



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Implementación del software QGIS para gestionar datos de
redes de distribución eléctrica y optimización de procesos**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Mecánico - Eléctrico

Jorge Augusto Zeta Chiroque

Asesor(es):
Dr. Ing. José José Manrique Silupú

Piura, julio de 2024



Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, JORGE AUGUSTO ZETA CHIROQUE, egresado del Programa Académico de Ingeniería Mecánico - Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 72302476.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:
" Implementación del software QGIS para gestionar datos de redes de distribución eléctrica y optimización de procesos "
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis¹ para optar el Título profesional² de Ingeniero Mecánico-Eléctrico.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
 - Dr. Ing. José José Manrique Silupú, identificado con DNI N° 44235652
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 05/09/2024.

Firma del autor optante³

¹ Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

² Grado de Bachiller, Título profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

³ Idéntica al DNI; no se admite digital, salvo certificado.



*Dedicatoria
A Dios y a mis padres por su apoyo
incondicional.*

Resumen

El propósito principal de esta tesis consiste en la implementación de los sistemas de información geográfica, específicamente utilizado el software QGIS que permita la gestión eficiente de datos de las redes de distribución eléctrica, adicionalmente se optimiza el proceso de elaboración de planos georreferenciados. El proyecto considera las redes de distribución de Piura que pertenecen a la empresa ENOSA.

Antes de empezar con la implementación del software, es necesario detallar las características de las fuentes más comunes de generación eléctrica, los componentes del sistema de distribución y la estructura de la red eléctrica de ENOSA. Se explora también información teórica del software QGIS y su integración con Python. Teniendo clara esta información se detalla la implementación del software QGIS, desde su instalación hasta la adaptación de archivos Shapefile que, conteniendo la base de datos preexistente, así como la adaptación de archivos provenientes de AutoCAD y Excel con información de nuevos elementos y redes de transmisión agregados en campo.

Después se incluye pruebas del sistema y análisis de resultados donde se muestra las ventajas y características que brinda el software para gestionar los datos técnicos de las redes de distribución, también se detalla y se demuestra la generación de planos georreferenciados.

Finalmente se da la implementación de un código en la consola de Python dentro de QGIS, con el que se optimiza el proceso de generación de planos.

