

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Sistema de gestión y análisis de redes de fibra óptica para la
identificación de clientes y puntos críticos de la red.

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo la obtención del Título de:

Magíster en Telecomunicaciones

Presentado por:

Kevin Daniel Baque Borbor

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2025

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Kevin Daniel Baque Borbor acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 29 de Enero del 2025.

AUTOR

EVALUADORES

Ph.D. María Antonieta Álvarez

EVALUADOR

Mgtr. Eduardo Chancay

EVALUADOR

RESUMEN

El presente trabajo aborda el diseño e implementación de un sistema centralizado para la gestión integral de clientes en redes de fibra óptica, integrando las funcionalidades de plataformas de información geoespacial (SIG) y una base de datos robusta basada en SQL. El creciente requerimiento de servicios de telecomunicaciones de alta calidad ha resaltado la necesidad de disponer de herramientas tecnológicas avanzadas que faciliten el seguimiento eficiente de la infraestructura de red y la administración precisa y ágil de los usuarios conectados. Este reto se intensifica debido a la complejidad de integrar diferentes plataformas y asegurar un seguimiento constante de los elementos. La metodología adoptada se basó en un enfoque sistemático que abarcó desde la conceptualización y modelado de la estructura de datos, hasta la implementación de consultas SQL optimizadas que permitieran extraer y analizar información detallada sobre la conexión de clientes, elementos de la red y puntos de fallo. Además, se integraron herramientas geoespaciales que posibilitaron la representación gráfica de la red de fibra óptica, permitiendo no sólo una visualización intuitiva, sino también una toma de decisiones fundamentada en datos precisos.

Los resultados demostraron que el sistema es capaz de mapear en tiempo real las conexiones entre nodos, divisores ópticos y clientes, mejorando la supervisión y mantenimiento, y optimizando la gestión operativa. Además, facilita la planificación estratégica al identificar áreas críticas y oportunidades de expansión. En resumen, este estudio resalta la importancia de integrar tecnologías avanzadas y bases de datos escalables en el monitoreo de redes de telecomunicaciones, constituyendo un aporte significativo al ámbito de las telecomunicaciones modernas. Como recomendación para futuros desarrollos, se sugiere la implementación de aplicativos webs que permitan a los usuarios finales ingresar, consultar y administrar datos, así como la extensión de la interoperabilidad del sistema con diferentes áreas de una organización para maximizar su utilidad y alcance estratégico.

Palabras Clave: Fibra Óptica, Sistema, Geoprocesamiento, SIG, SQL

ABSTRACT

This paper addresses the design and implementation of a centralized system for the comprehensive management of clients in optical fiber networks, integrating the functionalities of geospatial information systems (GIS) and a robust SQL-based database. The growing demand for high-quality telecommunications services has highlighted the need for advanced technological tools that enable efficient tracking of network infrastructure and precise, agile management of connected users. This challenge is intensified by the complexity of integrating different platforms and ensuring constant monitoring of network elements. The methodology adopted was based on a systematic approach that ranged from conceptualization and data structure modeling to the implementation of optimized SQL queries for extracting and analyzing detailed information about client connections, network elements, and failure points. Additionally, geospatial tools were integrated, enabling the graphical representation of the fiber optic network, allowing not only intuitive visualization but also data-driven decision-making. The results revealed that the system is able to perform real-time mapping of connections between nodes, optical splitters, and clients, improving supervision and maintenance, and optimizing operational management. It also facilitates strategic planning by identifying critical areas and expansion opportunities. In summary, this study underscores the importance of integrating advanced technologies and scalable databases in telecommunications network monitoring, constituting a significant contribution to the field of modern telecommunications. As a recommendation for future developments, the implementation of web applications is suggested to allow end-users to enter, query, and manage data, as well as to extend the system's interoperability with different areas of an organization to maximize its utility and strategic reach.

Keywords: *Fiber Optics, System, Geoprocessing, GIS, SQL*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	3
RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
CAPÍTULO 1	8
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	11
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.4 MARCO TEÓRICO	11
1.4.1 REDES DE FIBRA ÓPTICA.....	11
1.4.2 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA SIG	12
1.4.3 BASES DE DATOS RELACIONALES.....	13
1.4.4 INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES	14
1.4.5 TECNOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES	15
1.5 ALCANCE Y CONSIDERACIONES.....	18
1.5.1 ALCANCES DEL PROYECTO.....	18
1.5.2 CONSIDERACIONES DEL PROYECTO	19
CAPÍTULO 2	20

2.	METODOLOGÍA	20
2.1	MODELADO DE LAS ENTIDADES PRINCIPALES	20
2.1.1	ENTIDADES ESPACIALES	20
2.1.2	ENTIDADES NO ESPACIALES	24
2.2	RELACIONES ENTRE ENTIDADES Y JERARQUÍA LÓGICA DE CONEXIÓN.	25
2.2.1	ERD (Diagrama de Entidad-Relación)	25
2.2.2	AUTOMATIZACIONES Y FUNCIONES	26
	CAPÍTULO 3	29
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	29
3.1	TRAZABILIDAD DE UN HILO DE FIBRA	31
3.2	TRAZABILIDAD DE UN CLIENTE	33
3.3	IMPORTANCIA EN LA GESTIÓN DE LA RED Y MONITOREO DE CLIENTES.....	36
3.4	FRONTEND PARA EL INGRESO DE ELEMENTOS NO ESPACIALES	36
3.5	GEOPROCESAMIENTO DE PUNTOS CRITICOS.....	37
	CAPÍTULO 4	40
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
4.1	CONCLUSIONES.....	40
4.2	RECOMENDACIONES.....	40
	BIBLIOGRAFÍA	41
	APÉNDICES.....	43

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SIG	Sistema de Información Geográfica
SQL	Structured Query Language
QGIS	Quantum GIS
KMZ	Keyhole Markup Zipped
GPON	Gigabit Passive Optical Network
SIC	Sistemas de Información Centralizado
OLT	Optical Line Terminal
ODF	Optical Distribution Frame
UM	Última Milla
ERD	Entity Relationship Diagram
TIA	Telecommunications Industry Association

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Redes de fibra óptica	12
Figura 1.2 Sistemas de información geográfica	13
Figura 1.3 Base de datos relacional	14
Figura 1.4 Infraestructura de Telecomunicaciones	15
Figura 1.7 Sistema de información centralizado SIC	16
Figura 1.8 QGIS	16
Figura 1.9 PostgreSQL	17
Figura 1.10 Python	17
Figura 1.11 Python	18
Figura 2.1 Elemento espacial NODO en QGIS.	21
Figura 2.2 Elemento espacial Fibra Troncal en QGIS.	21
Figura 2.3 Elemento espacial Elemento Contenedor en QGIS.	22
Figura 2.4 Elemento espacial Fibra de derivación en QGIS.	22
Figura 2.5 Elemento espacial UM en QGIS.	23
Figura 2.6 Elemento espacial Clientes en QGIS.	23
Figura 2.7 Script SQL para la creación del OLT y sus puertos	24
Figura 2.8 Script SQL para la creación de ODFs	24
Figura 2.9 Diagrama ERD de la base de datos de la red de fibra óptica	25
Figura 2.10 Automatización en la creación de hilos de fibra basados en el estándar ANSI/TIA/EIA 598-A.	27
Figura 2.11 Tablas creadas en la base de datos.	28
Figura 3.1 Elementos espaciales en la red de fibra óptica en QGIS.	29
Figura 3.2 Tablas creadas en Postgres y sincronizadas en QGIS.	30
Figura 3.3 Hilos generados automáticamente por el elemento espacial de Fibra Troncal.	31
Figura 3.4 Script SQL para conocer las conexiones de un hilo de fibra.	31
Figura 3.5 Clientes y elementos conectados a un hilo de fibra óptica.	32
Figura 3.6 Clientes y elementos conectados a un hilo de fibra óptica	33
Figura 3.7 Red de fibra conectada a un cliente específico en QGIS.	34

Figura 3.8 Script SQL para conocer la conexión hacia el nodo desde el punto del cliente.....	34
Figura 3.9 Conexión de un cliente específico hacia el nodo.	35
Figura 3.10 Conexión de un cliente específico hacia el nodo.	35
Figura 3.11 Interfaz para el ingreso de un ODF	37
Figura 3.12 Consola de Python en QGIS.....	38
Figura 3.13 Resultado del algoritmo en la consola de Python.	39

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

A medida que las redes de telecomunicaciones se expanden y los servicios hacia los clientes se diversifican y mejoran, es fundamental disponer de herramientas que permitan un control preciso de la información, garantizando una administración eficaz de los recursos. En el campo de la gestión y análisis de redes de fibra óptica, el uso de plataformas de información geoespacial ha demostrado ser una herramienta indispensable para la visualización y análisis espacial de la infraestructura de telecomunicaciones [1]. QGIS es una de las principales plataformas de SIG que posibilita la integración de datos tanto espaciales como no espaciales, lo que facilita la localización de clientes y la detección de puntos críticos en una red. Por otro lado, la efectividad de este software en la gestión de redes de telecomunicaciones, eléctricas, entre otras, permite a las organizaciones optimizar el seguimiento y conservación de la red de manera eficiente y estratégica [2].

La integración de sistemas de almacenamiento relacionales y robustos permite el control eficiente de grandes volúmenes de datos. PostgreSQL, gracias a su capacidad para gestionar tanto datos estructurados como no estructurados, se integra de manera óptima con las herramientas analíticas de QGIS, proporcionando una solución completa para la administración de redes de fibra óptica.

Este enfoque puede derivar en la creación de servicios web que faciliten la visualización de la infraestructura de telecomunicaciones en tiempo real, permitiendo a los operadores consultar mapas de cobertura, localizar puntos críticos y gestionar la red de manera más efectiva. La centralización de la información no solo optimiza la toma de decisiones, sino que además proporciona la oportunidad de generar productos y servicios complementarios, como análisis espaciales avanzados, visualización de datos históricos y simulaciones de eventos en la red, todo accesible de forma remota y eficiente [3].

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La infraestructura de la red de telecomunicaciones, especialmente las de fibra óptica, están en constante expansión, lo que incrementa significativamente la necesidad de integrar y analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real. Las redes actuales requieren soluciones que no solo proporcionen visibilidad sobre su estado y desempeño, sino que también permitan el monitoreo continuo y la toma de decisiones basadas en información precisa y actualizada. Sin una gestión adecuada, el crecimiento desorganizado de las redes y la identificación ineficiente de puntos críticos pueden comprometer la calidad del servicio y generar insatisfacción en los usuarios.

