONES.....	101
6.2	RECOMEDACIONES .....	102
6.3	TRABAJOS FUTUROS.....	102
<b>7</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>103</b>



ANEXO A .....	103
MANUAL DE PAGINA WEB .....	103
ANEXO B .....	108
MANUAL DE SISTEMA DE MONITOREO (CACTI-PAGINA POTENCIA OPTICA)....	108
<b>8 REFERENCIAS .....</b>	<b>113</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Modelo lineal secuencial .....	11
Figura 2.1 Generaciones de Tecnología PON .....	15
Figura 2.2 Esquema de una red GPON .....	17
Figura 2.3 Elementos de un cable de fibra óptica .....	19
Figura 2.4 Modo de propagación de la fibra óptica .....	20
Figura 2.5 Topologías de Red.....	22
Figura 2.6 Arquitectura de Red FTTH .....	25
Figura 2.7 Tipos de conectores.....	28
Figura 2.8 Elementos de gestión SNMP .....	32
Figura 2.9 Arquitectura de la integración de datos .....	36
Figura 2.10 Logotipo de la Empresa Telcofiber S.A.S. ....	37
Figura 3.1 Arquitectura lógica de la red FTTH Telcofiber .....	38
Figura 3.2 Arquitectura física general de la red FTTH Telcofiber .....	41
Figura 3.3 Arquitectura física enlace ascendente/descendente de la red Telcofiber .....	42
Figura 3.4 Interfaz VLAN red Telcofiber .....	45
Figura 3.5 Arquitectura física oficina central de la red FTTH Telcofiber .....	46
Figura 3.6 Equipos oficina central Telcofiber .....	46
Figura 3.7 Parámetros ONT .....	47
Figura 3.8 Conversor RAX700 .....	48
Figura 3.9 Cisco ASR 920 .....	48
Figura 3.10 Mikrotik RouterBoard 1100 AH.....	49
Figura 3.11 OLT Huawei MA5608T.....	49
Figura 3.12 Servidor Hewlett Packard.....	50
Figura 3.13 Transceptor óptico Huawei SFP .....	50
Figura 3.14 ODF .....	51
Figura 3.15 Fibra óptica Fujikura .....	52
Figura 3.16 Patch Cord dúplex, SC/APC, SC/UPC .....	52
Figura 3.17 FDT- Caja de empalme o Mufla .....	53
Figura 3.18 Splitters de primer nivel.....	53
Figura 3.19 Splitter asimétricos.....	54
Figura 3.20 Configuración ONT .....	55
Figura 3.21 Caja de distribución óptica- FAT .....	55
Figura 3.22 Splitter de segundo nivel.....	56
Figura 3.23 ONT Huawei y ZTE .....	57
Figura 3.24 Fibra óptica drop .....	57
Figura 4.1 Aplicación Cacti .....	63
Figura 4.2 Vista Inicio Sistema de Monitoreo Telcofiber.....	65
Figura 4.3 Arquitectura física sistema de monitoreo .....	66
Figura 4.4 Arquitectura lógica sistema de monitoreo.....	67
Figura 4.5 Arquitectura lógica detallada bloque 2 .....	68
Figura 4.6 Diagrama de bloques integración de datos de usuario.....	69



Figura 4.7 Modelo base de datos relacional.....	70
Figura 4.8 Diseño Base de Datos .....	71
Figura 4.9 Herramienta XAMPP.....	71
Figura 4.10 Pagina Web integración datos de usuarios .....	73
Figura 4.11 Potencia óptica de usuarios Telcofiber.....	75
Figura 4.12 Crear carpeta para base de datos en Hostgator.....	76
Figura 4.13 Importar base de datos en MySQL.....	76
Figura 4.14 Archivos de página web subidos al Hosting .....	77
Figura 4.15 Importación CentOS 8 en Citrix Hypervisor.....	77
Figura 4.16 Instalación herramienta Cacti.....	79
Figura 4.17 Configuración comunidad SNMP en OLT.....	79
Figura 4.18 Agregar dispositivo .....	80
Figura 4.19 Conexión SNMP entre dispositivos .....	80
Figura 4.20 Importación plantilla OLT .....	82
Figura 4.21 Recolección de datos entre Agente-Gestor.....	82
Figura 4.22 Algunos Parámetros recolectados por Cacti .....	83
Figura 4.23 Graficas de monitoreo de ONT y OLT .....	83
Figura 4.24 Configuración de alertas de Cacti .....	84
Figura 4.25 Configuraciones de correo de administrador.....	85
Figura 5.1 Consulta de potencia óptica de ONT por consola .....	88
Figura 5.2 Consulta en aplicativo web de potencia óptica.....	89
Figura 5.3 Grafico de parámetro potencias ópticas de un usuario.....	89
Figura 5.4 consulta de información óptica en equipo ONT de un usuario.....	90
Figura 5.5 Distancia física entre OLT y ONT en Cacti.....	92
Figura 5.6 Distancia física entre OLT y ONT medida con equipo OTDR .....	92
Figura 5.7 Distancia obtenida por consola en OLT .....	93
Figura 5.8 Alertas en Cacti .....	94
Figura 5.9 Alertas generadas en correo de administrador de Cacti.....	94
Figura 5.10 Registro de un usuario en el sistema .....	95
Figura 5.11 Verificación de registro de usuario .....	95
Figura 5.12 Usuario listado en la página web .....	96
Figura 5.13 editar datos de usuario.....	96
Figura 5.14 Datos actualizados correctamente .....	97
Figura 5.15 Prueba de seguridad inicio de sesión.....	97
Figura 5.16 Email de usuario .....	98
Figura 5.17 Restablecer contraseña a email de usuario .....	98
Figura 5.18 Correo de recuperación de nueva contraseña .....	98
Figura 5.19 Acceso al sistema nuevamente.....	99
Figura 5.20 Prueba rendimiento página web principal.....	99



## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Perdidas de inserción de splitters.....	26
Tabla 3.1 Perdidas por inserción .....	44
Tabla 3.2 Puertos Mikrotik .....	49
Tabla 4.1 Características de las herramientas de monitoreo de redes.....	62
Tabla 4.2 Numero de puerto y su ubicación.....	69
Tabla 5.1 Tabla comparativa de parámetros ópticos.....	91
Tabla 5.2 Tabla comparativa parámetro de distancia.....	93



## LISTA DE ACRÓNIMOS

<b>AC</b>	<i>Alternating Current</i> , Corriente Alterna
<b>ADSS</b>	<i>All Dielectric Self Supported</i> , Completamente Dieléctrico y Auto Soportado
<b>AES</b>	<i>Advanced Encryption Standard</i> , Estándar de Cifrado Avanzado
<b>APON</b>	<i>Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network</i> , Modo de Transferencia Asíncrono Red Óptica Pasiva
<b>ATM</b>	<i>Asynchronous Transfer Mode</i> , Modo de Transferencia Asíncrono
<b>BPON</b>	<i>Broadband Passive Optical Network</i> , Red Óptica Pasiva de Banda Ancha
<b>BRAS</b>	<i>Broadband Remote Access Server</i> , Acceso Remoto de Banda Ancha
<b>CAPEX</b>	<i>Capital Expenditure</i> , Gasto de Capital
<b>CPU</b>	<i>Central Processing Unit</i> , Unidad Central de Proceso
<b>CSM</b>	<i>Control and Switch Module</i> , Modulo de Control y Conmutador
<b>DC</b>	<i>Direct Current</i> , Corriente Continua
<b>DoS</b>	<i>Denial of Service</i> , Denegación de Servicio
<b>DHCP</b>	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i> , Protocolo Dinámico de Configuración de Host
<b>DNS</b>	<i>Domain Name System</i> , Sistema de Nombres de Dominio
<b>EPON</b>	<i>Ethernet Passive Optical Network</i> , Red Óptica Pasiva de Ethernet
<b>FAT</b>	<i>Fiber Access Terminal</i> , Terminal de Acceso a la Fibra
<b>FDT</b>	<i>Fiber Distribution Terminal</i> , Terminales de Distribución de Fibra
<b>FEC</b>	<i>Forward Error Correction</i> , Corrección de Errores Hacia Adelante
<b>FRP</b>	<i>Fiber Reinforced Polymer</i> , Polímeros Reforzados con Fibra
<b>FTTB</b>	<i>Fiber To The Building</i> , Fibra Óptica Hasta el Edificio
<b>FTTC</b>	<i>Fiber To The Cabinet</i> , Fibra Óptica Hasta el Gabinete



<b>FTTH</b>	<i>Fiber To The Home</i> , Fibra Hasta el Hogar
<b>FTTN</b>	<i>Fiber To The Node</i> , Fibra Óptica Hasta el Nodo
<b>FTP</b>	<i>File Transfer Protocol</i> , Protocolo de Transferencia de Archivos
<b>GPON</b>	<i>Gigabit-Capable Passive Optical Network</i> , Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit
<b>GFP</b>	<i>Generic Framing Procedure</i> , Procedimiento de Enramado Genérico
<b>GRE</b>	<i>Generic Routing Encapsulation</i> , Encapsulación de Enrutamiento Genérica
<b>HFC</b>	<i>Hybrid Fiber Coaxial</i> , Híbrido de Fibra Coaxial
<b>HTTP</b>	<i>Hipertext Transfer Protocol</i> , Protocolo de Transferencia de Hipertexto
<b>ICMP</b>	<i>Internet Control Message Protocol</i> , Protocolo de Control de Mensajes de Internet
<b>IETF</b>	<i>Internet Engineering Task Force</i> , Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet
<b>IEEE</b>	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> , Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
<b>IP</b>	<i>Internet Protocol</i> , Protocolo de Internet
<b>IPTV</b>	<i>Internet Protocol TV</i> , Televisión por Protocolo de Internet
<b>ISP</b>	<i>Internet Service Provider</i> , Proveedor de Servicios de Internet
<b>IMAP</b>	<i>Internet Message Access Protocol</i> , Protocolo de Acceso a Mensajes de Internet
<b>LED</b>	<i>Light Emitting Diode</i> , <i>Light Emitting Diode</i>
<b>MAN</b>	<i>Metropolitan Area Network</i> , Red de Área Metropolitana
<b>MAC</b>	<i>Media Access Control Address</i> , Control de Acceso a Medios
<b>MIB</b>	<i>Management Information Base</i> , Base de datos de Información de Gestión
<b>MS</b>	<i>Management System</i> , Sistemas de Gestión
<b>MPLS</b>	<i>Multiprotocol Label Switching</i> , Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo
<b>NMS</b>	<i>Network Management System</i> , Sistema de Gestión de Red



<b>NTP</b>	<i>Network Time Protocol</i> , Protocolo de Tiempo de Red
<b>NAT</b>	<i>Network Address Translation</i> , Traducción de Direcciones de Red
<b>ODN</b>	<i>Optical Distribution Network</i> , Red de Distribución Óptica
<b>OLT</b>	<i>Optical Line Terminal</i> , Terminal de Línea Óptica
<b>ONT</b>	<i>Optical Network Terminal</i> , Terminal de Red Óptica
<b>ONU</b>	<i>Optical Network Unit</i> , Unidad de Red Óptica
<b>ODF</b>	<i>Optical Distribution Frame</i> , Distribuidor de Fibra Óptica
<b>OSI</b>	<i>Open System Interconnection</i> , Interconexión de Sistemas Abiertos
<b>OSP</b>	<i>Outside Plant</i> , Planta Externa
<b>OPEX</b>	<i>Operational Expenditures</i> , Costos Operativos
<b>P2P</b>	<i>Peer To Peer</i> , de Igual a Igual
<b>PON</b>	<i>Passive Optical Network</i> , Redes Ópticas Pasivas
<b>PSTN</b>	<i>Packet Switched or the Legacy Circuit Switched</i> , Red Telefónica Conmutada
<b>POP3</b>	<i>Post Office Protocol</i> , Protocolo de Oficina de Correo
<b>PPPoE</b>	<i>Point To Point Protocol Over Ethernet</i> , Protocolo Punto a Punto Sobre Ethernet
<b>PPTP</b>	<i>Point To Point Tunneling Protocol</i> , Protocolo de Túnel Punto a Punto
<b>PMD</b>	<i>Physical Medium Dependent</i> , Especificación de la Capa Dependiente de los Medios Físicos
<b>PHP</b>	<i>Hypertext Preprocessor</i> , Preprocesador de Hipertexto
<b>RF</b>	<i>RadioFrequency</i> , Radiofrecuencia
<b>SEO</b>	<i>Search Engine Optimization</i> , Optimización para Motores de Búsqueda
<b>SSL</b>	<i>Secure Sockets Layer</i> , Seguridad de la Capa de Transporte
<b>SQL</b>	<i>Structured Query Language</i> , Lenguaje de Consulta Estructurado
<b>SFP</b>	<i>Small Form-factor Pluggable Transceptor</i> , Transceptor Enchufable de Pequeño factor de Forma
<b>SIP</b>	<i>Session Initiation Protocol</i> , Protocolo de Inicio de Sesión



<b>SMTP</b>	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i> , Protocolo Simple de Transferencia de Correo
<b>SNMP</b>	<i>Simple Network Management Protocol</i> , Protocolo Simple de Gestión de Red
<b>SSH</b>	<i>Secure Shell</i> , Cubierta Segura
<b>TDM</b>	<i>Time Division Multiplexing</i> , Multiplexación por División de Tiempo
<b>TDMA</b>	<i>Time Division Multiple Access</i> , Acceso Múltiple por División de Tiempo
<b>TIC</b>	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
<b>TCP</b>	<i>Transmission Control Protocol</i> , Protocolo de Control de Transmisión
<b>TELNET</b>	<i>Telecommunication Network Protocol</i> , Protocolo de Telecomunicaciones de Red
<b>UDP</b>	<i>User Datagram Protocol</i> , Protocolo de Datagrama de Usuario
<b>UTP</b>	<i>Unshielded Twisted Pair</i> , Cable de Par Trenzado
<b>UIT-T</b>	<i>International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector</i> , Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector de Estandarización de las Telecomunicaciones
<b>VPN</b>	<i>Virtual Private Network</i> , Red Privada Virtual
<b>WAN</b>	<i>Wide Area Network</i> , Red de Área Amplia



# 1 CAPITULO: INTRODUCCIÓN

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El constante crecimiento de las tecnologías en el área de las telecomunicaciones, ha llevado a las Empresas dedicadas a la prestación de servicios en este sector, a entender la importancia de los sistemas de monitoreo debido a la ampliación de sus redes. Es por ello, que prever, evitar y reducir el tiempo de detección de fallas es de gran interés, con el fin de mejorar la calidad de servicio a sus usuarios.

Dentro de este marco, la utilización de los sistemas de monitoreo ayuda a detectar posibles fallas o incidencias, permitiendo actuar en consecuencia con mayor rapidez. En ocasiones se puede tardar horas o días en obtener una notificación de un error, aunque muchos usuarios estén utilizando el servicio y estén experimentando errores. La gestión integrada de redes y sistemas, junto con una monitorización proactiva, reducirá significativamente los fallos de red[1]. Sin duda alguna el monitoreo en el caso de una red de Fibra Óptica Hasta el Hogar (FTTH - *Fiber To The Home*), es un proceso crucial debido a la gran cantidad de información que se transfiere a nivel mundial, sin embargo, detectar una avería en una red óptica FTTH es muy costoso, ya que los equipos optoelectrónicos son relativamente caros debido a la tecnología que se maneja para la detección de errores. En efecto un sistema de monitoreo en tiempo real ayuda a ahorrar tiempo en la detección de fallas y reducir costos [2].

La Empresa Telcofiber S.A.S. legalmente constituida en el año 2019 en la ciudad de Santander de Quilichao, brinda servicio dedicado y banda ancha de Internet por medio de la tecnología de acceso Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON – *Gigabit Capable Passive Optical Network*) a través de su red FTTH a todos sus usuarios [3]. Desde sus inicios la Empresa se ha logrado consolidar en la ciudad como uno de los mejores Proveedores de Servicios de Internet (ISP - *Internet Service Provider*) ofreciendo mayores velocidades de acceso a toda la comunidad. Actualmente la Empresa tiene aproximadamente 160 usuarios y está en constante crecimiento, lo cual hace muy importante brindar un adecuado soporte técnico a estos usuarios de tal manera que le pueda dar una oportuna y eficaz respuesta ante posibles fallos de su servicio. Es de gran importancia por lo tanto realizar un apropiado mantenimiento correctivo enfocado en tener conocimiento de las anomalías en la red y su infraestructura, con el fin de resolver problemas que se presenten en los diferentes equipos como, por ejemplo: Terminal de Línea Óptica (OLT - *Optical Line Terminal*) y Terminal de Red Óptica (ONT - *Optical Network Terminal*).



En la Empresa Telcofiber S.A.S. únicamente se conocen las fallas del servicio de Internet cuando los usuarios lo reportan directamente a la Empresa a través de llamada telefónica, con lo cual tiene un retraso en el tiempo de respuesta para darle solución adecuada a la falla del servicio. Actualmente Telcofiber S.A.S. no cuenta con un sistema de monitoreo e integración de datos de los usuarios de su infraestructura, con lo cual la Empresa podría brindar una respuesta mucho más rápida frente a los fallos que se puedan presentar en el servicio al usuario. Esto permitiría también a la Empresa conocer que usuario final tiene acceso al servicio de Internet o si presenta fallas en el mismo, con la finalidad de optimizar el tiempo de respuesta ante posibles fallos en la red y a la vez permitir la recolección de información generada por los equipos.

Es así, como este trabajo de grado y en modalidad de práctica profesional busca desarrollar un sistema de monitoreo e integración de datos de usuario de la red FTTH/GPON de la Empresa Telcofiber S.A.S. en Santander de Quilichao con el fin de mejorar el tiempo de respuesta en la atención al usuario.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Desarrollar un sistema de monitoreo e integración de datos de usuario de la red FTTH/GPON en la Empresa TELCOFIBER S.A.S. en la ciudad de Santander de Quilichao.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar la arquitectura física y lógica de la red FTTH basada en la tecnología de acceso GPON de la Empresa TELCOFIBER S.A.S en la ciudad de Santander de Quilichao.
- Diseñar un sistema de monitoreo e integración de datos de usuario para la red caracterizada.
- Implementar el sistema de monitoreo e integración de datos de usuario en la Empresa TELCOFIBER S.A.S. en el municipio de Santander de Quilichao.
- Evaluar el sistema de monitoreo e integración de datos de usuario bajo condiciones reales de funcionamiento en la red caracterizada.



### 1.3 APORTE

La realización de este trabajo de grado aporta en el proceso de investigación a la facultad y al departamento de telecomunicaciones, en los siguientes aspectos:

- Desarrollo de un sistema de monitoreo para la Empresa Telcofiber S.A.S.
- Caracterización de la arquitectura física y lógica de la red FTTH basada en la tecnología de acceso GPON.
- Integrar los datos de los usuarios al sistema de monitoreo para tener una respuesta oportuna ante fallos del servicio de Internet de los mismos y poder dar un soporte técnico en el menor tiempo posible.
- Documentación y procedimiento cuando se presenten alertas ante algún fallo en la red FTTH de la Empresa Telcofiber S.A.S. y a la vez recolectar información de los equipos.

### 1.4 METODOLOGÍA

La metodología que se utilizará como referencia en el desarrollo del trabajo de grado es el “modelo lineal secuencial o modelo en cascada”. Este tipo de modelo sugiere un enfoque sistemático, secuencial, para el desarrollo del software que comienza en un nivel de sistemas y progresa con el análisis, diseño, codificación, pruebas y mantenimiento. La figura 1.1 muestra el modelo lineal secuencial para la ingeniería del software. El modelo lineal secuencial presenta las siguientes fases o etapas de desarrollo [4]:

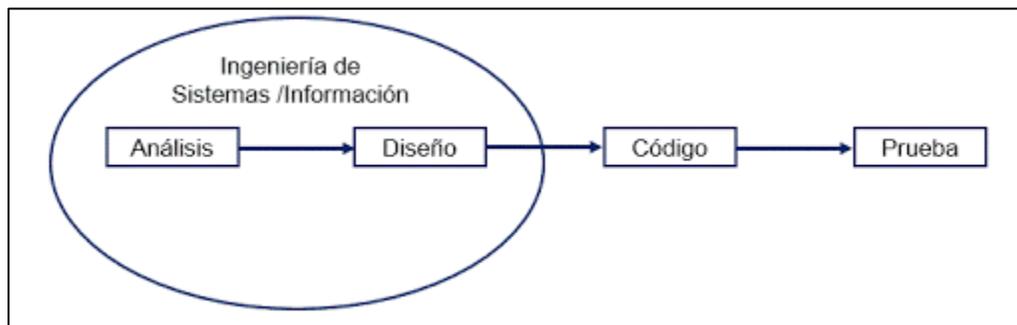


Figura 1.1 Modelo lineal secuencial [4]



- Ingeniería y modelado de sistemas /información: El modelado del sistema es esencial cuando este interactúa con hardware, personas y bases de datos, al igual que recolectar todos sus requisitos.
- Análisis: El proceso de reunión de requisitos se intensifica y se centra especialmente en el software.
- Diseño: El diseño del software es un proceso de varios pasos que se centra en cuatro atributos distintos de programa como son; estructura de datos, arquitectura de software, representaciones de interfaz y detalle procedimental, conocido como algoritmo.
- Código: El diseño se debe traducir en una forma legible por la máquina.
- Pruebas: Realizar las pruebas para la detección de errores y asegurar que la entrada definida produce resultados reales de acuerdo con los resultados requeridos.
- Mantenimiento: El software sufrirá cambios indudablemente por diferentes razones entre las cuales esta; adaptarse para acoplarse a los cambios de su entorno externo, para mejorar funcionalidades o rendimientos.



## 2 CAPITULO: MARCO TEÓRICO

### 2.1 GENERALIDADES

Es importante considerar, el aumento del flujo de datos de Internet en los últimos años debido a la gran demanda en la utilización de servicios y aplicaciones como, video bajo demanda, aplicaciones de igual a igual (P2P-*Peer to Peer*) y aplicaciones basadas en redes sociales que generan una inmensa cantidad de tráfico proveniente del intercambio de contenido en tales aplicaciones [5]. Es por esto que, las redes de telecomunicaciones tienen que migrar a nuevas tecnologías basadas en fibra óptica con el fin de ofrecer mayor ancho de banda y volumen de información.

Por tal motivo los Proveedores de Servicios de Internet (ISP) están migrando a nuevas redes convergentes basadas en el Protocolo de Internet (*IP-Internet Protocol*) por medio de la utilización de cables de fibra óptica. Este despliegue, implica gran inversión económica debido al alto costo que debe asumir las Empresas en la implementación de este tipo de redes de banda ancha, sin embargo llevar a la práctica esta tecnología está tomando fuerza debido a que conlleva a los operadores a ofrecer servicios mucho más atractivos para los usuarios finales como son: streaming de video, aplicaciones multimedia en tiempo real, televisión de alta definición, entre otros [6].

De este modo la tecnología de acceso llamada GPON, a través de sus diferentes arquitecturas de red como: Fibra Óptica Hasta el Nodo (*FTTN-Fiber To The Node*), Fibra Óptica Hasta el Gabinete (*FTTC-Fiber To The Cabinet*), Fibra Óptica Hasta el Edificio (*FTTB-Fiber To The Building*) y FTTH, logran que las Empresas de telecomunicaciones por medio de estas arquitecturas aumenten la capacidad de transmitir información y por ende mejorar sus servicios. Dentro de estas, la red FTTH es la que requiere mayor inversión económica debido a que llega hasta el usuario final, pero a la vez consolidándose como una de las mejores redes de comunicación en la actualidad [7].

Sin duda GPON en la actualidad ha logrado acaparar la atención de las Empresas de telecomunicaciones debido a su gran ventaja (mayores velocidades y menor complejidad de despliegue) frente a tecnologías como Híbrido de Fibra Coaxial (*HFC-Hybrid Fiber Coaxial*) aún utilizada en la actualidad. De este modo, es necesario lograr migrar sus redes de forma paulatina con el fin de transportar grandes volúmenes de información, llevar servicios de alta velocidad y brindar a la vez una mejor calidad de estos. En la actualidad muchos ISP en Colombia están brindando soluciones de redes basadas en esta tecnología GPON a través de la arquitectura FTTH logrando una mejor cobertura.



## 2.2 REDES

Una red de telecomunicaciones se define como un conjunto de sistemas, tecnologías y protocolos necesarios para poder lograr el intercambio de información. Debe señalarse que se construyen con el objetivo de prestar servicios de comunicaciones de diferente naturaleza a los usuarios que se conectan a ella [8]. Estas redes en la actualidad presentan una gran demanda de servicios de alta calidad ya que soportan mayores anchos de banda, es así que las redes de fibra óptica están en la capacidad de satisfacer las nuevas demandas de servicios de los usuarios y las Empresas de telecomunicaciones necesitan.

Así mismo, se puede decir que las redes de fibra óptica son empleadas en las comunicaciones ya que permiten un gran flujo de datos de información, altas velocidades y grandes distancias, siendo un excelente medio de transmisión ya que son inmunes a la interferencia electromagnética. Desde una perspectiva más general, la fibra óptica consiste en un hilo muy fino de materiales transparentes de vidrio o materiales plásticos por medio del cual se envían pulsos de luz con las que se representan los datos que se desea transmitir [9].

Es importante hablar de las Redes Ópticas Pasivas (*PON-Passive Optical Network*), ya que permiten un avance tecnológico en redes, siendo esta una red de acceso óptico punto a multipunto la cual no requiere componentes activos entre el usuario final y la central del ISP. Las transmisiones se realizan entre una OLT y una Unidad de Red Óptica (*ONU-Optical Network Unit*) principalmente a través de un divisor óptico (*Splitter*). Esta OLT se encuentra ubicada en el punto central del proveedor de servicios y conectada a la Red de Área Metropolitana (*MAN-Metropolitan Area Network*) o la Red de Área Ampla (*WAN-Wide Area Network*) y donde la ONU se encuentra situada en el hogar del usuario la cual recibe la señal óptica con el fin de brindar servicios de banda ancha, datos, voz y video.

Finalmente existen varias tecnologías de acceso como se observa en la figura 2.1 que han ido evolucionando con el paso del tiempo como son: Modo de Transferencia Asíncrono (*APON-Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network*) Pasando a la Red Óptica Pasiva de Banda Ancha (*BPON-Broadband Passive Optical Network*), posteriormente a la Red Óptica Pasiva de Ethernet (*EPON-Ethernet Passive Optical Network*) y hasta llegar a la red GPON [10].

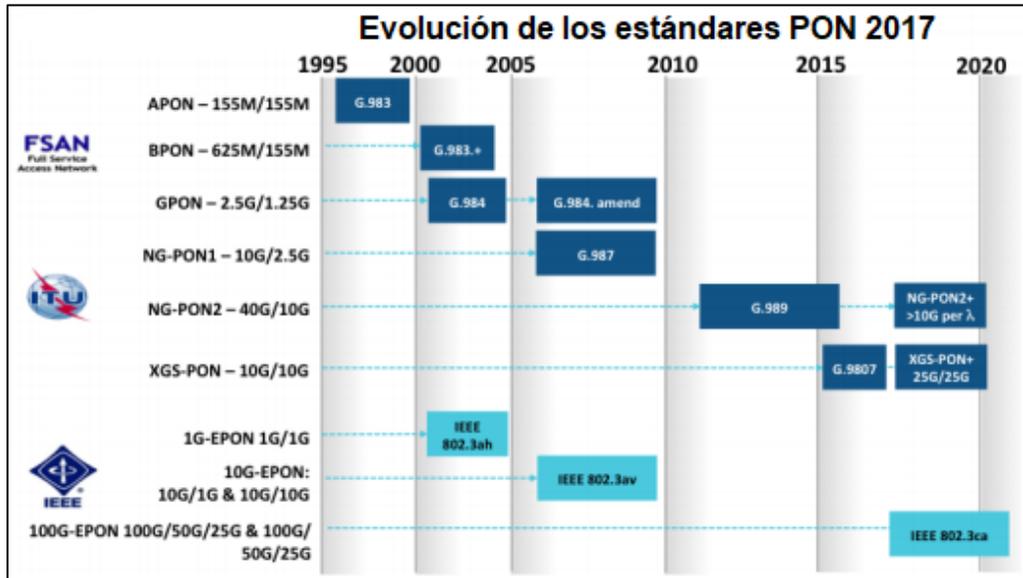


Figura 2.1 Generaciones de Tecnología PON [13]

## 2.3 RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD DE GIGABIT (GPON)

La red GPON es una tecnología de acceso por medio de fibra óptica la cual se encuentra estandarizada en el conjunto de recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones Sector de Estandarización de las Telecomunicaciones (ITU-T-*International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector*), donde define: características generales de GPON en (G.948.1), la Especificación de la Capa Dependiente de los Medios Físicos (PMD-*Physical Medium Dependent*) en (G.984.2,) la Especificación de la Capa de Transmisión en (G.948.3), la Especificación de Gestión y Control de la ONT en (G.984.4) y banda de mejora en (G.948.5). Esta red óptica no solo soporta Ethernet, si no también Modo de Transferencia Asíncrono (ATM-*Asynchronous Transfer Mode*) y la Multiplexación por División de Tiempo (TDM-*Time Division Multiplexing*) [11].

GPON tiene una capacidad en su enlace descendente de 1.244 Gbps y 2.488 Gbps, en su enlace ascendente capacidades de 155.52 Mbps, 622.08 Mbps, 1.244 Gbps y 2.488 Gbps. Utiliza el Método de Encapsulación GEM (*GPON Encapsulation Method*) permitiendo soportar varias clases de servicios (Ethernet, ATM y TDM), en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 microsegundos. GEM se basa en el estándar de la ITU-T denominado Procedimiento de Entramado Genérico (GFP-*Generic Framing Procedure*) en la recomendación (G.7041). Debe señalarse que GPON no solo ofrece mayores anchos de banda de tecnologías anteriores, sino que es más eficiente debido a que presenta menores encabezados en las tramas [12].



Así mismo, se puede decir que el alcance es la distancia física máxima entre la Terminal de Línea Óptica (OLT - *Optical Line Terminal*) y la Terminal de Red Óptica (ONT - *Optical Network Terminal*), alcanzando distancias de hasta 20 Km con fibra monomodo y un rango óptico de 28 dB de máxima atenuación utilizando láser óptico clase B+ (con una sensibilidad máxima en el receptor de -28 dBm, potencia de salida que varía entre 1.5 dBm hasta 5 dBm utilizado en fibra bidireccional en transmisión (TX) 1490 nm de longitud de onda y en recepción (RX) 1310 nm), con una tasa de división de 1:128. Así mismo, se puede lograr un alcance de 30 Km si se realiza una tasa de división máxima de 1:16 [13] [14].

De igual forma, se puede incrementar la cobertura hasta 60 Km introduciendo laser ópticos tipo C+ (con una sensibilidad máxima en el receptor de -32 dBm, potencia de salida que varía entre 3 dBm hasta 7 dBm utilizado en fibra bidireccional en transmisión (TX) 1490 nm de longitud de onda y en recepción (RX) 1310 nm), esta suma hasta 4 dB al rango del enlace óptico usando extensores de alcance. Por otra parte, para poder realizar una conexión física y poder transportar datos entre la OLT y la ONT, se realiza la conexión por medio de cables de fibra óptica, utilizando una variedad de divisores ópticos pasivos de 1 x n (donde n= 2,4,8,16,32 o 64) en distintas instalaciones para alcanzar los clientes [7] [15].

Por último, el enlace de subida se da entre las ONT y la OLT utilizando una longitud de onda de 1310 nm, para el tráfico de datos en este enlace se utiliza protocolos basados en Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA-*Time Division Multiple Access*) el cual asegura que no se presenten colisiones al momento de la transmisión. De la misma forma en el enlace de bajada se utiliza una longitud de onda de 1490 nm donde se realiza un broadcast óptico en la que cada ONT solo procesa la información que le corresponda debido a las técnicas de seguridad del Estándar de Cifrado Avanzado (AES-*Advanced Encryption Standard*). También se asigna una tercera longitud de onda en los 1550 nm para el broadcast de video Radiofrecuencia (RF-*Radio Frequency*) donde se tiene Broadcast analógico, broadcast digital, HDTV y video de baja demanda, de este modo el video/TV se ofrece de dos formas distintas simultáneamente como son: RF y Televisión por Protocolo de Internet (IPTV-*Internet Protocol TV*).

En la figura 2.2 se puede observar el esquema de una red GPON.

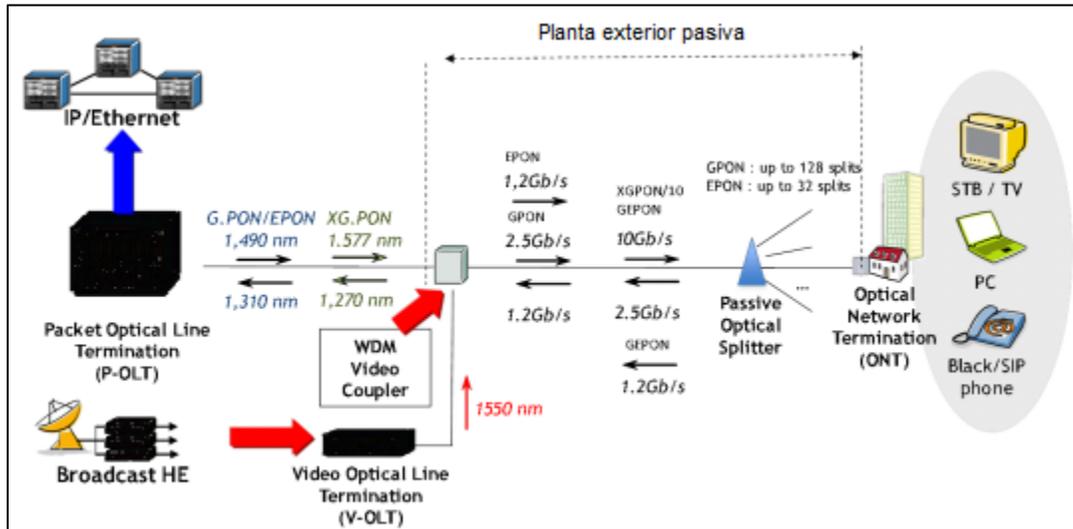


Figura 2.2 Esquema de una red GPON [13]

### 2.3.1 EQUIPOS DE RED ÓPTICA

La red GPON está compuesta por varios elementos que se mencionan a continuación y donde cada dispositivo óptico cumple una función específica en la red.

#### 2.3.1.1 Terminal de Línea Óptica (OLT)

La OLT es un dispositivo terminal que permite conectar una troncal de fibra óptica, esta terminal se ubica en las instalaciones del ISP donde su función principal es convertir, enmarcar y transmitir señales para la red GPON, además coordinar la multiplexación de las ONT para la transmisión en el enlace ascendente. Este dispositivo contiene rack, Modulo de Control y Conmutador (CSM-*Control and Switch Module*), Modulo de Enlace EPON (ELM-*EPON Link Module, GPON card*), módulos de fuentes de protección de redundancia de -48V CC o un módulo de fuente de alimentación de 110/220 V CA y ventiladores. De igual manera, estas tarjetas también admiten el intercambio sin apagar el equipo.

La OLT controla los dos sentidos de la transmisión de información a través de la Red de Distribución Óptica (ODN-*Optical Distribution Network*) que puede ser máxima de 20 Km en su enlace ascendente (obteniendo la distribución de diferentes tipos de tráfico de datos y voz de los usuarios) y en su enlace descendente (obteniendo tráfico de voz, datos y video de la red metro o una red de larga distancia y enviando todos los módulos ONT en el ODN) [16].

#### 2.3.1.2 Terminal de Red Óptica (ONT) / Unidad de Red Óptica (ONU)



La ONT es un término utilizado por la IUT-T, que también se conoce como ONU que es el término utilizado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (*IEEE-Institute of Electrical and Electronics Engineers*), refiriéndose ambos estándares al equipo ubicado del lado del usuario con una mínima diferencia en cuanto a su lugar de ubicación, el cual se encarga de convertir las señales ópticas transmitidas a través de la fibra en señales eléctricas, para posteriormente enviar estas señales a los suscriptores individuales. Estos dispositivos, además, pueden preparar, agregar y enviar diferentes tipos de datos provenientes de los usuarios finales y enviarlos al enlace ascendente hasta la OLT. Por último, la ONT puede conectarse por diferentes métodos al igual que varios tipos de cables, como cable de cobre, cable coaxial, fibra óptica o wifi [16].