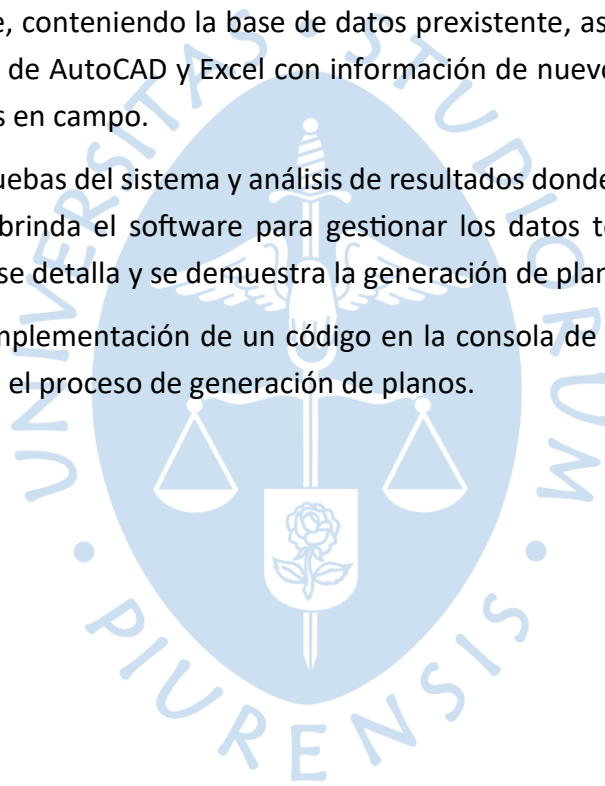


Tabla de contenido

Introducción.....	10
Capítulo 1 Marco Teórico	11
1.1 Características de fuente de alimentación eléctrica.....	12
1.1.1 Generación Hidráulica.....	12
1.1.2 Generación Térmica	13
1.1.3 Generación eólica.....	14
1.1.4 Generación solar	14
1.2 Componentes del sistema de distribución eléctrica de ENOSA.....	15
1.2.1 Descripción general.....	15
1.2.2 Generación	15
1.2.3 Transmisión	16
1.2.4 Distribución	21
1.2.5 Comercialización	21
1.3 Red de distribución eléctrica de ENOSA.....	22
1.3.1 Definición	22
1.3.2 Red de distribución primaria MT.....	22
1.3.3 Seccionadores	22
1.3.4 Subestación eléctrica de distribución (SED).....	23
1.3.5 Red de distribución secundaria BT.....	24
1.4 Bases teóricas de software QGIS.....	24
1.4.1 Sistema de información geográfica QGIS.....	24
1.4.2 Ventajas.....	28
1.4.3 Integración del software QGIS con Python	28
1.4.4 Uso del sistema GIS en ENOSA.....	29
Capítulo 2 Implementación del software QGIS y optimización de procesos.....	31
2.1 Alcance del proyecto.....	31
2.2 Diseño del sistema de distribución de redes eléctricas.....	31
2.2.1 Tipos de geometría espacial usado en las capas del proyecto.....	34
2.2.2 Adaptación de los archivos Shapefile en las capas del proyecto.....	35
2.2.3 Activación de las imágenes satelitales en QGIS.....	39
2.3 Incorporación de nuevos datos a partir de formato CAD y Excel.....	40
2.3.1 Exportación de los planos del software AutoCAD a QGIS.....	40

2.3.2 Exportación de los datos en formato Excel a QGIS.	45
2.4 Pruebas del sistema	48
2.4.1 Filtrado de las capas en el programa QGIS	48
2.4.2 Categorizado de las capas en el programa QGIS.....	52
2.4.3 Demostración de la información de los atributos de los elementos en QGIS.	54
2.4.4 Generación de planos eléctricos.	56
2.5 Implementación y prueba de código para generar planos eléctricos	56
2.5.1 Funciones del Código	56
2.5.2 Prueba del Código	68
2.6 Análisis de resultados.....	72
Conclusiones.....	74
Referencias.....	76
Apéndices	77
Apéndice A. Código para generar planos eléctricos en QGIS	78
Anexos	82
Anexo A. Diagrama unifilar de la red eléctrica de ENOSA	83
Anexo B. Plano eléctrico habilitación urbana el Refugio	84
Anexo C. Plano de la red de transmisión del centro de Piura.....	85
Anexo D. Instalación del programa QGIS	86
Anexo E. Generación de plano georreferenciado con proceso manual	87

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Subestación eléctrica de transmisión</i>	19
Tabla 2 <i>Líneas de transmisión</i>	20
Tabla 3 <i>Cantidad de alimentadores por unidad de negocio</i>	22
Tabla 4 <i>Tipos de seccionadores</i>	23
Tabla 5 <i>Transformadores de potencia</i>	23



Lista de figuras

Figura 1	<i>Unidades de Negocio ENOSA</i>	11
Figura 2	<i>Central hidroeléctrica</i>	13
Figura 3	<i>Sistema de distribución eléctrica de ENOSA</i>	15
Figura 4	<i>Centrales hidroeléctricas de ENOSA</i>	16
Figura 5	<i>Sistema eléctrico interconectado</i>	18
Figura 6	<i>Interfaz gráfica del programa</i>	26
Figura 7	<i>Barra de herramientas menú</i>	26
Figura 8	<i>Herramientas usadas con frecuencia</i>	27
Figura 9	<i>Panel de capas</i>	27
Figura 10	<i>Elementos de la barra de estado</i>	28
Figura 11	<i>Sistema GIS licenciado</i>	30
Figura 12	<i>Representación gráfica Smallworld</i>	32
Figura 13	<i>Información de elemento en Smallword</i>	32
Figura 14	<i>Descarga de TABs en GSA</i>	34
Figura 15	<i>Representación de elementos eléctricos exportados de Smallworld</i>	35
Figura 16	<i>Ventana de simbología</i>	36
Figura 17	<i>Elegir simbología para capa</i>	37
Figura 18	<i>Simbología de subestación de potencia establecida</i>	37
Figura 19	<i>Simbología de elementos eléctricos</i>	38
Figura 20	<i>Red de distribución y comercialización de ENOSA</i>	38
Figura 21	<i>Redes eléctricas con Google Satelital</i>	39
Figura 22	<i>Copiar catastro en AutoCAD</i>	41
Figura 23	<i>Guardar DWG en AutoCAD</i>	41
Figura 24	<i>Importar DWG</i>	42
Figura 25	<i>Sistema de referencia de coordenadas</i>	42
Figura 26	<i>Catastro importado en QGIS</i>	43
Figura 27	<i>Crear polígono sobre plantilla</i>	44
Figura 28	<i>Manzanas y parque graficadas</i>	44
Figura 29	<i>Representación de polígonos con fondo satelital</i>	45
Figura 30	<i>Características de postes</i>	46
Figura 31	<i>Crear capa de puntos a partir de tabla</i>	46
Figura 32	<i>Postes creados a partir de tabla</i>	47
Figura 33	<i>Nuevos elementos agregados</i>	47
Figura 34	<i>Seleccionado de filtrado</i>	49
Figura 35	<i>Elegir campo a filtrar</i>	49
Figura 36	<i>Expresión para filtrar</i>	50
Figura 37	<i>Subestación filtrada</i>	50
Figura 38	<i>Filtrado de cable BT mediante número de subestación</i>	51
Figura 39	<i>Elementos BT que pertenecen a la subestación filtrada</i>	52
Figura 40	<i>Elegir valor de campo</i>	53
Figura 41	<i>Categorizado por tipo de lampara</i>	53
Figura 42	<i>Tipos de luminarias en el centro de Piura</i>	54