Un problema clave radica en la dificultad para obtener una visión integral y en tiempo real del estado de la red a nivel geográfico. La gestión de información dispersa en formatos como KMZ, Excel y otros, impide una integración eficaz, lo que complica la toma de decisiones rápidas y eficientes, especialmente ante incidencias. Esta falta de cohesión en los datos dificulta la identificación de problemas y retrasa la respuesta oportuna, lo que podría resultar en tiempos de inactividad prolongados.

Además, la trazabilidad geográfica de los enlaces y la identificación precisa de los clientes afectados por fallos en la red son procesos complicados y lentos. La falta de herramientas adecuadas para integrar, visualizar y analizar estos datos de manera accesible retrasa la localización de fallos y la planificación de mantenimientos preventivos, afectando la eficiencia de las operaciones de la red. El monitoreo continuo y la capacidad para gestionar grandes volúmenes de datos en tiempo real son fundamentales para mantener una red operativa, y de no resolverse, limitan seriamente la capacidad de respuesta ante incidentes y deterioran la calidad del servicio brindado. Sin una infraestructura digital adecuada, los operadores tienen dificultades para gestionar eficientemente la red y responder rápidamente a los problemas.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La implementación de sistemas de plataformas de información geoespacial como QGIS, integrado con bases de datos relacionales como PostgreSQL, es clave para resolver las deficiencias actuales en la gestión de la red. QGIS simplifica la incorporación de datos espaciales y no espaciales, proporcionando una plataforma visual que permite identificar puntos críticos y monitorear la red de manera continua. La centralización de esta información posibilita la creación de servicios web interactivos, brindando acceso a mapas de cobertura, análisis de fallos y seguimiento de mantenimiento, lo que mejora las operaciones y la experiencia del usuario.

La gestión eficaz de grandes cantidades de datos y la integración de diversas fuentes dispersas impacta directamente en la calidad del servicio, reduciendo tiempos de inactividad y mejorando la respuesta ante incidencias. Sin una infraestructura adecuada para gestionar y visualizar esta información de manera coherente, los operadores enfrentan grandes desafíos operativos y competitivos. Por tanto, investigar soluciones que optimicen la integración y visualización de datos en tiempo real incrementa la eficacia operativa y la satisfacción del usuario.

La propuesta consiste en desarrollar un sistema centralizado que gestione y visualice de forma conjunta la red de fibra óptica y los datos operacionales asociados. Este enfoque busca facilitar la representación geoespacial de la red, identificando elementos claves como puntos de acceso, nodos, clientes conectados y áreas críticas, todo vinculado a una base de datos robusta que soporte grandes volúmenes de información.

La integración permite visualizar geoespacialmente la red, identificar puntos críticos, planificar el mantenimiento y mejorar la toma de decisiones. Este enfoque optimiza las operaciones, mejora la planificación estratégica y beneficia a operadores y usuarios finales en la gestión moderna de redes de telecomunicaciones.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una plataforma de información centralizada que integre bases de datos y sistemas de información geoespacial para la gestión, visualización, monitoreo y análisis de la infraestructura de redes de fibra óptica, con el objetivo de optimizar los procesos.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Implementar una plataforma que relacione cada segmento de la red con los clientes conectados, facilitando la identificación ágil y precisa de los usuarios afectados por interrupciones o fallos.
2. Desarrollar un sistema centralizado que registre, almacene y gestione de manera eficiente cada componente de la red, permitiendo consultas y actualizaciones de información en tiempo real.
3. Diseñar soluciones avanzadas para realizar consultas específicas y detalladas sobre el estado de la red GPON, optimizando el acceso y la rapidez en la identificación de incidencias y el análisis de datos.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 REDES DE FIBRA ÓPTICA

Las redes de fibra óptica constituyen sistemas de transmisión de datos que utilizan pulsos de luz para transportar información mediante fibras de vidrio o plástico, estas se fundamentan en el principio de la reflexión total interna, lo que posibilita que la luz se propague a través del núcleo de la fibra con pérdidas mínimas de señal. Estas redes han revolucionado las telecomunicaciones al permitir la transmisión de grandes volúmenes de

información se sincronizan a una base de datos central, esta base acumula la información de las diferentes terminales de edición de datos.



Figura 1.3 Base de datos relacional

1.4.4 INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES

La infraestructura de redes de telecomunicaciones es el conjunto de elementos físicos y lógicos que permiten la transmisión de datos, voz y video a través de diferentes medios, garantizando la conectividad y el flujo eficiente de la información. Esta infraestructura está compuesta por una serie de componentes interconectados que trabajan de manera coordinada para garantizar la disponibilidad, calidad y seguridad del servicio.

Desde una perspectiva estructural, la infraestructura de redes se compone principalmente de tres elementos fundamentales: nodos, cableado y dispositivos activos y pasivos, los cuales cumplen roles esenciales en la implementación y funcionamiento de la red [8]. Estas capas dentro de la arquitectura de red se pueden observar en la Figura 1.4.



Figura 1.4 Infraestructura de Telecomunicaciones

1.4.5 TECNOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES

Frontend

El Frontend es la capa visible del sistema con la que los usuarios se relacionan. En el ámbito de la administración de redes de telecomunicaciones, su función principal es proporcionar una interfaz gráfica intuitiva y eficiente que permita la visualización y gestión de los diferentes componentes de la red, como nodos, dispositivos pasivos y activos, rutas de fibra óptica y alertas de mantenimiento. Las características clave del frontend incluyen: visualización geoespacial, capacidad de realizar búsquedas, accesibilidad, usabilidad [9].

Backend

El backend, por otro lado, es la parte del sistema encargada de procesar y manejar la información que proviene de la infraestructura de la red. Su objetivo es garantizar la correcta operación del sistema, facilitando la integración con sistemas de almacenamiento de datos robustos y el procesamiento eficiente de la información recopilada. Las funciones principales del backend incluyen: Gestión de datos, procesamiento de lógica de negocio, conectividad con sistemas externos, seguridad [10].

Sistemas de Información Centralizado SIC

Un Sistema de Información Centralizado (SIC) es una arquitectura tecnológica en la que todos los datos, aplicaciones y procesos de una organización, se gestionan desde un único punto central. El esquema de un SIC se aprecia en la Figura 1.7, donde diferentes dispositivos y aplicaciones consumen servicios obtenidos desde la información de un punto central. En el contexto de las telecomunicaciones, estos sistemas permiten la gestión eficiente de la infraestructura de redes de fibra óptica, consolidando la información en una plataforma accesible para diversos usuarios, como técnicos, analistas y administradores de red [11].

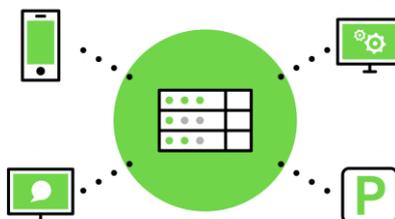


Figura 1.7 Sistema de información centralizado SIC

QGIS

QGIS es una herramienta de código abierto que posibilita la representación, el análisis y la administración de datos espaciales. QGIS (Figura 1.8), facilita la integración de bases de datos geográficas con mapas interactivos, permitiendo representar gráficamente elementos de la red de fibra óptica, como nodos, enlaces y clientes. Características clave: Soporte para múltiples formatos de datos, capacidades avanzadas de análisis espacial, interfaz gráfica intuitiva, integración con bases de datos como PostgreSQL/PostGIS [12].



Figura 1.8 QGIS

PostgreSQL

PostgreSQL (Figura 1.9), es una plataforma de gestión de bases de datos relacionales de código libre que proporciona un alto rendimiento y escalabilidad. Su extensión PostGIS añade capacidades espaciales, permitiendo el almacenamiento y análisis de datos georreferenciados, esenciales para la gestión de infraestructuras de telecomunicaciones. PostgreSQL con PostGIS se utiliza para almacenar la topología de la red de fibra, permitiendo realizar consultas sobre cobertura, trazabilidad de conexiones y afectaciones ante fallos [13].



Figura 1.9 PostgreSQL

Python

Python es un lenguaje de programación de alto nivel, ampliamente utilizado en aplicaciones de análisis de datos, automatización de procesos y desarrollo web. Su versatilidad y extensas bibliotecas lo hacen ideal para interactuar con bases de datos, sistemas GIS y análisis automatizado de redes. Python (Figura 1.10), permite el desarrollo de scripts para automatizar reportes, análisis de rendimiento y el desarrollo de algoritmos de optimización para la gestión de recursos de la infraestructura [14].



Figura 1.10 Python

JavaScript

JavaScript es un lenguaje de programación diseñado para aplicaciones web que permite la creación de interfaces de usuario dinámicas e interactivas. Es fundamental en la creación de aplicativos que representan la red de fibra óptica, proporcionando herramientas accesibles desde navegadores web. JavaScript (Figura 1.11), se utiliza para desarrollar interfaces gráficas interactivas donde los usuarios pueden visualizar el estado de la red, consultar información específica y generar reportes de manera sencilla [15].



Figura 1.11 Python

1.5 ALCANCE Y CONSIDERACIONES

1.5.1 ALCANCES DEL PROYECTO

Gestión de Datos: Diseño de un repositorio estructurado para conservar datos técnica y geográficos sobre la infraestructura de la red, asegurando una administración óptima y fluida de extensas cantidades de información.

Visualización Geoespacial: Herramientas para representar gráficamente la infraestructura de la red, facilitando la identificación de problemas potenciales, como cortes de fibra.

Identificación de Clientes y Puntos Críticos: Capacidad para identificar clientes conectados y áreas críticas de la red, optimizando la gestión y planificación de mantenimientos.

1.5.2 CONSIDERACIONES DEL PROYECTO

Interoperabilidad: Asegurar que el sistema sea compatible con otras plataformas existentes, facilitando la integración de datos.

Escalabilidad: Diseñar la solución para que pueda expandirse y adaptarse a futuras necesidades de la red.

Seguridad de la Información: Desplegar estrategias de resguardo para preservar la autenticidad y privacidad de la información.

Mantenimiento y Soporte Técnico: Diseñar una estrategia integral para la conservación operativa y la asistencia técnica de la plataforma.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

El diseño de la base de datos incluye tablas que reflejan tanto las entidades físicas de la red como su estructura lógica. Este modelo permite simular conexiones y realizar consultas espaciales. La estructura general de la base de datos incluye entidades espaciales y no espaciales, estas entidades poseen tablas donde se guarda la información de las mismas dentro de sus respectivos campos. Para visualizar las entidades espaciales se emplea el software SIG de QGIS.