### 2.3.1.3 Red de Distribución Óptica (ODN)

Siendo una parte integral del sistema PON, es la encargada de proporcionar el medio de transmisión óptico para la conexión física de las ONT a la OLT con un alcance de 20 Km o más. Dentro de la ODN los cables de fibra óptica, los conectores ópticos, los divisores ópticos pasivos y los componentes auxiliares se ayudan entre sí, esta ODN tiene varios segmentos específicos que son:

- Fibra de alimentación: Parte del Distribuidor de Fibra Óptica (*ODF-Optical Distribution Frame*) dentro de la sala de telecomunicaciones de la oficina central y termina en el punto de distribución óptica para cobertura de grandes distancias.
- Punto de distribución óptica y Fibra de distribución: Desde el punto de distribución óptico hasta el punto de acceso óptico distribuye fibras ópticas para las áreas a su lado.
- Punto de acceso óptico: La fibra conecta el punto de acceso óptico a los terminales ONT logrando la llegada de la fibra a los usuarios.
- Fibra de caída.

Por último se puede decir que ODN es el camino esencial para distribución de datos PON y su calidad puede afectar directamente el rendimiento, confiabilidad y escalabilidad del sistema [16].

### 2.3.2 FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es un medio de transmisión muy empleado en el sector de las telecomunicaciones para la transmisión de datos, es un hilo fino de materiales transparentes, vidrio o materiales plásticos por el cual se le envían pulsos de luz que representan datos a transmitir. Así mismo, colocando una fuente de luz láser o un Diodo Emisor de Luz (*LED-Light Emitting Diode*) el haz se propaga por el núcleo de la fibra con

un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell.

Es importante decir que esta transmisión de luz se basa en la reflexión interna total, esta luz que va por el núcleo incide sobre la superficie externa con un ángulo mayor al del ángulo crítico y es por esto que la luz se refleja hacia el interior de la fibra óptica. Con el fin de evitar pérdidas por la dispersión de la luz debido a impurezas del material, este núcleo se reviste de una capa de vidrio con índice de refracción menor [17].

En la figura 2.3 se observa los elementos de un cable de fibra óptica.

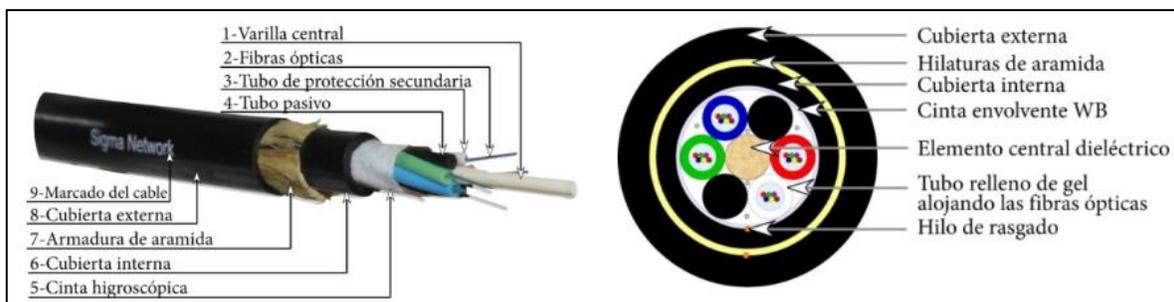


Figura 2.3 Elementos de un cable de fibra óptica [18]

Es por esto que, la capacidad de transmitir información depende de 3 características especiales como son:

- Del diseño geométrico de la fibra.
- De las propiedades de los materiales con que fue elaborada.
- Anchura espectral de la fuente con que fue emitida. En cuanto más grande sea la anchura, se va a reducir la capacidad de transmisión de información de la fibra.

A continuación, se presentan las diferentes clases de fibra óptica:

Según su modo de propagación las fibras ópticas tienen dos formas que son explicadas a continuación.

- **Monomodo:** Es la más empleada en la actualidad porque ofrece mayor capacidad de transportar información teniendo una banda de paso de los 100Ghz/Km. Alcanza distancias de 40 km y más sin llegar a dañar la señal. Esta fibra monomodo dispone de un solo modo de propagación y varias longitudes de onda de luz propagándose por el núcleo de la fibra. Se puede decir que esta fibra tiene una atenuación entre 0.3 y 0.5 dB/Km, tiene un diámetro en el núcleo de entre 5 a 8 micrones y un revestimiento de 125 micrones de diámetro, esto hace que se tenga menos dispersión modal, se emplea para grandes distancias utilizando un láser como fuente de luz.

- Multimodo: Es la fibra en la cual los haces de luz pueden circular en múltiples caminos, se emplean en distancias cortas ya que su máxima distancia es de hasta 2 Km y utiliza un diodo láser de baja intensidad como fuente de luz. Tiene un revestimiento de vidrio de 125 micrones de diámetro y en el núcleo de la fibra vienen de 50 y 62.5 micrones. Cabe resaltar que el núcleo de esta clase de fibra tiene un índice de refracción mucho mayor, pero de la misma magnitud que la del revestimiento. Finalmente dependiendo del tipo de índice de refracción del núcleo se tiene dos tipos de fibra multimodo que son: índice escalonado (alta dispersión modal) y de índice gradual (menor dispersión modal), esta dispersión modal se refiere a un fenómeno que afecta esta clase de fibras debido a la forma como viajan los rayos de luz produciendo un retardo en la transmisión que reduce el ancho de banda o distancia de la transmisión [17]. En la figura 2.4 se observa los modos de propagación de la fibra óptica.

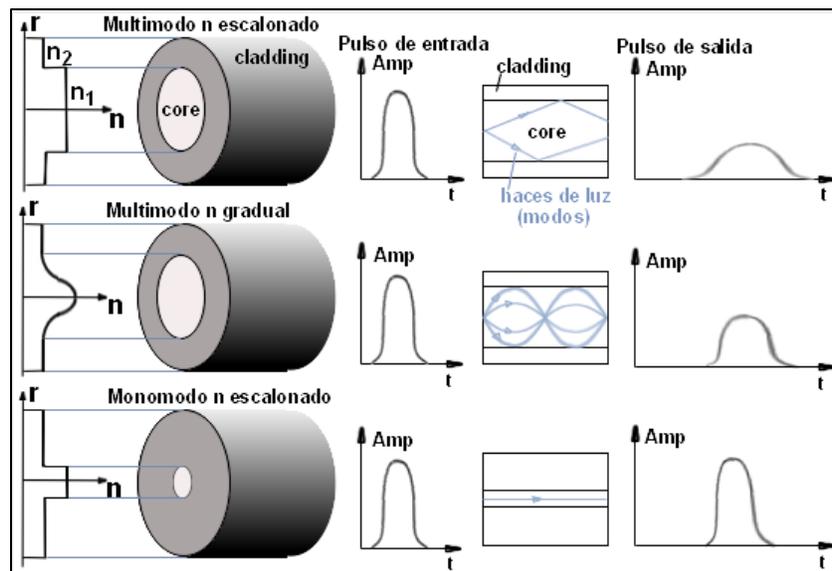


Figura 2.4 Modo de propagación de la fibra óptica [17]

### 2.3.3 TOPOLOGÍAS

Una topología de red es una disposición de la conexión física o lógica de todos los dispositivos o nodos que la conforman, cuando se habla de conexión física se refiere a la forma como están conectados los dispositivos que conforman dicha red. En cuanto a la forma lógica, se refiere a la manera que se transfiere los datos a través de los dispositivos que conforman la red [19] [20].



Debe señalarse que las redes PON, utilizan 3 tipos de topologías que son: Punto a Punto, Punto a Multipunto Activo y Punto a Multipunto Pasivo.

- Punto a Punto (EP2P): Requiere que para X usuarios se instale N fibras en el canal de comunicación y dependiendo de la distancia que se desea cubrir. Requiere un conector eléctrico-óptico en la OLT y la ONT, a la vez que demanda  $2 \times N$  conectores.
- Punto a Multipunto Activo (P2MA): Para esta topología se requiere que para X clientes, se debe instalar una fibra para cubrir el mayor tramo, además, se necesita un conector eléctrico-óptico tanto en la OLT como en el gabinete de comunicaciones, de igual forma hace falta  $2 \times N+2$  conectores.
- Punto a Multipunto Pasivo (P2MP): Para X usuarios es necesario colocar una fibra de acuerdo al camino a cubrir, para cada cliente es necesario poner un conector eléctrico-óptico en la OLT y ONT. De igual forma los conectores utilizados son de N+1, una de las virtudes de esta topología en el cual el Splitter óptico que es un elemento entre la OLT y la ONT es pasivo, lo cual significa que no requiere de ninguna fuente eléctrica que lo alimente siendo por este motivo muy utilizado en las redes GPON y EPON [21].

## TOPOLOGÍAS LÓGICAS

- Red en Bus: Comprende un único canal de comunicación que comparten todos los dispositivos que están conectados a la red, este tipo de topología tiene muchas desventajas frente al número limitado de equipos conectados, distancia del cable, degradación de la señal, muchas colisiones y grandes pérdidas al momento de la transmisión.
- Red en Estrella: La característica principal de esta topología es que todos los dispositivos están conectados a un nodo central pasando todas las comunicaciones a través de este, una de las desventajas es que si el nodo central falla todos los dispositivos de la red quedan desconectados.
- Red en Anillo: En esta topología los dispositivos van conectados uno seguido del otro, hasta que el ultimo se vuelve a conectar al primero. Es por esto que, una de las desventajas es que si el dispositivo anterior falla en la conexión todos quedan desconectados.
- Red en Árbol: Es caracterizada porque está en una forma jerárquica, es decir que de un nodo principal se derivan otros niveles secundarios y así sucesivamente, esta topología es muy usada ya que si un nodo falla solo se desconectaría una ramificación de esta, a menos que tenga fallas el nodo principal.

- Red en Malla: Dentro de este tipo de red todos los nodos están conectados entre sí, lo cual lo hace muy resistente a fallas.
- Red en Irregular: Tienen como único requisito que todos deben conectarse al menos a otro equipo.
- Red en Mixta: Se puede decir que esta es la conexión de varias topologías anteriormente descritas.

A continuación, se presenta en la figura 2.5 las diferentes topologías de red.

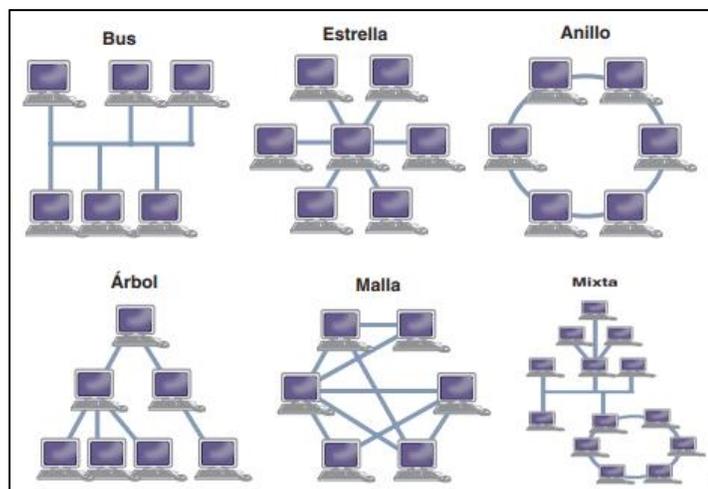


Figura 2.5 Topologías de Red [19]

### 2.3.4 PROTOCOLOS

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas y tipos de mensajes preestablecidos para que la comunicación entre un emisor y un receptor se pueda realizar, de igual forma se precisa la manera en que estas comunicaciones se deben dar en las redes teniendo en cuenta la temporización, la corrección de errores, la secuencia y la revisión. También se tienen tres elementos claves como son: sintaxis, semántica-secuenciamiento y temporización.

Existen gran variedad de protocolos según sus arquitecturas estandarizadas como son: modelo Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI-*Open System Interconnection*) y modelo Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP-*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), de esta forma ofrecen servicios orientados a la conexión y no orientados a la conexión [22].



- Protocolo Simple de Gestión de Red (SNMP-*Simple Network Management Protocol*): este protocolo permite y facilita monitorear y administrar redes que operan sobre TCP/IP, de la misma manera se utiliza para corregir y diagnosticar fallas que presenta la red con el fin de mejorar los servicios en la misma [23].
- Protocolo de Cubierta Segura (SSH-*Secure Shell*): Es un protocolo cuya función principal es la conexión remota de forma segura entre dos ordenadores, con el fin de que la información en la red viaje de forma cifrada. Es por esto que, como SSH cifra toda la información que envía y recibe es útil para asegurar otros protocolos inseguros [24].
- Protocolo de Telecomunicaciones de Red (Telnet-*Telecommunication Network Protocol*): Es un protocolo de Internet estándar el cual permite la conexión remota con otro ordenador asignándole el puerto 23. Se debe decir que este protocolo no es seguro toda vez que la transferencia de información no va cifrada.
- Protocolo de Internet (IP-*Internet Protocol*): Es muy importante en la capa de Internet del modelo TCP/IP, el cual permite enviar paquetes o datagramas desde un destino a otro por medio de redes interconectadas, es no orientado a la conexión. Finalmente este protocolo define la forma del datagrama IP (unidad básica de transferencia sobre la red) [25].
- Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP-*Hipertext Transfer Protocol*): Es el protocolo de capa de aplicación por el cual se realiza la transmisión de información a la web, especificando la forma de comunicación entre el cliente y los servidores web. Es por esto que aquí se define la sintaxis y semántica entre los diferentes elementos de la arquitectura web.
- Protocolo Dinámico de Configuración de Host (DHCP-*Dynamic Host Configuration Protocol*): este protocolo está proyectado con el fin de simplificar la gestión de la configuración IP del host, por medio de un servidor DHCP se asignan direcciones IP de forma dinámica a los dispositivos que están conectados en la red.
- Protocolo Simple de Transferencia de Correo (SMTP-*Simple Mail Transfer Protocol*): Este protocolo es basado en texto con el fin de cambiar información de correo electrónico entre diferentes dispositivos conectados en la red, se basa en el modelo cliente-servidor [26].

## 2.4 RED DE FIBRA ÓPTICA HASTA EL HOGAR (FTTH)

Para empezar, FTTH es una arquitectura de red de acceso por medio de fibra óptica interconectada desde la Oficina Central (CO) del proveedor hasta el suscriptor o usuario final, hoy en día este tipo de arquitectura está siendo implementadas por los proveedores



de servicios ya que ofrecen mayores anchos de banda y logra satisfacer las necesidades de sus clientes, en los últimos años debido a la fabricación de equipos ópticos y fibras ópticas de alta calidad a menores precios están impulsando a este tipo de redes [27].

Además, FTTH ofrece servicios triple *play* (voz, datos y video) con velocidades que van desde 155 Mbps hasta los 2.5 Gbps en su enlace de bajada (de OLT a ONTs) con una longitud de onda de 1490 nm para voz y datos IP y 1550 nm para video RF, por otro lado en su enlace de subida (de ONTs a OLT) ofrece velocidades desde 155 Mbps hasta 1.25 Gbps con una longitud de onda de 1310 nm [28]. Así mismo, los datos que se transmiten en el enlace de bajada se realizan por Multiplexación por División de Tiempo (*TDM-Time Division Multiplexing*) llegando los paquetes al destino de cada usuario a través de la ONT mediante *splitting*<sup>1</sup> de potencia. De igual manera para el enlace de subida se realiza por Acceso Múltiple por División de Tiempo (*TDMA-Time Division Multiple Access*) ya que si las señales de las diferentes ONT llegan al mismo tiempo a la entrada de los divisores ópticos (*Splitter*) habría superposición de las diferentes señales al llegar a la OLT, es por esto que TDMA le asigna diferentes intervalos de tiempo a cada usuario para la transmisión de sus paquetes llegando estos en forma ordenada a la OLT.

#### 2.4.1 ARQUITECTURA DE RED DE ACCESO FTTH

La red de acceso es una parte de la red de comunicaciones mediante la cual se conecta al suscriptor con el proveedor de servicios, con el fin de poder utilizar el servicio requerido [29]. Así mismo, la arquitectura de la red de acceso FTTH comprende cinco áreas que se dividen en: un área de red central, un área de oficina central, un área de alimentación, un área de distribución y un área de usuario las cuales se observan en la figura 2.6 [30].

- Red central: Se encuentra los equipos del ISP como son: servidores de Autenticación, Autorización, Contabilización (*AAA-Authentication, Authorization, Accounting*), el cual tiene la capacidad de autenticar usuarios, autorizar acceso y almacenar la información sobre el manejo de la cuenta, de igual forma servidores de Acceso Remoto de Banda Ancha (*BRAS-Broadband Remote Access Server*) el cual se encarga de enrutar el tráfico desde y hacia dispositivos de acceso remoto de banda ancha, al igual que la Red Telefónica Conmutada (*PSTN- Packet Switched or the Legacy Circuit Switched*) y equipos del proveedor de televisión.
- Oficina Central: Se ubican los equipos como la OLT y el Armario de Distribución Óptico (*ODF-Óptical Distribution Cabinets*), pero en ocasiones también pueden estar todos los equipos de la red central.
- Red de alimentación FTTH: Comienza desde la ODF en la oficina central, hasta los Terminales de Distribución de Fibra (*FDT-Fiber Distribution Terminal*), estos

---

<sup>1</sup> Son las divisiones de potencia óptica, se prefiere su uso en ingles porque es ampliamente aceptado en el argot técnico de las empresas de telecomunicaciones.

normalmente son cajas de empalme de planta externa para instalaciones aéreas (mangas o *closure*) y donde se sitúan los divisores ópticos de nivel uno. A las fibras ubicadas entre la CO y el Splitter de nivel uno se le llama fibra de nivel uno.

- Red de distribución FTTH: El cable de distribución conecta al divisor de nivel uno con el divisor de nivel dos, que se encuentra en un Terminal de Acceso a la Fibra (FAT-*Fiber Access Terminal*) las cuales son colocadas en los postes cerca de los usuarios finales. Esta fibra que conecta los dos *Splitters* se llama fibra de nivel dos.
- Área de usuario: Se conecta el Splitter de nivel dos que está en la FAT con la ONT del usuario final, se utiliza una fibra de nivel tres la cual tiene características como: flexibilidad, menor peso y menor diámetro.

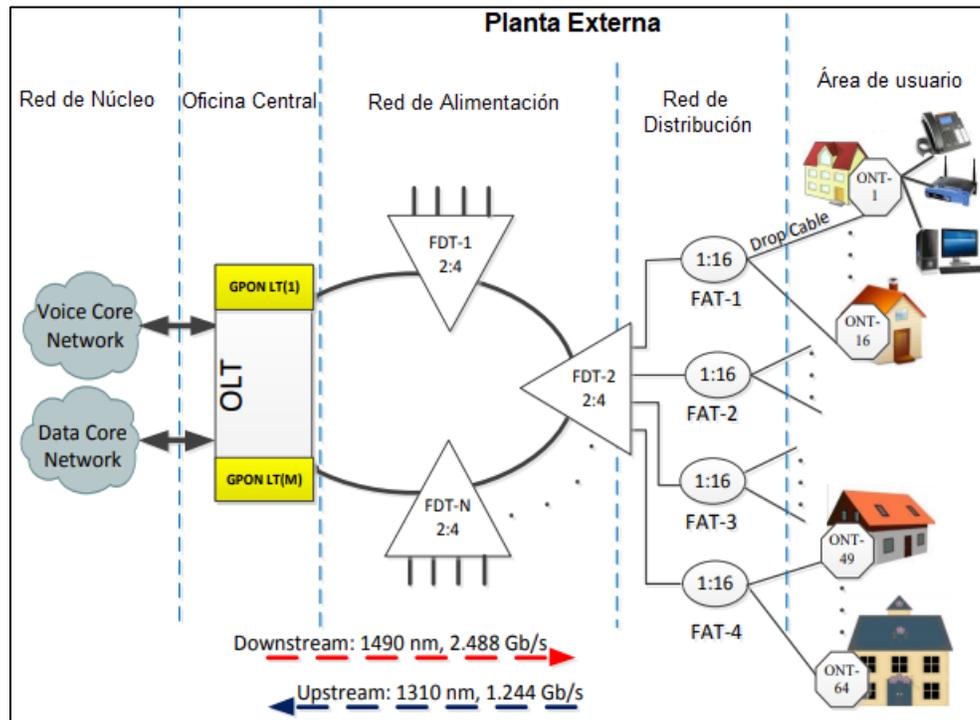


Figura 2.6 Arquitectura de Red FTTH [30]

## 2.4.2 TOPOLOGIAS

Dentro de este orden de ideas, en la arquitectura de red de acceso FTTH se utilizan dos topologías: punto a punto (P2P) y punto a multipunto (P2MP) al momento de ser implementada la red de acceso.



- Punto a punto (P2P): En esta topología se utiliza un cable de fibra óptica único que va desde la oficina central hasta el usuario final, esto lleva a facilitar la operación y mantenimiento técnico a la hora de resolver daños en el cableado. De este modo se tiene en la oficina central un conmutador principal ethernet de alta capacidad que se conecta por medio de señales ópticas (a través del estándar Gigabit Ethernet) a un conmutador de agregación, este a su vez se encarga de conectar el flujo de datos con múltiples fibras que van hasta la ONT [27].
- Punto a multipunto (P2MP): Para esta topología se puede mencionar que, cada usuario se interconecta a la red óptica mediante un divisor óptico pasivo de este modo no se tienen elementos activos en la red, esto con lleva a reducir costos en el cableado de fibra óptica ya que permite que gran cantidad de suscriptores compartan una misma fibra hasta el punto donde está el Splitter y por ende reducir costos de operación ya que este tipo de elementos soportan las condiciones ambientales externas [27].

### 2.4.3 OTROS ELEMENTOS DE RED

Dentro de la red FTTH es importante mencionar elementos como: divisores ópticos (*splitters*) y conectores ópticos, de los cuales se realiza una descripción que los caracteriza.

#### 2.4.3.1 Divisores Ópticos

Estos elementos pasivos dividen la potencia óptica de la señal de forma balanceada y por ende cada hilo de fibra que entra en el divisor puede dividirse en un número determinado de fibras a la salida. De esta forma, esta división permite una conexión punto a multipunto con el fin de que muchos usuarios finales compartan la misma fibra que se está usando [31].

A continuación, se aprecia en la tabla 2.1 las pérdidas que presenta cada una de las relaciones de *splitters*.

Tabla 2.1 Pérdidas de inserción de splitters

Relación de Splitter	Perdida por inserción (dB)
1:2	3,6
1:4	7,2
1:8	10,29
1:16	13,43
1:32	17,5



En efecto se habla de divisores ópticos desbalanceados los cuales cumplen la función de realizar la división de la potencia óptica de la señal, ya que tiene una fibra de entrada y dos de salida, pero divide la potencia de forma asimétrica.

#### 2.4.3.2 Conectores Ópticos

Los extremos de los cables de fibra óptica de Planta Externa (OSP-*Outside Plant*), deben conectarse a equipos activos y para ello es necesario empalmar cables mucho más flexibles llamados *pigtail* en la punta de la fibra óptica, los cuales vienen en diferente forma:

- *Pigtail*: cable de fibra óptica de 900 micrómetros (um) con longitud aproximada de 2.5 metros que trae en un extremo un conector.
- *Latiguillos*: grupo de cables de chaquetas LSZH de 1.6 a 3 mm con hilos de aramida y elementos de resistencia.

Los conectores de fibra óptica tienen un casquillo para acomodar y posicionar exactamente el extremo de la fibra, estos deben ir con la mejor precisión posible para que no se tenga pérdida de energía luminosa y pérdidas de retorno, al momento de la fabricación requiere una precisión mecánica y óptica en el rango entre 0.5 y 0.10 micrómetros (um) [13].

A continuación, se describen los tipos de conectores comunes:

- Conector ST: Conectores de tipo recto con cierre de bayoneta, son robusto y su uso es industrial mayoritariamente.
- Conector SC: Tiene un diseño cuadrado y sistema *push/pull*, debido a sus excelentes propiedades ópticas es el conector más usado en el mundo.
- Conector MU: Conector de forma pequeña que tiene un casquillo de 1.25 mm, funciona igual que el SC pero tiene la mitad de tamaño.
- Conector LC: Es de la nueva generación de conectores compactos, construido en un casquillo de 1.25 mm de diámetro y su acoplador dúplex es del mismo tamaño de un SC el cual es usado en oficinas centrales y centros de datos.

En la figura 2.7 se observa los diferentes tipos de conectores empleados en redes FTTH.



Figura 2.7 Tipos de conectores

Con respecto a esta arquitectura de red FTTH se puede decir que está limitada a distancias máximas de hasta 20 Km entre la OLT y la ONT, dicha distancia alcanzable está definida por [28]:

- La potencia transmitida por los equipos: Dependen del tipo de equipo en función de la potencia óptica y clasificadas como tipo A, B, C y D.
- La sensibilidad en recepción de los equipos: Que es la potencia mínima que reconocen los equipos de forma correcta, un valor típico es de -26 dBm.
- La pérdida de inserción incluida por la fibra óptica: Esta es de 0.4 dB/Km para una longitud de onda de 1310 nm y para una longitud de onda de 1490 nm es de 0.35 dB/Km.
- Pérdida incluidas por los *splitters*: Depende de la relación de *splitting* de acuerdo a la tabla 2.1.
- Pérdida incluidas por conectores: Un valor común es de 0.5 dB aproximadamente.
- Pérdida incluidas por empalmes: Si es un empalme mecánico será de 0.5 dB aproximadamente, pero si es un empalme por fusión será alrededor de 0.01 dB.

Así pues, cada diseño de una red FTTH es diferente, pero se debe tener en cuenta los aspectos operativos y de mantenimiento. Esta red depende primeramente del costo de su construcción, centrándose en la reducción del requisito de Gasto de Capital inicial (*CAPEX-Capital Expenditure*), no obstante, la operación y el mantenimiento deben ser fundamentales una vez la red esté operativa, está siempre debe mantenerse así. Es por esto que se debe minimizar los Costos Operativos (*OPEX-Operational Expenditures*), dedicando un menor número de personal al mantenimiento de la red pero que a la vez esta sea confiable y pueda superar cualquier dificultades de manera fácil [13].



Dentro de esos aspectos operativos de debe tener en cuenta:

- Decisiones estratégicas correctas: Como se debe diseñar la red para que sea más fácil administrar los cambios y actualizaciones.
- Documentación de la red bien definida: Determinar y detectar rápidamente las fallas.
- Gestión de procesos estandarizada: Como mejorar procesos de gestión, mantenimiento y logística.

Para finalizar, la arquitectura de red de acceso FTTH desde el aspecto económico puede variar ya que se depende del diseño y la cantidad de fibras ópticas, divisores ópticos y numero de puertos ópticos necesarios en la OLT [28]. En la actualidad, los proveedores de servicios se ven obligados a tener mayores anchos de banda, razón por la cual están migrando a redes de fibra óptica con el fin de poder ofertar a sus usuarios mayores velocidades a menor costo.

## 2.5 GESTIÓN DE REDES

Para hablar de gestión de redes, se da a conocer algunos conceptos que se abarcaran a lo largo de este ítem para que estos conceptos se ajusten a lo que se interpreta, así tener mejor claridad del tema a tratar.

A continuación se listarán algunos conceptos como:

- Gestión: “La gestión define los recursos en una red con el fin de evitar que esta llegue a tener fallas de funcionamiento restando disponibilidad en sus prestaciones” [32].
- Gestión de Red: “La gestión de red se refiere a las actividades, métodos, procedimientos y herramientas que se refieren a la operación, administración, mantenimiento y aprovisionamiento de sistemas en red” [33].
- Operación: Se encarga de sostener la red y que esta se encuentre en funcionamiento sin ningún problema.
- Administración: Involucra hacer seguimiento de los recursos de red y su asignación.
- Mantenimiento: Se encarga del arreglo y perfeccionamiento, realizando correcciones preventivas en los parámetros de algún dispositivo de la red.
- Aprovisionamiento: Se trata de la configuración de recursos para que la red pueda mantener un servicio de forma óptima.



La importancia de la gestión de redes se debe a que la red es una estructura compleja la cual necesita que se le preste un adecuado cuidado, ya que las fallas que se producen dentro de la misma es necesario poder detectarlas, diagnosticarlas y repararlas de forma inmediata con el fin de que no se afecte la prestación de servicios a los usuarios finales o que no se pueda brindar de forma óptima los mismos. Además, proveedores de Internet que ofrecen diferentes servicios de telecomunicaciones a larga distancia, dependen en gran medida de su éxito en el mercado si brindan servicios de alta calidad reduciendo tiempos de caída de los mismos [33].

De modo que, las Empresas dedicadas a brindar servicios de comunicación necesitan ahorrar costos en el funcionamiento de la red y a la vez ser más productivos. Esto lleva a que, estas herramientas de aplicación de gestión ayuden a través de pruebas de red a la solución de problemas, detectando, aislando las fallas de forma rápida y por ende poder liberar tiempo para realizar otras tareas al personal de trabajo. De igual forma también se facilita la activación de servicios, automatización en el aprovisionamiento para reducir el número de tareas y posibles errores humanos. Además, permite recoger información historia y grafica de la red con el propósito de poder ser usada para beneficio en la toma de decisiones a futuro de las organizaciones.

### 2.5.1 SISTEMAS DE MONITOREO

“La monitorización de redes es el uso de un sistema que constantemente controla una red de ordenadores para poder localizar componentes lentos o que son causa de fallos en la red para luego notificar al administrador (vía *email* o SMS) en caso de corte, es decir de fallos que afectan la disponibilidad de la red” [34].

El uso del sistema puede monitorizar diferentes protocolos como: HTTP, HTTPS, SNMP, FTP, SMTP, POP3, IMAP, DNS, SSH, TELNET, SSL, TCP, MS, SIP, UDP, Media Streaming y también todo el rango de puertos. Esto se debe realizar en un determinado tiempo con el fin de estar informados de lo que ocurra en la red, para poder tomar decisiones a tiempo al momento de que ocurran fallos y a la vez poder garantizar un servicio confiable a los usuarios [34].

Es por esto que, la monitorización implica dos causas importantes que son el tiempo de duración del monitoreo y el uso de recursos de la red, en efecto mientras más tiempo sea la monitorización más efectiva será la detección de fallas, pero a su vez esto implica más ocupación de recursos en el sistema y es por esto que debe existir un punto medio para obtener un rendimiento admisible [35].

De esta forma, se puede tener dos tipos de monitoreo:

- Monitoreo activo: Tienen la capacidad de introducir paquetes de prueba dentro de la red o enviar paquetes a servidores con determinadas aplicaciones, con el fin de



realizarles seguimiento en los tiempos de respuesta. Utiliza técnicas de monitoreo activas basado en ICMP, TCP y UDP.

- Monitoreo pasivo: Siempre está informado de lo que está pasando a partir de la recolección de tráfico de la red, pero sin modificar ningún parámetro. Emplea múltiples dispositivos como *sniffers*, ruteadores y equipos de cómputo con diferentes software para analizar el tráfico y en forma frecuente dispositivos con soporte SNMP, RMON y NETFLOW [35].

Por otra parte, en los últimos años se ha logrado el desarrollo de muchas herramientas de monitorización y entre ellas múltiples de software libre que son flexibles y van en continuo cambio con el fin de poderse adaptar a las necesidades de las Empresas que los implementan [36].

Sin duda alguna, la monitorización se puede resumir en productividad para una Empresa, ya que esta permite tener al tanto a los administradores por medio de notificaciones con el propósito de corregir errores o fallas en tiempo real dentro de la red y a su vez aumentar la eficiencia de una organización, reducir costos, tener datos históricos, aumentar la credibilidad y no afectar los diferentes servicios que se prestan a los usuarios finales.

Finalmente, una de las técnicas de monitoreo pasivo se realiza a través del protocolo SNMP que es utilizado con el propósito de obtener estadísticas de múltiples parámetros de una red y al mismo tiempo generar *Traps* indicando que un evento inusual a ocurrido. A continuación, se describe brevemente su arquitectura:

## ARQUITECTURA SNMP

El protocolo SNMP usa el paradigma Gestor-Agente, siendo este muy utilizado por los principales modelos de gestión de redes en la actualidad y descrito en el RFC 1157 del Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet (IETF-*Internet Engineering Task Force*), unificando el proceso de administración de redes sin importar los diferentes fabricantes de dispositivos [35].

De esta forma, se tienen cuatro elementos fundamentales en un sistema SNMP que son:

- Gestor de red (NMS-*Network Management System*): Genera consultas y notificaciones de agentes en la red.
- Agente: Procesos que se realizan en cada nodo de la red que se desea gestionar como son: *hosts*, *routers*, *switchs*, entre otros. La información de estos agentes se almacena en su MIB.
- Base de datos de Información de Gestión (MIB-*Management Information Base*): Es una base de datos de información estructurada en forma de jerarquía, agrupando

los objetos de dispositivos que realizan alguna función en la red. Dentro de estas MIB existe un objeto identificador OID siendo este el número que identifica su posición exacta dentro de la base de datos.

- Protocolo SNMP: protocolo de capa de aplicación basado en TCP/IP el cual puede hacer posible el cambio de información entre dispositivos de una red [37].

Finalmente, existen tres versiones del protocolo SNMP (SNMPv1, SNMPv2, SNMPv3), Su funcionamiento se describe en la figura 2.8.

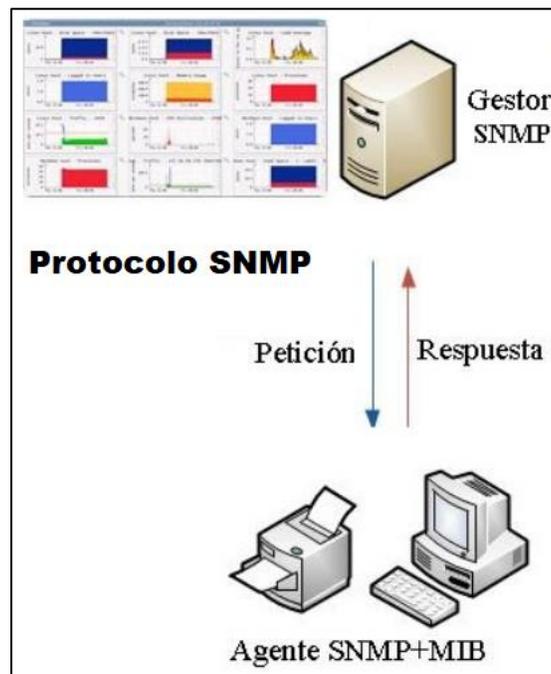


Figura 2.8 Elementos de gestión SNMP [37]

## 2.5.2 HERRAMIENTAS DE MONITOREO DE REDES

Las diferentes herramientas de monitoreo que existen hoy en día, presentan una gran diversidad en cuanto a funcionalidades y cada una se puede ajustar a las necesidades de las diferentes Empresas de telecomunicaciones. De igual forma, al momento de escoger cual usar se debe tener claro las necesidades que se tienen para poder elegir la más adecuada y que se ajuste a los requerimientos de la red, de hecho, estas herramientas pueden clasificarse en cuatro categorías [38].

- Software de código abierto: En la actualidad y debido a presupuesto económico muchas Empresas en el sector de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones optan por elegir software de código abierto. En principio estas herramientas ofrecen unas ventajas en cuanto a sus funcionalidades que se pueden personalizar y no tienen costo alguno, pero por otro lado tienen limitaciones en



muchas funcionalidades ya que no son capaces de realizar de forma detallada la monitorización de la red. El soporte de estas herramientas también depende en muchas ocasiones de foros de los mismos usuarios siendo estas soluciones no muy confiables [38].

Dado que, la Empresa Telcofiber S.A.S. es un proveedor de servicios con un año y medio en el sector de las telecomunicaciones y que está en constante crecimiento, se opta por trabajar con una herramienta de código abierto por dos razones: La primera es el factor económico, ya que en este momento no se cuenta con toda la capacidad económica para la compra de un software licenciado debido a que la Empresa está en continua inversión en la ampliación de su red FTTH. En segundo lugar, se tiene una red pequeña comparada con los grandes operadores del departamento del Cauca.

Como consecuencia, se describen algunas de las múltiples herramientas de monitoreo utilizadas en la actualidad de código abierto.

- Nagios: Es un sistema de monitorización de equipos y servicios de red de protocolos como (SNMP, POP3, HTTP, ICMP, SMTP), también sirve para monitorear los recursos de los hosts (carga de procesador, uso de los discos, memoria, entre otros.), además se puede realizar asistencia remota a través de SSL o SSH. De igual forma realizar notificaciones cuando ocurre algún cambio en los dispositivos de la red y también tiene una interfaz Web opcional [39].
- Cacti: Es un sistema con el cual se puede tener control sobre los dispositivos de red (routers, conmutadores o servidores, cargas, CPU, temperaturas, entre otros.), utiliza RRD Tools para crear gráficos a partir de la información recolectada por cada dispositivo que se administra, la herramienta está desarrollada en un lenguaje de programación PHP, utiliza MySQL para almacenar esta información y envía alarmas basado en umbrales casi en tiempo real [40].
- Pandora: es un software de código abierto empleado en monitorear servidores y dispositivos de telecomunicaciones, está desarrollado en varios lenguajes de programación, esta herramienta monitorea elementos de red mediante SNMP, utiliza alertas por medio de email o mensajes de texto, implementa varios protocolos de gestión de información y consultas sobre los equipos, finalmente la información recolectada va a un servidor [40].
- Zabbix: Se utiliza para monitorear el estado de diferentes servicios de la red, servidores, hardware de red y aplicaciones. Utiliza base de datos *MySql* y *PostgreSQL*, se instala un servidor Linux para tener guardada la información, esta es recolectada de los agentes SNMP de los equipos monitoreados, en su interfaz Web presenta gráficamente toda la información que recolectaron los agentes [41].



- Soluciones básicas de monitorización: Al tener la necesidad de monitorizar eficientemente una red, se puede recurrir a herramientas básicas económicas las cuales ofrecen la monitorización como mínimo de ancho de banda por medio de SNMP, estas soluciones son adecuadas para redes pequeñas, pero al momento de tener mayor crecimiento es necesario pasar a software de mayor capacidad.
- Especialistas: Son sistemas de monitoreo a áreas específicas de una red, logrando un gran rendimiento en esas áreas, pero teniendo una gran debilidad en el monitoreo amplio de una red.
- Software de gestión de red Empresarial: Por su costo de licenciamiento y complicada instalación son utilizadas por grandes Empresas, pero este software solo es un simple componente más dentro de un sistema más robusto.
- Soluciones de monitoreo todo en uno: Con la gran demanda en la actualidad de realizar un óptimo monitoreo de la red, estas soluciones son las más adecuadas para las Empresas ya que integran al sistema de monitoreo general áreas específicas de monitorización que la Empresa requiere, pero a la vez sigue siendo escalable el sistema a medida que la red comienza a crecer. De igual forma, se puede decir que son herramientas de fácil instalación y cuentan con asistencia permanentemente por parte de los fabricantes, finalmente estas soluciones tienen un gran rango de variedad en el costo de licenciamiento.

El uso y disponibilidad del ancho de banda es uno de los requisitos técnicos que debe tener cualquier herramienta de monitoreo, se debe tener en cuenta el extenso soporte de muchos de los protocolos y tecnologías como por ejemplo WMI, *Netflow*, *SFlow*, *JFlow*, *Packet Sniffing* y SNMP, ya que muchas de las redes tienen un panorama variado. De igual forma es una ventaja tener un monitoreo remoto para redes distribuidas, al igual que tener graficas detalladas, reportes, listados y tener todo el histórico de los datos recopilados durante un largo tiempo.

Por otra parte, las alarmas son una función importante ya que estas mantienen informado a los administradores de cualquier cambio, paso de nivel de alguna métrica o falla en cualquier dispositivo de la red. Se sabe que día a día la utilización de sistemas virtuales va en crecimiento, las herramientas deben ofrecer opciones de poder monitorear estos sistemas como, por ejemplo: *VMWare*, *Microsoft Hyper-V*, *Parallels Virtuozzo Container* o *Amazon Elastic Compute Cloud*.

Para finalizar, la interfaz de usuario de estas herramientas deben ser flexibles e implementables en múltiples sistemas operativos tanto móviles como Web, a la vez que mostrar de forma sencilla pero detallada la información de software y hardware de los componente que integran la red de telecomunicaciones [38].



## 2.6 SISTEMAS DE INTEGRACIÓN DE DATOS DE USUARIO

Cuando se habla de integración de datos de usuario en la actualidad, se puede comenzar diciendo que las Empresas tienen diversos sistemas de información desarrollados con el paso del tiempo, al realizar la consulta de estas fuentes de información suelen ser muy diversas dentro de las cuales se encuentran ficheros, archivos de texto, bases de datos, planos, entre otras. De esta manera existen técnicas para integrar estos datos las cuales no son más que enfoque de conceptos para recolectar esta información con el fin de facilitar la consulta de la misma, organizar, controlar y evitar la redundancia de datos [42].

Así mismo, se definen un conjunto de pautas para evaluar la mejor herramienta que se sustenta en la estrategia de consolidación y federación<sup>2</sup> de datos. Estas herramientas permiten implementar una solución en las Empresas de la manera más adecuada y que se ajuste a sus necesidades, de igual forma, los niveles de integración de información es la manera de combinar datos de diversos repositorios con distintas representaciones contextuales y conceptuales, dentro de estos niveles se tiene los siguientes.

- Integración de datos: Suministra una vista de los datos que están dispersos en la Empresa, es factible este proceso de integrar si se tiene bien definida las fuentes de los datos donde se va a extraer la información.
- Integración de aplicaciones: Facilita una vista unificada de las aplicaciones que se tienen dentro o fuera de las Empresas.
- Integración de procesos de negocio: Facilita una vista unificada de los procesos que se lleva en una Empresa.
- Interacción de usuarios: proporciona a los usuarios una interfaz personalizada donde se pueda ver el contenido de la Empresa (negocio, aplicación y datos), esta interfaz debe permitir a los usuarios colaborar y compartir información.

Al implementar herramientas para la integración de datos se debe tener en cuenta, una interfaz amigable e intuitiva, soportes para múltiples fuentes de datos, extensibilidad en cuanto a fuentes de datos y transformación de los datos [42].

En la figura 2.9 se observa la arquitectura de la integración de datos

---

<sup>2</sup> La federación de datos consiste en la combinación de estos viniendo de diferentes orígenes y modelos de datos.

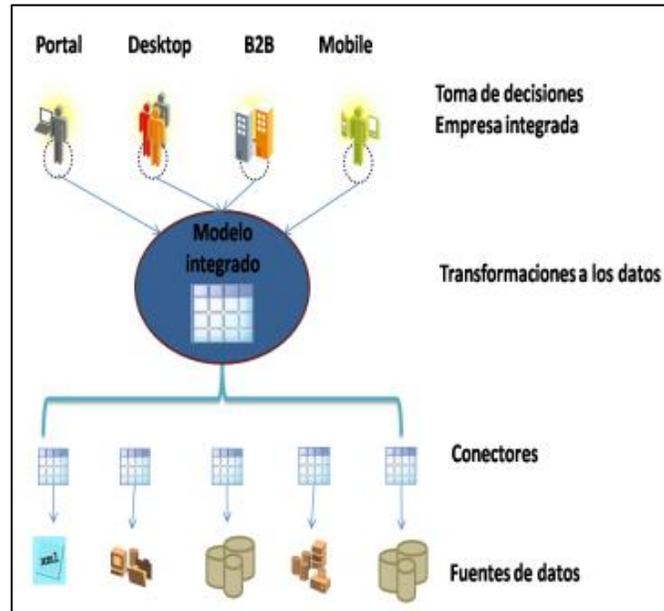


Figura 2.9 Arquitectura de la integración de datos [42]

La Empresa Telcofiber S.A.S., en la actualidad no tiene integrada la información de sus usuarios en un sistema dificultando el manejo de la misma por parte de la Empresa, de esta forma estos datos de usuarios (nombres, número telefónico, dirección de servicio, IP de gestión, dirección MAC de la ONT, entre otros.) están siendo llevados hasta el momento en un archivo de texto, dificultando la consulta de algún dato que se requiera por parte del personal para cualquier procedimiento ya sea técnico o administrativo. Por este motivo, se desea integrar esta información en un sistema a través de una interfaz gráfica amigable para tener mayor control, eficiencia y organización de estos datos que son importantes en la reducción de tiempos de respuesta en los diferentes procesos establecidos por la Empresa.

## 2.7 TELCOFIBER S.A.S

La Empresa Telcofiber S.A.S. soluciones integrales en ingeniería de TICS, es una sociedad por acciones simplificada, constituida como una Empresa de telecomunicaciones con registro mercantil No 46270 del 27 de agosto del 2019, con número de identificación tributaria NIT 901316179-5 y mediante el cual el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones MINTIC otorga registro único de TIC No 96004915 del 18 de septiembre de 2019 [3].

En la actualidad la Empresa legalmente constituida, presta sus servicios como ISP en los municipios de Santander de Quilichao y Almaguer departamento del Cauca, brindando canales de servicio de Internet banda ancha e Internet corporativo por medio de la tecnología GPON a través de su arquitectura de red FTTH a todos sus usuarios. Es por esto que, en un lapso corto de tiempo se cuenta con más de 140 suscriptores y está en



constante crecimiento, demandando cada día mayor cobertura de su red en estos municipios.

Debe señalarse que la Empresa cuenta con personal técnico especializado en tecnología GPON, que se encargan en realizar mantenimiento preventivo, correctivo de la red y su infraestructura. También, se tienen técnicos idóneos para realizar soportes técnicos e instalaciones a los usuarios finales con el objetivo de poder seguir creciendo como Empresa, brindando una excelente calidad en el servicio y a la vez un trato cordial a sus clientes.

El logo de la Empresa se observa en la Figura 2.10



Figura 2.10 Logotipo de la Empresa Telcofiber S.A.S. [3]

### 2.7.1 MISIÓN

Suministrar soluciones tecnológicas a todos los sectores como una Empresa líder en el departamento del cauca, impulsando el desarrollo de nuestros colaboradores orientada a generar valor a la sociedad, clientes, comprometidos con el desarrollo continuo de la región [3].

### 2.7.2 VISIÓN

En el año 2021 ser la mejor Empresa que proporcione servicios de telecomunicaciones a través de redes tecnológicamente actualizadas y modernas a través de fibra óptica hasta el hogar, cumpliendo la normatividad vigente e impulsando el crecimiento económico productivo de la región, logrando que todos los habitantes de la ciudad de Santander de Quilichao, accedan a Internet por fibra óptica bajo premisas de calidad y tarifas equitativas [3].



### 3 CAPITULO: ARQUITECTURA FÍSICA Y LÓGICA

La Empresa Telcofiber S.A.S., en la actualidad tiene implementada una red de fibra óptica bajo la tecnología de acceso FTTH con el fin de ofrecer el servicio de Internet banda ancha a todos sus usuarios finales. De este modo, para transmitir la información entre el suscriptor y la oficina central (nodo) de la Empresa es necesario tener una conexión física y lógica de los diferentes elementos que componen la red.

La información obtenida de las conexiones físicas y lógica de toda la red, se realiza mediante consultas a los ingenieros encargados del manejo de la misma, de igual forma se recorre constantemente las instalaciones y vías públicas en compañía del personal técnico para llegar a plasmar el diseño que se tiene hasta el momento, pese a que es una Empresa con poco tiempo de funcionamiento no se tiene a la fecha documentado el diseño de la red FTTH. Debe señalarse que, la oficina central es donde se tiene la infraestructura de red con tres equipos de la Empresa Telcofiber y dos equipos de la Empresa de telecomunicaciones LUMEN Technologies la cual tiene una red de nivel uno (Tier 1), de alcance mundial que le transporta el tráfico de datos a Telcofiber como proveedor de servicios de Internet.

#### 3.1 ARQUITECTURA LÓGICA

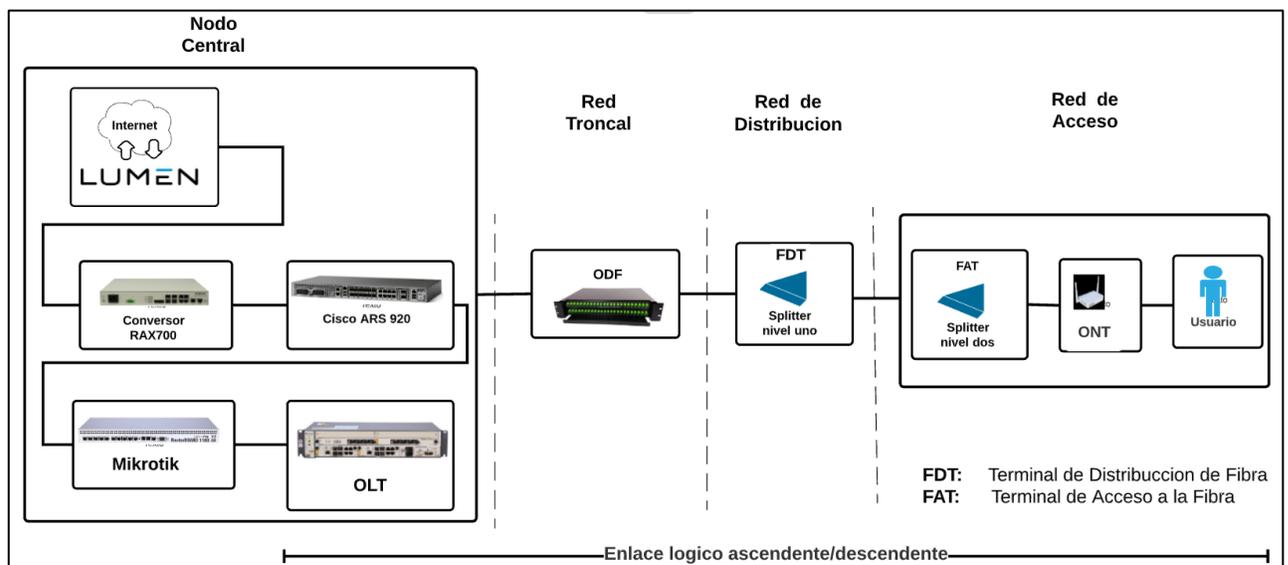


Figura 3.1 Arquitectura lógica de la red FTTH Telcofiber

En la figura 3.1 se observa la arquitectura lógica de la red FTTH de la Empresa Telcofiber conformada por diferentes bloques (nodo central, red troncal, red de distribución y red de acceso). Cada uno de estos bloques conformado por elementos hardware y software que cumplen diferentes funciones con el objetivo de poder llevar de principio a fin (proveedor internacional Lumen hasta usuario final) los datos para tener acceso a Internet. Así mismo,



el primer bloque llamado nodo central donde se tienen 4 equipos como son: OLT, router mikrotik, router cisco y conversor, los cuales son encargados de recibir las tramas Ethernet de los usuarios, enrutar el tráfico, aplicar diferentes protocolos de telecomunicaciones y posteriormente dar salida a Internet. De igual forma, el bloque de red troncal y red de distribución a través del ODF y del Splitter de nivel 1 transportan estos datos en forma bidireccional para lograr ser recibidos o entregados al bloque de la red de acceso, este último bloque se encarga de procesar los datos con su equipo ONT e interactuar con el cliente o usuario final y poder tener acceso a los diferentes servicios.

De esta manera, se tiene un enlace ascendente el cual se da entre las ONT y la OLT utilizando una topología punto a multipunto pasivo, donde emplea una longitud de onda de 1310 nm donde mediante el protocolo basado en TDMA asegurando que no se presenten colisiones al momento de la transmisión de los datos, esta sincronización se complementa con el método llamado *ranging* y equalización con el fin de que el acceso al medio se produzca en el instante preciso de acuerdo a la distancia física que las separa de la OLT. De igual forma, se utiliza la autenticación (TKIP-AES)<sup>3</sup> con el fin de encriptar los datos.

A continuación, se describe la forma lógica en que se trasmite datos de principio a fin dentro del diagrama de bloques.

- El tráfico de datos generado por el usuario es enviado a la ONT vía inalámbrica o alámbrica.
- La ONT se encarga de encriptar el tráfico que entra, procesado a nivel 2 (802.1p/Q/ad) de acuerdo a lo establecido en la OLT a través del protocolo de Interfaz de Gestión y Control de la ONT (OMCI-*Management and Control Interface*), el tráfico ethernet se encapsula en tramas GEM, varias de estas tramas se configuran en T-CONT (colas) y se envían por el canal en forma de ráfagas. La ONT informa el ancho de banda requerido a través de un mensaje de Informe de Ancho de Banda Dinámico Ascendente (DRBu-*Dinamic bandwidth Report Upstream*) a la OLT, de esta manera esta tiene siempre presente el estado actual de todas las colas en la red.
- Mediante un mensaje de Mapa de Ancho de Banda (BWmap-*Bandwidth Map*) la OLT establece tickets indicando el turno a cada ONT para que envíe datos de un T-CONT.
- Una vez la ONT tiene el turno para enviar los datos, esta se encarga de transmitirlos al Splitter nivel 2 y a su vez al de nivel 1 para que posteriormente lleguen hasta el ODF y hagan su tránsito hasta el equipo OLT.

---

<sup>3</sup> Protocolos de encriptación usados en una red Wi-Fi



- En el enlace ascendente la trama ethernet es encapsulada en la trama GEM y esta a su vez encapsulada en la trama GTC (duración de 125 microsegundos) con el fin de ser enviadas a la OLT.
- Se implementa el algoritmo de Asignación del Ancho de Banda (*DBA-Dynamic Bandwidth Allocation*), el cual da a conocer la demanda del tráfico de todas las ONT y sus T-CONT asociados con el fin de asignarles dinámicamente dependiendo el estado general de la red, consiguiendo tener un porcentaje alto de la utilización de la red y descongestionar las ONT.
- La OLT obtiene las cargas útiles GEM las cuales son tramas ethernet de los usuarios para ser enviadas al equipo mikrotik.
- Estas tramas ethernet pasan por el equipo router mikrotik para hacer control en su firewall y enrutar el tráfico en la red del proveedor internacional.
- Por último, también son enrutadas estas tramas por el proveedor Lumen a través de sus equipos router cisco ARS y el conversor RAX700 con el fin de ser transmitidas a la red de Internet de acuerdo a la dirección de destino.

De igual forma, en la figura 3.1 la arquitectura lógica de la red utiliza una topología punto a punto cuyo enlace descendente se da entre la OLT y las ONT de la red FTTH, se emplea una longitud de onda de 1490 nm en la cual cada ONT solo procesa la información que le corresponda debido a las técnicas de seguridad AES.

## 3.2 ARQUITECTURA FISICA

La Empresa Telcofiber en la actualidad está en constante ampliación teniendo cambios frecuentes en el diseño físico e infraestructura de su red, en la figura 3.2 se observa el diseño de la arquitectura física de la red de acceso FTTH desde el área de su oficina central hasta llegar al área de los usuarios finales en los hogares. De esta forma se aprecia las diferentes secciones que componen la red de acceso, sus respectivas conexiones alámbricas e inalámbricas por medio de diferentes tipos de cables (fibra óptica, cable UTP o Wifi) y demás elementos utilizados de forma general en el diseño de la arquitectura física (*splitters*, FDT, FAT, ONT, entre otros).

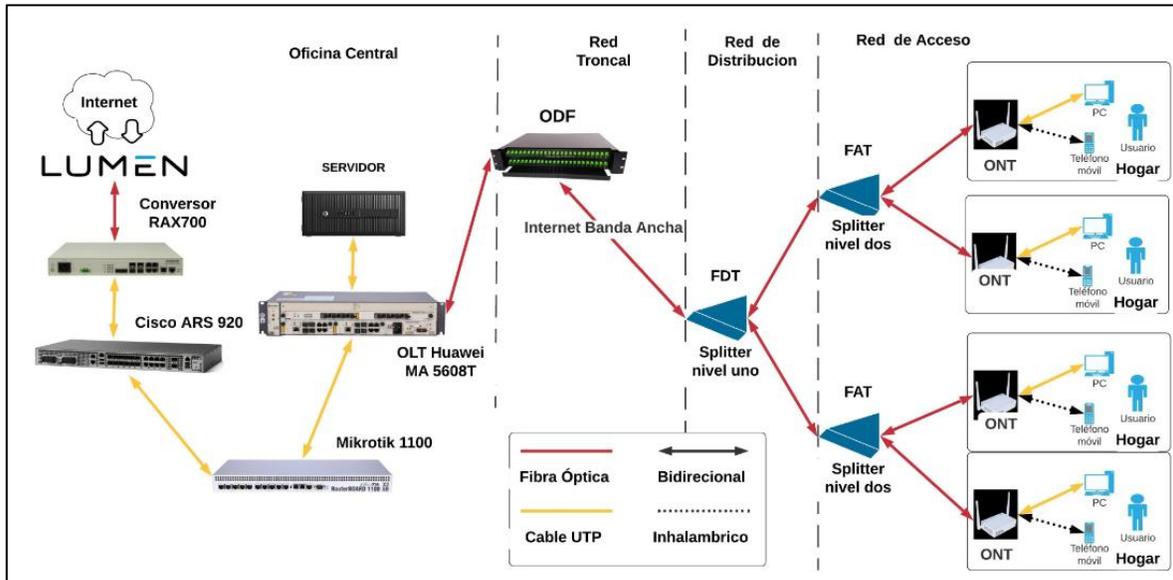


Figura 3.2 Arquitectura física general de la red FTTH Telcofiber

En la figura 3.3 se observa en forma detallada la conexión física desde la salida a Internet hasta la ONT, en este caso se realiza la descripción desde la OLT hasta la ONT ya que más adelante se explica la salida a Internet por medio del proveedor internacional. En el equipo OLT se tienen en uso la tarjeta de interfaz GPON desde los puertos del número 0 hasta el número 5. La conexión desde los puertos se realiza en forma bidireccional a través de los diferentes cables de fibra óptica aéreos que llegan finalmente hasta el suscriptor, de forma detallada se deja plasmado la forma en que llegan las conexiones de extremo a extremo de la siguiente manera:

- En primer lugar, la tarjeta de interfaz GPON conectada a la OLT tiene 8 puertos donde en cada uno se inserta un *transceiver* SFP conectando a este un extremo del *Patch Cord* dúplex y el otro conectado al ODF.
- Desde el puerto del ODF se conecta un *pigtail* empalmado o fusionado en la punta de uno de los hilos que tiene el cable de fibra óptica aéreo de primer nivel que sale de la oficina central, el cual es empalmado en un Splitter principal 1:8 simétrico ubicado dentro del FDT, este elemento divide la potencia de la señal óptica con el fin de obtener a la salida 8 fibras. Así mismo, dentro del Terminal de Distribución de Fibra se empalma nuevamente uno de los 8 hilos del Splitter principal a una cascada de *splitters* desbalanceados de la siguiente manera: el hilo 1 se fusiona con un Splitter 1:2 desbalanceado con *splitting* 20/80 el cual divide la potencia de la señal óptica a la salida por el nuevo hilo 1 en un veinte por ciento y por el hilo 2 en un ochenta por ciento.

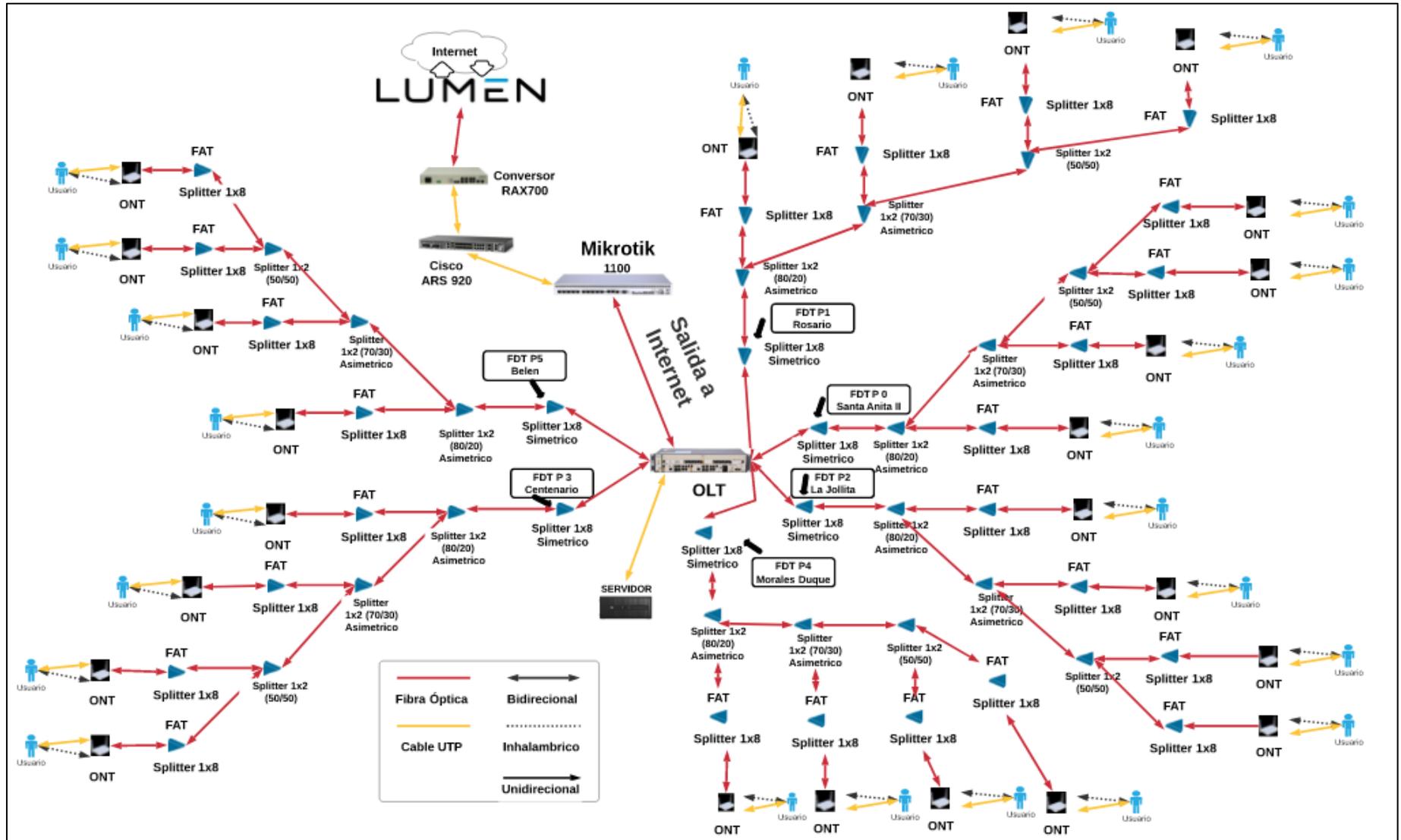


Figura 3.3 Arquitectura física enlace ascendente/descendente de la red Telcofiber



- En consecuencia, a la salida del hilo 1 que tiene veinte por ciento de la potencia de la señal óptica se empalma un *Splitter* 1:8 o 1:16 SC/APC que va ubicado dentro de la FAT, para posteriormente con cada una de las salidas llegar hasta el usuario final con una fibra drop.
- Posteriormente con el hilo 2 que tiene el ochenta por ciento de la potencia de la señal óptica se conecta en cascada a otro *Splitter* 1:2 desbalanceado con *splitting* 30/70 el cual divide nuevamente la potencia de la señal óptica a la salida por el hilo 1 en un treinta por ciento y por el hilo 2 en un setenta por ciento, es de anotar que a continuación se repite al paso anterior fusionando la fibra de menor potencia óptica a un *Splitter* 1:8 o 1:16 SC/APC que va ubicado dentro de la FAT.
- De igual manera, el hilo 2 que ahora tiene el setenta por ciento de la potencia de la señal óptica, se conecta finalmente a otro *Splitter* 1:2 simétrico con *splitting* 50/50 el cual divide nuevamente la potencia de la señal óptica de igual forma y cada hilo de salida va conectado a un *Splitter* 1:8 o 1:16 SC/APC que va ubicado dentro de la FAT.

Los pasos anteriores describen la forma física como se conectoriza los *splitters* en cascada con el objetivo de llegar a los Terminales de Acceso a la Fibra, para finalmente conectar por medio de la red FTTH a los suscriptores. Como consecuencia de lo expuesto anteriormente se describe la conexión física en el área de usuario o red de acceso de la siguiente manera:

- En la FAT se encuentra ubicado el *Splitter* de segundo nivel 1:8 o 1:16 SC/APC, a cada uno de los puertos se conecta un *pigtail* SC/APC que va empalmado con la fibra de tercer nivel llamada drop, está se enruta hasta el lugar de residencia del usuario final llegando al interior del hogar, es ahí donde se coloca el dispositivo ONT que trae un puerto de fibra óptica a la cual se conecta por medio de un *pigtail* SC/UPC que va fusionado al extremo de la punta de la fibra drop que entra a la casa del cliente final.
- Una vez llega la potencia óptica necesaria para la recepción y transmisión de datos a la ONT, está permite al cliente final conectar de forma inalámbrica o alámbrica los diferentes dispositivos electrónicos en su lugar de residencia.

Así mismo, se realiza el mismo procedimiento técnico en cada uno de los puertos de la OLT y de las fibras de salida de cada uno de los *splitters* con el fin de poder ofrecer el servicio de Internet a todos sus usuarios, llegando a tener máximo 128 usuarios por cada puerto para un total de 1024 usuarios por tarjeta de interfaz GPON insertada en la OLT.

Por otra parte, es necesario mencionar las pérdidas que se tienen en el transcurso de los enlaces de fibra óptica, de acuerdo al diseño realizado por los ingenieros de la Empresa se obtiene la potencia óptica necesaria requerida por el receptor que oscila entre (-22 dBm y -



26 dBm), de esta forma se procede a explicar el cálculo con los valores comerciales proporcionados por el fabricante:

- La potencia de la señal óptica que sale desde la OLT con su modulo SFP es de +6 dBm donde se le restan las perdidas por inserción de los elementos de la tabla 3.1 que componen el enlace entre la OLT y la ONT, al realizar el enlace de fibra óptica se obtienen una potencia de llegada al receptor que oscila entre -22 dBm y -26 dBm aproximadamente. Esta variación se da debido a que, durante el cálculo del enlace pueden variar el número de fusiones, atenuación de los empalmes debido a (conectores sucios, dañados, de baja calidad o mal instalados), la longitud del tramo, tipo de cable de fibra óptica y la cantidad de *splitters* utilizados en la FDT. De igual forma es importante tener en cuenta las reflexiones en los enlaces ya que parte de la potencia óptica se pierde en estas y por este motivo es necesario detectarlas y repararlas.

Tabla 3.1 Perdidas por inserción

ELEMENTOS	CANTIDAD	PERDIDA (dB)
Splitter principal 1:8 simétrico	1	10.29
Splitter secundario 1:8 simétrico	1	10.29
Splitter 1:2 desbalanceado <i>splitting</i> 20/80	1	7.11/1.04
Splitter 1:2 desbalanceado <i>splitting</i> 30/70	1	5.63/1.87
Splitter 1:2 <i>splitting</i> 50/50	1	3.6/3.6
Conectores SC/APC	2	0.3
Conectores SC/UPC	1	0.3
Conectores dúplex SC/APC-SC/UPC	1	0.21
Empalmes	3	0.02
Fibra monomodo	variable	0.3 por km

Así mismo, a los usuarios finales se les asigna por medio del Protocolo de Configuración Dinámica de Host (DHCP- *Dynamic Host Configuration Protocol*) direcciones IP privadas del rango 192.168.30.0 con mascara de red 255.255.255.0, realizando un Traductor de Direcciones de Red (NAT-*Network Address Translator*) para obtener salida hacia Internet a través de la dirección IP publica 1xx.xx.xxx.xx con mascara de red 255.255.255.240. de igual manera, se tiene configuradas varias IP públicas para clientes corporativos para su salida a través de Internet.

Ahora bien, en la figura 3.4 se observa que se tienen configuradas las VLAN 101, 201, 301 y 302 para poder agrupar diferentes dispositivos de un segmento de red y poder administrarlos de manera eficaz. En la actualidad se tiene velocidades aproximadas en recepción del orden de los 150 Mbps y en transmisión de los 15 Mbps.



Interface List									
Interface	Interface List	Ethernet	EoIP Tunnel	IP Tunnel	GRE Tunnel	VLAN	VRRP	Bonding	LTE
Name	Type	MTU	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	
::: VLAN GESTION ONTs									
R ::: vlan_101 - Gestion.ONTs	VLAN	1500	1500	1594	0 bps	0 bps	0	0	
::: VLAN INTERNET BA									
R ::: vlan_201 - Banda Ancha	VLAN	1500	1500	1594	124.3 Mbps	8.0 Mbps	12 444	6 934	
::: VLAN DEDICADO PASTOR									
R ::: vlan_301 - Dedicado Pastor	VLAN	1500	1500	1594	0 bps	0 bps	0	0	
::: VLAN DEDICADO CDA									
R ::: vlan_302 - Dedicado CDA	VLAN	1500	1500	1594	528 bps	0 bps	1	0	

Figura 3.4 Interfaz VLAN red Telcofiber

Por otro lado, se utiliza el Protocolo Punto a Punto sobre Ethernet (PPPoE, *Point-to-Point Protocol over Ethernet*), con el objetivo de autenticar los suscriptores y darles acceso a Internet mediante un usuario asignado por parte de los ingenieros de la Empresa. Del mismo modo, se considera en el firewall las reglas de filtro donde se permite acceso de diferentes protocolos, aplicaciones, interfaces web y puertos como: SSH, SNMP, NTP, ICMP, Winbox, Radius, ID GRE-VPN PPTP, VPN PPTP, con la finalidad de controlar el tráfico que sale e ingresa a la red por parte del personal encargado.

Por tal motivo, al momento de crear las reglas se usa la cadena determinada en el mikrotik llamada INPUT la cual hace referencia a proteger el router de Ataques de Negación de Servicio (*DoS-Denial of Service*), fuerza bruta y accesos no autorizados, esto se realiza para evitar que los usuarios sufran ataques en su ancho de banda y que también le descifren sus credenciales de autenticación.

### 3.3 RED CENTRAL Y OFICINA CENTRAL

El servicio de Internet llega a la oficina central a través de un canal dedicado de fibra óptica de la compañía LUMEN, la cual se conecta al equipo conversor de medios RAX700 donde llega la fibra óptica y realiza una conversión a ethernet eléctrico, saliendo un Cable de Par Trenzado (UTP- *Unshielded Twisted Pair*) en interfaces a un Gigabit Ethernet, posteriormente a través de cable UTP la Empresa LUMEN realiza la conexión a su equipo router cisco ASR 920 con el propósito de realizar funciones de capa 2 Red Privada Virtual (VPN-*Virtual Private Network*), servicios de capa 3 VPN (L3vpn), permitiendo implementar la Conmutación de Etiquetas Multiprotocolo (MPLS-*Multiprotocol Label Switching*). En este caso en particular, no se realiza una descripción detallada de las funciones y la configuración de los dos equipos mencionados con anterioridad ya que pertenecen al ISP de primer nivel (Tier 1) transporta el tráfico de datos de la Empresa Telcofiber.

A continuación, se realiza la conexión física de los equipos a través de cable UTP desde el router cisco ASR 920 hasta el router Mikrotik, posteriormente desde el equipo mikrotik se conecta al equipo OLT por medio de cable UTP y esta a su vez se conecta al servidor. Debe señalarse que la OLT se conecta por medio de cables de fibra óptica hasta el ODF para finalmente dar salida a las fibras ópticas de la oficina central a la red troncal.

En la figura 3.5 se observa la arquitectura física del área de la oficina central de la Empresa.