2.1 MODELADO DE LAS ENTIDADES PRINCIPALES

2.1.1 ENTIDADES ESPACIALES

Nodo

Los nodos en una red de fibra óptica son cruciales para enrutar, amplificar o gestionar la información que viaja a través de los cables de fibra. Estos puntos de conexión suelen ser espacios físicos, como salas técnicas o gabinetes, donde se alojan diversos dispositivos esenciales para la transmisión y recepción de señales, tales como OLTs, ODFs, splitters y cassettes.

Además de servir como puntos de distribución, los nodos pueden incluir equipos de respaldo y sistemas de monitoreo para garantizar la estabilidad y eficiencia de la red. En el sistema desarrollado, este elemento será representado por una entidad espacial de tipo punto tal como se observa en la Figura 2.1, esto permite su integración con otras capas de información geográfica y su visualización dentro del entorno GIS.



Figura 2.1 Elemento espacial NODO en QGIS.

Fibra Troncal o Feeder

Un feeder o fibra troncal es un cable de fibra óptica que transporta señales de alta capacidad a largas distancias dentro de una red de telecomunicaciones. Esta entidad espacial es de tipo línea y se ingresa mediante QGIS, su representación gráfica se observa en la Figura 2.2.

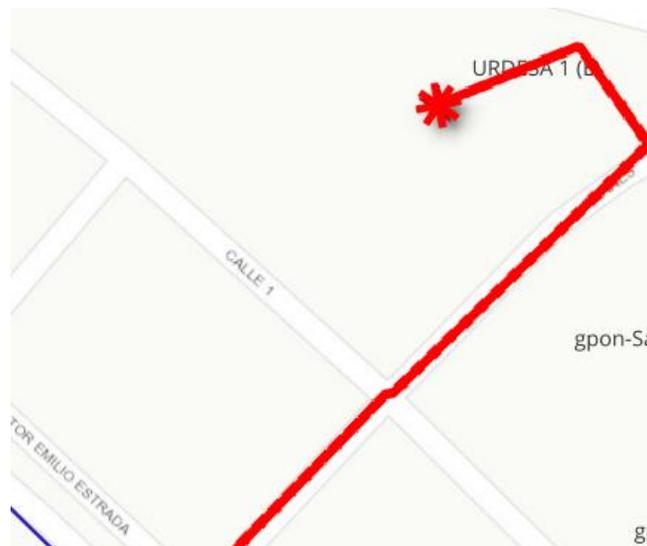


Figura 2.2 Elemento espacial Fibra Troncal en QGIS.

Elemento Conector

En el desarrollo de la base de datos, se denomina como elemento contenedor a los puntos de distribución de la red de fibra óptica. Este elemento puede ser de tipo Pedestal, Caja Aérea, Caja Ducto y Manga. En la Figura 2.3 se observa la representación gráfica de un Elemento de

tipo Pedestal, esta entidad es espacial y está relacionada con tablas que representan Splitters de primer nivel, Splitters de segundo nivel y cassettes, según la necesidad.



Figura 2.3 Elemento espacial Elemento Contenedor en QGIS.

Fibra de derivación

La fibra de derivación o fibra de distribución es el cable de fibra óptica que conecta la red troncal o fibra troncal con los puntos de distribución en donde se divide la señal óptica. Este elemento es de tipo espacial y su representación gráfica se observa en la Figura 2.4.

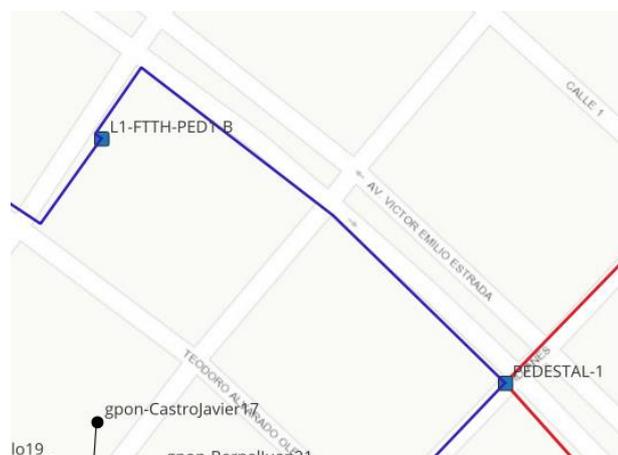


Figura 2.4 Elemento espacial Fibra de derivación en QGIS.

UM (Última Milla)

La última milla o fibra de acceso es el tramo final de una red de telecomunicaciones que conecta el punto de distribución con el cliente final. Este elemento espacial es de tipo línea y está representada de color negro en la Figura 2.5.

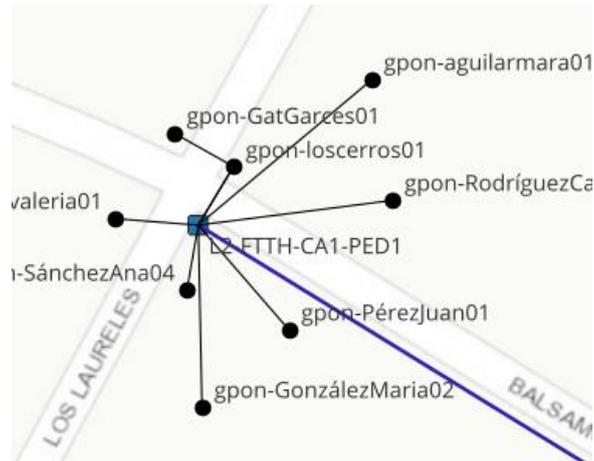


Figura 2.5 Elemento espacial UM en QGIS.

Clientes

Un cliente es el receptor de los servicios ofrecidos por un proveedor. Esta entidad espacial es de tipo punto y almacena información de los usuarios finales de la red, su representación gráfica se observa en la Figura 2.6 donde se observa como punto de color negro con etiquetas que identifican a cada usuario de la red.

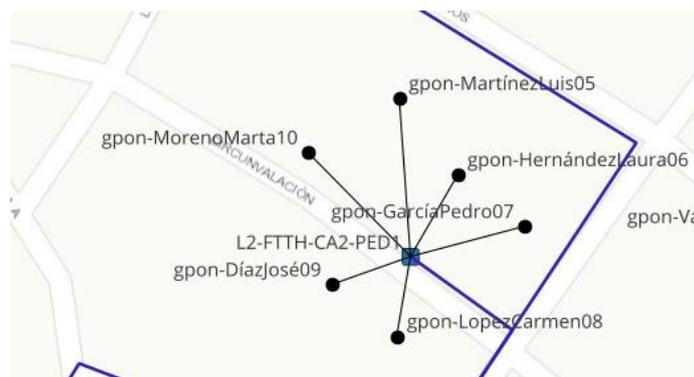


Figura 2.6 Elemento espacial Clientes en QGIS.

2.1.2 ENTIDADES NO ESPACIALES

OLT (Optical Line Terminal)

Es un componente ubicado en el límite de la infraestructura de fibra óptica del proveedor, actuando como el punto de enlace final dentro de la red de servicio. Este elemento es de tipo no espacial y es una tabla relacionada o contenida dentro del elemento Nodo. El script SQL empleado para ingresar este elemento y crear sus puertos, se observa en la Figura 2.7.

```
-- Tabla de OLT
CREATE TABLE IF NOT EXISTS olt (
  id_olt SERIAL PRIMARY KEY,
  id_nodo INT NOT NULL,
  FOREIGN KEY (id_nodo) REFERENCES nodos (id_nodo) ON DELETE CASCADE,
  nombre_olt VARCHAR(100) NOT NULL,
  modelo VARCHAR(50) NOT NULL,
  fabricante VARCHAR(50),
  descripcion TEXT
);

-- Tabla de puertos PON
CREATE TABLE IF NOT EXISTS puertos_pon (
  id_puerto_pon SERIAL PRIMARY KEY,
  id_olt INT NOT NULL,
  FOREIGN KEY (id_olt) REFERENCES olt (id_olt) ON DELETE CASCADE,
  puerto VARCHAR(50) NOT NULL, -- Ejemplo: P1, G0/1
  estado VARCHAR(20) DEFAULT 'disponible' -- Estado del puerto
);
```

Figura 2.7 Script SQL para la creación del OLT y sus puertos

ODF (Optical Distribution Frame)

Es un panel o estructura utilizada en redes de fibra óptica para organizar y gestionar las conexiones de cables ópticos. Modela los puntos intermedios de distribución. El elemento ODF y sus puertos dentro de la base de datos, son entidades no espaciales. El script SQL para la creación de la tabla ODF y sus puertos se observa en la Figura 2.8.

```
-- Crear la tabla 'odf'
CREATE TABLE odf (
  id_odf SERIAL PRIMARY KEY,
  nombre_odf VARCHAR(255) NOT NULL,
  capacidad_odf INTEGER NOT NULL CHECK (capacidad_odf > 0),
  modelo_odf VARCHAR(255),
  descripcion_odf VARCHAR(100),
  id_nodo INTEGER NOT NULL, -- FK al nodo donde está instalado el ODF
  FOREIGN KEY (id_nodo) REFERENCES nodos(id_nodo) ON DELETE CASCADE
);

-- Crear la tabla 'puertos_odf'
CREATE TABLE puertos_odf (
  id_puerto_odf SERIAL PRIMARY KEY,
  id_odf INTEGER NOT NULL, -- FK al ODF al que pertenece el puerto
  puerto_odf_entrada VARCHAR(50), -- Texto que representa el puerto IN (e.g., 'IN 1')
  puerto_odf_salida VARCHAR(50), -- Texto que representa el puerto OUT (e.g., 'OUT 1')
  FOREIGN KEY (id_odf) REFERENCES odf(id_odf) ON DELETE CASCADE
);
```

Figura 2.8 Script SQL para la creación de ODFs

Cassette y Puertos de Cassette: Representan elementos de conexión dentro de la red. Los cassettes tienen capacidad y nombre, y están relacionados con puertos de entrada y salida.

Hilos y Fibra Troncal: Describen la estructura de los cables de fibra óptica. Los hilos están asociados a fibras troncales que definen la conexión entre elementos de la red.

Enlaces: Representan las conexiones entre elementos de inicio y fin, incluyendo detalles como los puertos y el tipo de elemento conectado.

ODF y Puertos ODF: Modelan los distribuidores ópticos y sus puertos de entrada/salida, esenciales para gestionar la conectividad dentro de la red.

OLT y Puertos PON: Describen los terminales ópticos (OLT) y sus puertos PON, utilizados para la distribución de servicios a los clientes.

Conexiones Splitter: Detallan las divisiones de señales ópticas realizadas mediante splitters, conectando puertos de entrada y salida.