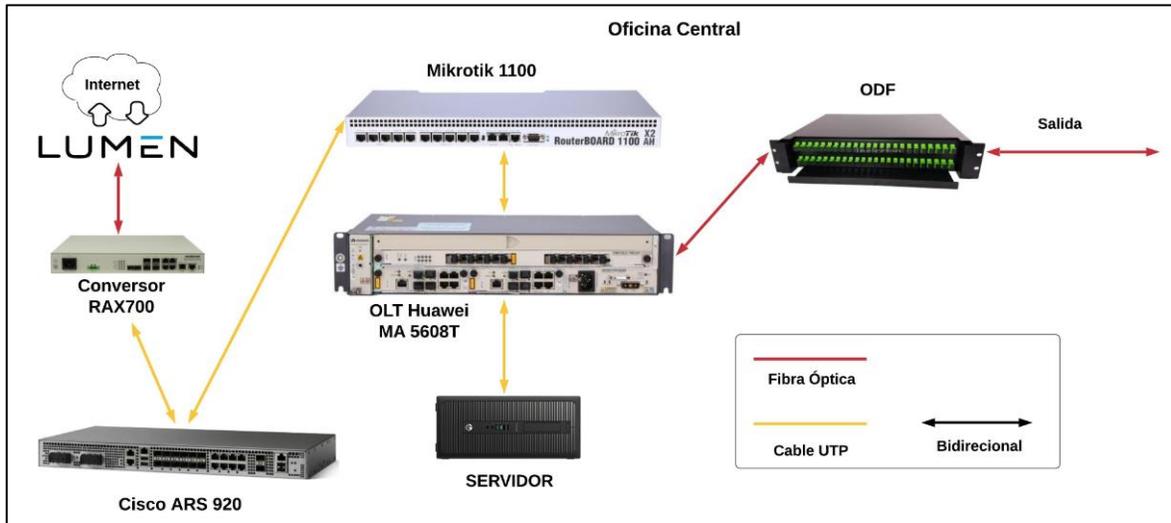


Figura 3.5 Arquitectura física oficina central de la red FTTH Telcofiber

En la figura 3.6 se observa el rack de comunicaciones de la oficina central donde están instalados equipos como: ODF, OLT, Mikrotik y el servidor necesario para brindar servicios de telecomunicaciones a los usuarios de la Empresa Telcofiber. De este modo, se describe funciones del equipo mikrotik siendo este un router clase 6 que a través de su aplicación Winbox e interfaz gráfica permite realizar las siguientes configuraciones a la red:



Figura 3.6 Equipos oficina central Telcofiber

- Firewall
- Routing
- MPLS
- VPN
- HopSpot
- Calidad de servicio (QoS)



- DHCP
- NAT
- Balanceo de tráfico
- Balanceo de cargas
- Proxy
- Queues (colas)
- Backup

Dentro de las configuraciones realizadas en la OLT se tienen las siguientes:

- Configuración de parámetros y servicios de red y así conseguir la comunicación con el router mikrotik.
- Configuración de las VLAN usadas (101,201,301,302).
- Configuración de las direcciones IP privadas asignadas a los clientes que se autentican por PPPoE en el mikrotik (192.168.30.0/24).
- Configuración de los perfiles con la asignación del ancho de banda ofrecidos al usuario final tanto del enlace de bajada como del enlace de subida.
- Se aprovisionan, activan y verifican diferentes parámetros ópticos de las ONT, como se observan en la figura 3.7.

```
TELCOFIBER(config)#display ont info by-sn 4857544332d47f9d
-----
F/S/P          : 0/0/3
ONT-ID         : 2
Control flag   : active
Run state      : online
Config state   : normal
Match state    : match
DBA type       : SR
ONT distance(m) : 2762
ONT battery state : not support
Memory occupation : 43%
CPU occupation  : 1%
Temperature    : 64(C)
Authentic type : SN-auth
SN             : 4857544332D47F9D (HWTC-32D47F9D)
Management mode : ONT
Software work mode : normal
Isolation state : normal
ONT IP 0 address/mask : -
Description     : 2114002gustavomedina
Last down cause : dying-gasp
Last up time    : 2021-04-20 23:42:34+08:00
Last down time  : 2021-04-20 23:37:32+08:00
Last dying gasp time : 2021-04-20 23:37:32+08:00
ONT online duration : 0 day(s), 1 hour(s), 11 minute(s), 39 second(s)
Type C support  : Not support
Interoperability-mode : ITU-T
-----
VoIP configure method : Default
-----
Line profile ID   : 11
Line profile name : FTTH-TF-TO_100M

TELCOFIBER(config-if-gpon-0/0)#display ont optical-info 3 2
-----
ONU NNI port ID : 0
Module type      : GPON
Module sub-type  : CLASS B+
Used type        : ONU
Encapsulation Type : BOSA ON BOARD
Optical power precision(dBm) : 3.0
Vendor name      : HUAWEI
Vendor rev       : -
Vendor PN        : HW-BOB-0007
Vendor SN        : 1824H2450003G
Date Code        : 18-08-20
Rx optical power(dBm) : -24.20
Rx power current warning threshold(dBm) : [-,-]
Rx power current alarm threshold(dBm) : [-29.0,-7.0]
Tx optical power(dBm) : 2.11
Tx power current warning threshold(dBm) : [-,-]
Tx power current alarm threshold(dBm) : [0.0,5.0]
Laser bias current(mA) : 8
Tx bias current warning threshold(mA) : [-,-]
Tx bias current alarm threshold(mA) : [2.000,100.000]
Temperature(C) : 48
Temperature warning threshold(C) : [-,-]
Temperature alarm threshold(C) : [-61,95]
Voltage(V) : 3.300
Supply voltage warning threshold(V) : [-,-]
Supply voltage alarm threshold(V) : [3.000,3.600]
OLI Rx ONT optical power(dBm) : -27.22
CATV Rx optical power(dBm) : -
CATV Rx power alarm threshold(dBm) : [-,-]
```

Figura 3.7 Parámetros ONT



Finalmente, en el servidor se tiene instalado Citrix Hypervisor que es un software de virtualización de servidores, dentro de este se tiene alojado el sistema operativo de código abierto CentOS 8 e instalados software como: servidor Radius y Wimbox que ayudan a validar la autenticación de los usuarios para tener salida a Internet y realizar todas las configuraciones necesarias para el funcionamiento de la misma respectivamente.

A continuación, se describen los elementos de la red central que hacen parte de la infraestructura con sus respectivas características técnicas:

- **Convertor RAX700:** En la figura 3.8 se observa el dispositivo de demarcación ethernet de grado Carrier de última milla que incluye 4 interfaces gigabit ethernet RJ45, donde entra cable de fibra óptica con conector SC/UPC del proveedor Lumen y realiza conversión a cable ethernet.



Figura 3.8 Convertor RAX700

- **Cisco ASR 920:** Es un router de servicio de agregación Carrier ethernet Empresariales de alto rendimiento, puede brindar servicios de video, voz, datos y movilidad. Admiten servicios de capa 2 VPN y capa 3 VPN, protocolo de enlace de datos a gigabit ethernet/10 gigabit ethernet, procesador a 1 Ghz, 4 Gb de Memoria de Acceso Aleatorio (RAM-*Random Access Memory*). En la figura 3.9 se aprecia que entra la conexión por medio de cable UTP (morado) desde el convertor RAX 700 y tiene salida por cable UTP (blanco) conectando al mikrotik [43].



Figura 3.9 Cisco ASR 920

- **Mikrotik RouterBOARD 1100 AH:** En la figura 3.10 se aprecia el equipo router de montaje en rack a Gigabit ethernet con CPU doble núcleo, tiene 13 puertos Gigabit Ethernet individuales, dos grupos de conmutadores de 5 puertos e incluye capacidad de derivación de Ethernet RB1100AH, puerto serial RS232, 2 Gb de memoria RAM, hasta medio millón de paquetes por segundo, sistema operativo RouterOS 6, tamaño de almacenamiento 128 MB y MTBF hasta 200.000 horas aproximadas [44].



Figura 3.10 Mikrotik RouterBoard 1100 AH

En la tabla 3.2 se describe las conexiones de los puertos del mikrotik.

Tabla 3.2 Puertos Mikrotik

Puerto Gigabit de Salida	Equipo de Llegada/ Puerto
ETH1 UTP	Router cisco ASR 920
ETH2	libre
ETH3 UTP	OLT/ 10 GE0/GE2
ETH4 UTP	OLT/ 10 GE01/GE3
ETH5	libre
ETH6 UTP	OLT/ MCUD1/ETH
ETH7 UTP	Servidor/ Ethernet
ETH8	libre
ETH9	libre
ETH10	libre
ETH11 UTP	Canal banda ancha Claro
ETH12 UTP	Repetidor zona Wifi
ETH13	libre

- Terminal de Línea Óptica OLT Huawei MA5608T: Equipo para operador de telecomunicaciones en redes GPON, utilizado para redes de acceso y agregación a gran escala, placa de control principal MCDU, 1 MPWC DC de potencia óptica, permite insertar dos tarjetas de interfaz de 8 puertos GPON con modulo óptico SFP, relación de división de hasta 1:128, FEC bidireccional, aislamiento de ONT no autorizadas, fuente AC de alimentación 110V integrada, capacidad de intercambio de bus *backplane* 720 Gbps, capacidad de intercambio de la placa de control 512 Gbps, capacidad de acceso 8\*10G GPON/32\*GPON/96\*GE, MTBF 45 años, capacidad de conmutación de 720Gbps [45].

En la figura 3.11 se observa la OLT



Figura 3.11 OLT Huawei MA5608T



- Servidor: En la figura 3.12 se observa un equipo marca Hewlett-Packard, procesador Intel (R) Core (TM) I7-4570, CPU 3.20 GHZ, modelo Prodesk, disco duro SSD 1 TB, 12 Gb de memoria RAM y sistema operativo CentOS 8.



Figura 3.12 Servidor Hewlett Packard

- Transceiver SFP: Transceptor Conectable de Factor de forma Pequeño (SFP-*Small Form-factor Pluggable Transceptor*), los módulos transceptores ópticos son moduladores y demoduladores de señales ópticas que realizan la conversión óptica/eléctrica en la recepción y eléctrica/óptica en la transmisión, actúa como interfaz entre un equipo de red y un enlace de fibra en redes PON, conectable en caliente, TX 1490 nm, RX 1310 nm, tipo de encapsulación SFP, potencia óptica de salida mínima 6 dBm, potencia óptica de salida máxima 10 dBm, sensibilidad máxima del receptor -35 dBm, alcance 20 Km, sobre carga de potencia -15 dBm, tasa de modulo óptico hasta 40 Gbps, tolerancia de dispersión 800ps/nm (si>20Km). En la figura 3.13 se aprecia el módulo SFP.



Figura 3.13 Transceptor óptico Huawei SFP

### 3.4 RED TRONCAL

Se encarga de llevar la señal óptica desde el área del nodo central comenzando en el ODF la conexión de la fibra óptica, saliendo a la planta externa o vía pública por medio del tendido de cables de fibra aéreos y empalmando estos en el FDT, se utilizan los 6 primeros hilos (azul, naranja, café, blanco, azul y verde) de los 24 disponibles de la fibra de primer nivel y cada uno en sentido bidireccional mediante longitudes de onda de 1310 nm y 1490 nm en sus enlaces de forma ascendente y descendente respectivamente. A continuación, se describen las conexiones que se tiene en la red troncal hasta los dispositivos pasivos de la red.

- Desde el puerto 1 del ODF por medio de la fibra de color azul del buffer verde, se lleva hasta una distancia de 100 metros aproximadamente hasta los postes de alumbrado público donde está ubicada la FDT cuyo interior de la bandeja número 1 se encuentra el Splitter principal 1:8 donde se empalma la fibra óptica y queda dividida la potencia para ser distribuida en la red de distribución.



Dentro del diseño de la red, son llevados diferentes hilos de fibra óptica a múltiples FDT ubicados en Santander de Quilichao y poder llegar a prestar el servicio de Internet a más usuarios.

A continuación, se describen los elementos que hacen parte de la red troncal con sus respectivas características técnicas:

- Distribuidor de Fibra Óptica: Facilita la agrupación, conexión y distribución de los cables de fibra óptica en la oficina central, ODF de 48 puertos para rack, adaptadores SC/APC y *pigtail* como se observa en la figura 3.14.

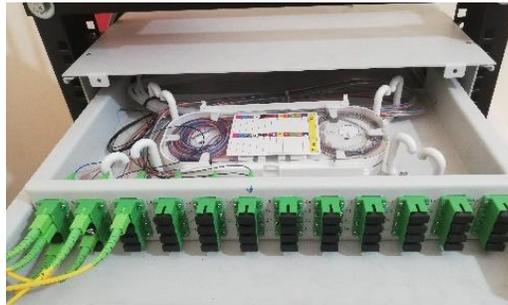


Figura 3.14 ODF

- Fibra óptica: En la figura 3.15 se observa los diferentes cables ADSS de fibra óptica monomodo que se utilizan en la red FTTH de la Empresa Telcofiber, estos cables tienen elementos de relleno de Polímeros Reforzados con Fibras (FRP-*Fiber Reinforced Polymers*) lo cual hace que la tensión del cable sea alta, gel de llenado de tubos, tubo suelto trenzado, cable exterior de funda de PE, anti agua que protege el cable del agua. De este modo, se tienen las siguientes fibras:

- Fibra GYFXTY / ASU 24 FO; G652D; Span 200; 2 buffer; 2 FRP de 3 mm; con hilo de sangrado.
- Fibra GYFXTY / ASU 12 FO; G652D; Span 100; 1 buffer; 2 FRP de 1.8 mm; con hilo de sangrado.
- Fibra GYFXTY / ASU 8 FO; G652D; Span 60; 2 buffer; 2 FRP de 1 mm; con hilo de sangrado.
- Fibra GYFXTY / ASU 6 FO; G652D; Span 60; 1 buffer; 2 FRP de 1 mm; con hilo de sangrado.

Dentro de las características geométricas o mecánicas de estas fibras se tienen: Diámetro de 125 micrómetros (um), concentricidad de núcleo  $\leq 0.6$  micrómetros (um), diámetro recubrimiento primario 242 +/- 7 micrómetros (um).

Finalmente, dentro de sus propiedades ópticas se tienen: Diámetro campo modal  $9.2 \pm 0.4$ , coeficiente de atenuación  $0.35 \text{ dB/Km}$ , dispersión cromática  $\leq 3 \text{ ps/nm}^* \text{ Km}$ , índice de refracción  $1.467$  [46].

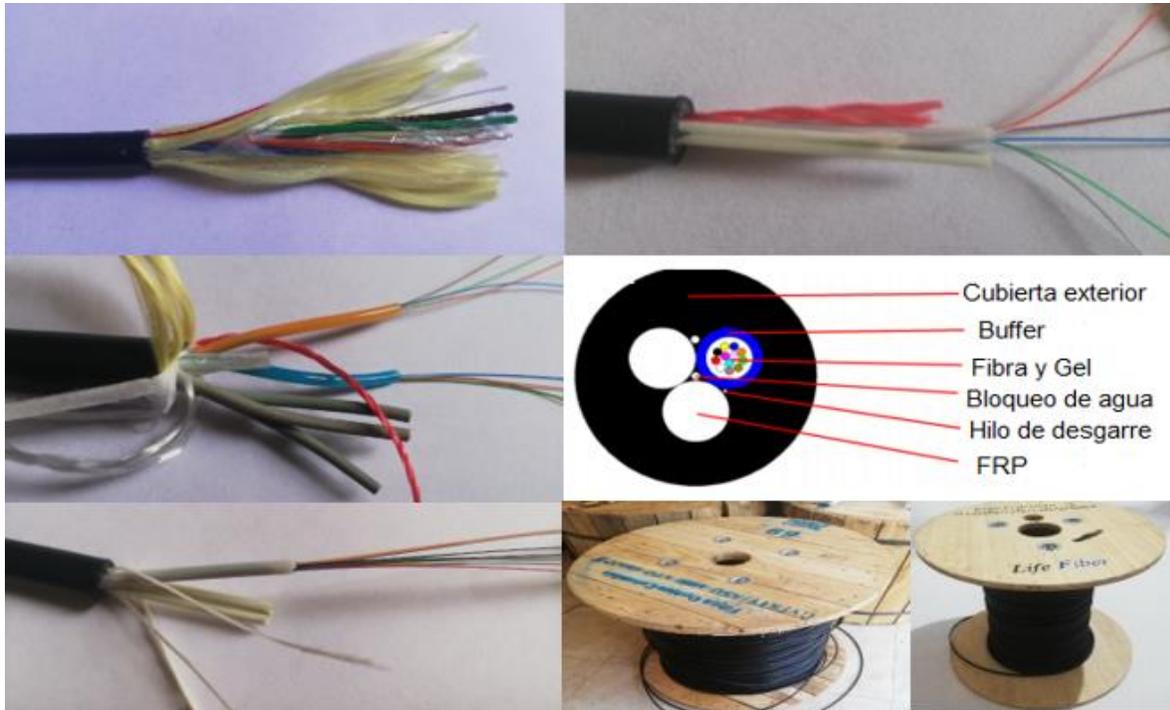


Figura 3.15 Fibra óptica Fujikura

- Patch Cord: Cable óptico monofibra de corta longitud, que sirven para interconectar equipos de comunicaciones, este cable es de tipo *tight buffer* y terminales ópticos APC, PC, SC, LC, dúplex o simplex, cumplen estándares G 652D, G 655 y G 657.



Figura 3.16 Patch Cord dúplex, SC/APC, SC/UPC

### 3.5 RED DE DISTRIBUCIÓN

En primer lugar, en la red de distribución se utiliza elementos pasivos (splitter), se tienen fibras de segundo nivel de 12, 8 y 6 hilos por medio de la cual se lleva la potencia de la señal óptica desde la FDT hasta los diferentes lugares del municipio donde se encuentra

ubicadas las FAT. Dentro de la FDT existen varias bandejas donde se colocan la cascada de splitter asimétricos 1:2 de *splitting* 20:80, 30:70 y 50:50 para dividir la potencia óptica desde cada salida del splitter principal 1:8 y así, de acuerdo al diseño de la red cubrir una gran parte de la zona urbana de Santander de Quilichao.

A continuación, se describen los elementos que hacen parte de la red de distribución con sus respectivas características técnicas:

- FDT: El terminal de distribución de fibra figura 3.17 también llamada caja de empalme o mufla, es una caja hermética la cual permite la interconexión de las fibras ópticas de primer nivel con las diferentes ramificaciones que salen de esta, de igual forma, dentro de este terminal se ubican los splitter necesarios en la red. Así mismo, estos FDT siempre se encuentran ubicados en los postes de alumbrado público, tienen 3 entradas y 3 salidas, un diámetro de cableados de 7 a 15 mm y protegen los empalmes contra el agua, los impactos y la tierra.



Figura 3.17 FDT- Caja de empalme o Mufla

- Splitters de primer nivel: Son divisores de fibra óptica para fusión, estos elementos pasivos observados en la figura 3.18 se encargan de dividir la potencia de la señal óptica en las redes FTTH, estos splitter pueden tener salidas simétricas o asimétricas. Entre los simétricos se tiene de una entrada y N salidas: 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 para fusionar.



Figura 3.18 Splitters de primer nivel



- Splitter asimétricos: Se observan en la figura 3.19 y se encuentran ubicados dentro de las FDT, dividen la potencia óptica de la señal de forma desbalanceada de la siguiente forma: 1-2 *splitting* 20/80, 1-2 *splitting* 30/70, 1-2 *splitting* 10/90. Se llaman asimétricos debido a que en su salida dividen la potencia de la señal óptica en porcentajes desiguales, con el fin de poder realizar más ramificaciones por el porcentaje de mayor potencia óptica.

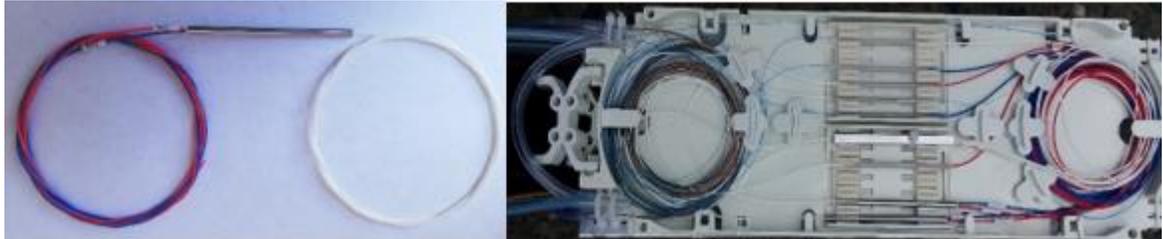


Figura 3.19 Splitter asimétricos

### 3.6 RED DE ACCESO

En esta parte de la red se conecta la FAT con las ONT ubicadas dentro de la casa de los usuarios, por medio de fibras de tercer nivel llamadas drop, la cual permiten tener una fácil manipulación por parte del personal técnico. De cada puerto del Splitter 1:8 o 1:16 de conectores SC/APC sale la conexión de un usuario teniendo distancias máximas de hasta 200 metros hasta llegar a la ONT. En esta parte final de la red se verifica que la potencia óptica con que llega la señal este entre -22 dBm y -26 dBm aproximadamente, de igual forma se realiza las diferentes configuraciones de las ONT una vez se hallan provisionado en la OLT con el respectivo ancho de banda y placa de usuario.

Después por acceso web se ingresa a la interfaz gráfica de las diferentes ONT, se realizan las diferentes configuraciones dirigiéndose a la pestaña WAN, en donde se habilita el acceso a los puertos ethernet y Wifi, el modo de autenticación PPPoE, la placa de usuario y *password* con la que fue provisionado en la OLT, la VLAN 201 que es la de salida a Internet y otras configuraciones necesarias para que el usuario final pueda navegar en la Web.

En la figura 3.20 se observa las diferentes configuraciones realizadas en las ONT.

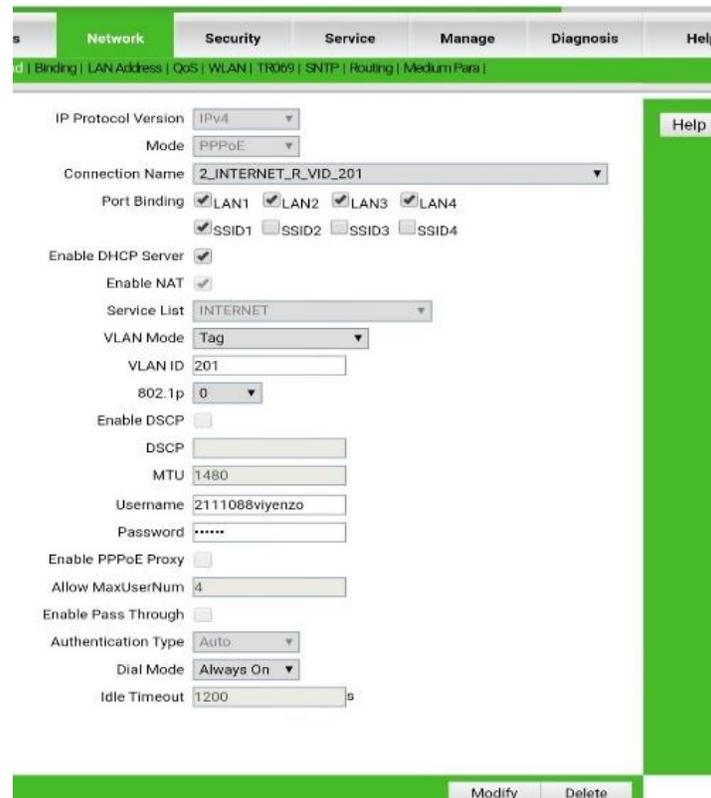


Figura 3.20 Configuración ONT

A continuación, se describen los elementos que hacen parte de la red de acceso con sus respectivas características técnicas:

- FAT: Son cajas de distribución óptica ubicadas en los postes de alumbrado público, cerca al lugar de residencia de los suscriptores y dentro de la cual se empalma un splitter de segundo nivel. Así pues, el mencionado splitter se conecta un hilo de fibra óptica drop que es llevado hasta el interior de los hogares y para ser empalmado con la ONT. Estas cajas FAT son de materiales resistentes e incorporan protección IP-66 y rayos ultravioletas (UV).

En la figura 3.21 se observa el interior de una caja de distribución óptica.



Figura 3.21 Caja de distribución óptica- FAT



- Splitter de segundo nivel: Son elementos pasivos encargados de dividir la potencia óptica de la señal en la red FTTH, estos Splitter tienen salidas simétricas. Entre estos se tiene de una entrada y N salidas: 1:4, 1:8, 1:16 con conector a la salida SC/APC.



Figura 3.22 Splitter de segundo nivel

- ONT: Se utilizan equipos de terminal de red óptica de dos fabricantes como son: Huawei y ZTE, dentro de los cuales se tienen los siguientes modelos.
  - Modelo: Huawei HG8546M
  - Modelo: Huawei EG8141A5
  - Modelo: ZTE ZXHN F663NV3A

A continuación, se nombran características de las ONT que se observan en la figura 3.23:

- Tipo de modem: externo
- Tecnología conexión: GPON
- Estándares IEEE: 802.11b,802.11g,802.11n, 802.3a, 802.3au,802.3x
- Frecuencia: 2.4 GHz
- Wifi: si
- Cantidad de puertos LAN: 3 FE/ 1GE
- Cantidad puertos USB: 1
- Cantidad de antenas: 2 externas, ganancia de antena 5 dBi
- Sensibilidad del receptor enlace descendente: -28 dBm
- Saturación enlace descendente: -8 dBm
- Conector SC/APC
- Estándar interfaz: 1\*10/100/1000BASE-T+310/100Base-T
- Enlace ascendente: Potencia de TX 5 dBm



Figura 3.23 ONT Huawei y ZTE

- Fibra drop: Cable de fibra óptica de un solo hilo monomodo de iguales características geométricas y ópticas a los cables ADSS descritos anteriormente, este tipo de cable es resistente, recubierto por polímero, lleva en su interior un refuerzo conformado por un alambre galvanizado de 1.2 mm (mensajero) para obtener mayor firmeza, su mínimo diámetro de curvatura es de 15 mm, peso nominal de 20 Kg/Km y es utilizado en instalaciones residenciales por su fácil manejo.
- Fibra drop GJYXFH 1 FO; con mensajero guaya acero.

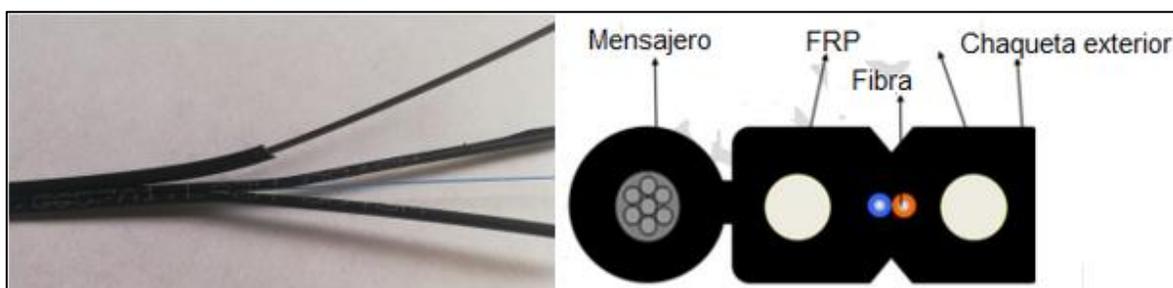


Figura 3.24 Fibra óptica drop [46]

En este capítulo, se expone con claridad la forma en la que se realizan las conexiones físicas de la red FTTH de la Empresa Telcofiber y el diseño aplicado por parte del personal de Ingenieros, de igual forma, se observan los diferentes elementos que conforman la red, las configuraciones y características técnicas de los mismos.



Finalmente, se describe la configuración lógica de la red, la forma como se transfieren las tramas de un nodo a otro, la topología lógica de sus enlaces ascendente y descendente, las diferentes VLAN, direccionamiento IP, configuración de protocolos y reglas para el correcto funcionamiento de la red.



## 4 CAPITULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO E INTEGRACIÓN DE DATOS DE USUARIO

En el diseño del sistema de monitoreo y la integración de los datos de usuario para la Empresa Telcofiber S.A.S., uno de los aspectos a tener en cuenta es el factor económico cuando se trata de brindar soluciones eficaces en la implementación de herramientas o sistemas de monitoreo para la red FTTH. Por este motivo, en el desarrollo de este capítulo se detallará de manera eficiente como se ofrecerán soluciones que se ajustan a las necesidades tanto técnicas como económicas.

### 4.1 HERRAMIENTAS DE GESTIÓN PARA EL MONITOREO

En la actualidad existen gran cantidad de herramientas de monitoreo de redes y en este apartado se tiene como objetivo principal mencionar, comparar y analizar algunas de las características de las herramientas más utilizadas.

#### ➤ PRTG NETWORK MONITOR

Herramienta para el monitoreo de ancho de banda, servidores, aplicaciones, sistemas remotos, entornos virtuales, bases de datos y dispositivos de red a través de una gran variedad de métricas de los dispositivos. También utiliza múltiples protocolos como: SNMP, NetFlow y SSH, siendo una herramienta de software pago la cual sirve para ser instalada en sistemas operativos Windows. De igual forma, una de sus desventajas es que no ofrece soporte nativo para monitorear en la nube de Microsoft Azure [47] [48].

#### ➤ ZABBIX

Es un sistema de monitorización de redes de nivel Empresariales con el fin de monitorear gran cantidad de métricas en tiempo real de múltiples dispositivos de red y máquinas virtuales. Es un software de código abierto y sin ningún costo.

De igual forma, esta herramienta tiene características como: utilizar los modos activos y pasivo para la recolección de métricas, soporte IPv6, auto detecta dispositivos de red, utiliza plantillas para monitorear dispositivos de diferentes fabricantes, multiplataformas, monitoreo proactivo de la red, notificaciones, automatización de tareas, seguridad y autenticación, mapa de topología de red y gráficos de la red [49].

#### ➤ NAGIOS

Es un sistema de monitoreo de redes de código abierto basado en Linux, tiene una versión comercial que incluye todas las funcionalidades y una interfaz móvil incluida. Dentro de las características más destacadas en el monitoreo de red nagios tiene: buscar fallos en servidores sobre cargados, monitoreo de la disponibilidad, tiempo de actividad y de respuesta de cada nodo en la red, graficar, fallos en protocolos, cortes de red, monitoreo con o sin agentes, envió de alertas por medio de audios entre otras múltiples funciones [50].



➤ LORIOTPRO

Software para monitoreo de red y administrador de SNMP el cual tiene una licencia de funcionamiento comercial para sistemas operativos Windows, dentro de sus funciones tiene: estado de la red, disponibilidad de la red, carga de tráfico de la red, carga automática de los dispositivos de red, grafica los datos recolectados, envía alertas, monitorea el uso de memoria, la carga de la CPU, espacio en disco duro y utiliza estándares de protocolos de Internet como: IP, TCP y SNMP [51].

➤ ZENOSS

Es una plataforma para la gestión de operaciones de tecnologías de la información que dentro de las funciones de monitoreo de red ofrece: gestión de rendimiento, capturas SNMP, descubre componentes físicos, métricas de rendimiento y velocidad de tráfico, así como visualización de rutas de red críticas y trabaja también sobre virtualización de funciones de red [52].

➤ OPENNMS

Es una plataforma de código abierto de nivel Empresarial con licencia de funcionamiento paga, su interfaz requiere algún nivel alto de conocimientos técnicos para poder ser administrada siendo esto una de sus desventajas. Se utiliza en plataformas como Linux y Windows y dentro de las funciones de monitoreo de red realiza: envío de alertas, monitorea la disponibilidad, perdida y rendimiento de paquetes, monitorea el tráfico de servidores, enrutadores y conmutadores [53].

➤ CACTI

Es una herramienta de software libre multiplataforma gratuita, sirve para monitorear y graficar en un determinado tiempo múltiples datos de una red con una interfaz gráfica fácil de usar, es por esto que, a través de múltiples plantillas gestiona datos por medio del protocolo SNMP o cualquier script basado en lenguaje PHP con el fin de ser graficados, logrando monitorear casi cualquier característica de una red. Cacti proporciona un sondeo rápido, plantillas de gráficos avanzados, recopila la utilización del canal en las interfaces de sus equipos y los registros de errores, funciones de administración de usuarios y existen gran cantidad de plugins que extienden la capacidad y funcionalidades de Cacti [54].

➤ WHATSUP GOLD

La herramienta de monitoreo de servicios de tecnologías de la información de licencia comercial, basado en plataforma Windows la cual combina la gestión del rendimiento de aplicaciones, gestión de la infraestructura y análisis de redes y que dentro de sus funciones más importantes en el monitoreo de red tiene: análisis de consumo de ancho de banda, envío de alertas, supervisa el tráfico de la red, mapeo de la red y realiza informes sobre los datos recolectados. Por otro lado, una de las desventajas que tiene la herramienta es que cada versión es personal de acuerdo a su infraestructura de red y vasado a esta premisa varias sus precios en el mercado [48] [55].



➤ SOLAR WINDS

Software de gestión de redes y herramientas de monitorización que funciona bajo una licencia paga, tiene múltiples herramientas que se adecúan a la necesidad de cada Empresa por este motivo es uno de los más usados en la actualidad en las Empresas. De igual forma, dentro de sus características de gestión se tiene: monitoreo de rendimiento de red, analizador de tráfico *NetFlow*, administrador de red y de direcciones IP, mapeo de red y monitoreo activo e inactivo [48] [56].

➤ OPMANAGER

Herramienta multiplataforma paga, la cual puede monitorear elementos de red como enrutadores, balanceadores de carga, firewall, conmutadores, entre otros. Dentro de sus características presenta: envío de alertas, supervisión de servidores, mapeo de redes, análisis de tráfico, rendimiento de la red y entre otras características más [57] [48].

Finalmente, la tabla 4.1 muestra el resumen de las características de las herramientas de monitoreo mencionadas anteriormente.



Tabla 4.1 Características de las herramientas de monitoreo de redes

CARACTERÍSTICAS	PRTG	ZABBIX	NAGIOS	LORIOTPRO	ZENOSS	OPENNMS	CACTI	WHATSUP GOLD	SOLARWINDS	OPMANAGER
Monitoreo NetFlow	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Diagnóstico de red	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Monitoreo firewall	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Monitoreo de IP	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Monitoreo de Jitter	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SNMP	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SSH	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mapeo de redes	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Optimización de la red	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Captura de paquetes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Monitoreo de puertos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema operativo Multiplataforma	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓
soporte	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓
Herramienta gratuita	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗
Envío de alertas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Base de datos	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Scripts externos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Gráfico de datos	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Estadísticas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓

## 4.2 DEFINICION DE LA HERRAMIENTA DE MONITOREO

Teniendo en cuenta, las características antes mencionadas en la tabla 4.1 sobre las diferentes herramientas de monitoreo, se decide con el equipo de Ingenieros (gerente y jefe técnico) de la Empresa Telcofiber, utilizar la herramienta Cacti por ser un software de código abierto, gratuito y que cumple con todas las características referidas con el objetivo de poder realizar el mejor monitoreo de la red FTTH de la Empresa. En este sentido, Cacti es una excelente herramienta de monitoreo en tiempo real que es capaz de recolectar miles de métricas de dispositivos routers, switches, host, interfaces de red y muchos más. Además, otra característica que se tuvo en cuenta en la elección es que, es una de las mejores herramientas que realiza una recolecta de datos para obtener gráficas y brindar una clara información de la red.



Figura 4.1 Aplicación Cacti

De la herramienta se encuentra gran cantidad de información en los foros de Cacti la cual es suministrada por los participantes, logrando extraer de la comunidad experiencias, soportes, plantillas y plugins para tener una buena monitorización de las redes y sus equipos en general.

Se plantea realizar un monitoreo pasivo recolectando información de los equipos de la red sin ser modificada o alterada, por ende, Cacti a través del protocolo SNMP facilita el intercambio de información necesaria entre dispositivos para su monitoreo. Finalmente, el administrador podrá supervisar, utilizar a favor datos históricos recolectados y tomar las mejores decisiones para resolver inconvenientes que se presenten en tiempo real en su red.



### **4.3 DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS A MONITOREAR**

A través de reuniones con los ingenieros de la Empresa Telcofiber, se toma la determinación de definir características de monitoreo que brinden información en 2 sentidos, información de ubicación de los dispositivos ONT dentro de la red e información sobre el funcionamiento y calidad del servicio de Internet. Con estos datos, la Empresa podría realizar un monitoreo a los equipos de la red para detectar fallas de una forma eficaz y ofrecer soluciones oportunas a sus usuarios ante una eventual deficiencia en el servicio.

Con el objetivo de poder obtener la información antes mencionada se decide tener características de monitoreo clasificadas de la siguiente manera: Características de monitoreo ONT, Características de monitoreo OLT y Datos de usuario.

A continuación se listan las características que se definieron dentro de estas 3 clasificaciones

#### **CARACTERISTICAS DE MONITOREO ONT**

- Nivel de potencia óptico Recepción
- Nivel de potencia óptico Transmisión
- Tráfico de datos
- Número de serial
- Dirección MAC
- Descripción o Numero de Placa
- Distancia

#### **CARACTERISTICAS DE MONITOREO OLT HUAWEI 5608T**

- Nivel de potencia óptica Recepción
- Uso de CPU
- Estado de dispositivos (Up/Down)

#### **DATOS DE USUARIOS**

- Descripción o número de placa ONT
- Numero de serial ONT
- Dirección MAC ONT
- Nombres del suscriptor
- Cedula del suscriptor
- Teléfono del suscriptor
- Dirección del suscriptor
- Fecha de instalación al suscriptor
- Plan de datos del suscriptor
- Correo de notificación del suscriptor



## 4.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO E INTEGRACION DE DATOS DE USUARIO

Se tiene conocimiento por parte del grupo de Ingenieros de la Empresa Telcofiber que se debe trabajar con el sistema operativo CentOS 8, siendo esta una versión estable de Linux. Por lo tanto, se planea trabajar en un software de virtualización de Oracle VM VirtualBox con el objetivo de poder instalar el sistema operativo antes mencionado de forma local antes de ser llevado al servidor de la Empresa.

Cabe resaltar que, se pretende realizar el sistema de monitoreo con el propósito de dar respuestas oportunas a fallas que puedan presentar los usuarios finales, planteando la necesidad de tener una página web donde se pueda consultar a través de una base de datos toda la información tanto personal como técnica del dispositivo instalado del lado del cliente (ONT). De igual forma, se plantea poder monitorear las métricas de las ONT y la OLT descritas con anterioridad y que estas se puedan asociar a algún parámetro en general (Numero de placa) con el fin de poder tener conocimiento a que usuario final se está monitoreando.

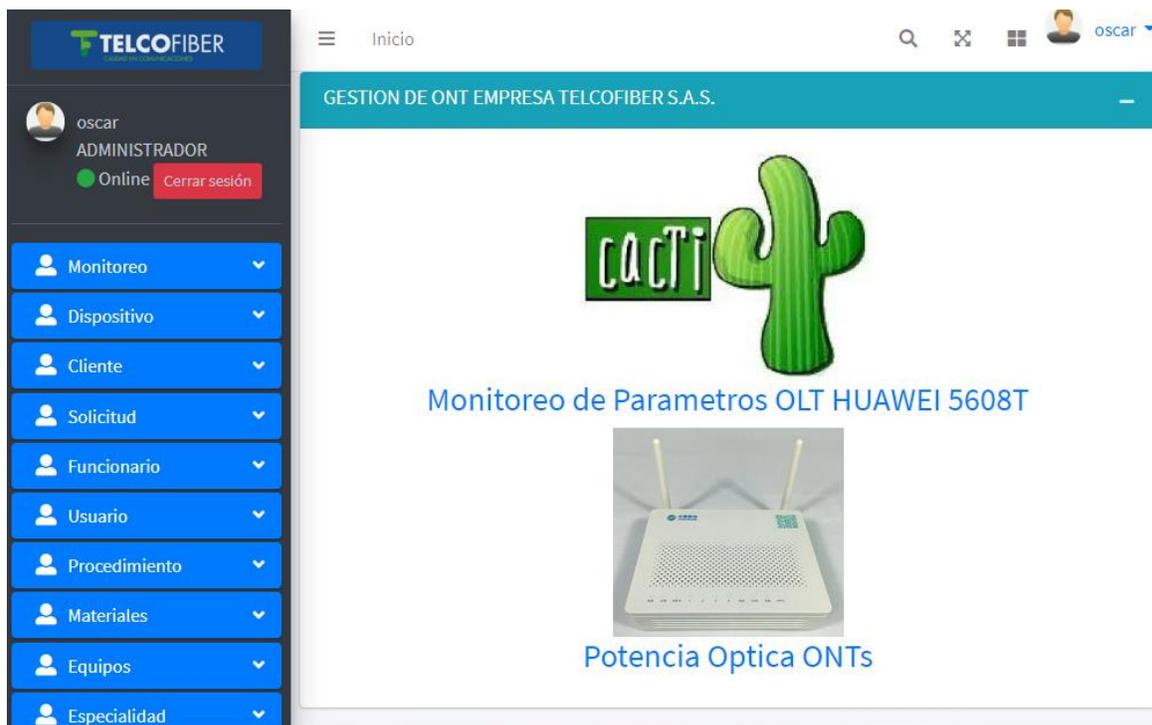


Figura 4.2 Vista Inicio Sistema de Monitoreo Telcofiber

A continuación, se plantea la arquitectura física y lógica del sistema de monitoreo con la finalidad de tener claridad de los componentes hardware, software y conexiones.



#### 4.4.1 ARQUITECTURA FISICA

En la figura 4.3 se observa la arquitectura física del sistema de monitoreo, el Gestor SNMP instalado en el servidor el cual se encuentra conectado físicamente al dispositivo OLT Huawei (Agente SNMP) y este último también conectado físicamente a múltiples dispositivos ONT, con el objetivo de que, el gestor SNMP realice diferentes peticiones GET o WALK al agente SNMP y así obtener respuestas (parámetros) para ser almacenados, procesados, listados y graficados por el sistema de monitoreo.

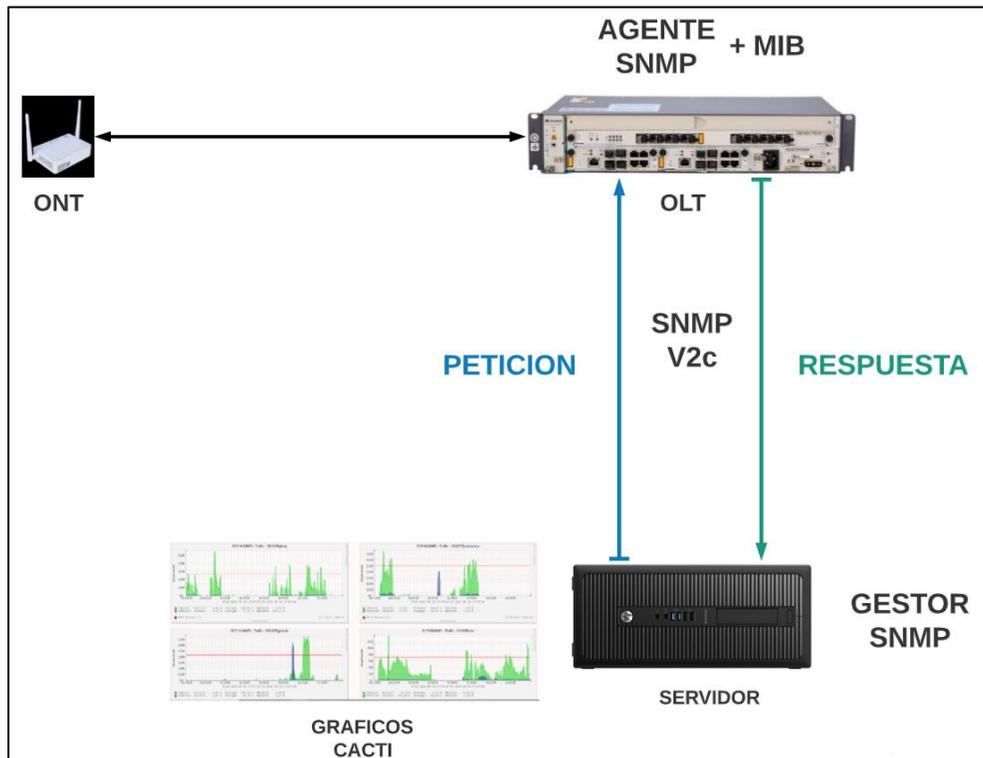


Figura 4.3 Arquitectura física sistema de monitoreo

#### 4.4.2 ARQUITECTURA LOGICA

Dentro de la arquitectura lógica del sistema de monitoreo e integración de datos de usuario, se describirá los 3 bloques que conforman el sistema.

- El bloque número 1 es la página web principal del sistema que permite a los funcionarios (usuarios) de la Empresa Telcofiber acceder al sistema por medio de sus credenciales y poder realizar consultas de datos de los clientes (técnicos y de suscripción) tanto para monitorear la red como para dar una oportuna atención a posibles fallos en el servicio. Es de anotar que esta página web se encuentra alojada en un servidor web pago (remoto) para poder ser accedida a través de Internet, de

igual manera, para pasar al bloque número 2 es necesario que los funcionarios que utilizan el sistema se conecten a la VPN que tiene la Empresa.

- En el bloque número 2 (servidor local), se encuentra instalada la herramienta de monitoreo Cacti y la página web que muestra la potencia óptica de cada ONT de los clientes de la Empresa.
- El bloque número 3, muestra el agente SNMP al cual se le realizan las peticiones para alcanzar la potencia óptica, el tráfico, la placa, distancia, serial de las ONT de cada uno de los clientes de la Empresa.

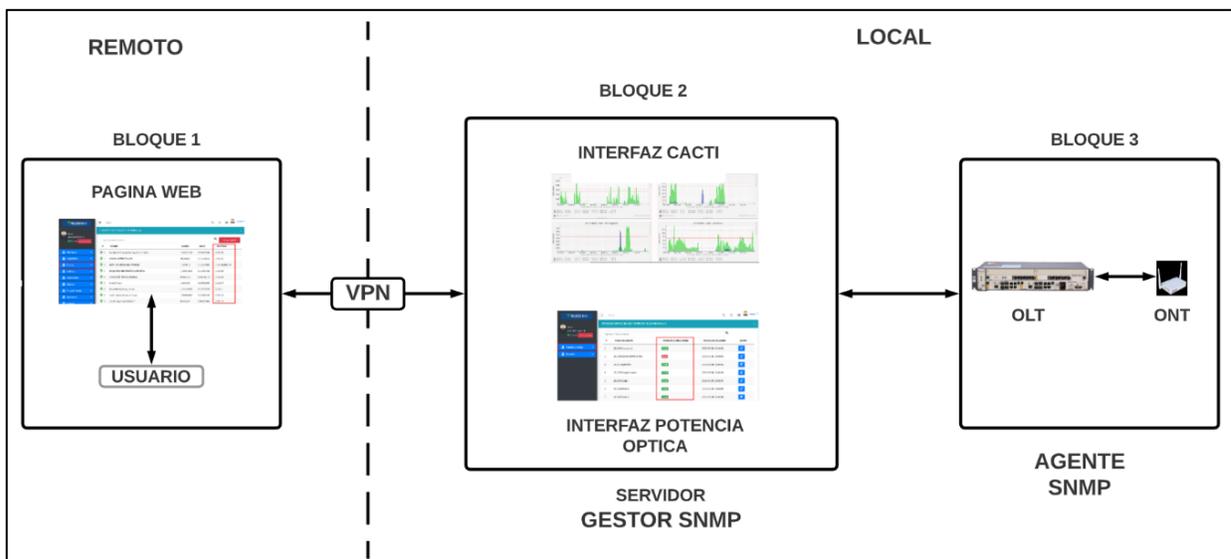


Figura 4.4 Arquitectura lógica sistema de monitoreo

Para tener mayor claridad se detalla el bloque numero 2 (servidor) de la arquitectura logica, en este bloque se observa que las interfaces graficas de la herramienta Cacti y la pagina web de la potencia optica, realizan consultas a la base de datos MariaDB de Cacti para mostrar sus resultados. Se observa que la base de datos y Cacti estan instalados dentro del sistema operativo de codigo abierto CEntos 8.

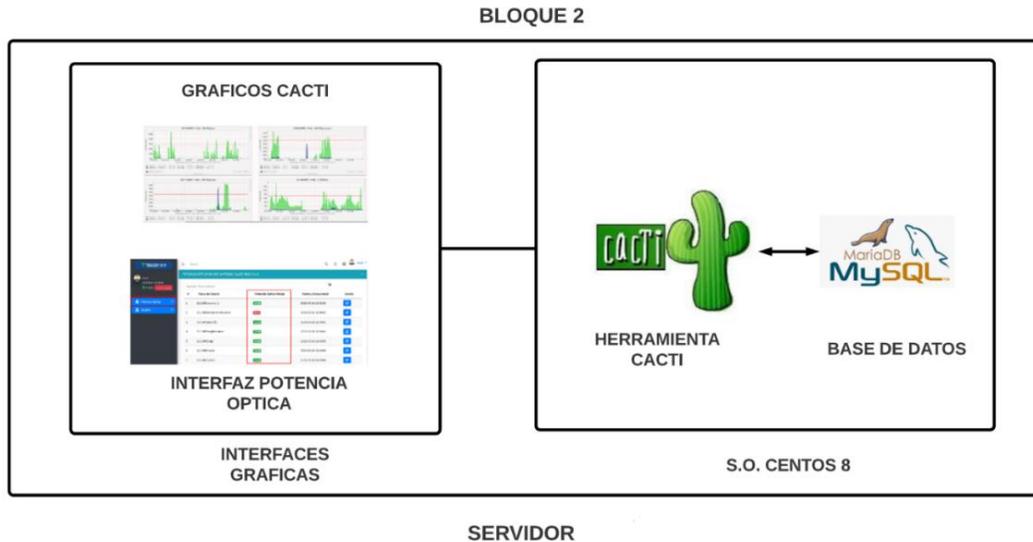


Figura 4.5 Arquitectura lógica detallada bloque 2

#### 4.4.3 DISEÑO DE PAGINA WEB REMOTA (INTEGRACION DATOS DE USUARIO)

Una vez recopilada la información necesaria, en conjunto con los Ingenieros de la Empresa Telcofiber y de acuerdo a las necesidades actuales de tener la información técnica de los clientes en una página web para ser consultada por parte del personal que labora en la misma, se plantea crear una base de datos donde se almacene información que pueda ser accedida desde la web para atender los diferentes procedimientos técnicos, con el objetivo de dar una respuesta oportuna a fallas en el servicio de Internet. se crear una base de datos, desarrollo del código, diseño web y la implementación.

##### 4.4.3.1 Integración de datos de usuario

Los datos de usuario (técnicos y de suscripción) deben estar relacionados por un parámetro en común, considerando que es óptimo utilizar la descripción o placa de usuario (sirve de autenticación del protocolo PPPoE) ya que este parámetro es único para cada usuario y su dispositivo ONT, el cual se encuentra instalado en su lugar de residencia.

En la figura 4.6 se observa el diagrama de bloques y el enlace que tiene el número de placa entre los datos técnicos y de suscripción.

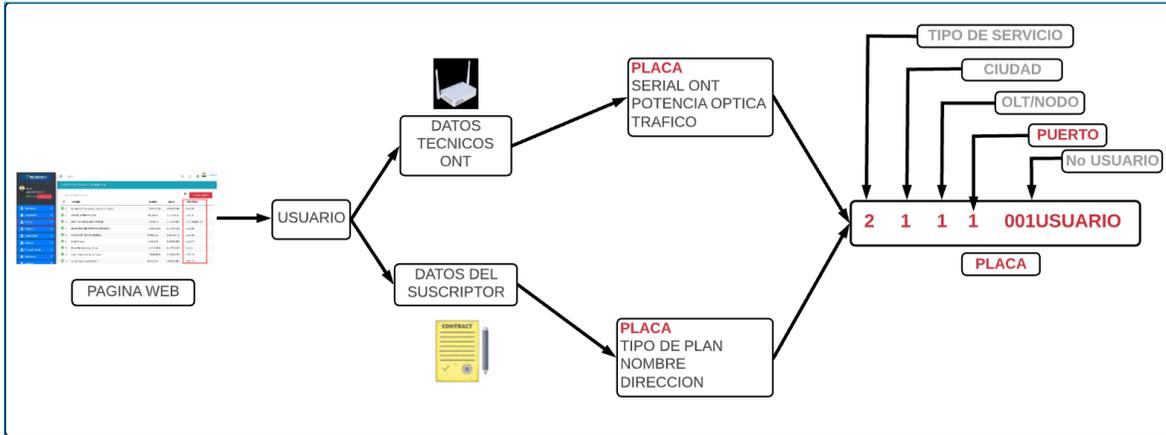


Figura 4.6 Diagrama de bloques integración de datos de usuario

Se debe tener en cuenta la importancia de este parámetro (número de placa) ya que contiene información elemental, como se observa en la figura 4.6, indicando con cada dígito información de usuario, como se explica a continuación (de izquierda a derecha).

- Primer dígito (tipo de servicio: 2 banda ancha, 3 dedicado)
- Segundo dígito (1, ciudad Santander de Quilichao)
- Tercer dígito (1, número de la OLT)
- Cuarto dígito (1, número de puerto y su ubicación tabla 4.2)
- Quinto dígito (001usuario, el número de cliente en el puerto seguido de su apellido de suscripción)

La tabla 4.2 indica a través de un número de puerto en que sector geográfico de la red FTTH desplegada por la Empresa, está ubicado el usuario final.

Tabla 4.2 Numero de puerto y su ubicación

Puerto	Sector
1	Santa Anita II y Santa Anita III
2	Centenario
3	Belén
4	Rosario
5	La Joyita
6	Morales Duque
7	Dorado



#### 4.4.3.2 Base de datos

Se plantea un modelo de base de datos relacional donde se muestra la lógica, relaciones y la forma en que cada dato es almacenado en una tabla. Con ayuda del administrador gráfico de base de datos llamado Navicat, se diseña todo un modelo para ser implementado con posterioridad.

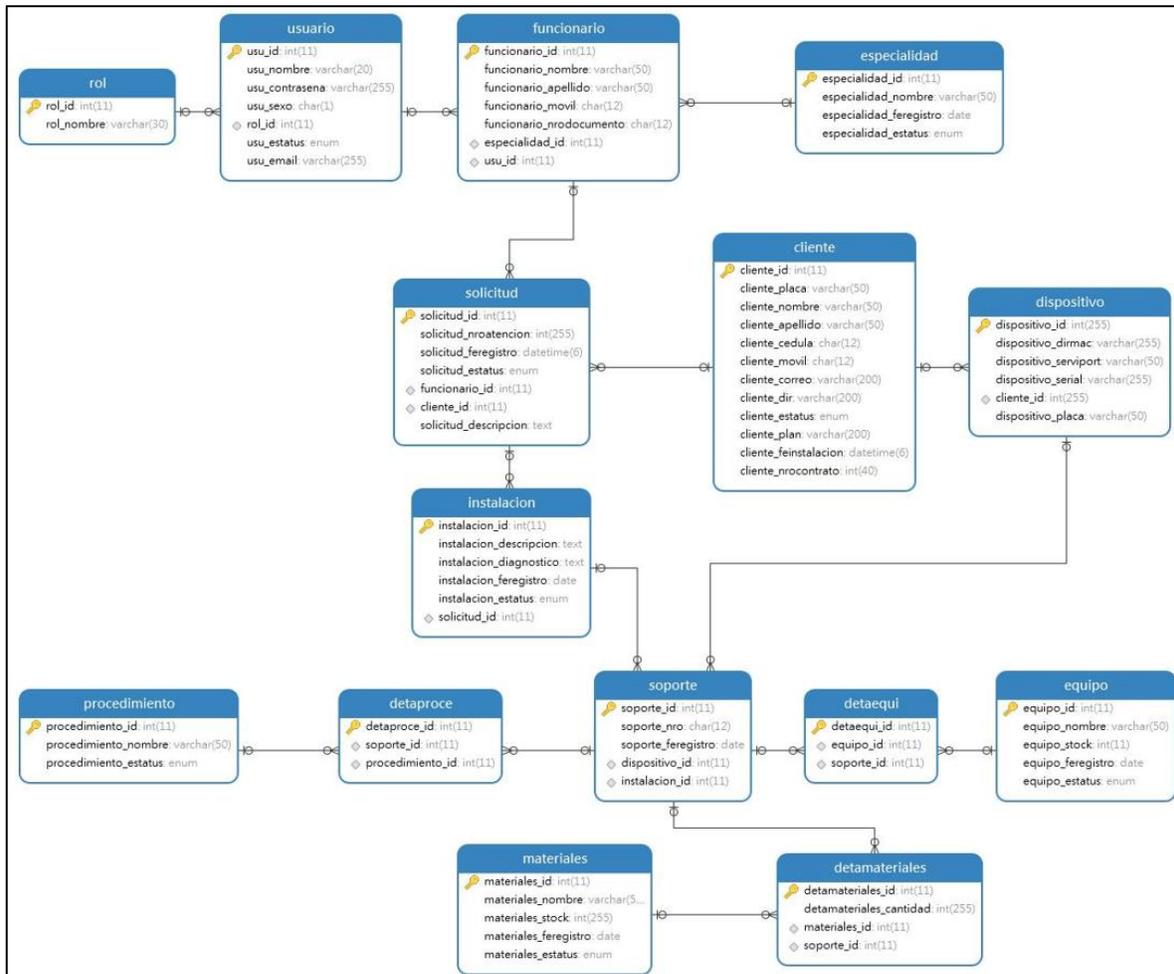


Figura 4.7 Modelo base de datos relacional

El software Navicat permite la conexión y creación de diferentes tipos de bases de datos utilizados en la actualidad y en este caso en particular se utiliza el gestor de base de datos MySQL por presentar múltiples ventajas como: ser de código abierto, base de datos gratuita, rápida, segura y compatible con diferentes sistemas operativos.

Se realiza la estructura de las diferentes tablas planteadas en la figura 4.7 con sus respectivos campos y registros, además, se crean los diferentes procedimientos del Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL-*Structured Query Language*) para que se tenga comunicación entre cliente-servidor.

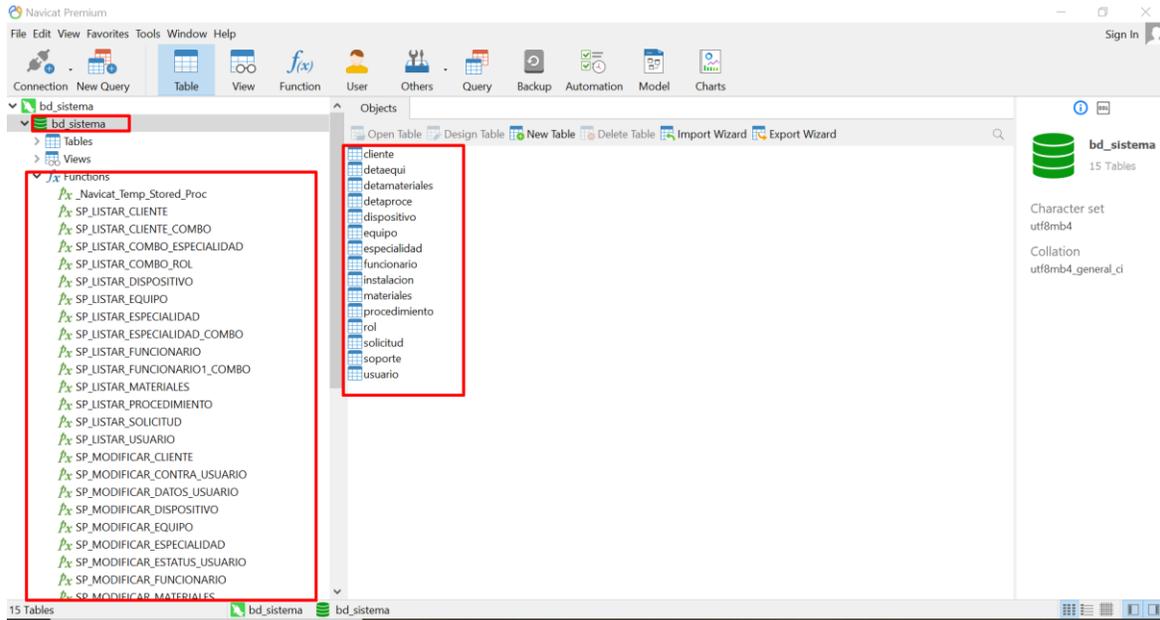


Figura 4.8 Diseño Base de Datos

Soportado en la herramienta de software XAMPP, que brinda funcionalidades en el desarrollo web como: servidor web, gestor de base de datos e intérpretes de lenguajes de programación PHP, siendo utilizado para trabajar en el desarrollo del sistema de monitoreo e integración de datos de usuario de forma local, ejecutando los códigos estructurados y desplegados en la página web antes de poder ser llevado al servidor de la Empresa Telcofiber en la ciudad de Santander de Quilichao.

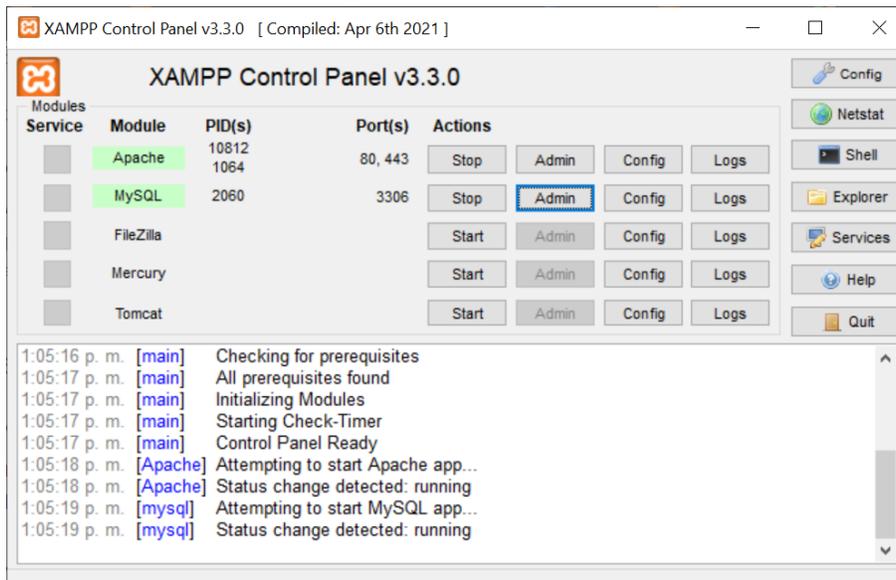


Figura 4.9 Herramienta XAMPP



#### 4.4.3.3 Desarrollo del código

Como sugerencia por parte del grupo de Ingenieros de la Empresa Telcofiber se utilizará el lenguaje de programación PHP, el cual es muy empleado en el desarrollo web siendo este de código abierto y ejecutándose del lado del servidor para así generar el HTML y poder ser visto por el cliente. De igual forma, se emplea el lenguaje de programación JavaScript el cual se encarga de hacer más dinámica e interactiva la página web del lado del cliente

Descrito anteriormente el modelo lineal secuencial en la etapa de diseño, se utiliza un estilo de arquitectura de software Modelo, Vista, Controlador (MVC), el cual en la parte del Modelo realiza la representación de los datos que maneja el sistema, en cuanto a la Vista o interfaz gráfica, se tiene la información que es enviada al cliente o usuario y por último el Controlador, el cual actúa como puente entre el Modelo-Vista para gestionar la información.

A través del editor de código Visual Studio Code, compatible con diversos lenguajes de programación, se realiza la codificación de modo que se logre un desarrollo web que tenga características para obtener una buena interfaz de usuario como son: simplicidad, coherencia, rapidez, familiaridad, entre otros. Así mismo, se utiliza Hojas de Estilo en Cascada (CSS-*Cascading Style Sheets*) para aplicar un diseño de colores y estilos a la página web, este es realizado a través de un *framework* llamado Bootstrap.

#### 4.4.3.4 Diseño grafico

En el diseño gráfico de la página web se representan diferentes procedimientos solicitados por parte de la Empresa para el manejo de los datos de sus usuarios tanto técnicos como administrativos donde se pueden crear, leer y editar los registros, es por esto que a continuación se detallara cada uno de los ítems de la interfaz.

- Inicio de sesión: Se observa los campos para el respectivo acceso a la página web por parte del personal autorizado (usuario, contraseña y recuperación de contraseña).
- Monitoreo: Se encuentra enlazada la herramienta de monitoreo de parámetros de los dispositivos Hardware de la Empresa Telcofiber (OLT, ONT, Mikrotik).
- Dispositivo: Al entrar se pueden realizar consultas de datos técnicos de los clientes y su respectiva ONT (Serial, Dirección MAC, Número de placa, *Serviport*).
- Cliente: Se encuentran datos completos de ubicación del suscriptor asociado a un parámetro técnico del dispositivo ONT (Numero de placa, tipo de plan, nombre de suscriptor, cedula, entre otros.).
- Solicitud: Se registran solicitudes técnicas de los suscriptores a la Empresa y a su vez se tiene la opción de impresión directa de los reportes creados.



- Funcionario: Registro de los funcionarios de la Empresa que cumplen diferentes roles dentro de la misma. (técnicos, ingenieros, administrativos).
- Usuario: se crean los usuarios que tienen acceso al sistema con su respectivo rol, al igual que se deben crear contraseñas seguras de mínimo 6 caracteres y combinaciones de letras mayúsculas, minúsculas y números.
- Procedimiento: Se ingresan procedimientos técnicos que realiza la Empresa para un buen funcionamiento de la red FTTH (Empalmes de fibra, Configuración de ONT, Cambios de dispositivos, entre otros.).
- Materiales: Stock de materiales hardware pasivos de la Empresa.
- Equipos: Stock de materiales hardware activos de la Empresa.
- Especialidad: Se registra el área técnica que desempeña cada funcionario en la Empresa.
- Inicio: Se tiene el perfil del usuario logueado con las opciones de realizar cambio de contraseña y salida del sistema.

En la figura 4.10 se observa la página web de la integración de datos de usuario.

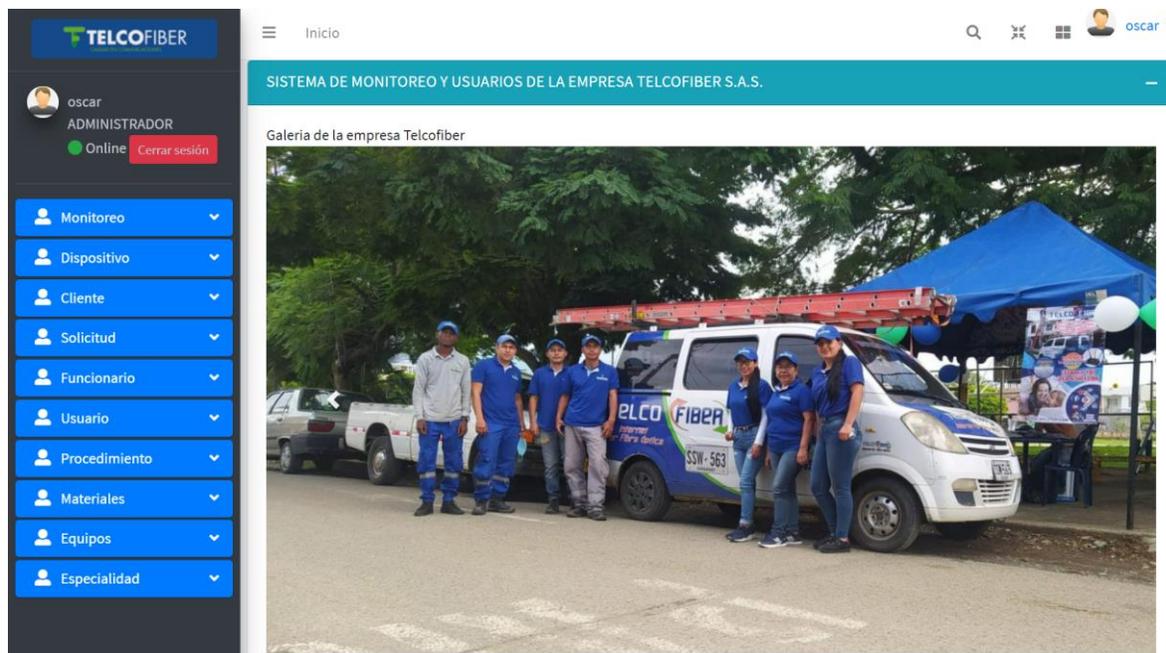


Figura 4.10 Pagina Web integración datos de usuarios



#### 4.4.4 HERRAMIENTA CACTI Y PAGINA WEB LOCAL (SISTEMA DE MONITOREO)

Dentro del diseño del sistema de monitoreo se aportan ideas por parte del grupo de Ingenieros de la Empresa Telcofiber, donde manifiestan que para la Empresa es de gran importancia el monitoreo de parámetros como la potencia óptica y el tráfico de datos que se presenta dentro de la red por parte de los usuarios, ya que con el nivel de potencia óptico puede determinar si se está o no con servicio de Internet, al igual que el tráfico sirve para detallar el consumo de datos, llevar un histórico y resolver fallos si presenta un consumo alto de datos y se requiere ampliar su ancho de banda. Es por esto que, partiendo de esta premisa se comienza la exploración a fondo de la herramienta Cacti, su funcionamiento, parámetros y protocolos que utiliza para el monitoreo de una red de telecomunicaciones.

Cacti que utiliza protocolos como SNMP, recolecta datos con un sistema como RRDtool para ser mostrados en tiempo real de múltiples dispositivos de red y logra realizar todo un sistema de monitoreo con sus plantillas, plugins y una gran cantidad de herramientas que se pueden integrar pero que no son fáciles de configurar por ser muy tediosas. De este modo, dentro de los foros de la página oficial de Cacti se pueden observar múltiples plantillas y plugins que se pueden descargar de forma libre pero que no tienen ningún soporte técnico a la hora de la implementación y es por este motivo que se debe explorar la instalación, integración y configuración para poder lograr monitoreo óptimo para la red.

##### 4.4.4.1 Análisis de funcionamiento de herramienta Cacti

Dentro del análisis de la herramienta se debe asimilar la forma como funciona el protocolo SNMP cuya arquitectura fue descrita en capítulos anteriores, dentro de esta arquitectura se tienen unas MIBs que son pública y privada que para este caso en particular son de la Empresa Huawei. Dentro de esta MIB se tienen objetos identificadores OID para dispositivos de redes GPON.

Cacti es una herramienta que utiliza Apache, PHP, MySQL y que por medio de protocolos de comunicación obtiene datos de los dispositivos de la red FTTH, ya que se crea una comunidad SNMP de lectura y/o escritura obteniendo de forma ordenada diferentes parámetros de los dispositivos a través de peticiones GET o WALK (comandos) de los OID. Esta información es almacenada por la herramienta en una base de datos cada cierto tiempo por un archivo poller (sondeo) para que el sistema administrador de procesos Cron (Demonio) lo ejecute y los datos recopilados sean graficados por el software y realizar el monitoreo de los dispositivos de la red.

##### 4.4.4.2 Desarrollo del código

Se reutiliza el código utilizado de la página web principal, donde se lista el parámetro de potencia óptica de recepción de cada ONT que monitorea la herramienta Cacti. De igual forma se realiza la conexión a la base de datos y los procedimientos SQL necesarios para que la página web funcione correctamente.



Se utiliza diferentes colores (verde, amarillo y rojo) para representar el estado de la potencia óptica del dispositivo, con el objetivo de tener claridad en la importancia de atención al usuario y el procedimiento a seguir por parte del personal técnico.

- El color verde indica que se tiene una potencia correcta y no existen problemas en el servicio de Internet.
- El color amarillo da una advertencia de que la potencia está en su límite y se debe realizar las acciones preventivas establecidas por parte de la Empresa en estos casos, posteriormente de las acciones tomadas se verificara en el aplicativo la corrección de la advertencia, para prevenir que el usuario tenga fallas en el servicio.
- El color rojo indica que existe un corte fibra óptica o el usuario apago la ONT, en este caso la Empresa ya tiene establecida las acciones correctivas a seguir por parte de su personal. Es de anotar que si existe un corte de fibra óptica el cliente no tiene servicio de Internet y debe ser corregido en el menor tiempo posible.

#	Placa del Usuario	Potencia Optica Actual (dBm)	Fecha y Hora Actual	Acción
1	2111001kemberly	-25.68	2021-08-26 21:20:03	
2	2111098sebastianc Fuentes	-27.21	2021-08-26 21:30:03	
117	2116004allirio	-32.21	2021-08-26 21:20:28	
118	2116005sarcangel	99.99	2021-08-26 21:20:29	
119	2116006bellirlandy	-22.46	2021-08-26 21:20:29	
120	2116009jhoana	-22.84	2021-08-26 21:20:30	

Figura 4.11 Potencia óptica de usuarios Telcofiber

La aplicación actualiza automáticamente los clientes nuevos cada vez que se aprovisiona un cliente en la OLT, de igual forma, el aplicativo se complementa con las alertas que enviar Cacti al administrador del sistema, en el momento que se exceda el límite de la potencia óptica que se estableció para cada usuario.

## 4.5 IMPLEMENTACION

Se realiza una implementación de forma local para posteriormente ser llevado al servidor de la Empresa y realiza la subida de los archivos para su funcionamiento. Es por esto que, a continuación, se detallara los procedimientos realizados.



#### 4.5.1 IMPLEMENTACION PAGINA WEB (INTEGRACION DATOS DE USUARIO)

Para el desarrollo e implementación, se llevan los archivos que están de forma local a un hosting (alojamiento web) que contrata la Empresa para que le preste el servicio de alojamiento, Hostgator es una compañía dedicada a hospedar toda clase de sitios web y proveedor de servidores dedicados virtuales a nivel mundial.

- Se accede con las respectivas credenciales al Cpanel de Hostgator.
- Una vez dentro de este se procede a crear una carpeta para la base de datos con sus respectivas credenciales nuevas.

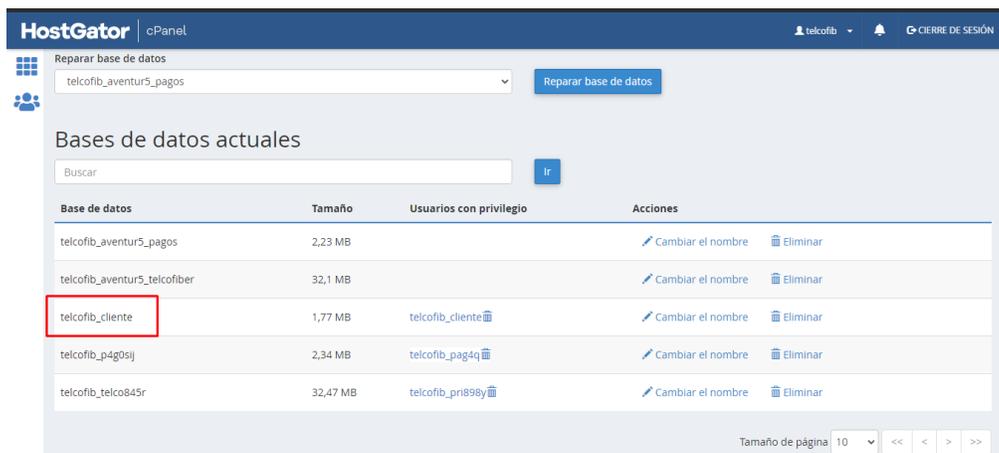


Figura 4.12 Crear carpeta para base de datos en Hostgator

- Desde el administrador de base de datos *phpMyAdmin* se exporta el archivo desde nuestro localhost y se procede a subir el archivo de la base de datos en formato sql.