Enlace OLT-ODF: Relaciona puertos PON y ODF.

Enlace Splitter-Cliente: Conecta los puertos del splitter al cliente final.

Enlace ODF-Hilos: Relaciona hilos troncales con los puertos del ODF.

Enlace Hilo-Cassette: Define conexiones entre hilos y puertos de entrada de cassettes.

2.2.2 AUTOMATIZACIONES Y FUNCIONES

En el desarrollo de este sistema, se ha implementado un enfoque de automatización mediante el uso de funciones y triggers en la base de datos, lo cual facilita y agiliza varios procesos dentro de la gestión de la red de fibra óptica. Uno de los ejemplos más representativos de esta automatización es el script que se aprecia en Figura 2.10, este script crea automáticamente los hilos asociados a una fibra troncal cuando se inserta una nueva entrada en la tabla fibra_troncal. A través de la función crear_hilos() y su correspondiente trigger, se calculan de forma automática los buffers e hilos, asignando los colores adecuados sin

intervención manual. Este tipo de automatización no solo mejora la eficiencia y precisión de la base de datos, sino que también reduce el riesgo de errores humanos, asegurando que las inserciones de datos se realicen de acuerdo a un esquema predefinido y consistente. Además, el uso de funciones y triggers permite la actualización dinámica y controlada de los registros, mejorando la escalabilidad y mantenimiento del sistema en su conjunto. De la misma manera se automatiza la creación de puertos cuando se ingresa un OLT, ODF, CASSETTES Y SPLITTERS.

```
Query Query History
1  -- Tabla para almacenar los hilos asociados a una fibra troncal
2  CREATE TABLE hilos (
3      id SERIAL PRIMARY KEY, -- ID único del hilo
4      fibra_troncal_id INT NOT NULL, -- ID de la fibra troncal a la que pertenece
5      buffer INT NOT NULL, -- Número del buffer (1, 2, 3, ...)
6      numero_hilo INT NOT NULL, -- Número del hilo dentro del buffer
7      color_hilo VARCHAR(20) NOT NULL, -- Color del hilo según el estándar TIA
8      color_buffer VARCHAR(20) NOT NULL, -- Color del buffer
9      FOREIGN KEY (fibra_troncal_id) REFERENCES fibra_troncal (fibra_troncal_id) ON DELETE CASCADE
10 );
11
12 CREATE OR REPLACE FUNCTION crear_hilos()
13 RETURNS TRIGGER AS $$
14 DECLARE
15     total_buffers INT; -- Cantidad de buffers (tipo_fibra / 12)
16     i INT; -- Iterador para buffers
17     j INT; -- Iterador para hilos dentro de un buffer
18     color_bufferes TEXT[] := ARRAY[
19         'Azul', 'Naranja', 'Verde', 'Marrón', 'Gris', 'Blanco',
20         'Rojo', 'Negro', 'Amarillo', 'Violeta', 'Rosa', 'Aguamarina'
21     ];
22     color_hilos TEXT[] := ARRAY[
23         'Azul', 'Naranja', 'Verde', 'Marrón', 'Gris', 'Blanco',
24         'Rojo', 'Negro', 'Amarillo', 'Violeta', 'Rosa', 'Aguamarina'
25     ];
26 BEGIN
27     -- Calcular el número de buffers
28     total_buffers := NEW.tipo_fibra / 12;
29
30     -- Crear hilos para cada buffer
31     FOR i IN 1..total_buffers LOOP
32         FOR j IN 1..12 LOOP
33             INSERT INTO hilos (fibra_troncal_id, buffer, numero_hilo, color_hilo, color_buffer)
34             VALUES (
35                 NEW.fibra_troncal_id, -- ID de la fibra troncal
36                 i, -- Número del buffer
```

Figura 2.10 Automatización en la creación de hilos de fibra basados en el estándar ANSI/TIA/EIA 598-A.

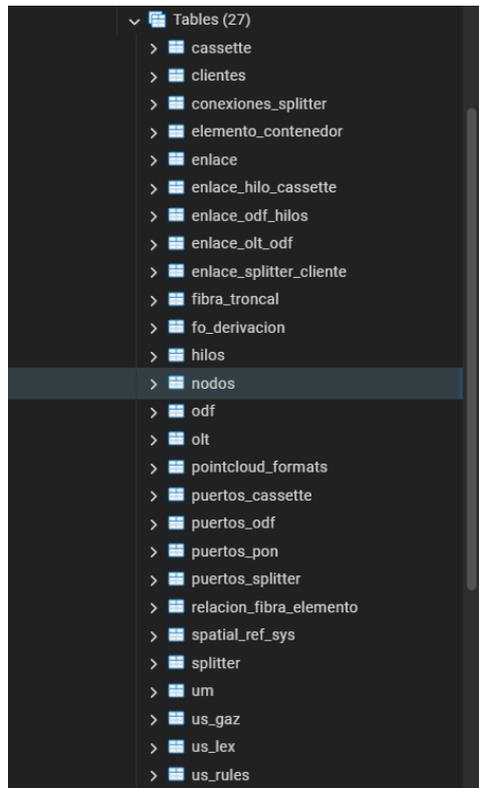


Figura 2.11 Tablas creadas en la base de datos.

La Figura 2.11 muestra las tablas de la base de datos PostgreSQL creadas para gestionar la red de fibra óptica en este proyecto. Cada una de estas tablas está diseñada para almacenar y organizar diferentes tipos de datos relacionados con los elementos físicos y operativos de la infraestructura. Entre ellas se encuentran tablas como Hilos, Fibra_Troncal, Cassette, Puertos_Cassette, y Enlace_Hilo_Cassette, entre otras. Estas tablas permiten gestionar la información básica de la fibra troncal, los hilos de fibra, la conexión entre hilos, puertos y clientes.

PostgreSQL, aprovechando su capacidad de trabajar con datos geospaciales para representar con precisión la red. Las tablas de entidades espaciales creadas en PostgreSQL se sincronizan como capas en el entorno de QGIS, estas se pueden observar en la Figura 3.2.

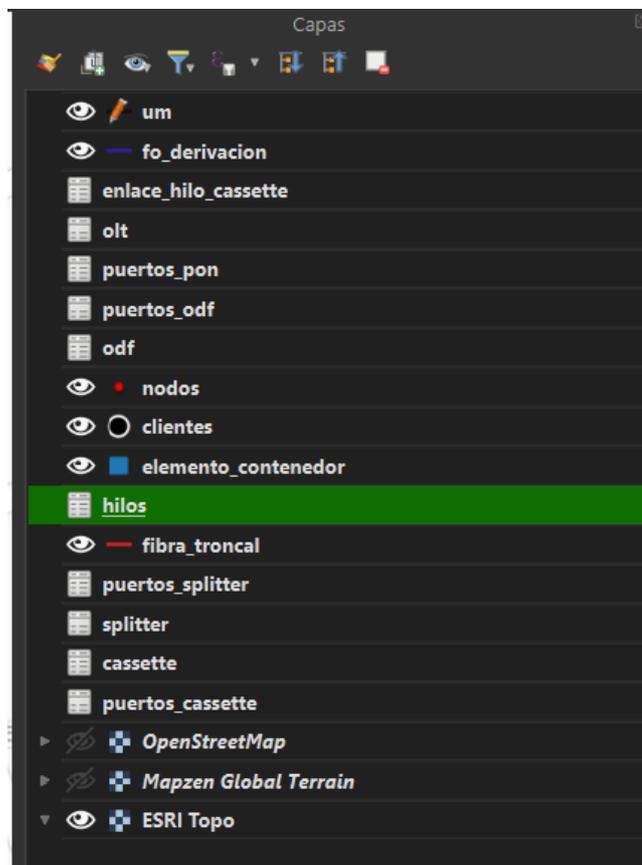


Figura 3.2 Tablas creadas en Postgres y sincronizadas en QGIS.

Este entorno permite a los operadores del sistema realizar un seguimiento visual de los componentes físicos de la red. Por otro lado, la base de datos PostgreSQL, junto con su extensión PostGIS, se utiliza para almacenar y gestionar los datos relacionados con la red, lo que facilita la creación de reportes detallados sobre los clientes conectados. A través de consultas en PostgreSQL, se pueden generar informes específicos sobre clientes conectados a los elementos de la red, identificar los puntos de impacto en caso de cortes, y realizar análisis de mantenimiento y rendimiento de la infraestructura. Esta integración entre QGIS y PostgreSQL mejora la ejecución de las tareas administrativas, facilitando una gestión más ágil y estructurada de los datos.