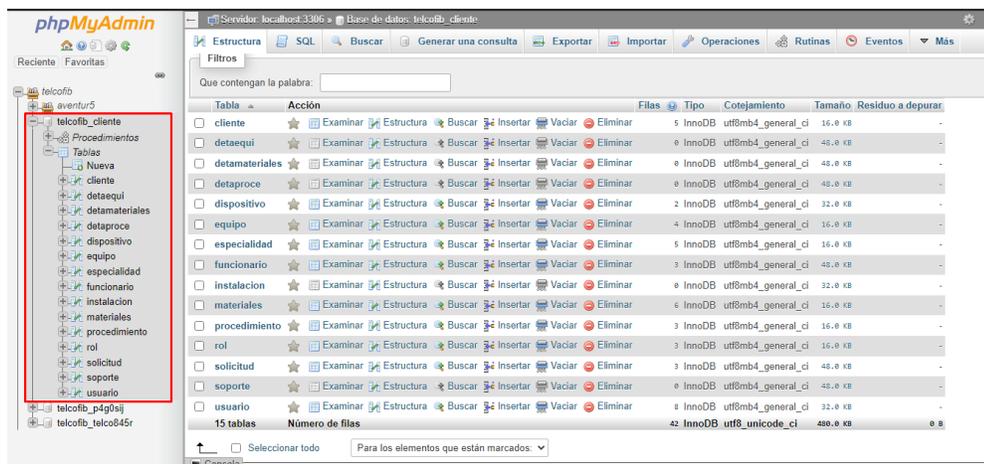


Figura 4.13 Importar base de datos en MySQL

- Se entra al administrador de archivos de Hostgator donde se realiza las modificaciones necesarias para poder subir los archivos al alojamiento y poder ser publicados en Internet.

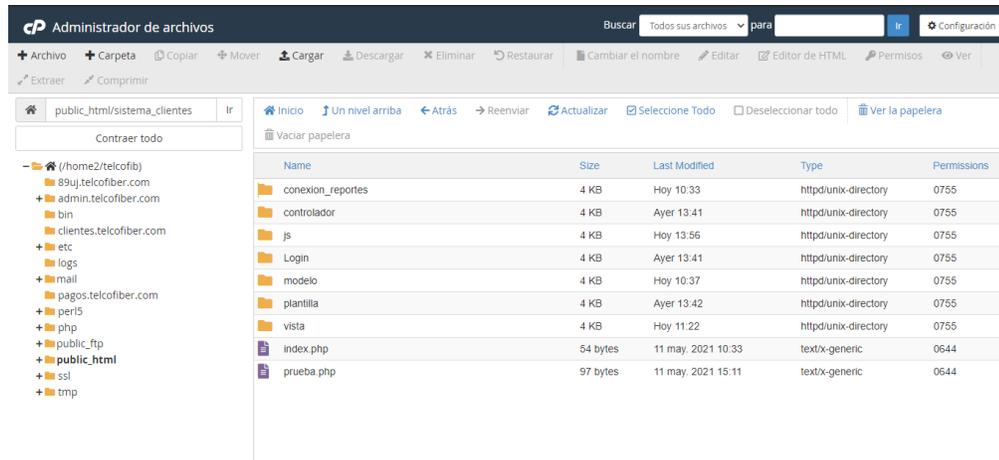


Figura 4.14 Archivos de página web subidos al Hosting

#### 4.5.2 IMPLEMENTACION DE CACTI Y PAGINA WEB LOCAL (SISTEMA DE MONITOREO)

Por medio del software de virtualización de Oracle *virtualBox*, se crea una máquina virtual con sistema operativo CentOS 8 versión server, donde se instala y configura Cacti, de igual forma se alojan los archivos con el código PHP de la página web para posteriormente ser importada al software de virtualización llamado *citrix Hypervisor*. Con ayuda de los Ingenieros de la Empresa Telcofiber se realiza la importación, configuraciones de red y del Kernel de la máquina virtual para su correcto funcionamiento al momento de ser instalado en el servidor que se encuentra ubicado en el nodo central de la Empresa Telcofiber en la ciudad de Santander de Quilichao.

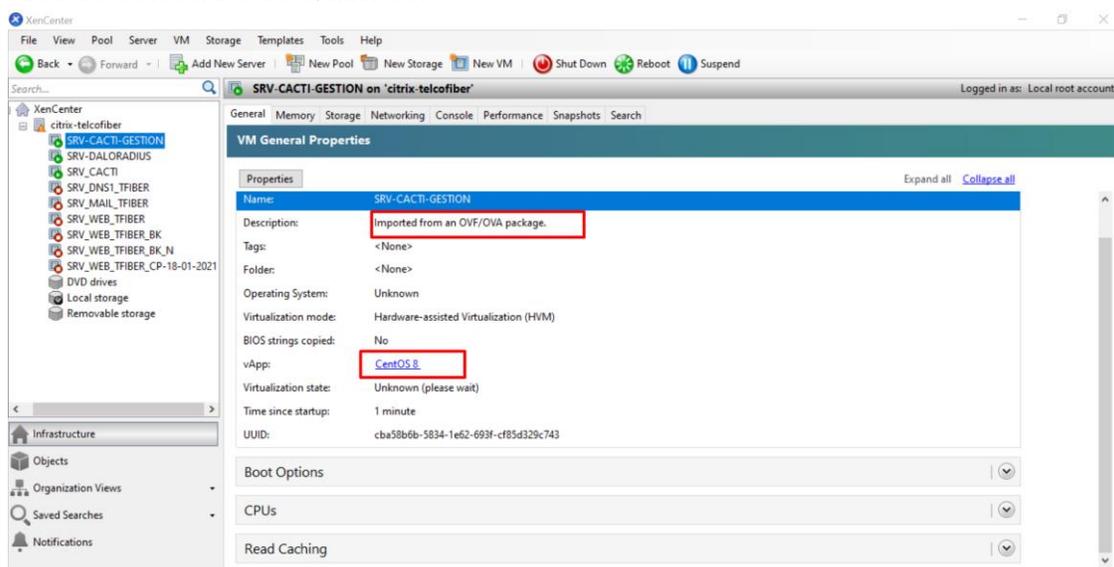


Figura 4.15 Importación CentOS 8 en Citrix Hypervisor



#### 4.5.2.1 Implementación y configuración de herramienta Cacti

Para la implementación de la herramienta se trabaja sobre entornos de virtualización con lo cual se despliega diversos servicios, realiza pruebas y configuraciones a diferentes softwares. Es por ello que, se describen cada uno de los pasos al momento de la implementación y configuración de la herramienta de monitoreo Cacti.

##### ➤ Instalación Cacti

Para la instalación de Cacti se accede a la consola de comandos de CentOS 8 y se realiza los siguientes pasos:

- Se instala servicios como: servidor httpd Apache, el gestor de base de datos MariaDB y el paquete php-fpm.
- Se realizan configuraciones en el archivo de seguridad del Kernel de Linux (SELinux).
- Se crea una base de datos para Cacti (Cactidb), un usuario, un *password* con todos sus privilegios y se configura la zona horaria.
- Se procede con la instalación de Cacti y paquetes necesarios en la versión actual 1.2.17.
- Se realizan configuraciones de archivos como: config.php, httpd, servicio cron.d, php.ini, mariadb-server.cnf y snmpd.
- Se accede a la interfaz gráfica vía web para dar los permisos necesarios para el correcto funcionamiento de la herramienta Cacti.
- Por último, se realiza la instalación completa de Cacti con todas sus dependencias para ser usada.

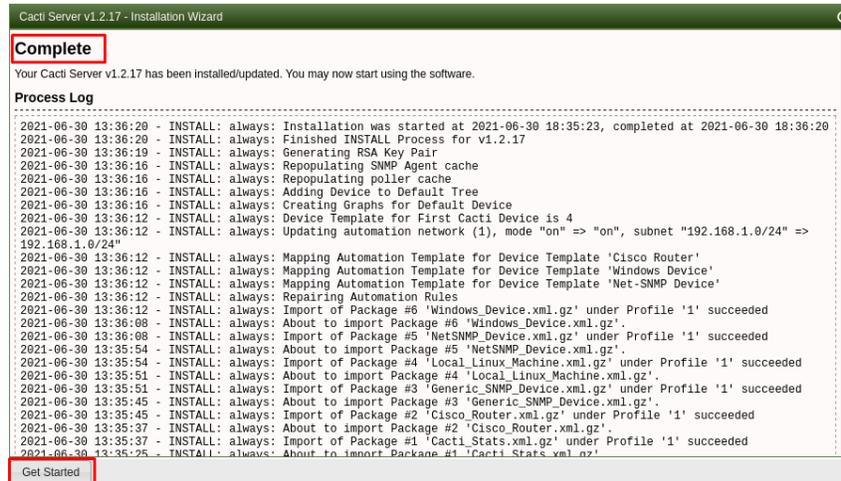


Figura 4.16 Instalación herramienta Cacti

➤ Creación de comunidad SNMP en dispositivo

De modo que, para poder utilizar el protocolo de gestión SNMP, es necesario crear una comunidad SNMP para que el grupo de dispositivos pueda intercambiar información entre ellos. De esta forma al entrar por SSH a la consola del equipo OLT Huawei ma5608T (agente) se crea una comunidad de lectura. Así mismo, la comunidad se configura para que sea privada, se habilita el estándar, la versión de la comunidad (V2c), la dirección IP de host de destino (gestor) que recibe los Traps y el puerto UDP (162) del host de destino que usara SNMP para recibir los Traps. En la figura 4.17 se observa la comunidad creada en el dispositivo.

```
TELCOFIBER(config)#display snmp-agent community read
Community name: [REDACTED]
Storage type: nonVolatile
View name: ViewDefault

Target host name: cacti
Traphost address: [REDACTED]
Traphost portnumber: 162
Target host parameter: NMS
```

Figura 4.17 Configuración comunidad SNMP en OLT

➤ Agregar dispositivos en Cacti

En la herramienta de monitoreo Cacti, al ingresar a la interfaz gráfica se adiciona y configura el dispositivo OLT para realizar su respectivo monitoreo en la red. A continuación, se explican la secuencia de configuraciones a realizar para cada dispositivo que se desee agregar en Cacti.

- En la pestaña administración, se crea el dispositivo configurando todas las opciones generales de este.

- Se coloca el nombre, la dirección IP, se escoge la plantilla con la que se va a monitorear, se configura las opciones del gestor SNMP y las que vienen por defecto del dispositivo, como se observa en la figura 4.18

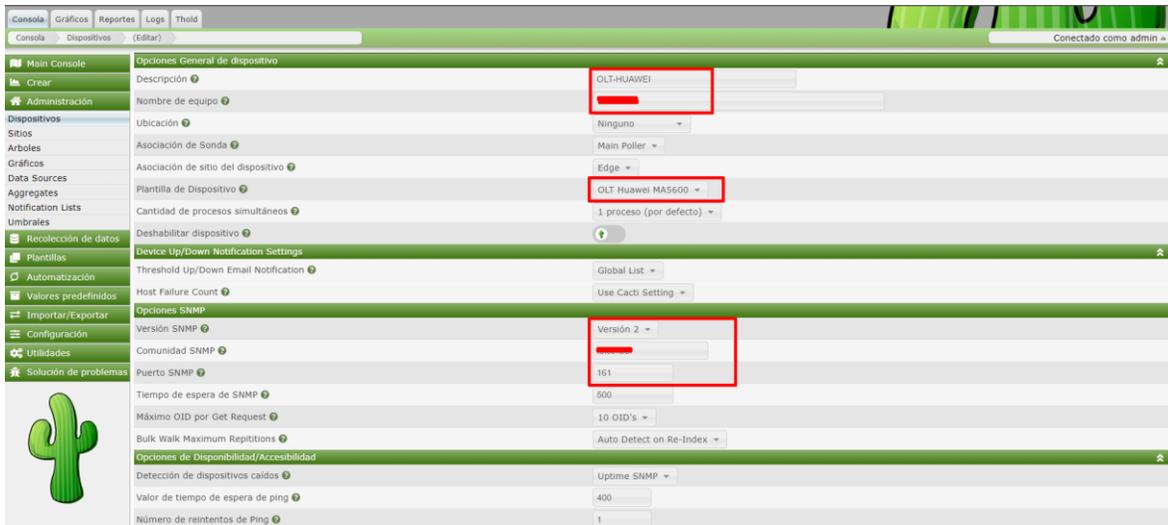


Figura 4.18 Agregar dispositivo

- Finalmente se tiene que verificar la conexión entre los dispositivos de la comunidad SNMP para poder que se dé el intercambio de información, como se observa en la figura 4.19

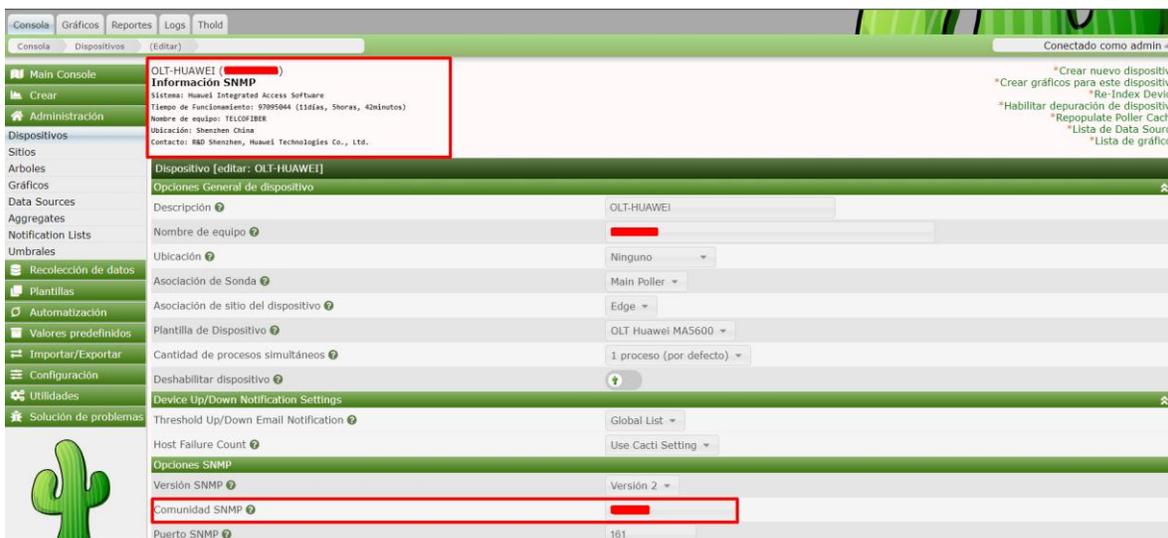


Figura 4.19 Conexión SNMP entre dispositivos



➤ Instalación y configuración plantilla OLT

La herramienta Cacti, cuenta con un foro en el cual se tiene un repositorio de múltiples plugins y plantillas para una gran variedad de dispositivos de diversas marcas comerciales, donde cada archivo puede realizar múltiples funciones de monitoreo o se pueden utilizar como guía para desarrollar otras funciones partiendo de una base. Cabe resaltar que, no se cuenta con una guía para realizar muchos de estos procesos lo cual dificulta la implementación en la herramienta Cacti, pero que se logra el éxito a través de ensayo y error o por la destreza a la hora de conocer esta herramienta y el ingenio para combinar los diferentes códigos de programación php y lograr un eficiente sistema para el monitoreo de la red. De igual forma, en la actualidad se encuentra muy poca información sobre dispositivos ópticos de GPON para monitoreo de Cacti dificultando esta tarea.

En primer lugar, se logra encontrar una plantilla (*template*) que sirve para dispositivos OLT ma5600 de Huawei, pero que no concuerda con el dispositivo que se tiene en la Empresa Telcofiber ya que es un equipo OLT ma5608T. Partiendo del conocimiento adquirido en el funcionamiento SNMP y de sus OID, se realiza el análisis de los códigos de programación y de la forma como se obtienen los resultados para el dispositivo OLT ma5600, para ser adaptada, agregando o quitando los OID que se quieran modificar en la versión de la OLT de la Empresa.

- El script poller (sondeo) que permite automatizar las consultas SNMP, se configura para que cada 20 minutos obtenga el total de los datos de los usuarios inicialmente. Cabe resaltar que la herramienta trae uno por defecto, pero es necesario que esta plantilla tenga su propio script de sondeo para que el sistema funciones de forma correcta.
- En este caso se omite traer el parámetro óptico del servicio de televisión que trae la plantilla por defecto, ya que es un servicio que actualmente no presta la Empresa, pero que a corto plazo se podría implementar.
- Los diferentes scripts son importados en la herramienta Cacti y cada uno instalado en la carpeta correspondiente permitiendo que estos ejecuten sus funciones de forma correcta. Al igual que se importa dos tablas (devices y values) donde Cacti almacenará los parámetros recolectados.
- Una vez importada la plantilla, Cacti informa que todos los scripts y las tablas de la base de datos fueron subidas con éxito, como se observa en la figura 4.20.
- Se verifica que el servicio Crond este corriendo de forma correcta en Cacti sin ningún tipo de error.

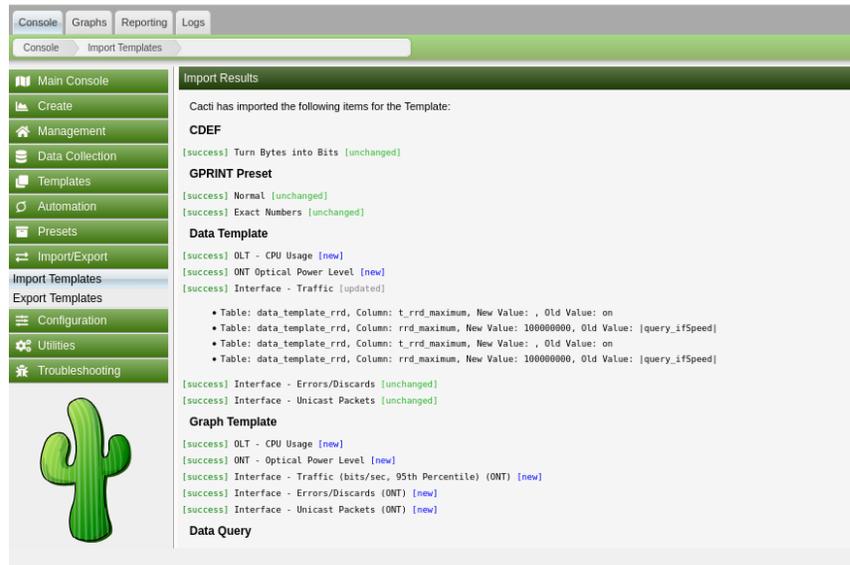


Figura 4.20 Importación plantilla OLT

- Una vez que la plantilla ya este importada y en correcto funcionamiento, se dirige al dispositivo creado para el monitoreo (OLT), se agrega la plantilla y se configura opciones de disponibilidad y se guarda los cambios.
- De igual forma crean unos árboles (carpeta GPON-OLT) para que los gráficos se muestren de forma ordenada y en carpetas por la herramienta Cacti.
- En la figura 4.21 se observa que Cacti ya está recolectando datos por medio la comunidad SNMP desde el agente (OLT).

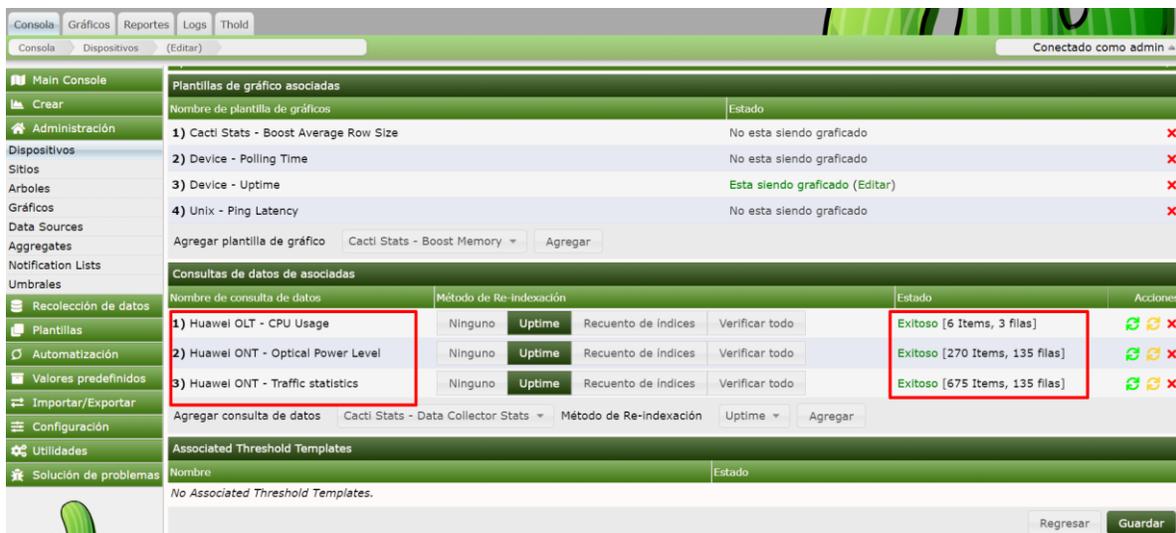


Figura 4.21 Recolección de datos entre Agente-Gestor

- En la figura 4.22 algunos de los parámetros recolectados por Cacti como son: Placa (Descripción), Serial de la ONT (*Hardware Address*) y la distancia (m) entre el nodo principal de la Empresa y el dispositivo ONT del usuario.

Index	Desc	Status	Hardware Address	Distancia (m)
4194304000.0	2111001kemberly	Testing	48 57 54 43 26 65 D9 9E	1317
4194304000.1	2111098sebastianc Fuentes	Up	48 57 54 43 17 92 80 9C	1541
4194304000.10	2111011luis	Testing	48 57 54 43 26 5A 6E 9E	1620
4194304000.11	2111012jhon	Up	48 57 54 43 26 65 EB 9E	1915
4194304000.12	2111022jimmy	Testing	5A 54 45 47 CC 82 3C 17	2282
4194304000.124	CasaTelcofiber	Testing	48 57 54 43 EF 1B 1F 9F	1629
4194304000.126	Mayerlin	Testing	48 57 54 43 9E BB D5 9A	1911
4194304000.13	2111014jaime	Testing	48 57 54 43 26 62 F5 9E	1863
4194304000.14	2111015carlos	Up	48 57 54 43 26 60 25 9E	1526
4194304000.15	2111016sebastian	Testing	48 57 54 43 26 65 E8 9E	1827
4194304000.17	2111018alejandra	Testing	48 57 54 43 26 2C 4F 9E	1592
4194304000.18	2111019luisa	Testing	48 57 54 43 26 2C E3 9E	1504
4194304000.19	2111020guido	Testing	48 57 54 43 26 5A 66 9E	1906
4194304000.2	2111079gerardo	Testing	5A 54 45 47 CC 81 F0 39	1665
4194304000.20	2111021wilfredo	Testing	48 57 54 43 26 5D 3E 9E	1882
4194304000.21	2111022eduardoaragon	Testing	5A 54 45 47 CC 82 3C 8A	1804
4194304000.22	2111023miguelangel	Testing	48 57 54 43 22 B8 6F 9E	1881

Figura 4.22 Algunos Parámetros recolectados por Cacti

- Una vez ya Cacti este recolectando datos, se procede a crear los gráficos de cada una de las métricas que se está monitoreando, con la intención de obtener los gráficos de las ONT y poder ser vistas en tiempo real. En la figura 4.23 se observa las gráficas de monitoreo de potencia óptica ONT/OLT, tráfico de ONT y el uso de la CPU de la OLT

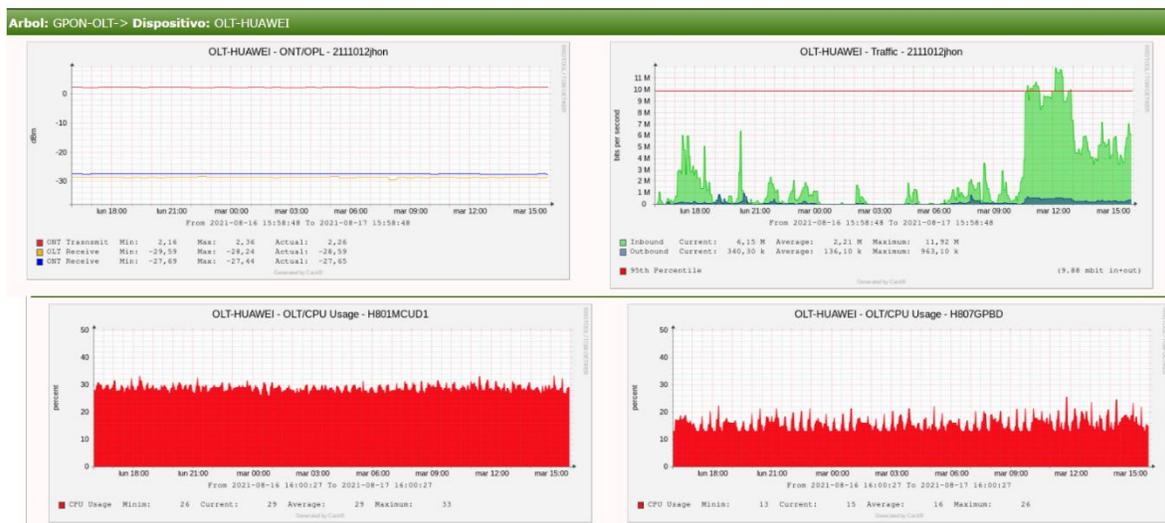


Figura 4.23 Graficas de monitoreo de ONT y OLT

Por último, en Cacti se monitorea el tráfico de datos de cada interfaz del dispositivo MikroTik, al igual que se pueden monitorear múltiples parámetros que la herramienta trae



por defecto, como el tiempo que los dispositivos están activos, la cantidad de memoria que están utilizando, entre otros.

➤ Instalación y configuración de plugins de alertas

Cacti es una herramienta compleja al momento de su configuración, ya que trae múltiples *plugins* y plantillas, pero se debe diseñar una forma de integrarlas a la hora de realizar un buen monitoreo. Es por ello que, se realiza la instalación del *plugins Thold* con el objetivo de que permita configurar alarmas del parámetro de potencia óptica de cada ONT y que este *plugins* permita enviar una alerta a un correo de administrador cuando tenga niveles de potencia no deseados.

A continuación, se describe los pasos a realizar para configurar alertas, umbrales, correo de administrador y lista de notificación en Cacti.

- Se importa el *plugins Thold* a Cacti y se habilita.
- Para generar las alertas a la potencia óptica de recepción ONT de cada usuario, es necesario ir a la pestaña de umbrales donde se selecciona la plantilla y el gráfico al cual se desea generar el tipo de alerta. De igual forma, se configuran los umbrales para que se activen las alertas al rebasar el límite predeterminado como se observa en la figura 4.24.

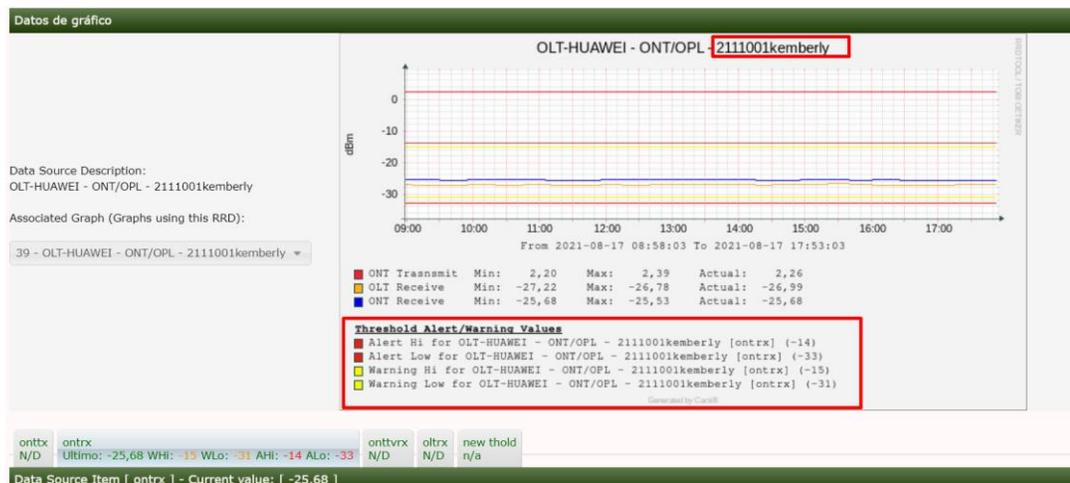


Figura 4.24 Configuración de alertas de Cacti

- Se crea una lista de notificaciones con el nombre “potencia”, donde estarán vinculados todos los gráficos que se deseen tener monitoreados por este parámetro y umbrales.
- Se realiza configuraciones del correo de administrador donde llegaran las alertas como se observa en la figura 4.25.

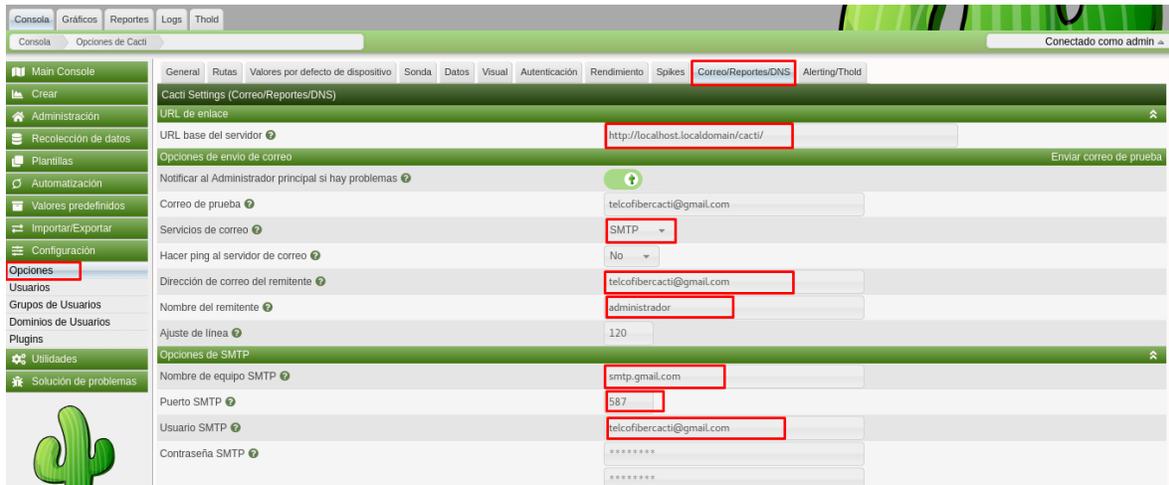


Figura 4.25 Configuraciones de correo de administrador

El sistema de monitoreo e integración de datos de usuario es desarrollado con las características y funcionalidades que la Empresa Telcofiber necesita para determinar, prevenir y reparar fallos en el servicio de Internet en el menor tiempo posible de acuerdo a sus procedimientos establecidos internamente.

Los parámetros ópticos de potencia y el tráfico de los usuarios pueden ser consultado por los técnicos y personal idóneo de la Empresa de una manera simple en la aplicación web, ya que este proceso era exclusivo de los ingenieros puesto que, es necesario ejecutar diferentes comandos por consola en los equipos para obtener información de un usuario, corriendo el riesgo de ser eliminada por un error involuntario al darle acceso a los técnicos.

A manera de conclusión el sistema de monitoreo implementado en la Empresa Telcofiber funciona de la siguiente manera:

- En la página web principal se tiene todos los datos técnicos y de suscripción de los usuarios, donde se registra, actualiza y edita su base de datos.
- Por medio de Cacti se grafica el tráfico de datos, se verifica cada 5 minutos cuanto ancho de banda está consumiendo cada usuario y a la vez se corroborar que el servicio de Internet está activo.
- En la herramienta Cacti se grafica los niveles de potencia ópticos y se configuran las alertas para ser enviadas al administrador de cada uno de los usuarios de la Empresa.
- Cada vez que el nivel de potencia óptico en recepción de la ONT excede el nivel entre (-14 y -35 dBm) se envía una alerta en tiempo real al correo del administrador



del sistema, se informa que se ha excedido el rango y debe realizar una acción (correctiva).

- También se tiene gráficos del porcentaje de uso de la CPU de los puertos y tiempo de actividad de la OLT en la herramienta Cacti.
- En la página web de la potencia óptica, se muestra este parámetro óptico de cada uno de los usuarios que se actualiza automáticamente, cada vez que se aprovisiona un cliente en la OLT para brindarle el servicio de Internet.

Del nivel de potencia óptica depende que llegue la información y se tenga comunicación bidireccional entre ONT y OLT, esto se traduce a que se tenga un servicio de Internet activo, el aplicativo web de potencia óptica muestra los parámetros en tres diferentes colores (verde, amarillo y rojo) que significan lo siguiente:

- Verde: El parámetro está en un nivel correcto y que no se presentan fallos en el servicio de Internet.
  - Amarillo: Da una advertencia de que la potencia óptica está en el límite y se deben tomar acciones preventivas.
  - Rojo: Significa que existe un corte de fibra óptica o el usuario tiene desconectado el equipo ONT, para lo cual se tiene una acción correctiva.
- Acciones preventivas:

Dentro de las diferentes acciones preventivas que se pueden tomar frente a las alertas, se nombran algunas a continuación:

Los técnicos se trasladan al lugar de ubicación de la caja FAT del usuario, realizan limpieza de los conectores del splitter, se verifica que no tenga estrés la fibra óptica (curvatura muy cerrada), rectifican el nivel de potencia con los equipos ópticos necesarios y finalmente consulta nuevamente el aplicativo para verificar la corrección de la falla.

Si con el anterior ítem no se corrige la falla, se deben planear una visita técnica a la casa del usuario con el fin de verificar que no tenga estrés la fibra óptica y limpiar el conector de la ONT.

- Acciones correctivas

Dentro de estas acciones se contacta de forma inmediata al usuario para realizar una visita técnica y verificar algún corte de la fibra óptica dentro de la residencia con ayuda de los equipos ópticos adecuados.



El sistema también ayuda a poder detectar de forma inmediata con la caída de potencia de muchos usuarios al tiempo, que puede haber un robo de cables o cajas FAT de fibra óptica en la red FTTH, cuyos daños dejarían sin servicio de Internet a los usuarios. De igual forma con el historial de monitoreo del tráfico de datos se puede brindar un mejor ancho de banda requerido por los usuarios de acuerdo a su consumo a lo largo del tiempo.

Es importante saber que se debe hacer un monitoreo de las métricas más útiles, ya que de esto depende el consumo de recursos del sistema.



## 5 CAPITULO: PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Es necesario realizar pruebas y análisis de los resultados obtenidos por el sistema de monitoreo e integración de datos de usuario implementado en la Empresa Telcofiber en la ciudad de Santander de Quilichao, con el objetivo de poder verificar la fidelidad de la información que muestra el sistema frente a la información de los equipos OLT Huawei ma5608T y ONT de la red FTTH. Por consiguiente se realizan pruebas como: pruebas de parámetros ópticos, distancia, alertas y desarrollo web

### 5.1 PARAMETROS OPTICOS

Al realizar una comparación entre el parámetro de potencia óptica que muestra la aplicación web con la información de este mismo parámetro óptico obtenido por comandos de consola de la OLT, se puede mencionar que:

Las consultas por consola de un usuario al equipo OLT, presenta gran cantidad de datos que no facilitan su lectura y que al consultar la potencia óptica es necesario introducir varios comandos, lo cual vuelve un proceso engorroso y que dificulta una atención oportuna a los clientes. En la figura 5.1 se observa la consulta en el equipo OLT de un cliente escogido al azar con la placa de usuario (2111200TF).

```
TELCOFIBER(config)#display ont info by-desc 2111200TF
-----
F/S/P  ONT   SN          Control  Run   Config  Match  Protect
ID      ID          flag     state   state state   state   side
-----
0/ 0/0 124  48575443EF1B1F9F  active  online normal  match  no
-----
F/S/P  ONT-ID  Description
-----
0/ 0/0 124    2111200TF
-----
In port 0/ 0/0 , the total of ONTs are: 1, online: 1
-----

TELCOFIBER(config)#interface gpon 0/0
TELCOFIBER(config-if-gpon-0/0)#display ont optical-info 0 124
-----
ONU NNI port ID      : 0
Module type          : GPON
Module sub-type      : CLASS B+
Used type            : ONU
Encapsulation Type   : BOSA ON BOARD
Optical power precision(dBm) : 3.0
Vendor name          : HUAWEI
Vendor rev           : -
Vendor PN            : HW-BOB-0007
Vendor SN            : 1945Y8164895C
Date Code            : 19-12-23
Rx optical power(dBm) : -26.38
Rx power current warning threshold(dBm) : [-,-]
Rx power current alarm threshold(dBm) : [-29.0,-7.0]
Tx optical power(dBm) : 2.33
Tx power current warning threshold(dBm) : [-,-]
Tx power current alarm threshold(dBm) : [0.0,5.0]
Laser bias current(mA) : 14
Tx bias current warning threshold(mA) : [-,-]
Tx bias current alarm threshold(mA) : [2.000,100.000]
Temperature(C)       : 54
Temperature warning threshold(C) : [-,-]
Temperature alarm threshold(C) : [-61,95]
Voltage(V)           : 3.360
Supply voltage warning threshold(V) : [-,-]
Supply voltage alarm threshold(V) : [3.000,3.600]
OLT Rx ONT optical power(dBm) : -28.54
CATV Rx optical power(dBm) : -
CATV Rx power alarm threshold(dBm) : [-,-]
-----
```

Figura 5.1 Consulta de potencia óptica de ONT por consola



De esta forma, en la figura anterior se tiene encerrado con un recuadro de color verde el número de placa del usuario (2111200TF), el número serial de la ONT (48575443EF1B1F9F), con el recuadro azul la potencia óptica en recepción (-26.38 dBm), de color rojo la potencia óptica en transmisión (2.33 dBm) y de color amarillo la potencia óptica de sensibilidad mínima recepción de la OLT (-28.54 dBm).

ID	Usuario	Potencia Óptica (dBm)	Fecha
80	2111008yessicaposada	-25.98	2021-09-13 22:15:20
81	2111095emma	-30.04	2021-09-13 22:15:22
82	2111200TF	-26.38	2021-09-13 22:15:23
83	2111003javiercardenas	-27.03	2021-09-13 22:15:23
84	2112001analucia	99.99	2021-09-13 22:15:24
85	2112002gustavopaz	-21.42	2021-09-13 22:15:25
86	2111047yesica	-21.21	2021-09-13 22:15:25

Figura 5.2 Consulta en aplicativo web de potencia óptica

Al consultar el aplicativo web de potencia óptica de los usuarios, se puede observar en la figura 5.2 que se tiene enmarcado de color verde la placa de usuario (2111200TF) y el recuadro de color azul el parámetro de potencia óptica del usuario actual (-26.38 dBm), el cual tiene el color verde porque está dentro del límite normal de potencia y en correcto funcionamiento.

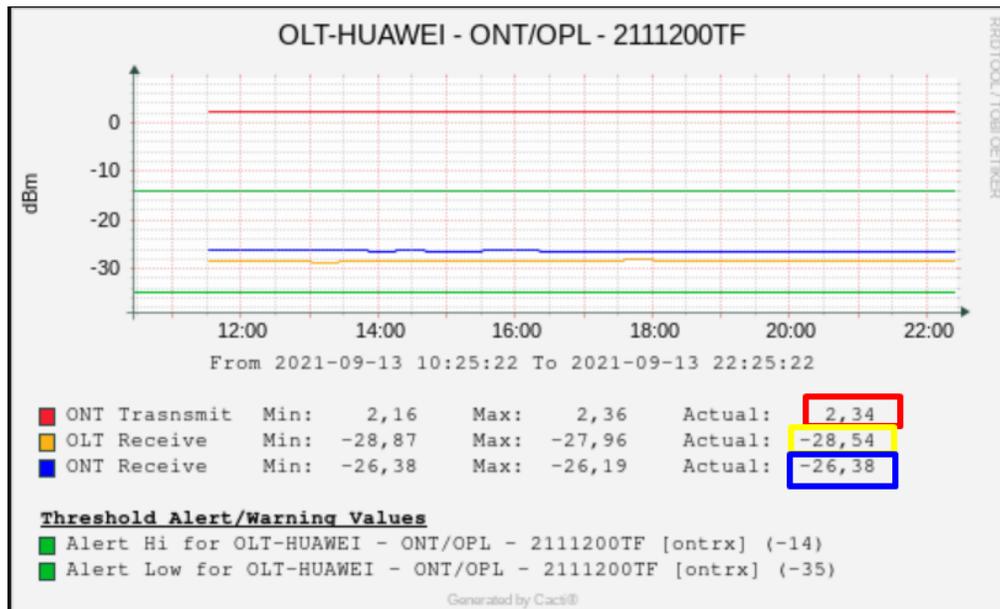


Figura 5.3 Grafico de parámetro potencias ópticas de un usuario



En la consulta del sistema de monitoreo con la herramienta Cacti, se observa en la figura 5.3 graficada la potencia óptica en transmisión de la ONT (2.34 dBm), la potencia óptica en recepción de la ONT (-26.38 dBm) y la potencia óptica mínima en recepción de la OLT (-28.54 dBm), siendo estos parámetros monitoreados en tiempo real por 24 horas.

Por medio de la dirección IP 192.168.100.1 se accede a la interfaz gráfica del equipo ONT con usuario de placa (2111200TF), donde se observa datos técnicos como: serial del equipo hardware (48575443EF1B1F9F) y el parámetro de la potencia óptica recibida (-26.38 dBm) como se muestra en la figura 5.4 a continuación.

The screenshot shows the web interface of an EG8141A5 ONT. The top navigation bar includes 'Fast Setting', 'Eponet', and 'Logout'. A left sidebar contains menu items: Device, WAN, Optical, Service Provisioni..., VoIP, Eth Port, WLAN, and Home Network. The main content area is divided into two sections:

**Device Information**  
On this page, you can view basic device information.

**Basic Information**

Device Type:	EG8141A5
Description:	EchoLife EG8141A5 GPON Terminal (CLASS B+/WiFi+/PRODUCT ID:21500839312SKC604139/CHIP:00050220190418)
SN:	48575443EF1B1F9F (HWTCEF1B1F9F)
Hardware Version:	16FC.A
Software Version:	VSR019C005115
Manufacture Info:	21500839312SKC604139.C402
ONT Registration Status:	OS(Operation state)
ONT ID:	124
CPU Usage:	1%
Memory Usage:	29%
Custom Info:	COMMON

**Optical Information**  
On this page, you can query the status of the optical module.

**ONT Information**

	Current Value
Optical Signal Sending Status:	Auto
TX Optical Power:	2.28 dBm
RX Optical Power:	-26.38 dBm
Working Voltage:	3369 mV
Bias Current:	14 mA
Working Temperature:	53 °C

**OLT Information**

	Current Value
Optical module type:	--
Transmit optical power:	-- dBm
PON port identifier:	--

Figura 5.4 consulta de información óptica en equipo ONT de un usuario

Con el objetivo de tener claridad de la información, se realiza una tabla comparativa 5.1 entre los datos que muestra el sistema de monitoreo, los datos consultados por consola en el equipo OLT y los datos consultados al ingresar a la interfaz gráfica de la ONT.



Tabla 5.1 Tabla comparativa de parámetros ópticos

Parámetro	Sistema monitoreo	Consulta por consola OLT	Interfaz grafica equipo ONT
Placa de usuario	2111200TF	2111200TF	2111200TF
Numero de serial ONT	48575443EF1B1F9F	48575443EF1B1F9F	48575443EF1B1F9F
Potencia óptica en recepción ONT	-26.38 dBm	-26.38 dBm	-26.38 dBm
Potencia óptica de transmisión ONT	2.34 dBm	2.33 dBm	2.28 dBm
Potencia óptica mínima de recepción en la OLT	-28.54 dBm	-28.54 dBm	

Es de gran importancia para la Empresa la fiabilidad del sistema de monitoreo e integración de datos, por esta razón se confrontan los valores de diferentes parámetros cerciorándose a su paso la veracidad de la información obtenida. Dentro del parámetro de potencia óptica en recepción de la ONT la interfaz gráfica registra un nivel de (-26.38 dBm) contra el sistema de monitoreo que registra un nivel de (-26.38 dBm), se observa el mismo nivel de potencia y garantiza la confiabilidad del monitoreo. De igual forma, en el parámetro de potencia óptica de transmisión de la ONT que se encuentra enmarcado con un recuadro de color rojo se observa una mínima variación en el resultado pero que no afecta el monitoreo.

Estas variaciones en los parámetros ópticos se dan debido a mecanismos de atenuación como son: intrínsecos (materiales de fabricación de los cables de fibra óptica, índices de refracción, entre otros.) y extrínsecos (curvaturas en la fibra óptica y condiciones ambientales como temperatura y humedad) que afectan la variación del parámetro óptico, por lo tanto, los pulsos transmitidos pierden energía o potencia debido a la atenuación y distancia recorrida.

## 5.2 PARAMETRO DE DISTANCIA

Dentro de las pruebas realizadas al sistema de monitoreo, se emplea el equipo llamado Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR), el cual se utiliza para el mantenimiento y detección de fallas en redes de telecomunicaciones de fibra óptica. Este equipo transmite una luz laser en forma de pulsos a través de cables de fibra óptica, con la luz reflejada obtiene información detallada del estado de los empalmes, conexiones, defectos, distancia de los cables y/o aberturas que presenten.

El OTDR se emplea con el objetivo de medir la distancia desde el equipo OLT ubicado en el nodo central de la Empresa, hasta la ONT ubicada en el lugar de residencia del usuario final. De este modo, se compara los datos que muestra la herramienta de monitoreo Cacti

con los datos arrojados por el OTDR en la tabla 5.2, se verifica la veracidad de la herramienta de monitoreo.

Cacti en la figura 5.5 informa que el usuario de placa 2111200TF está a una distancia física de 1630 metros desde el nodo central (ubicación de equipo OLT) hasta el usuario final (equipo ONT).

Main Console		Consulta de datos [Huawei ONT - Traffic statistics]				
Crear		1 a 30 de 147 [ 2 3 4 5 ]				
Index	Desc	Status	Hardware Address	Distancia (m)		
4194304000.0	2111001kemberly	Testing	48 57 54 43 26 65 D9 9E	1318	<input type="checkbox"/>	
4194304000.1	2111098sebastianc Fuentes	Testing	48 57 54 43 17 92 80 9C	1540	<input type="checkbox"/>	
4194304000.10	2111011luis	Up	48 57 54 43 26 5A 6E 9E	1620	<input type="checkbox"/>	
4194304000.11	2111012jhon	Up	48 57 54 43 26 65 EB 9E	1914	<input type="checkbox"/>	
4194304000.12	2111022jimmy	Testing	5A 54 45 47 CC 82 3C 17	2282	<input type="checkbox"/>	
4194304000.124	2111200TF	Testing	48 57 54 43 EF 1B 1F 9F	1630	<input type="checkbox"/>	
4194304000.126	2111003javiercardenas	Testing	5A 54 45 47 CB A2 95 3A	1914	<input type="checkbox"/>	
4194304000.13	2111014jalime	Testing	48 57 54 43 26 62 F5 9E	1863	<input type="checkbox"/>	
4194304000.14	2111015carlos	Up	48 57 54 43 26 60 25 9E	1526	<input type="checkbox"/>	
4194304000.15	2111016sebastian	Testing	5A 54 45 47 CB A2 7E 0A	1964	<input type="checkbox"/>	

Figura 5.5 Distancia física entre OLT y ONT en Cacti

Para realizar la prueba de medición de distancia física, se procede a desconectar el cable de fibra óptica en sus extremos (terminales OLT y ONT), se conecta el OTDR del lado del equipo OLT enviando pulsos de luz en la longitud de onda de 1310 nm hasta el otro extremo del cable obteniendo los resultados de la figura 5.6. El OTDR muestra una distancia de apertura de la fibra óptica entre el punto A (ubicación de la OLT) y el punto B (ubicación de ONT) de 1607 metros, obteniendo el resultado de la longitud total del cable.

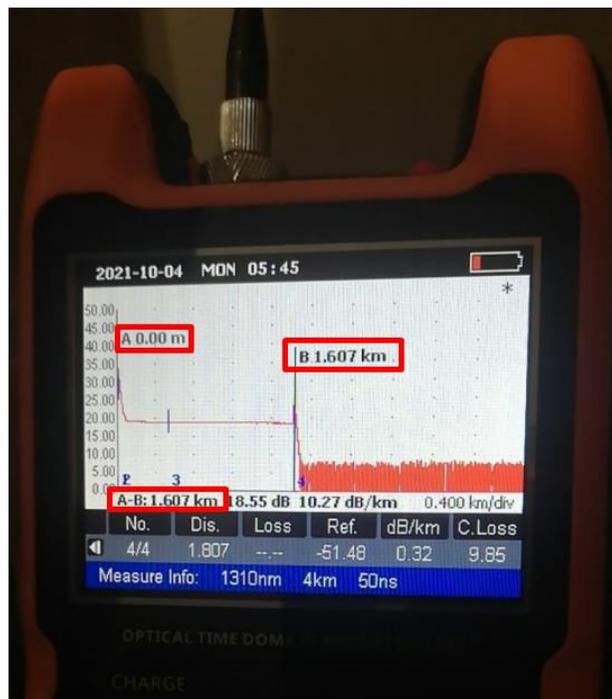


Figura 5.6 Distancia física entre OLT y ONT medida con equipo OTDR



De igual forma, se accede por consola al equipo OLT obtenido la distancia al que se encuentra el usuario y se comprueba que la herramienta Cacti muestra los datos correctos de distancia, como se observa en la figura 5.7.

```

TELCOFIBER(config)#display ont info by-sn 48575443EF1B1F9F
-----
F/S/P           : 0/0/0
ONT-ID          : 124
Control flag    : active
Run state       : online
Config state    : normal
Match state     : match
DBA type        : SR
ONT distance(m) : 1630
ONT battery state : not support
Memory occupation : 29%
CPU occupation  : 1%
Temperature     : 60(C)
Authentic type  : SN-auth
SN              : 48575443EF1B1F9F (HWTC-EF1B1F9F)
Management mode : OMCI
Software work mode : normal
Isolation state : normal
ONT IP 0 address/mask : -
Description     : 2111200TF
Last down cause : dying-gasp
Last up time    : 2021-09-14 00:06:04+08:00
Last down time  : 2021-09-14 00:05:08+08:00
Last dying gasp time : 2021-09-14 00:05:08+08:00
ONT online duration : 0 day(s), 1 hour(s), 11 minute(s), 59 second(s)
Type C support  : Not support
Interoperability-mode : ITU-T
-----
    
```

Figura 5.7 Distancia obtenida por consola en OLT

Se realiza la tabla 5.2 para comparar el parámetro de distancia, con el fin de observar de forma clara los datos obtenidos con anterioridad en las figuras 5.5, 5.6 y 5.7

Tabla 5.2 Tabla comparativa parámetro de distancia

Parámetro	Herramienta Cacti	Consulta por consola OLT	Medida en equipo OTDR
Placa de usuario	2111200TF	2111200TF	
Distancia entre equipo ONT y OLT en metros	1630 m	1630 m	1607 m

De igual forma, se observa una diferencia de 23 metros entre la medida que arroja el equipo OTDR y la herramienta Cacti, esta diferencia no afecta ya que se utiliza de referencia para tener conocimiento de la longitud del cable de fibra óptica al instante de tener que remplazar algún tramo ante un eventual daño grave del mismo.

### 5.3 ALERTAS DE CACTI

Dentro de los umbrales de alertas de caída de potencia óptica creado en la herramienta Cacti, se observa que el usuario de placa (2111200TF) tiene como referencia las alertas de



caída de potencia por entre el rango -14 dBm y -35 dBm según la figura 5.8, se realiza pruebas de campo desconectando la fibra óptica en la FAT produciendo una caída de potencia a -99.99 dBm y se logra generar una alerta en el correo de administrador como se observa en la figura 5.9 y posteriormente se conecta de nuevo la fibra óptica a la FAT para que suba la potencia óptica del usuario y que llegue de nuevo un correo de alerta por el restablecimiento del parámetro óptico.

The image shows two screenshots from the Cacti web interface. The top screenshot is titled 'Threshold Management' and shows a table of thresholds. The bottom screenshot is titled 'Notification Lists' and shows a list of notification rules.

Nombre	ID	Tipo	DSName	Actual	Alto	Bajo	Activador	Duracion	Repetir	Activado	Hecho	Templated
OLT-HUAWEI - ONT/OPL - 2111200TF [ontrx]	156	Alto / Bajo	ontrx	-26,38	-14	-35	5 Minutos	N/D	Nunca	No	Since Created	No

Nombre de Lista	Dispositivos	Umbral	Plantillas	Descripción	Emails
Potencia	0	Warn: 23, Alert: 146	Warn: 0, Alert: 0	alertas de nivel de potencia	telcofibercacti@gmail.com

Figura 5.8 Alertas en Cacti

Se ha verificado por medio de esta prueba que el sistema de alerta está en correcto funcionamiento, para poder realizar una oportuna atención a fallos en el equipo ONT del usuario.

The image shows an email alert from Cacti. The email contains two messages: one alerting about a power threshold violation and another confirming the restoration of the normal threshold.

**ALERT:** OLT-HUAWEI - ONT/OPL - 2111200TF [ontrx] went above threshold of -14 with 99,99 Recibidos x

**administrador** <telcofibercacti@gmail.com> 13:15 (hace 36 minutos) ☆  
para mí ▾  
Se ha emitido una alerta que requiere su atencion

**Device:** OLT-HUAWEI (10.10.1.10)  
**URL:** [Link to Graph in Cacti](#)  
**Message:** ALERT: OLT-HUAWEI - ONT/OPL - 2111200TF [ontrx] went above threshold of -14 with 99,99

**NORMAL:** OLT-HUAWEI - ONT/OPL - 2111200TF [ontrx] Restored to Normal Threshold with Value -26,38 Recibidos x

**administrador** <telcofibercacti@gmail.com> 13:50 (hace 1 minuto) ☆  
para mí ▾  
La potencia optica a vuelto a su estado normal.

**Device:** OLT-HUAWEI (10.10.1.10)  
**URL:** [Link to Graph in Cacti](#)  
**Message:** NORMAL: OLT-HUAWEI - ONT/OPL - 2111200TF [ontrx] Restored to Normal Threshold with Value -26,38

Figura 5.9 Alertas generadas en correo de administrador de Cacti



## 5.4 DESARROLLO WEB

Se realizan pruebas de software con el fin de garantizar calidad en el desarrollo web como son: pruebas funcionales y no funcionales al sistema alojado en la URL: [https://telcofiber.com/sistema\\_clientes/Login/index.php](https://telcofiber.com/sistema_clientes/Login/index.php)

### 5.4.1 PRUEBAS FUNCIONALES

Las pruebas funcionales consisten básicamente en probar la funcionalidad del producto, para este caso en específico, el desarrollo web permite registrar, editar, listar y actualizar todos los datos de los usuarios y clientes de la Empresa.

Se verifica la funcionalidad del sistema de la siguiente forma:

- Se registra un usuario en la página web con sus datos técnicos y administrativos, como se observa en la figura 5.10.

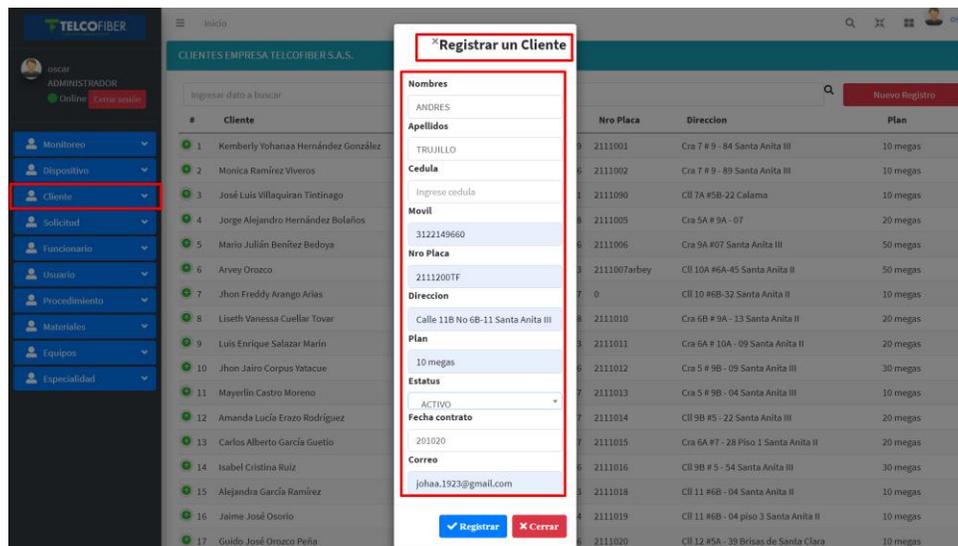


Figura 5.10 Registro de un usuario en el sistema

- En la figura 5.11 se verifica que, el registro del usuario quedo guardado en la base de datos del sistema.

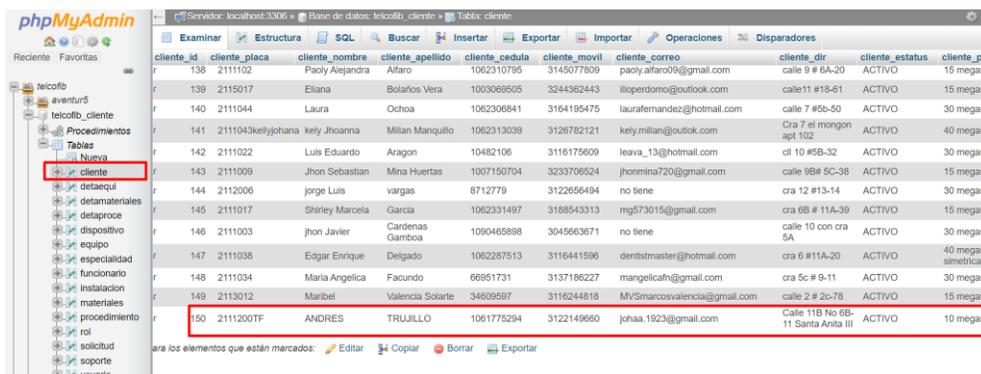


Figura 5.11 Verificación de registro de usuario



- En la figura 5.12 se lista el usuario en el sistema con todos los datos registrados.

The screenshot shows the TELCOFIBER administrative interface. On the left is a navigation menu with options like Monitoreo, Dispositivo, Cliente, Solicitud, Funcionario, Usuario, Procedimiento, and Materiales. The 'Cliente' option is highlighted. The main area displays a list of users with columns for ID, Name, Cedula, Movil, and Nro Placa. User 150, ANDRES TRUJILLO, is selected. A detailed view for this user is shown, including fields for Direccion (Calle 11B No 6B-11 Santa Anita III), Plan (10 megas), Correo (johaa.1923@gmail.com), Fecha Contrato (201020), and Estatus (ACTIVO). There is an 'Acción' button with an edit icon.

Figura 5.12 Usuario listado en la página web

- Se edita el registro para verificar la funcionalidad del sistema, logrando cambiar el nombre del usuario de letras mayúsculas a minúsculas como se observa en la figura 5.13.

The screenshot shows the same TELCOFIBER interface, but with the 'Editar un Cliente' modal form open. The form has fields for 'Nombres' (Andres), 'Apellidos' (Trujillo), and 'Cedula' (1061775294). Below the form is a 'Mensaje De Confirmacion' box that says 'Datos actualizados correctamente' with an 'OK' button. The background shows the user list with user 150, ANDRES TRUJILLO, highlighted.

Figura 5.13 editar datos de usuario



- En la figura 5.14 se observa los datos en la página web actualizados correctamente.

#	Cliente	Cedula	Movil	Nro Placa	Direccion
142	Luis Eduardo Aragon	3116175609	2111022		cil 10 #5B-32
143	Jhon Sebastian Mina Huertas	3233706524	2111009		calle 9B# 5C-38
144	Jorge Luis Vargas	3122656494	2112006		cra 12 #13-14
145	Shirley Marcela Garcia	3188543313	2111017		cra 6B # 11A-39
146	Jhon Javier Cardenas Gamboa	3045663671	2111003		calle 10 con cra 5A
147	Edgar Enrique Delgado	3116441596	2111038		cra 6 #11A-20
148	Maria Angelica Facundo	3137186227	2111034		cra 5c # 9-11
149	Maribel Valencia Solarte	3116244818	2113012		calle 2 # 2c-78
150	Andres Trujillo	3122149660	2111200TF		Calle 11B No 6B-11 Santa Anita III

Figura 5.14 Datos actualizados correctamente

Dentro de las pruebas funcionales realizadas anteriormente se verifica el correcto funcionamiento de la página web del sistema de monitoreo e integración de datos de usuario, logrando el registro sin dificultad de los 150 clientes que a la fecha tiene la Empresa

De igual forma, se verificar que en el inicio de sesión de la página web principal solicite las credenciales de usuario correctas para dejar acceder al sistema. En este caso se introduce un usuario con una contraseña incorrecta, observando que el sistema arroja un mensaje de error.

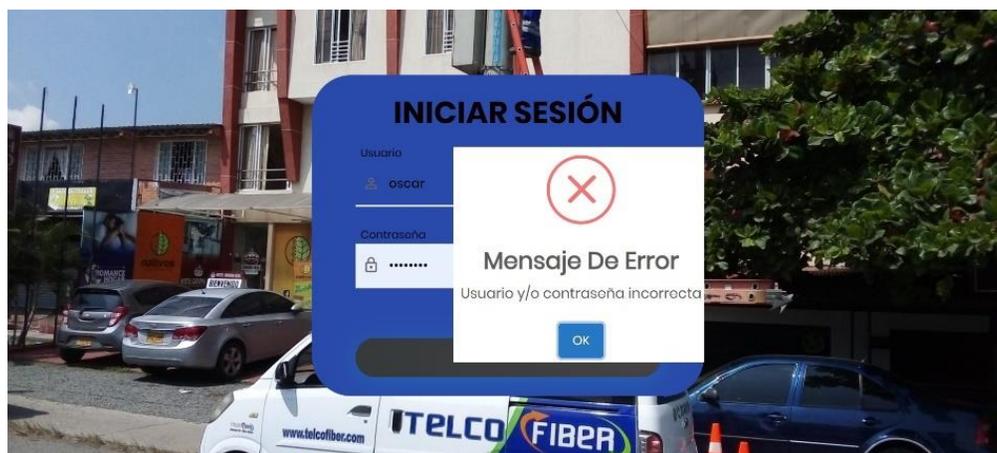


Figura 5.15 Prueba de seguridad inicio de sesión

También se realiza pruebas para el restablecimiento de contraseña cuando el usuario pierde sus credenciales de acceso. De esta forma en la figura 5.16 se observa el email registrado al momento de crear el usuario por primera vez y se solicita al sistema el restablecimiento de su contraseña.

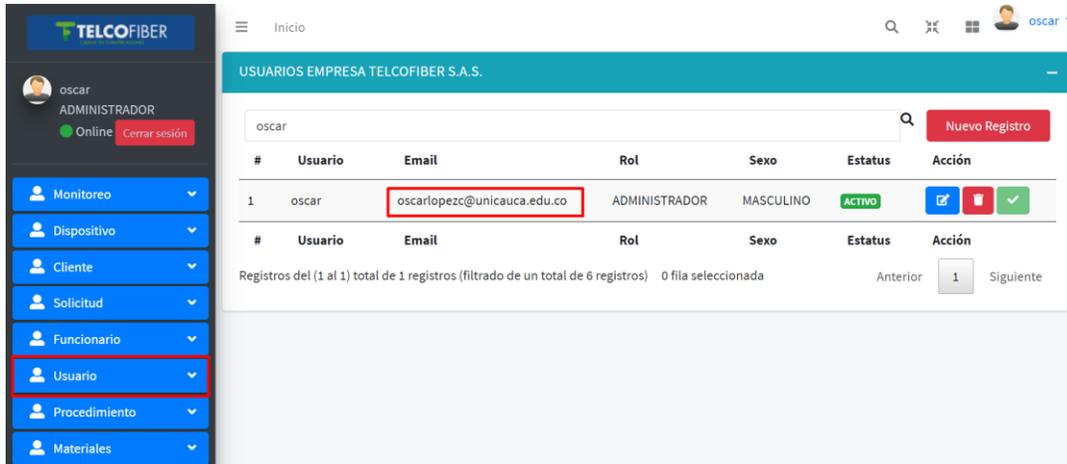


Figura 5.16 Email de usuario

En la figura 5.17, se ingresa el email solicitando la recuperación de la contraseña y confirmando que fue restablecida con éxito.

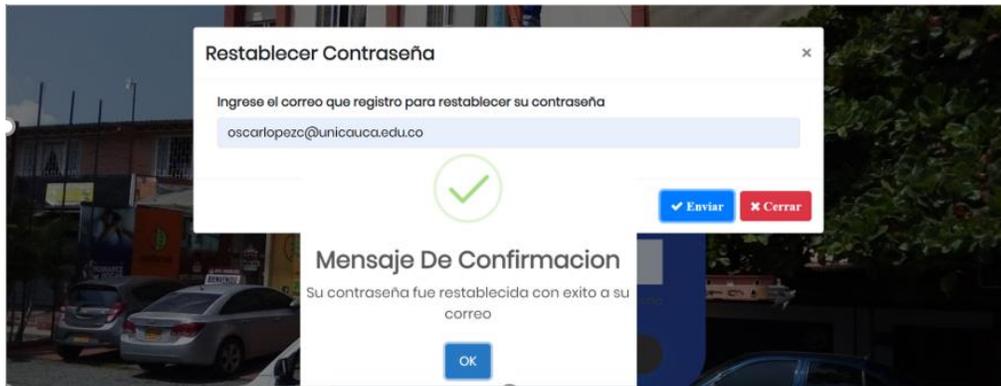


Figura 5.17 Restablecer contraseña a email de usuario

Se restablece la nueva contraseña del usuario para acceder de nuevo al sistema como se observa en la figura 5.18



Figura 5.18 Correo de recuperación de nueva contraseña

Por último, se verifica el acceso nuevamente al sistema ingresando la contraseña que llego al correo, figura 5.19

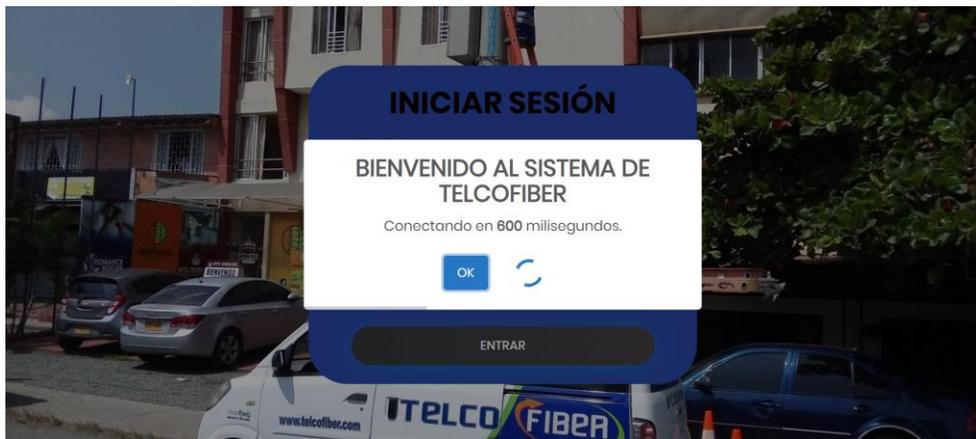


Figura 5.19 Acceso al sistema nuevamente

Finalmente, la verificación y validación realizada con anterioridad permiten observar el correcto funcionamiento de la página web, garantizando el comportamiento esperado de las funcionalidades.

#### 5.4.2 PRUEBAS NO FUNCIONALES

Este tipo de pruebas verifican la operación del software no sus funcionalidades, estas pruebas ayudan a determinar la carga que soporta el producto, su rendimiento, estabilidad, robustez y son llevadas a cabo mediante herramientas de automatización.

A través de la página [www.Geekflare.com](http://www.Geekflare.com) la cual presenta herramientas gratuitas para realizar pruebas de software, se ejecuta una prueba de rendimiento de la página web principal [https://telcofiber.com/sistema\\_clientes/Login/index.php](https://telcofiber.com/sistema_clientes/Login/index.php) alojada en el hosting Hostgator, obteniendo los siguientes resultados:



Figura 5.20 Prueba rendimiento página web principal



- En la figura 5.20 se observa el tiempo de carga de la página de 0.8 segundos, la rapidez de la carga es importante ya que esto representa una buena experiencia del usuario al interactuar con la página.
- El tiempo de carga del primer byte es de 246 milisegundos, que es el tiempo en el que tarda en llegar este primer byte al navegador, este es la suma de tres componentes (tiempo en llegar la solicitud al servidor, tiempo de respuesta del servidor y tiempo en llegar la respuesta al navegador nuevamente). Estos valores van desde 0 hasta 500 milisegundos para ser aceptables.
- Se observa también el tamaño de la página de 2 *MegaByte*.
- Se observa que se utiliza el protocolo HTTP 2, el cual tiene ventajas en cuanto a rendimiento ya que los recursos de la página cargan mucho más rápido.
- Se obtiene un puntaje SEO de 90, el puntaje de Optimización para Motores de Búsqueda (SEO-*Search Engine Optimization*), se refiere a que tan buen nivel de optimiza tiene el sitio web para la búsqueda, este puntaje va desde 0 hasta 100. De igual manera en la SEO se califican la cantidad de enlaces rotos que tiene la página, estos enlaces rotos son los que llevan a sitios como “página no disponible o página no encontrada”, dificultando la interacción con el usuario o que los motores de búsqueda de Internet penalicen la página web.

Finalmente, el sistema de monitoreo e integración de datos de usuario implementado en la Empresa Telcofiber es confiable en los datos y parámetros que presenta, llevando varios días de pruebas sin tener fallos en los resultados obtenidos.



## 6 CAPITULO: CONCLUSIONES, RECOMEDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

### 6.1 CONCLUSIONES

- Se realizó a nivel físico y lógico la caracterización de la red FTTH de la Empresa Telcofiber, diseñando una arquitectura de red de forma detallada con los elementos hardware y software que la integran. Con base a esta caracterización se da a conocer la forma en que se despliega FTTH en una ciudad, obteniendo un conocimiento real de principio a fin de los elementos que en la actualidad se emplean en estas redes, para así poder brindar un óptimo servicio de Internet a los usuarios finales.
- Se llevó a cabo el diseño de un sistema de monitoreo para una red FTTH con una herramienta de monitoreo de código abierto (*OpenSource*) e integrada a un desarrollo Web, logrando realizar un monitoreo eficaz en tiempo real de diferentes parámetros de la red caracterizada. Se puede concluir que este diseño puede ser tomando como modelo de implementación en cualquier red GPON para ser ajustado a las necesidades de diferentes empresas de telecomunicaciones.
- Se implementó un sistema de monitoreo integrado con un desarrollo Web en la Empresa Telcofiber, logrando ejecutar dentro de la plataforma Linux la unificación de la herramienta Cacti, su base de datos y la aplicación Web, para que la red FTTH sea monitoreada de forma constante y automatizada. Cabe destacar, que se da a conocer el despliegue de plantillas o plugins para ser tomadas como ejemplos en la puesta en práctica de sistemas de gestión de redes en el área de las telecomunicaciones.
- Se realiza pruebas bajo condiciones reales de funcionamiento al sistema de monitoreo de la Empresa Telcofiber, estableciendo mecanismos sencillos para evaluar la fiabilidad del sistema antes de ser implementado en una red FTTH de cualquier empresa de telecomunicaciones.
- Factibilidad de aplicación del sistema de monitoreo e integración del desarrollo Web en las redes FTTH en una Empresa que presta servicios de telecomunicaciones, ya que detecta y repara de forma inmediata fallas que se presenten en la red y simultáneamente demuestra reducción en tiempos de atención a los usuarios.
- Se define un prototipo general de monitoreo de la red FTTH en la Empresa Telcofiber, recolectando y graficando parámetros para la detección a tiempo de fallas en la red, reduciendo costos de operación y mantenimiento para así brindar una alta disponibilidad de los servicios que presta. Representando una nueva



posibilidad de monitorear sus redes a pequeños y nuevos proveedores de servicios de telecomunicaciones ISP sin tener que realizar grandes inversiones económicas en soluciones para el monitoreo de sus redes.

## 6.2 RECOMEDACIONES

- Se debe alimentar constantemente la base de datos de los usuarios a través de la página web principal para poder ser utilizada al requerir datos técnicos por parte del sistema de monitoreo.
- Mantener actualizada la herramienta Cacti, generándole los gráficos de potencia óptica y tráfico de datos a cada usuario nuevo de la Empresa Telcofiber. De igual forma, generar las alertas de potencia óptica a cada usuario.
- Eliminar los registros en el equipo OLT de los usuarios inactivos de la Empresa Telcofiber, con el objetivo de entrar a la base de datos de Cacti y también eliminar dichos registros para no ser mostrador por el aplicativo web de potencia óptica, ya que no son necesario para la Empresa.

## 6.3 TRABAJOS FUTUROS

- En la página web principal donde se tienen los datos de usuario, se pueden agregar nuevas funcionalidades, con el fin de adaptarse a las nuevas necesidades de la Empresa a medida que se va expandiendo tanto en la parte técnica como en la parte administrativa, así poder brindar un mejor servicio a sus clientes ante una eventual falla en el servicio.
- A través del protocolo SNMP, traer nuevas métricas de monitoreo que sean útiles para la Empresa, encaminadas a brindar mejoras en el servicio de Internet y un posible servicio de televisión a futuro.
- Realizar una topología completa de la red FTTH de forma automática y gráfica, con ubicación exacta de las cajas FAT ya que está en constante crecimiento en la ciudad de Santander de Quilichao, para así poder realizar mantenimientos preventivos y correctivos de la red.
- Integrar una herramienta para realizar test de velocidad dentro de la red de la Empresa para ser usada por los usuarios.
- Realizar un módulo de aprovisionamiento automático de las ONT, ya que hasta el momento se realiza por consola.