3.1 TRAZABILIDAD DE UN HILO DE FIBRA

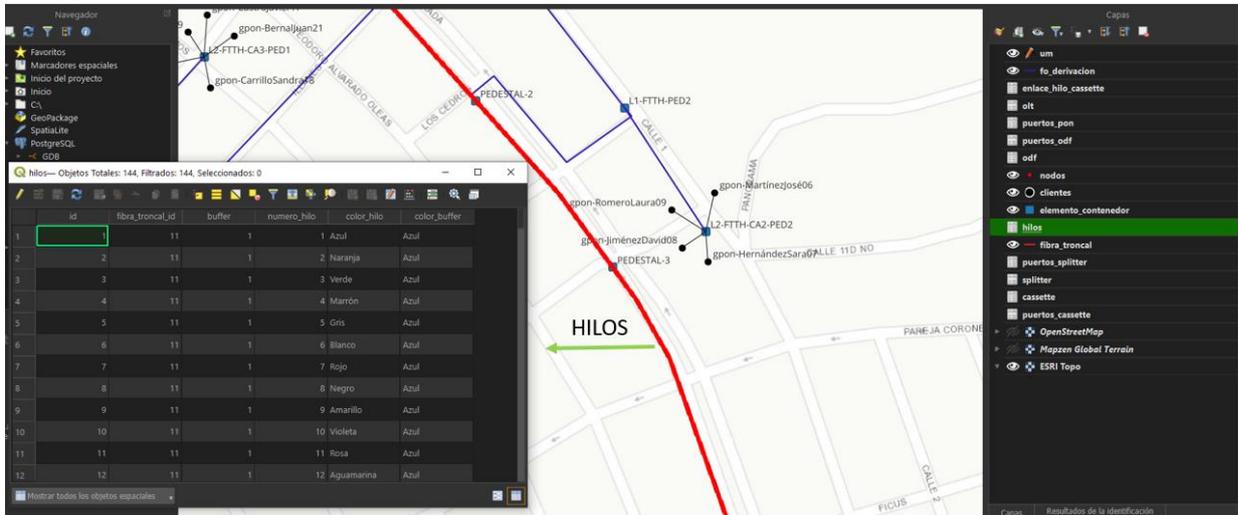


Figura 3.3 Hilos generados automáticamente por el elemento espacial de Fibra Troncal.

```

1 SELECT
2     n.nombre AS nombre_nodo,o.nombre_olt AS nombre_olt,pp.puerto AS puerto_OLT,odf.nombre_odf AS nombre_odf,podf.puerto_odf_salida,ft.nombre_ruta,
3     h.color_buffer,
4     h.numero_hilo,
5     h.color_hilo,
6     cass.nombre_cassette,
7     en1.puerto_inicio AS puerto_contenedor,
8     sp.nombre_splitter AS splitter_nivel_1,
9     en2.puerto_inicio AS puerto_salida_splitter_1,
10    sp2.nombre_splitter AS splitter_nivel_2,
11    psp3.nombre_puerto AS Puerto_Nivel_2,
12    c.codigo_cliente AS codigo_cliente,
13    c.nombres || ' ' || c.apellidos AS nombre_cliente,
14    c.direccion AS direccion_cliente
15 FROM
16     nodos n
17 INNER JOIN olt o ON n.id_nodo = o.id_nodo
18 INNER JOIN puertos_pon pp ON o.id_olt = pp.id_olt
19 INNER JOIN enlace_olt_odf eoo ON pp.id_puerto_pon = eoo.id_puerto_pon
20 INNER JOIN puertos_odf podf ON eoo.id_puerto_odf = podf.id_puerto_odf
21 INNER JOIN odf ON podf.id_odf = odf.id_odf
22 INNER JOIN enlace_odf_hilos eoh ON podf.id_puerto_odf = eoh.id_puerto_odf
23 INNER JOIN hilos h ON eoh.id_hilo = h.id
24 INNER JOIN fibra_troncal ft ON ft.fibra_troncal_id = h.fibra_troncal_id
25 INNER JOIN enlace_hilo_cassette ehc ON ehc.id_hilo = h.id
26 INNER JOIN puertos_cassette pocass ON pocass.id_puerto_cassette = ehc.id_puerto_entrada
27 INNER JOIN cassette cass ON cass.id_cassette = pocass.id_cassette
28 -- Traza del enlace entre Cassette y Splitter de nivel 1
29 INNER JOIN enlace enl ON enl.id_puerto_inicio = pocass.id_puerto_cassette
30 INNER JOIN splitter sp ON sp.id_splitter = enl.id_elemento_fin
31 INNER JOIN conexiones_splitter cs ON cs.id_puerto_in = enl.id_puerto_fin
32 INNER JOIN puertos_splitter psp1 ON psp1.id_puerto_splitter = cs.id_puerto_out
33 -- Traza del enlace hacia Splitter Nivel 1 a Splitter Nivel 2
34 INNER JOIN enlace enl2 ON enl2.id_puerto_inicio = psp1.id_puerto_splitter
35 INNER JOIN splitter sp2 ON sp2.id_splitter = enl2.id_elemento_fin
36 INNER JOIN puertos_splitter psp2 ON psp2.id_puerto_splitter = enl2.id_puerto_fin
37 -- Traza a cliente
38 INNER JOIN conexiones_splitter cs1 ON cs1.id_puerto_in = enl2.id_puerto_fin
39 INNER JOIN enlace_splitter_cliente esc ON esc.id_puerto_splitter = cs1.id_puerto_out
40 INNER JOIN puertos_splitter psp3 ON psp3.id_puerto_splitter = esc.id_puerto_splitter
41 INNER JOIN clientes c ON c.id_cliente = esc.id_cliente
42 WHERE
43     h.numero_hilo = 25;

```

Figura 3.4 Script SQL para conocer las conexiones de un hilo de fibra.

La trazabilidad de un hilo específico de fibra óptica, proporciona detalles sobre su ruta desde el nodo de red hasta el cliente final. Al ingresar gráficamente este elemento, crea automáticamente un arreglo de buffer e hilos como se observa en la Figura 3.3. La consulta SQL realizada para conocer las conexiones de un hilo de fibra específico, se aprecia en Figura 3.4. En este caso, el hilo 25 es seguido a lo largo de sus diferentes puntos dentro de la infraestructura de red, pasando por varios dispositivos de conexión, como olt, puertos, splitters de nivel 1 y 2, y cassettes. En esta distribución, un único hilo puede alimentar a múltiples clientes, ya que el uso de los splitters permite dividir la señal de un solo hilo en varias rutas, dirigiéndola hacia diferentes puertos y, por lo tanto, a diferentes clientes. El resultado de esta consulta SQL se muestra en dos partes, en la Figura 3.5 se observa los elementos en el nodo que se conectan al hilo consultado, mientras que en la Figura 3.6 se aprecia los clientes que dependen de dicho hilo de fibra.

HILO CONSULTADO



nombre_nodo character varying (100)	nombre_olt character varying (100)	puerto_olt character varying (50)	nombre_odf character varying (255)	puerto_odf_salida character varying (50)	nombre_ruta character varying (100)	color_buffer character varying (20)	numero_hilo integer	color_hilo character varying (20)	
1	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
2	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
3	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
4	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
5	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
6	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
7	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
8	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
9	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
10	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
11	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
12	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
13	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
14	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
15	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
16	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
17	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
18	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
19	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
20	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
21	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
22	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
23	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul
24	URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	G0/2	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 25	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	25	Azul

Figura 3.5 Clientes y elementos conectados a un hilo de fibra óptica.

El resultado que se observa en Figura 3.6 evidencia no solo la vinculación de un hilo con un cliente en particular, sino también su capacidad para extenderse hacia otros usuarios conectados mediante el mismo medio. Se muestra todos los clientes que reciben una señal asignada de forma individual a partir del mismo hilo, destacando la relevancia de una gestión adecuada de la trazabilidad para asegurar un servicio de calidad y simplificar la identificación y resolución de posibles inconvenientes.

Clientes conectados al Hilo consultado



	nombre_cassette character varying (50)	puerto_contenedor character varying (20)	splitter_nivel_1 character varying (100)	puerto_salida_splitter_1 character varying (20)	splitter_nivel_2 character varying (100)	puerto_nivel_2 character varying (50)	codigo_cliente text	nombre_cliente text	direccion_cliente text
1	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 1	SP-L2-OLT_URD1-CA1-PED1	OUT 1	gpon-sanchezvaleria01	Valeria Sanchez Macias	Circunvalacion Norte
2	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 1	SP-L2-OLT_URD1-CA1-PED1	OUT 2	gpon-Ioscerros01	Cerros Paula	Lavanderia 'Los Cerros'
3	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 1	SP-L2-OLT_URD1-CA1-PED1	OUT 4	gpon-RodriguezCarlos03	Rodriguez Carlos	Urdesa
4	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 1	SP-L2-OLT_URD1-CA1-PED1	OUT 5	gpon-SanchezAna04	Sánchez Ana	Urdesa
5	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 1	SP-L2-OLT_URD1-CA1-PED1	OUT 6	gpon-Perez.Juan01	Pérez Juan	Urdesa
6	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 1	SP-L2-OLT_URD1-CA1-PED1	OUT 7	gpon-GatGarces01	Piedra Maldonado	Urdesa
7	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 1	SP-L2-OLT_URD1-CA1-PED1	OUT 3	gpon-GonzálezMaria02	González Maria	Urdesa
8	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 2	SP-L2-OLT_URD1-CA2-PED1	OUT 1	gpon-MartinezLuis05	Matínez Luis	Urdesa Norte
9	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 1	SP-L2-OLT_URD1-CA1-PED1	OUT 8	gpon-agullarmara01	Mara Agullar	Urdesa
10	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 2	SP-L2-OLT_URD1-CA2-PED1	OUT 2	gpon-HernándezLaura06	Laura Hernández	Urdesa
11	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 2	SP-L2-OLT_URD1-CA2-PED1	OUT 3	gpon-GarcíaPedro07	García Pedro	Urdesa
12	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 2	SP-L2-OLT_URD1-CA2-PED1	OUT 4	gpon-MorenoMarta10	Moreno	Urdesa
13	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 2	SP-L2-OLT_URD1-CA2-PED1	OUT 5	gpon-LopezCarmen08	Lopez Carmen	Urdesa
14	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 2	SP-L2-OLT_URD1-CA2-PED1	OUT 6	gpon-Díaz.José09	Díaz José	Urdesa
15	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 3	SP-L2-OLT_URD1-CA3-PED1	OUT 1	gpon-BernalJuan21	Bernal Juan	Urdesa
16	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 3	SP-L2-OLT_URD1-CA3-PED1	OUT 2	gpon-CastroJavier17	Castro Javier	Urdesa
17	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 3	SP-L2-OLT_URD1-CA3-PED1	OUT 3	gpon-VázquezPablo19	Vázquez Pablo	Urdesa
18	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 3	SP-L2-OLT_URD1-CA3-PED1	OUT 4	gpon-GonzálezBeatriz20	González Beatriz	Urdesa
19	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 3	SP-L2-OLT_URD1-CA3-PED1	OUT 5	gpon-CarrilloSandra18	Carrillo Sandra	Urdesa
20	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 4	SP-L2-OLT_URD1-CA4-PED1	OUT 1	gpon-PérezLuisa14	Pérez Luisa	Urdesa
21	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 4	SP-L2-OLT_URD1-CA4-PED1	OUT 2	gpon-FernándezDavid11	Fernández David	Urdesa
22	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 4	SP-L2-OLT_URD1-CA4-PED1	OUT 3	gpon-JiménezIsabel12	Jiménez Isabel	Urdesa
23	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 4	SP-L2-OLT_URD1-CA4-PED1	OUT 4	gpon-RuizAntonio13	Ruiz Antonio	Urdesa
24	CASSETTE-PEDESTAL1	OUT 1	SP-L1-OLT_URD1-PED1-A	OUT 4	SP-L2-OLT_URD1-CA4-PED1	OUT 5	gpon-MoralesRicardo15	Morales Ricardo	Urdesa

Figura 3.6 Clientes y elementos conectados a un hilo de fibra óptica

3.2 TRAZABILIDAD DE UN CLIENTE

En redes de telecomunicaciones, especialmente aquellas que utilizan infraestructura de fibra óptica, es fundamental conocer la trazabilidad de las conexiones de cada cliente a lo largo de la red. El uso de bases de datos relacionales como PostgreSQL, junto con funciones de trazabilidad automatizadas, permite a los operadores de redes realizar consultas eficientes sobre la infraestructura y conexiones. En la Figura 3.7 se muestra la red de fibra óptica que conecta a un cliente específico, junto con las conexiones necesarias para brindarle el servicio. Además, se puede apreciar la ejecución del script

presentado en la Figura 3.8, que permite visualizar y gestionar estas conexiones dentro del sistema.