## 7 ANEXOS

En este capítulo se presentan los manuales de usuario de una forma práctica y sencilla para el manejo de la página web principal y el sistema de monitoreo (Cacti-aplicativo web de potencia óptica), con el objetivo de poder brindar asistencia a las personas que interactúen con estas herramientas implementadas en la Empresa Telcofiber.

De igual forma, se brinda una capacitación presencial al personal de Ingenieros para explicar de forma detallada el funcionamiento de la herramienta Cacti ya que es compleja su administración para ser explicada por un manual, a la vez se entrega todas las credenciales de administrador del sistema a la Empresa para su funcionamiento (página web principal, herramienta Cacti, aplicativo web de potencia óptica, base de datos MariaDb de Cacti y máquina virtual CentOS 8)

### ANEXO A

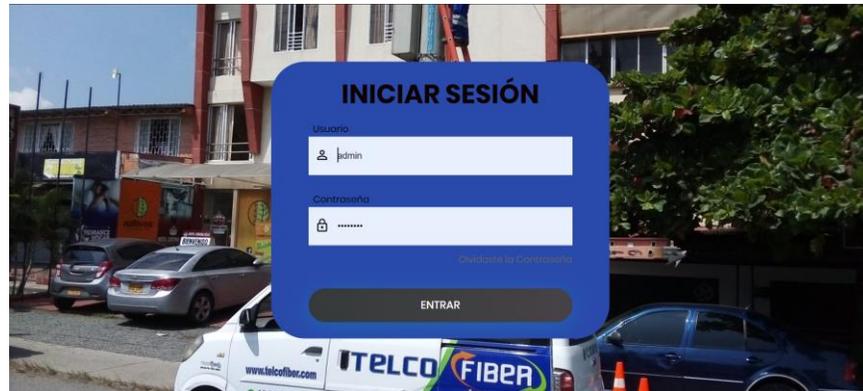
#### MANUAL DE PAGINA WEB

Para acceder a la página web principal se realiza a través de cualquier dispositivo que cuente con acceso a Internet, por medio del dominio [www.telcofiber.com](http://www.telcofiber.com) y haciendo click en la pestaña INTRANET.



#### Inicio de sesión

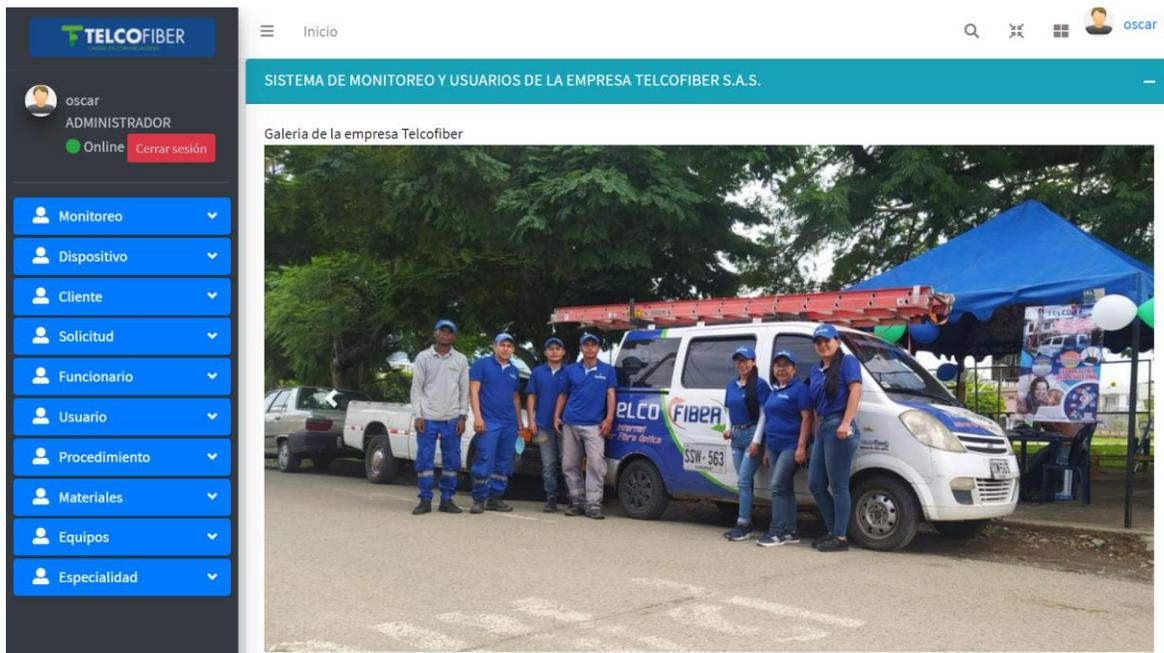
En esta pestaña de ingresarán las credenciales asignadas por el administrador las cuales son: usuario y contraseña asignadas cuando se creó el usuario en el sistema, las credenciales distinguen entre letras mayúsculas y minúsculas.



Una vez digite las credenciales correctas debe presionar el botón ENTRAR, el cual lo dirigirá a la página de inicio.

### Página principal de inicio

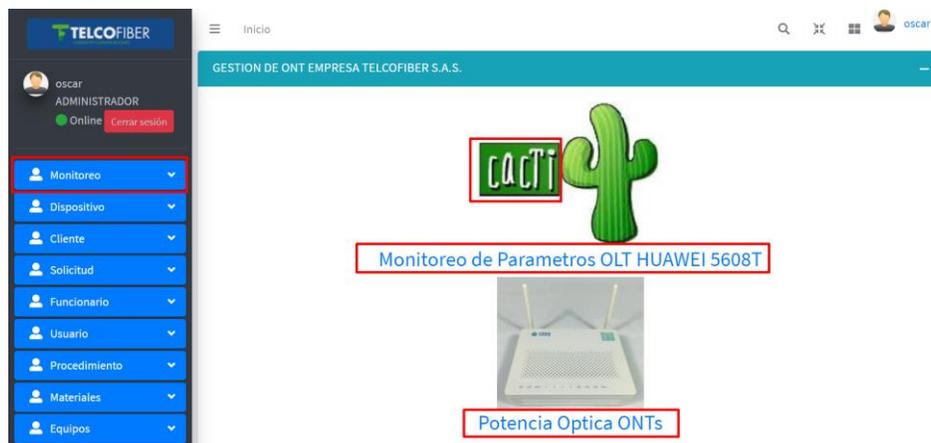
Dentro de esta página se observa al lado izquierdo la barra lateral de menú con todos los botones que tiene la aplicación por las cuales se podrá navegar, al igual que el nombre y el rol de la persona logueada en la página.



En la parte superior derecha donde se observa el nombre del usuario se puede realizar el cambio de contraseña o salir de la aplicación.



En el primer botón del menú lateral izquierdo (Monitoreo), al presionarlo se accederá a un enlace que llevará a la herramienta Cacti (monitoreo de parámetros OLT) y a la página web donde se lista la potencia óptica de cada ONT de los clientes de la Empresa (potencia óptica ONTs). Debe realizarle la aclaración que para acceder únicamente a Cacti deberá estar conectado a la VPN de la Empresa.



En el segundo botón (**Dispositivos**), al presionarlo se entra a ver características como: MAC, serviport, serial y numero de placa de los equipos ONT de cada cliente. Igualmente se podrá realizar un nuevo registro, en el botón  derecho se podrá editar las características.



En el tercer botón (**Cliente**), al presionarlo se entra a ver todas las características de los clientes, al igual que se podrá realizar nuevos registros, búsquedas y editar características de los mismos. Es aquí donde se deben ingresar a la base de datos los nuevos clientes con el fin de mantener actualizado los registros de la Empresa por parte del personal encargado.



CLIENTES EMPRESA TELCOFIBER S.A.S.

oscar ADMINISTRADOR Online Cerrar sesión

Monitoreo  
Dispositivo  
Cliente  
Solicitud  
Funcionario  
Usuario  
Procedimiento

Ingresar dato a buscar  Nuevo Registro

#	Cliente	Cedula	Movil	Nro Placa
1	Kemberly Yohanaa Hernández González	1073535186	3214679689	2111001

Dirección Cra 7 # 9 - 84 Santa Anita III

Plan 10 megas

Correo kemberlyhernandez110@gmail.com

Fecha Contrato(DDMMAA) 150720

Estatus ACTIVO

Acción

En el cuarto botón (Solicitud), al presionarlo se puede registrar, editar, imprimir y listar las solicitudes técnicas que los clientes soliciten a la Empresa.

SOLICITUDES A LA EMPRESA TELCOFIBER S.A.S.

oscar ADMINISTRADOR Online Cerrar sesión

Monitoreo  
Dispositivo  
Cliente  
Solicitud  
Funcionario  
Usuario  
Procedimiento

Ingresar dato a buscar  Nuevo Registro

#	Nro Atencion	Fecha Registro	Cliente	Funcionario	Estatus
1	1	2021-06-02 00:00:00.000000	Kemberly Yohanaa Hernández González	oscar lopez	ATENDIDA

Acción

Registros del (1 al 1) total de 1 registros 1 fila seleccionada

Anterior 1 Siguiente

En el quinto botón (Funcionario), al presionarlo registra, edita y lista los funcionarios que trabajan en la Empresa con sus respectivos datos personales.

FUNCIONARIOS EMPRESA TELCOFIBER S.A.S.

oscar ADMINISTRADOR Online Cerrar sesión

Monitoreo  
Dispositivo  
Cliente  
Solicitud  
Funcionario  
Usuario  
Procedimiento

Ingresar dato a buscar  Nuevo Registro

#	Funcionario	Nro Documento	Movil	Especialidad	Acción
1	oscar lopez			Tecnico	
2	andres lopez			Ingeniero	
3	andres Trujillo			Tecnico	
4	johanna calambas			Administrativo	

En el sexto botón (Usuario), al presionarlo se entra a ver los usuarios que tienen acceso al sistema, se puede registrar, editar, listar, activar e inactivar los mismos.

USUARIOS EMPRESA TELCOFIBER S.A.S.

ADMINISTRADOR Online Cerrar sesión

Monitoreo  
Dispositivo  
Cliente  
Solicitud  
Funcionario  
Usuario  
Procedimiento

Ingresar dato a buscar  Nuevo Registro

#	Usuario	Email	Rol	Sexo	Estatus	Acción
					ACTIVO	



En el séptimo botón (Procedimiento), al presionarlo se entra a ver las actuaciones técnicas que la Empresa realiza para el mantenimiento óptimo del servicio, se puede registrar y editar los mismos.

#	Nombre	Estatus	Acción
1	empalme de fibra	ACTIVO	[Edit]
2	cambio de dispositivo	ACTIVO	[Edit]
3	configuración de dispositivo	ACTIVO	[Edit]

En el octavo botón (Materiales), al presionarlo se entra a ver el listado de materiales utilizados para el funcionamiento de la red que están disponibles, de igual forma se puede realizar el registro de un nuevo material y poderlo editar.

#	Nombre	Stock	Fecha Registro	Estatus	Acción
1	Grapas	15	2021-05-21	ACTIVO	[Edit]
2	Patchcord SC/PC	50	2021-05-22	INACTIVO	[Edit]

En el noveno botón (Equipos), al presionarlo se listará equipos hardware disponibles en la bodega de la Empresa, en este botón se puede registrar y editar el stock.

#	Nombre	Stock	Fecha Registro	Estatus	Acción
1	ont	33	2021-05-22	ACTIVO	[Edit]
2	Repetidor	15	2021-05-22	ACTIVO	[Edit]

En el décimo botón (Especialidad), al presionarlo se logra ver que especialidades están registradas en la página web, de igual forma se puede registra y editar nuevas especialidades que tiene los funcionarios de la Empresa

#	Nombre	Fecha Registro	Estatus	Acción
1	Ingeniero	2021-05-24	ACTIVO	[Edit]
2	Tecnico	2021-05-24	ACTIVO	[Edit]



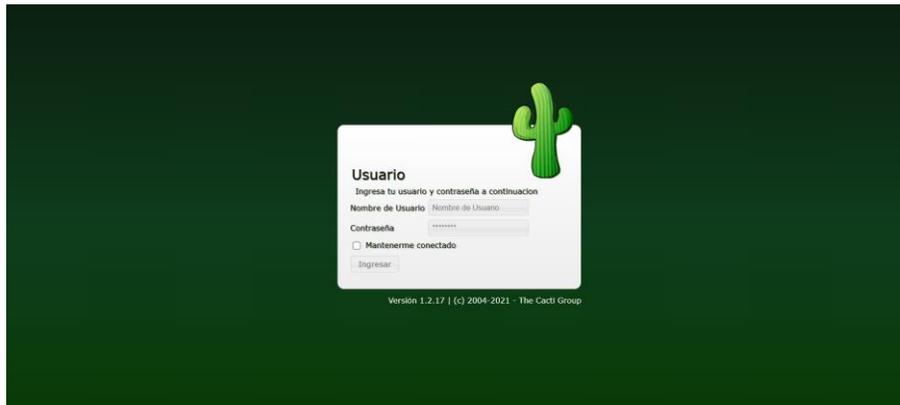
## ANEXO B

### MANUAL DE SISTEMA DE MONITOREO (CACTI-PAGINA POTENCIA OPTICA)

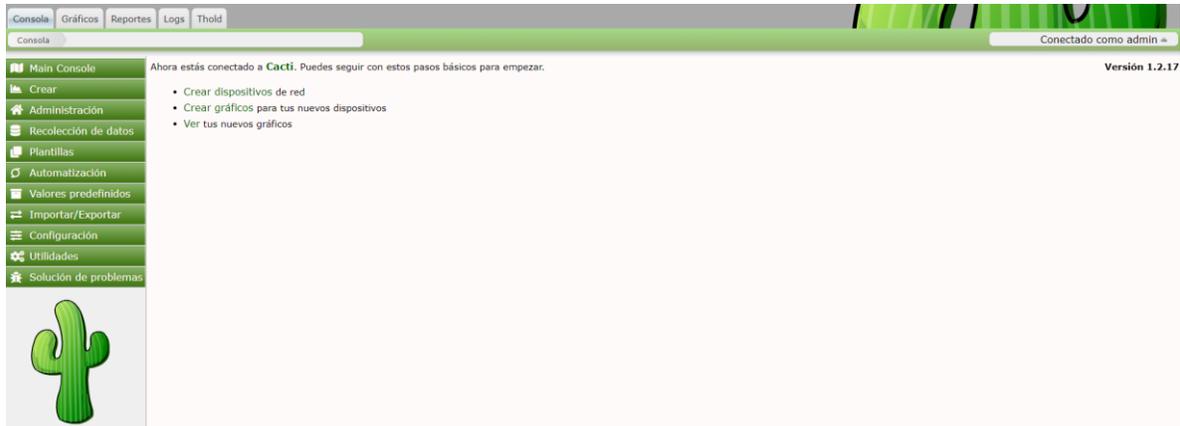
Se debe estar conectado a la VPN de la Empresa y después ingresar a la página web principal y presionar el botón (Monitoreo), para posteriormente dar click en el enlace (Monitoreo de parámetros OLT) que lo llevara a la herramienta Cacti.



**Inicio de sesión:** se deberá ingresar las credenciales que se crearon al momento de la instalación de la herramienta de monitoreo.



**Página principal:** una vez se ingresa se observa una barra horizontal superior y una barra lateral de botones para el manejo de la herramienta.

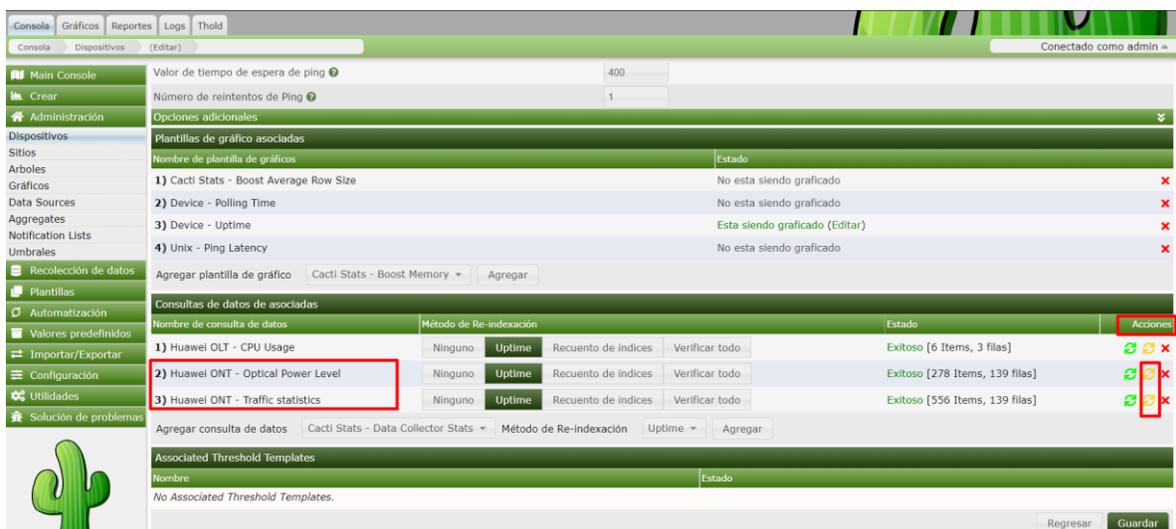


### Actualizar usuarios nuevos:

En el botón (Administración), al presionarlo se despliega un menú en donde se vuelve a presionar el botón (Dispositivos) y se da click en el nombre del dispositivo (OLT-HUAWEI) para acceder a este.



Al ingresar al equipo, se debe bajar al final de la página y realizar la acción de actualizar los parámetros 1 y 2.





### Crear grafico nuevo:

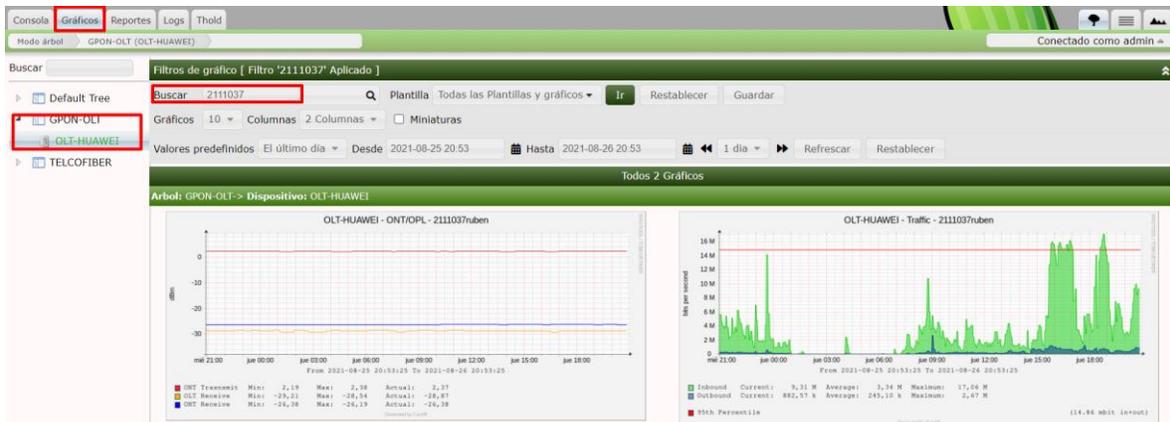
Se debe subir a la parte superior de la página y dar click en crear gráficos para este dispositivo.



Para crear un nuevo gráfico de un usuario, se busca en el listado el número de placa y debe seleccionarlo en el parámetro de potencia óptica y el parámetro de tráfico. Posteriormente dar en la pestaña (95th percentile) y finalmente en el botón (Crear).



Al presionar en el botón (Gráficos), se muestra la su interfaz y se dará click en GPON-OLT (OLT-HUAWEI) para ir a la casilla (buscar) y se ingresará en número de placa del usuario para poder observar las gráficas correspondientes. Cuando se genere un nuevo grafico se debe esperar 5 minutos para que la herramienta comience a recolectar datos y se pueda mostrar.





## Alertas nuevas:

Al presionar el botón (Administración), se dirige a dar click en botón (umbrales) y después pueda dar en el signo (+) para agregar un nuevo usuario en las alertas de potencia óptica.

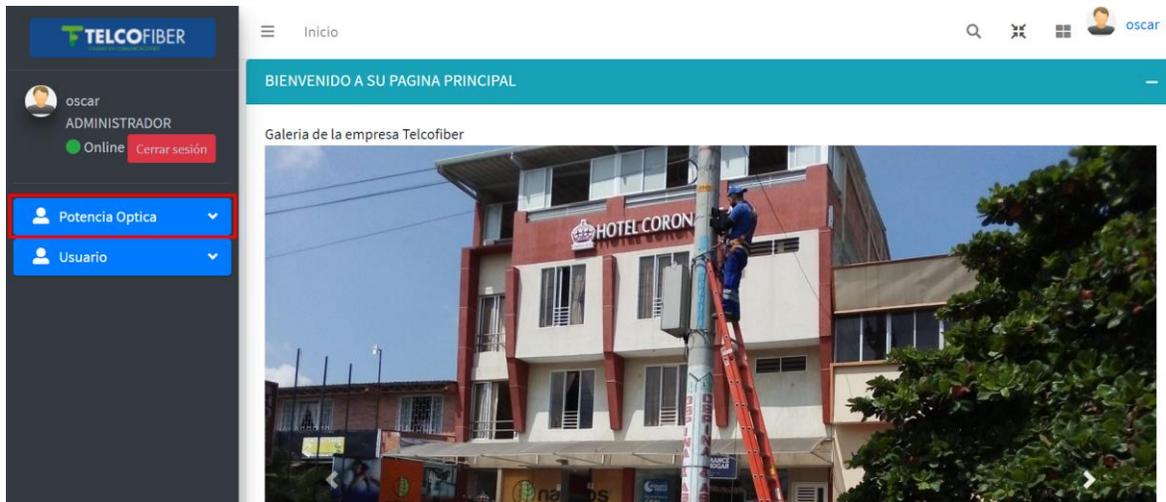
Nombre	ID	Tipo	DSName	Actual	Alto	Bajo	Activador	Duracion	Repetir	Activado	Hace	Templated	Ack Required
OLT-HUAWEI - ONT/OPL - CasaTelcofiber [ontrx]	2	Alto / Bajo	ontrx	-26,38	-15 / -14	-31 / -33	5 Minutos	N/D	Nunca	No	7d:10h:54m	No	No
OLT-HUAWEI - ONT/OPL - 2111005jorge [ontrx]	4	Alto / Bajo	ontrx	-26,99	-15 / -14	-31 / -33	5 Minutos	N/D	Nunca	No	21d:20h:9m	No	No
OLT-HUAWEI - ONT/OPL - 2111001kemberly [ontrx]	1	Alto / Bajo	ontrx	-25,68	-15 / -14	-31 / -33	5 Minutos	N/D	Nunca	No	7d:12h:9m	No	No
OLT-HUAWEI - ONT/OPL - 2111002felipe [ontrx]	3	Alto / Bajo	ontrx	-25,08	-15 / -14	-31 / -33	5 Minutos	N/D	Nunca	No	21d:20h:3m	No	No

En cualquier dispositivo que tenga acceso a Internet se introduce la URL 1xx.xx.xxx.x/Sistema/Login/, la cual llevara a un inicio de sesión en la página de la potencia óptica.

**Inicio de sesión:** Se ingresarán las credenciales asignadas por el administrador las cuales son: usuario y contraseña asignadas cuando se creó el usuario en el sistema, las credenciales distinguen entre letras mayúsculas y minúsculas, y presiona el botón (ENTRAR).



**Página de inicio:** Al ingresar a la página de inicio se observa una interfaz gráfica igual a la página web principal (tiene igual funcionamiento) pero solo con dos botones en la barra lateral izquierda.



En el botón (Potencia Óptica), al presionarlo se lista todos los clientes de la Empresa Telcofiber con el parámetro de potencia óptica en recepción de cada dispositivo ONT, esta página automáticamente actualiza cada 5 minutos los datos.

The screenshot shows the 'POTENCIA OPTICA DE ONT EMPRESA TELCOFIBER S.A.S.' page. The sidebar is the same as in the previous image. The main content area has a teal header and a search bar. Below the search bar is a table with the following data:

#	Placa del Usuario	Potencia Optica Actual (dBm)	Fecha y Hora Actual	Acción
116	2116002pintball	-22.76	2021-08-26 21:20:28	[Icon]
117	2116004alirio	-32.21	2021-08-26 21:20:28	[Icon]
118	2116005arcangel	99.99	2021-08-26 21:20:29	[Icon]
119	2116006bellirlandy	-22.46	2021-08-26 21:20:29	[Icon]

En el botón (Usuario), al presionarlo se entra a ver los usuarios que tienen acceso al sistema, se puede registrar, editar, listar, activar e inactivar los mismos.

The screenshot shows the 'USUARIOS EMPRESA TELCOFIBER S.A.S.' page. The sidebar is the same as in the previous images. The main content area has a teal header and a search bar. Below the search bar is a table with the following data:

#	Usuario	Email	Rol	Sexo	Estatus	Acción
1	oscar	telcofiber123@gmail.com	ADMINISTRADOR	MASCULINO	ACTIVO	[Icon] [Icon] [Icon]
2			ADMINISTRADOR	MASCULINO	ACTIVO	[Icon] [Icon] [Icon]



## 8 REFERENCIAS

- [1] M. Pereira, "Entorno de gestión abierto para un laboratorio de redes de comunicaciones basado en software de monitorización NAGIOS y herramientas SNMP", Trabajo de Grado, Universidad de Cantabria, Cantabria, España, 2015.
- [2] J. P. Herrera, "Diseño de un sistema de gestión de fallas para redes ópticas FTTH a través de un dispositivo móvil Android", Trabajo de Grado, Pontificia universidad católica del Perú, Lima, Perú, 2020.
- [3] "Telcofiber". [En línea]. Disponible en: <http://telcofiber.com/>. [Accedido: nov. 16, 2020].
- [4] R. S. Pressman, *Ingeniería del software: un enfoque práctico*, 7ma ed. México: Editorial Mac Graw Hill, 2013.
- [5] F. J. Moreno, "Planificación y optimización de redes ópticas en el Internet del futuro", Trabajo de Grado, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, Colombia, 2019.
- [6] C. Hernández, V. Gutiérrez, y D. Espinosa, "Impacto y masificación del uso de las redes GPON en Colombia frente a otras tecnologías", Revista UFPS, vol. 2, pp. 86-99, ene. 2011.
- [7] R. J. Millán, "Qué es... GPON (Gigabit Passive Optical Network)", *Revista Bit*, vol. 166, pp. 63-67, ene. 2008.
- [8] M. J. Huidobro, *Redes y servicios de telecomunicaciones*, 4a ed. Madrid, España: Editorial Paraninfo, 2006.
- [9] S. Reynolds, "Evolución de las redes ópticas", Revista prisma tecnológico, vol.2, pp.11-14, ago. 2016.
- [10] A. M. Pérez, "Implantación de la red FTTH como alternativa a la red de cobre", Trabajo de Grado, Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, España, 2012.
- [11] Unión Internacional de Telecomunicaciones, "Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales", T-REC-G.984.1, 2008.
- [12] R. J. Millán, "Qué es... GPON (Gigabit Passive Optical Network)", *Revista Bit*, vol. 166, pp. 63-67, ene. 2008.



[13] "FTTH Handbook". [En línea]. Disponible en: [https://www.ftthcouncil.eu/documents/Publications/FTTH%20Handbook\\_2017\\_V8\\_FINAL.pdf](https://www.ftthcouncil.eu/documents/Publications/FTTH%20Handbook_2017_V8_FINAL.pdf). [Accedido: mar. 5, 2021].

[14] I. F. Andrade, M. A. López, "Estudio de factibilidad técnico - económico para la implementación de una red FTTH/GPON en el contexto colombiano para servicios triple play", Trabajo de Grado, Universidad Del Cauca, Popayán, Colombia, 2018.

[15] C. O. Enríquez, "Optimización del tiempo de respuesta ante fallos para el terminal OLT (SMARTAX MA5600T) y los equipos (ZXR10 T64G, ZXR10 8905E, MIKROTIK CLOUD CORE ROUTER) de la red GPON de la Empresa de telecomunicaciones de Popayán S.A. Emtel E.S.P.", Trabajo de Grado, Universidad Del Cauca, Popayán, Colombia, 2020.

[16] "ABC of PON: Understanding OLT, ONU, ONT and ODN", [En línea]. Disponible en: <https://community.fs.com/blog/abc-of-pon-understanding-olt-onu-ont-and-odn.html>. [Accedido: mar. 08, 2021].

[17] I. A. Vargas, "Sistemas de fibra óptica", Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, Ica, Perú.

[18] "¿Cómo se fabrica un cable de fibra óptica y cuáles son sus tipos?" [En línea]. Disponible en: <https://sigmanetwork.es/familias-cables-fibra-optica>. [Accedido: mar.09, 2021].

[19] J. A. Gómez, *Redes locales*. 1ra ed. España: Editorial Editex, 2011.

[20] H. D. Montoya, "Sistema de monitoreo de fallas centralizado para la tecnología HFC en la Empresa de telecomunicaciones de Popayán S.A. Emtel E.S.P.", Trabajo de Grado, Universidad Del Cauca, Popayán, Colombia, 2018.

[21] A. Cortés Castillo, "Planificación y diseño de redes FTTH basadas en zonificación y servicios", *Revista Prisma Tecnológico*, vol. 7, pp. 20-25, nov. 2016.

[22] "Protocolos y Modelo OSI" [En línea]. Disponible en: [https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-08-04\\_09-52-51141670.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2017-08-04_09-52-51141670.pdf). [Accedido: mar.09, 2021].

[23] C. R. Briceño, "Protocolo SNMP (protocolo sencillo de administración de redes)", *Revista telematique*, vol. 3, pp. 90-102, 2004.

[24] E. V. Bonet, "Servicios de acceso remoto II: SSH", Granada, 1996.



- [25] V. H. Chalacán, "Análisis de la paquetización de voz sobre IP empleando el protocolo de inicio de sesiones SIP con back to back user agent (B2BUA) en una aplicación sobre redes WI-FI", Trabajo de Grado, Escuela Politécnica del Ejercito, Sangolquí, Ecuador, 2011.
- [26] A. S. D. Padilla, "sistema de monitoreo mediante nagios en la Empresa AST grupo de la ciudad de Pereira", Práctica Profesional. Universidad. Católica Pereira, Pereira, Colombia, 2011.
- [27] "FTTH Deployment Options for Telecom Operators" [En línea]. Disponible en: <https://pdfslide.net/documents/wp0002-ftth-deployment-options-for-telecom-operators.html> [Accedido: mar.12, 2021].
- [28] M. Abreu, A. Castagna, P. Cristiani, P. Zunino, E. Roldós, y G. Sandler, "Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH)", *Revista UM*, vol. 7, pp. 38-46, oct. 2009.
- [29] "Red de acceso. (UIT-T Q.831.1 (00), 1.3.1) - Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones" [En línea]. Disponible en: <https://mintic.gov.co/portal/inicio/5730:Red-de-acceso-UIT-T-Q-831-1-00-1-3-1> [Accedido: mar.14, 2021].
- [30] M. Al-Quzwini, "Design and implementation of a Fiber to the Home FTTH access network based on GPON", *Revista International Journal of Computer Applications*, vol. 92, pp. 30-42, mar. 2014.
- [31] M. A. Melo, A. Toledo, G. A. Gomez, y I. F. Velasco, "Estudio de factibilidad técnico - económico para la implementación de una red FTTH/GPON en el contexto colombiano para servicios Triple Play", *Revista Perspectiv@s*, vol. 15, pp. 50-63, abr. 2019.
- [32] J. W. Quispe, "Implementación de un sistema de monitoreo y control de red, para un canal de televisión, basado en herramientas open source y software libre", Trabajo de Grado, Universidad Nacional del Altiplano, Lima, Perú, 2018.
- [33] A. Clemm, *Network Management Fundamentals*, 1ra ed. EEUU: Editorial Cisco Press, 2007.
- [34] S. C. Menéndez, *Gestión de redes telemáticas*, 5ta ed. España: Editorial Elearning, 2016.
- [35] R. A. Crespata, "Análisis del protocolo SNMPv3 para el desarrollo de un prototipo de monitoreo de red segura.", Trabajo de Grado, escuela superior politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2012.



- [36] J. K. C. Delgado, E. R. Dulce, y R. A. J. Toledo, "La importancia del monitoreo en redes de datos", *Revista Boletín Informativo CEI*, vol. 3, pp. 50-51, oct. 2016.
- [37] E. A. Maya y R. A. Mallamas, "Sistema de gestión de red basado en el modelo funcional SNMP de la IETF para monitorear los recursos de la red LAN en el edificio de EMAPA-I de la ciudad de Ibarra", Ibarra, 2017.
- [38] T. Timmermann, "Criterios para la selección adecuada de una solución de monitoreo de red", Paessler AG, Nuremberg, Alemania, paper, 523112/es/20150619, 2013.
- [39] S. D. Cayuqueo, "manuales-nagios.pdf". [En línea]. Disponible en: <https://cayu.com.ar/files/manuales-nagios.pdf> [Accedido: mar.16, 2021].
- [40] J. S. García, C. A. Roa, "Diseño de una herramienta de monitoreo y control de servidores utilizando como eje principal Cacti. aplicado a una pyme mediana.", Trabajo de Grado, Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, Colombia, 2020.
- [41] M. Solís, "Implementación de plataforma de monitoreo zabbix para sistemas de telecomunicaciones Telsur", Trabajo de Grado, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 2014.
- [42] D. O. Alfonso, T. P. Alfonso, D. K. Castro, y J. C. Iznaga, "Propuesta de herramientas para la integración de datos", *Revista Cubana de Ingeniería*, vol. 3, pp. 5-13, ene. 2012.
- [43] "Cisco – Colombia", [En línea]. Disponible en: [https://www.cisco.com/c/es\\_co/index.html](https://www.cisco.com/c/es_co/index.html) [Accedido: abr.11, 2021].
- [44] "MikroTik", [En línea]. Disponible en: <https://mikrotik.com/> [Accedido: abr.12, 2021].
- [45] "huawei-smartax-ma5600t-datasheet.pdf". Accedido: abr. 13, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.router-switch.com/media/upload/product-pdf/huawei-smartax-ma5600t-datasheet.pdf> [Accedido: abr.13, 2021].
- [46] "Fibras Ópticas de Colombia". [En línea]. Disponible en: <https://foc.com.co/> [Accedido: abr.14, 2021].
- [47] "PRTG Network Monitor: descargue e instale ahora". [En línea]. Disponible en: <https://www.paessler.com/prtg/download> [Accedido: may.25, 2021].
- [48] "Ferramentas de monitoramento de rede em maio de 2021 - Network-King". [En línea]. Disponible en: <https://network-king.net/pt-pt/ferramentas-de-monitoramento-de-rede-em-abril-de-2021/> [Accedido: May. 05, 2021].



[49] "Zabbix: The Enterprise-Class Open Source Network Monitoring Solution". [En línea]. Disponible en: <https://www.zabbix.com/> [Accedido: May. 05, 2021].

[50] "Presentamos Nagios XI 5.7. Más inteligente. Más fácil. Más rápido." [En línea]. Disponible en: <https://info.nagios.com/nagios-xi-5-7> [Accedido: May. 05, 2021].

[51] "LoriotPro SNMP monitoring software - SNMP Manager - network management". [En línea]. Disponible en: <https://www.loriotpro.com/> [Accedido: May. 05, 2021].

[52] "Intelligent Application and Service Monitoring + AIOps". [En línea]. Disponible en: <https://www.zenoss.com> [Accedido: May. 05, 2021].

[53] "The OpenNMS Group, Inc". [En línea]. Disponible en: <https://www.opennms.com/> [Accedido: May. 05, 2021].

[54] "Cacti® - The Complete RRDTool-based Graphing Solution". [En línea]. Disponible en: [https://www.Cacti.net/download\\_Cacti.php](https://www.Cacti.net/download_Cacti.php) [Accedido: May. 15, 2021].

[55] "Download a Free Trial of WhatsUp Gold". [En línea]. Disponible en: <https://www.whatsupgold.com/trial> [Accedido: May. 05, 2021].

[56] "Network Management Software - Leading Network Tools | SolarWinds". [En línea]. Disponible en: <https://www.solarwinds.com/network-management-software> [Accedido: May. 05, 2021].

[57] "Software de monitoreo de red | Soluciones de monitoreo de red: ManageEngine OpManager". [En línea]. Disponible en: <https://www.manageengine.com/network-monitoring/> [Accedido: May. 05, 2021].