Figura 3.7 Red de fibra conectada a un cliente específico en QGIS.

```

1  SELECT
2  n.nombre AS nombre_nodo,o.nombre_olt AS nombre_olt,pp.puerto AS puerto_OLT,odf.nombre_odf AS nombre_odf,podf.puerto_odf_salida,
3  ft.nombre_ruta,h.color_buffer,h.numero_hilo,
4  h.color_hilo,
5  cass.nombre_cassette,
6  enl.puerto_inicio AS puerto_contenedor,
7  sp.nombre_splitter AS splitter_nivel_1,
8  cs1.id_puerto_out AS puerto_salida_nivel_1,
9  sp2.nombre_splitter AS splitter_nivel_2,
10 psp2.nombre_puerto AS puerto_splitter_nivel_2,
11 c.codigo_cliente AS codigo_cliente,
12 c.nombres || ' ' || c.apellidos AS nombre_cliente,
13 c.direccion AS direccion_cliente
14 FROM
15 nodos n
16 INNER JOIN olt o ON n.id_nodo = o.id_nodo
17 INNER JOIN puertos_pon pp ON o.id_olt = pp.id_olt
18 INNER JOIN enlace_olt_odf eoo ON pp.id_puerto_pon = eoo.id_puerto_pon
19 INNER JOIN puertos_odf podf ON eoo.id_puerto_odf = podf.id_puerto_odf
20 INNER JOIN odf ON podf.id_odf = odf.id_odf
21 INNER JOIN enlace_odf_hilos eoh ON podf.id_puerto_odf = eoh.id_puerto_odf
22 INNER JOIN hilos h ON eoh.id_hilo = h.id
23 INNER JOIN fibra_troncal ft ON ft.fibra_troncal_id = h.fibra_troncal_id
24 INNER JOIN enlace_hilo_cassette ehc ON ehc.id_hilo = h.id
25 INNER JOIN puertos_cassette pocass ON pocass.id_puerto_cassette = ehc.id_puerto_entrada
26 INNER JOIN cassette cass ON cass.id_cassette = pocass.id_cassette
27
28 -- Traza del enlace entre Cassette y Splitter de nivel 1
29 INNER JOIN enlace enl ON enl.id_puerto_inicio = pocass.id_puerto_cassette
30 INNER JOIN splitter sp ON sp.id_splitter = enl.id_elemento_fin
31 INNER JOIN conexiones_splitter cs1 ON cs1.id_puerto_in = enl.id_puerto_fin
32
33 -- Traza del enlace hacia Splitter de nivel 2
34 INNER JOIN enlace enl2 ON enl2.id_puerto_inicio = cs1.id_puerto_out
35 INNER JOIN splitter sp2 ON sp2.id_splitter = enl2.id_elemento_fin
36 INNER JOIN conexiones_splitter cs2 ON cs2.id_puerto_in = enl2.id_puerto_fin
37 INNER JOIN puertos_splitter psp2 ON psp2.id_puerto_splitter = cs2.id_puerto_out
38
39 -- Traza hacia el cliente
40 INNER JOIN enlace_splitter_cliente esc ON esc.id_puerto_splitter = psp2.id_puerto_splitter
41 INNER JOIN clientes c ON c.id_cliente = esc.id_cliente
42 WHERE
43 c.codigo_cliente = 'gpon-MorenoPaula11';

```

Figura 3.8 Script SQL para conocer la conexión hacia el nodo desde el punto del cliente.

El script SQL de la Figura 3.8 permite realizar un seguimiento detallado de la conexión de un cliente específico dentro de la infraestructura de fibra óptica. Por medio de un conjunto de uniones entre las distintas tablas que conforman la infraestructura de la red, se obtiene una vista clara de la ruta de conexión. Esta trazabilidad detalla las conexiones desde el nodo hacia el puerto final en el splitter de nivel 2, permitiendo a los operadores de red identificar los elementos claves a lo largo de la ruta, como los puertos de OLT, las fibras troncales, los cassettes, y los splitters en los diferentes niveles de la red.

El resultado de esta consulta SQL se aprecia en la Figura 3.9 donde se parte desde el punto del cliente hasta su elemento de distribución principal y en la Figura 3.10 donde la trazabilidad parte desde el elemento de distribución principal hasta llegar finalmente al nodo.

```

47 INNER JOIN clientes c ON c.id_cliente = esc.id_cliente
48 WHERE
49     c.codigo_cliente = 'gpon-MorenoPaula11';
50

```

nombre_cassette	puerto_contenedor	splitter_nivel_1	puerto_salida_nivel_1	splitter_nivel_2	puerto_splitter_nivel_2	codigo_cliente	nombre_cliente	direccion_cliente
ASSETTE-PEDESTAL1	OUT 2	SP-L1-OLT_URD1-PED1-B	74	SP-L2-OLT_URD1-PED1-CAT1-B	OUT 2	gpon-MorenoPaula11	Paula Alexandra Moreno Veintimilla	Urdesa Central

Figura 3.9 Conexión de un cliente específico hacia el nodo.

nombre_nodo	nombre_olt	puerto_olt	nombre_odf	puerto_odf_salida	nombre_ruta	color_buffer	numero_hilo	color_hilo	nombre_cassette
URDESA 1 (E)	OLT1-URDESA1	00/3	ODF-URD1-URD2-R1-144H	OUT 26	URDESA1-URDESA2-RUTA1	Verde	26	Naranja	CASSET

Figura 3.10 Conexión de un cliente específico hacia el nodo.

El resultado muestra la trazabilidad completa de la conexión de un cliente específico en la red de fibra óptica, desde el nodo de acceso hasta el cliente final. En primer lugar, se identifica el nodo y el OLT, indicando el puerto de salida de este último. Luego, se detallan los componentes intermedios, como el ODF, el hilo de fibra óptica, los splitters de nivel 1 y 2, y los cassettes que gestionan la distribución de la señal. Cada elemento está vinculado a puertos específicos, facilitando la visualización de la ruta completa que sigue la señal de fibra. Además, se incluye la información del cliente, como su código, nombre y

dirección, lo que permite vincular directamente la infraestructura de red con el servicio final.

3.3 IMPORTANCIA EN LA GESTIÓN DE LA RED Y MONITOREO DE CLIENTES

La trazabilidad de las conexiones es crucial para la gestión eficiente de la red, especialmente en términos de mantenimiento y resolución de problemas. Al conocer la ruta completa de cada cliente, los operadores pueden identificar rápidamente puntos de fallo, optimizar el rendimiento de la red y planificar mejor las intervenciones, como las tareas de mantenimiento o las actualizaciones. Además, este tipo de consultas facilita la administración de la red y facilita una respuesta ágil y exacta a las necesidades de los usuarios, ya que se puede acceder a la información detallada sobre la conexión de los mismos. Este enfoque es parte fundamental de un sistema robusto de monitoreo de redes de telecomunicaciones, que hace uso de herramientas de bases de datos como PostgreSQL para preservar la exactitud, confiabilidad de los datos y facilitar la toma de decisiones.

3.4 FRONTEND PARA EL INGRESO DE ELEMENTOS NO ESPACIALES

El sistema cuenta con una interfaz web desarrollada en JavaScript, la cual permite registrar elementos no espaciales como OLTs, ODFs, Splitters y Cassettes. Estos elementos no requieren una ubicación georreferenciada en el mapa, ya que siempre estarán contenidos dentro de elementos espaciales como Nodos o Elementos Conectores, los cuales poseen toda la información geográfica necesaria. Para facilitar su ingreso y gestión, la interfaz web, representada en la imagen Figura 3.11, proporciona un entorno intuitivo e interactivo que permite a los usuarios agregar estos elementos de manera estructurada, garantizando consistencia en los datos y evitando la manipulación directa en los mismos. Con la implementación de JavaScript en el frontend, se logra una experiencia fluida y accesible, optimizando el proceso de registro y administración de la infraestructura de la red.

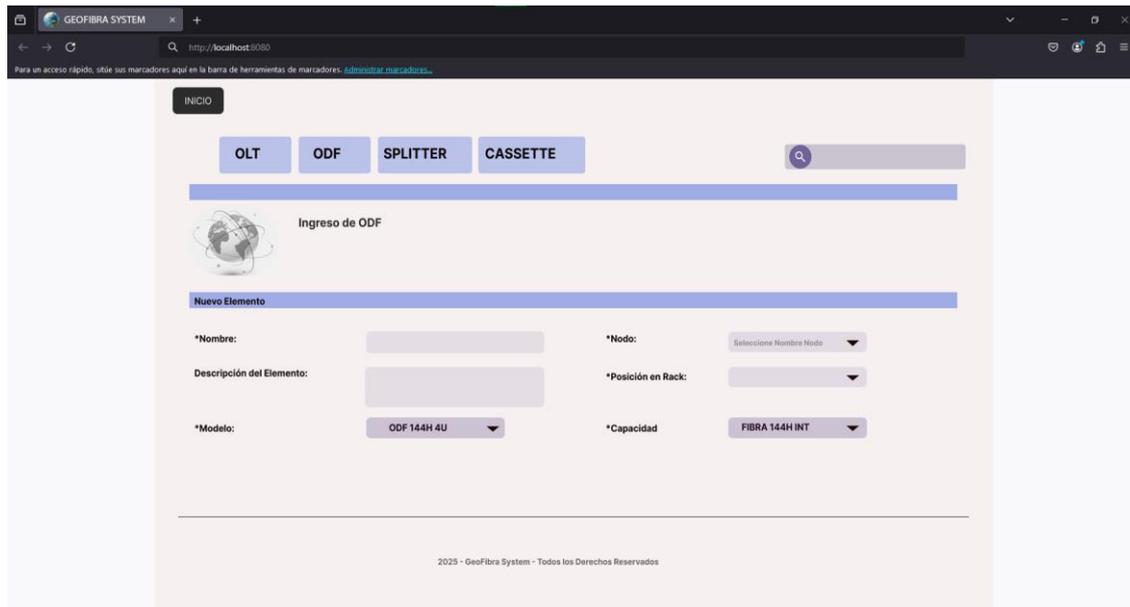


Figura 3.11 Interfaz para el ingreso de un ODF

La interfaz web presentada en la Figura 3.11 permite la captura de datos del ODF, incluyendo su nombre, capacidad, modelo y nodo al que está asociado. Aunque el ODF en sí no posee coordenadas geográficas, su ubicación se determina implícitamente al seleccionar el nodo contenedor, ya que este es un elemento espacial de tipo punto registrado en QGIS. De la misma manera, otros elementos no espaciales como OLTs, splitters y cassettes pueden ser ingresados a través de la interfaz web, siempre vinculándolos a un elemento o capa espacial. Esto garantiza que toda la infraestructura de la red quede correctamente referenciada dentro del sistema sin necesidad de ingresar coordenadas manualmente, asegurando coherencia en la gestión de los datos y facilitando su integración con los sistemas SIG.

3.5 GEOPROCESAMIENTO DE PUNTOS CRITICOS

Dentro del entorno de QGIS, utilizando la consola de Python, se ha desarrollado un algoritmo que permite detectar los puntos críticos cercanos al punto de corte en una fibra troncal. El algoritmo procesa como datos iniciales la identificación de la ruta, la distancia desde el nodo de origen y el nombre del nodo desde donde se realiza la medición. Este proceso se lleva a cabo en un contexto donde QGIS interactúa con una base de datos PostgreSQL/PostGIS para realizar consultas espaciales sobre la red de fibra óptica. En la Figura 3.12 se ilustra el entorno de

QGIS y la ejecución del algoritmo en la consola de Python para implementar este análisis espacial.

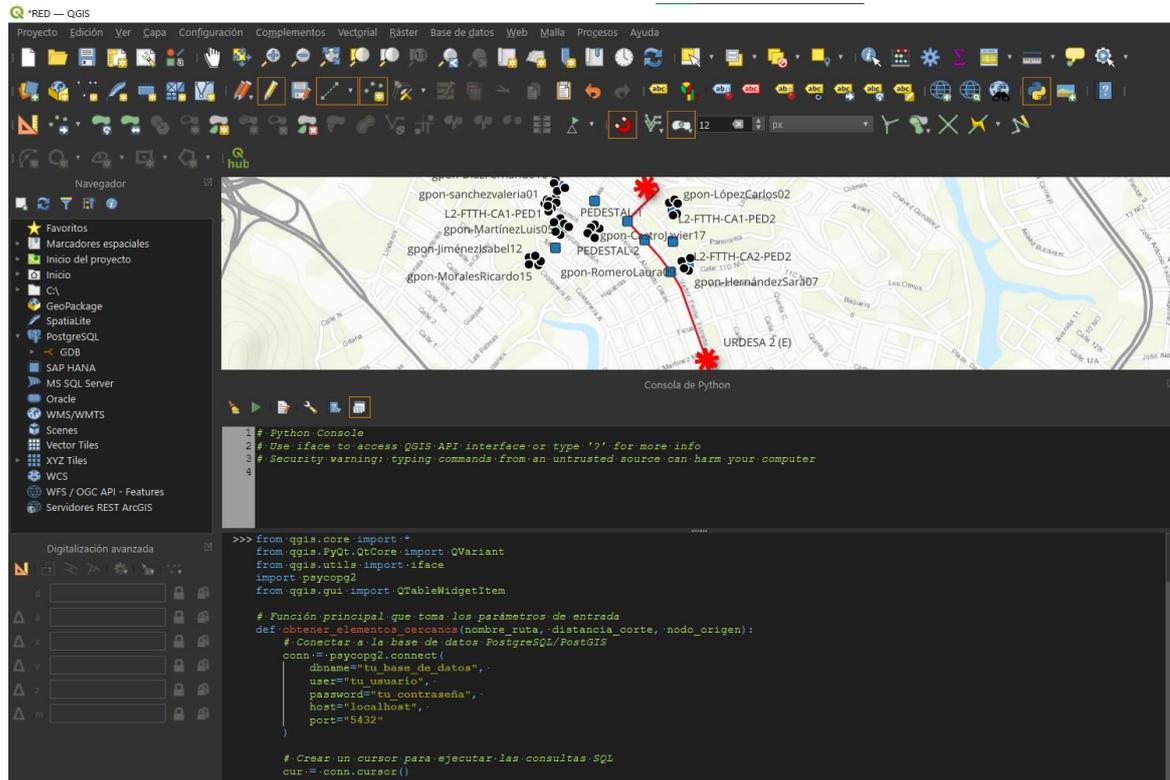


Figura 3.12 Consola de Python en QGIS

El algoritmo funciona en varias etapas. En primer lugar, se obtiene la geometría de la fibra troncal correspondiente al nombre de la ruta ingresada. Posteriormente, se calcula la ubicación del punto de medición a partir de la distancia de corte especificada, tomando como referencia la posición del nodo de origen. A continuación, se realiza un análisis espacial para identificar los elementos cercanos, como conectores, dentro de un radio de 200 metros alrededor del punto de referencia. Esta operación se asegura de que los elementos cercanos estén asociados a la misma fibra troncal mediante un campo común denominado código de ruta.

```
1 # Python Console
2 # Use iface to access QGIS API interface or type '?' for more info
3 # Security warning: typing commands from an untrusted source can harm your computer
4
>>> Conector ID: 85
Nombre: GYE-F-URD1/URD2-R1-PED1
Coordenadas: (-2.169711, -79.909378)
Código de Ruta: GYE-D-URD1/URD2-R1
-----
Conector ID: 124
Nombre: GYE-F-URD1/URD2-R1-PED2
Coordenadas: (-2.168353, -79.910633)
Código de Ruta: GYE-D-URD1/URD2-R1
-----
>>>
```

Figura 3.13 Resultado del algoritmo en la consola de Python.

Finalmente, los resultados se muestran en una tabla dentro de la interfaz de QGIS, donde se detallan las coordenadas (longitud y latitud) de los conectores encontrados, así como su nombre y el código de ruta correspondiente. Este proceso facilita la localización rápida y precisa de los componentes críticos en la red de fibra óptica, apoyando a los técnicos en la resolución de incidencias derivadas de cortes en la fibra. En la Figura 3.13 los elementos encontrados a una distancia de 1 kilómetro desde el nodo, fueron dos, el elemento identificado con ID 85 y el elemento con ID 124.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El sistema permite establecer una trazabilidad detallada de cada hilo de fibra óptica desde su origen en el nodo hasta el cliente final, facilitando la identificación de conexiones y el monitoreo de la red para garantizar un servicio eficiente.
- La incorporación del sistema de gestión de datos y las consultas permite gestionar múltiples elementos de la red (como OLTs, ODFs, Splitters y Cassettes), lo que asegura una administración centralizada y precisa de los recursos de infraestructura.
- La capacidad de rastrear conexiones y clientes afectados a partir de un único hilo facilita la planificación de mantenimientos preventivos y correctivos, minimizando interrupciones y tiempos de reparación.
- El diseño del sistema permite una ampliación futura, ya que se puede integrar con otros aplicativos y bases de datos para ampliar su funcionalidad, beneficiando a diferentes departamentos como operaciones y soporte técnico.

4.2 RECOMENDACIONES

- Como siguiente paso, se recomienda la implementación de aplicativos que permitan a los usuarios una forma más sencilla de interactuar con el sistema. Estas aplicaciones podrían incluir funciones para registrar, actualizar y consultar elementos de la red, además de generar reportes en tiempo real.
- Es fundamental vincular la base de datos del sistema con otros aplicativos corporativos, como plataformas para la gestión de problemas o soluciones para el análisis de información, para proporcionar información útil a departamentos como soporte, ventas y planificación estratégica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Fry, GIS in Telecommunications. Geographical information systems, vol. 2, 1999, pp. 819-826.
- [2] C. M. M. Z. Nicolas Baghdadi, QGIS and Generic Tools, 2018.
- [3] J. P. Twataizya Minango, «GIS Management Tool for Managing of Underground Electrical and Telecommunication Networks at the University of Zambia,» Lusaka, 2019.
- [4] G. P. Agrawal, Fiber-Optic Communication Systems, New York: John Wiley & Sons, Inc., 2010.
- [5] C. DeCusatis, Handbook of Fiber Optic Data Communication - A Practical Guide to Optical Networking, Forth Edition ed., 2014, pp. 131-147.
- [6] A. & S. A. Kostić-Ljubisavljević, «Selection of available GIS software for education of students of telecommunications engineering by AHP methodology. Education and Information Technologies.,» 2024.
- [7] P. D. B. M. G. D. V. G. Jan Paredaens, The structure of the relational database model, Eindhoven: Springer-Verlag, 2012.
- [8] I. A. Vargas, Sistemas de Fibra Óptica, Prenti Hall, 2014.
- [9] T. Jalolov, «Frontend and backend developer difference and advantages.,» *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, vol. 4, nº 2, pp. 178-179, 2024.
- [10] J. Q. F. M. D. L. Susana Pérez, «Herramientas y tecnologías para el desarrollo web desde el FrontEnd al BackEnd,» de *XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, La Rioja, 2021.
- [11] M. M. R. M. J. P. J. R. Josep Marco, Sistemas de Información (en las Organizaciones), UOC, 2010.
- [12] F. P. Nicolas Moyroud, Introduction to QGIS, Wiley, 2018.
- [13] O. P. M. Marc Gibert Ginestà, Bases de datos, UOC, 2012.
- [14] P. Zandbergen, Python Scripting for ArcGIS, Esri Press, 2015.

[15] J. Pérez, Introduccion a JavaScript., Quito, 2019.

APÉNDICES

APÉNDICE A

ALGORITMO DE GEOPROCESAMIENTO

```
Modulo1 > Algoritmo.py > ...
1  from qgis.core import *
2  from qgis.PyQt.QtCore import QVariant
3  from qgis.utils import iface
4  import psycopg2
5  from qgis.gui import QTableWidgetItem
6
7  # Función principal que toma los parámetros de entrada
8  def obtener_elementos_cercanos(nombre_ruta, distancia_corte, nodo_origen):
9      # Conectar a la base de datos PostgreSQL/PostGIS
10     conn = psycopg2.connect(
11         dbname="tu_base_de_datos",
12         user="tu_usuario",
13         password="tu_contraseña",
14         host="localhost",
15         port="5432"
16     )
17
18     # Crear un cursor para ejecutar las consultas SQL
19     cur = conn.cursor()
20
21     # Paso 1: Obtener la geometría de la fibra troncal para la ruta proporcionada
22     consulta_fibra = f"""
23     SELECT ST_AsText(geom) FROM fibra_troncal
24     WHERE nombre_ruta = %s
25     """
26     cur.execute(consulta_fibra, (nombre_ruta,))
27     resultado_fibra = cur.fetchone()
28
29     if not resultado_fibra:
30         print(f"No se encontró la ruta {nombre_ruta}")
31         return
32
33     # Convertir la geometría de la fibra troncal a un objeto Geometry
34     geometria_fibra = QgsGeometry.fromWkt(resultado_fibra[0])
35
36     # Paso 2: Calcular la ubicación del punto de medición según la distancia de corte
37     # Obtener el nodo de origen
38     consulta_nodo = f"""
39     SELECT ST_AsText(geom) FROM nodos
40     WHERE nombre = %s
41     """
42     cur.execute(consulta_nodo, (nodo_origen,))
43     resultado_nodo = cur.fetchone()
44
```

SCRIPT SQL – CREACION DE OLT

```
Query Query History
1  -- Tabla de OLT
2  CREATE TABLE IF NOT EXISTS olt (
3      id_olt SERIAL PRIMARY KEY,
4      id_nodo INT NOT NULL,
5      FOREIGN KEY (id_nodo) REFERENCES nodos (id_nodo) ON DELETE CASCADE,
6      nombre_olt VARCHAR(100) NOT NULL,
7      modelo VARCHAR(50) NOT NULL,
8      fabricante VARCHAR(50),
9      descripcion TEXT
10 );
11
12 -- Tabla de puertos PON
13 CREATE TABLE IF NOT EXISTS puertos_pon (
14     id_puerto_pon SERIAL PRIMARY KEY,
15     id_olt INT NOT NULL,
16     FOREIGN KEY (id_olt) REFERENCES olt (id_olt) ON DELETE CASCADE,
17     puerto VARCHAR(50) NOT NULL, -- Ejemplo: P1, G0/1
18     estado VARCHAR(20) DEFAULT 'disponible' -- Estado del puerto
19 );
20
21 -- Función para crear los puertos de la OLT
22 CREATE OR REPLACE FUNCTION crear_puertos_olt()
23 RETURNS TRIGGER AS $$
24 BEGIN
25     -- Generar puertos según el modelo de la OLT
26     IF NEW.modelo = 'ZTE C320' THEN
27         FOR i IN 1..16 LOOP
28             INSERT INTO puertos_pon (id_olt, puerto)
29             VALUES (NEW.id_olt, 'P' || i); -- Ejemplo: P1, P2, ..., P16
30         END LOOP;
31     ELSIF NEW.modelo = 'Huawei MA5800-X7' THEN
32         FOR i IN 1..64 LOOP
33             INSERT INTO puertos_pon (id_olt, puerto)
34             VALUES (NEW.id_olt, 'G' || (i / 8)::INT || '/' || (i % 8 + 1)); -- Ejemplo: G0/1, G0/2, ..., G7/8
35         END LOOP;
36     END IF;
37     RETURN NEW;
```

SCRIPT SQL – CREACIÓN DE ODF

```
Query Query History
1  -- Crear la tabla 'odf'
2  CREATE TABLE odf (
3      id_odf SERIAL PRIMARY KEY,
4      nombre_odf VARCHAR(255) NOT NULL,
5      capacidad_odf INTEGER NOT NULL CHECK (capacidad_odf > 0),
6      modelo_odf VARCHAR(255),
7      descripcion_odf VARCHAR(100),
8      id_nodo INTEGER NOT NULL, -- FK al nodo donde está instalado el ODF
9      FOREIGN KEY (id_nodo) REFERENCES nodos(id_nodo) ON DELETE CASCADE
10 );
11 -- Crear la tabla 'puertos_odf'
12 CREATE TABLE puertos_odf (
13     id_puerto_odf SERIAL PRIMARY KEY,
14     id_odf INTEGER NOT NULL, -- FK al ODF al que pertenece el puerto
15     puerto_odf_entrada VARCHAR(50), -- Texto que representa el puerto IN (e.g., 'IN 1')
16     puerto_odf_salida VARCHAR(50), -- Texto que representa el puerto OUT (e.g., 'OUT 1')
17     FOREIGN KEY (id_odf) REFERENCES odf(id_odf) ON DELETE CASCADE
18 );
19 -- Crear la función para insertar ODF y generar puertos automáticamente
20 CREATE OR REPLACE FUNCTION insertar_odf(
21     nombre_odf_input VARCHAR,
22     capacidad_odf_input INTEGER,
23     modelo_odf_input VARCHAR,
24     id_nodo_input INTEGER
25 ) RETURNS VOID AS $$
26 DECLARE
27     odf_id INTEGER;
28     i INTEGER;
29 BEGIN
30     -- Insertar el ODF
31     INSERT INTO odf (nombre_odf, capacidad_odf, modelo_odf, id_nodo)
32     VALUES (nombre_odf_input, capacidad_odf_input, modelo_odf_input, id_nodo_input)
33     RETURNING id_odf INTO odf_id;
34
35     -- Generar los puertos IN y OUT de forma independiente
36     FOR i IN 1..capacidad_odf_input LOOP
37         -- Crear puerto IN con formato 'IN X' y OUT con formato 'OUT X' en la misma fila
```

SCRIPT SQL – ENLACE DE ELEMENTOS

```
Query Query History
1 CREATE TABLE IF NOT EXISTS enlace_olt_odf (
2     id_enlace_olt_odf SERIAL PRIMARY KEY,
3     id_puerto_pon INT NOT NULL,
4     id_puerto_odf INT NOT NULL,
5     FOREIGN KEY (id_puerto_pon) REFERENCES puertos_pon (id_puerto_pon) ON DELETE CASCADE,
6     FOREIGN KEY (id_puerto_odf) REFERENCES puertos_odf (id_puerto_odf) ON DELETE CASCADE,
7     fecha_enlace TIMESTAMP DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP
8 );
9
10 CREATE OR REPLACE FUNCTION registrar_enlace(
11     p_nombre_olt VARCHAR,
12     p_puerto_pon VARCHAR,
13     p_nombre_odf VARCHAR,
14     p_puerto_odf VARCHAR
15 )
16 RETURNS TEXT AS $$
17 DECLARE
18     v_id_olt INT;
19     v_id_puerto_pon INT;
20     v_id_odf INT;
21     v_id_puerto_odf INT;
22 BEGIN
23     -- Obtener el ID de la OLT basada en el nombre
24     SELECT id_olt INTO v_id_olt
25     FROM olt
26     WHERE nombre_olt = p_nombre_olt;
27
28     IF NOT FOUND THEN
29         RETURN 'Error: No se encontró la OLT con el nombre especificado.';
30     END IF;
31
32     -- Obtener el ID del puerto PON basado en el puerto y la OLT
33     SELECT id_puerto_pon INTO v_id_puerto_pon
34     FROM puertos_pon
35     WHERE id_olt = v_id_olt AND puerto = p_puerto_pon;
36
```

SCRIPT SQL – CREACIÓN DE SPLITTER Y PUERTOS

```
1 CREATE TABLE Splitter (
2     id_splitter SERIAL PRIMARY KEY, -- Identificador único del splitter
3     nombre_splitter VARCHAR(100) NOT NULL, -- Nombre del splitter
4     nivel_splitter VARCHAR(20) CHECK (nivel_splitter IN ('Nivel 1', 'Nivel 2')), -- Nivel del splitter
5     tipo_splitter INTEGER CHECK (tipo_splitter IN (4, 8, 16)) NOT NULL, -- Tipo de splitter (4, 8, 16)
6     id_elemento INTEGER REFERENCES Elemento_Contenedor(id_elemento) ON DELETE CASCADE, -- Relación con el contenedor
7     descripcion_splitter TEXT -- Descripción general
8 );
9
10 CREATE TABLE Puertos_Splitter (
11     id_puerto_splitter SERIAL PRIMARY KEY, -- Identificador único del puerto
12     id_splitter INTEGER REFERENCES Splitter(id_splitter) ON DELETE CASCADE, -- Relación con el splitter
13     nombre_puerto VARCHAR(50) NOT NULL, -- Nombre del puerto (IN 1, OUT 1, ...)
14     tipo_puerto VARCHAR(20) CHECK (tipo_puerto IN ('IN', 'OUT')) NOT NULL -- Tipo de puerto (entrada o salida)
15 );
16
17 -- Procedimiento almacenado para crear splitter y puertos automáticamente
18 CREATE OR REPLACE FUNCTION crear_splitter(
19     p_nombre_splitter VARCHAR,
20     p_nivel_splitter VARCHAR,
21     p_tipo_splitter INTEGER,
22     p_descripcion_splitter TEXT,
23     p_nombre_elemento VARCHAR
24 ) RETURNS VOID AS $$
25 DECLARE
26     v_id_elemento INTEGER; -- Variable para almacenar el ID del elemento contenedor
27     v_id_splitter INTEGER; -- Variable para almacenar el ID del splitter insertado
28     i INTEGER; -- Contador para el bucle
29 BEGIN
30     -- Buscar el id_elemento según el nombre_elemento, utilizando alias explícito
31     SELECT ec.id_elemento
32     INTO v_id_elemento
33     FROM Elemento_Contenedor ec
34     WHERE ec.nombre_elemento = p_nombre_elemento;
35
```

TRIGGER PARA LA CREACIÓN AUTOMÁTICA DE HILOS DE FIBRA.

```
1
2  DECLARE
3      total_buffers INT; -- Cantidad de buffers (tipo_fibra / 12)
4      i INT; -- Iterador para buffers
5      j INT; -- Iterador para hilos dentro de un buffer
6  color_bufferes TEXT[] := ARRAY[
7      'Azul', 'Naranja', 'Verde', 'Marrón', 'Gris', 'Blanco',
8      'Rojo', 'Negro', 'Amarillo', 'Violeta', 'Rosa', 'Aguamarina'
9  ];
10 color_hilos TEXT[] := ARRAY[
11     'Azul', 'Naranja', 'Verde', 'Marrón', 'Gris', 'Blanco',
12     'Rojo', 'Negro', 'Amarillo', 'Violeta', 'Rosa', 'Aguamarina'
13 ];
14 BEGIN
15     -- Calcular el número de buffers
16     total_buffers := NEW.tipo_fibra / 12;
17
18     -- Crear hilos para cada buffer
19     FOR i IN 1..total_buffers LOOP
20         FOR j IN 1..12 LOOP
21             INSERT INTO hilos (fibra_troncal_id, buffer, numero_hilo, color_hilo, color_buffer)
22             VALUES (
23                 NEW.fibra_troncal_id, -- ID de la fibra troncal
24                 i, -- Número del buffer
25                 ((i - 1) * 12) + j, -- Número del hilo absoluto
26                 color_hilos[j], -- Color del hilo
27                 color_bufferes[i] -- Color del buffer
28             );
29         END LOOP;
30     END LOOP;
31
32     RETURN NEW;
33 END;
```

EXPLORADOR DE OBJETOS EN PGADMIN (ADMINISTRADOR DE POSTGRESQL).