Figura 43	<i>Tabla de atributos de las subestaciones de transformación de ENOSA</i>	55
Figura 44	<i>Modificar los atributos de todos los objetos de la capa</i>	55
Figura 45	<i>Definición de la función</i>	56
Figura 46	<i>Generación de una cadena de valores citados</i>	57
Figura 47	<i>Construcción de la cadena de filtro</i>	57
Figura 48	<i>Aplicación del filtro a la capa</i>	57
Figura 49	<i>Impresión de confirmación</i>	57
Figura 50	<i>Definición de la función</i>	58
Figura 51	<i>Limpieza del filtro</i>	58
Figura 52	<i>Impresión de confirmación</i>	58
Figura 53	<i>Definición de la función</i>	59
Figura 54	<i>Obtención de las características de la capa</i>	59
Figura 55	<i>Selección de todas las características</i>	59
Figura 56	<i>Zoom a las características seleccionadas</i>	59
Figura 57	<i>Remoción de la selección</i>	60
Figura 58	<i>Definición de la función</i>	60
Figura 59	<i>Inicialización del diseño de impresión</i>	61
Figura 60	<i>Configuración del título</i>	61
Figura 61	<i>Configuración del mapa</i>	61
Figura 62	<i>Definición de los tamaños de hoja</i>	62
Figura 63	<i>Ajuste del tamaño y orientación de la hoja</i>	62
Figura 64	<i>Configuración de la página y ajuste de elemento</i>	62
Figura 65	<i>Exportar a PDF</i>	63
Figura 66	<i>Verificación del resultado de la exportación</i>	63
Figura 67	<i>Definición de la clase FiltroDialog</i>	63
Figura 68	<i>Configuración del tipo de filtro</i>	64
Figura 69	<i>Entrada de valores de filtro</i>	64
Figura 70	<i>Selección del tamaño de la hoja</i>	64
Figura 71	<i>Selección de la orientación de la hoja</i>	65
Figura 72	<i>Botón OK y finalización del diseño</i>	65
Figura 73	<i>Método para obtener los valores del diálogo</i>	65
Figura 74	<i>Creación y ejecución del diálogo</i>	66
Figura 75	<i>Lista de nombres de capa</i>	66
Figura 76	<i>Búsqueda y almacenamiento de capas</i>	66
Figura 77	<i>Verificación de capas encontradas</i>	67
Figura 78	<i>Aplicación de filtro, zoom y generación de PDF</i>	67
Figura 79	<i>Icono de consola de Python</i>	68
Figura 80	<i>Consola de Python</i>	69
Figura 81	<i>Abrir código desde carpeta</i>	69
Figura 82	<i>Copiar código en hoja de editor</i>	69
Figura 83	<i>Ingresar valores de filtro</i>	70
Figura 84	<i>Ventana de alerta</i>	70
Figura 85	<i>Plano generado por alimentador</i>	71
Figura 86	<i>Plano generado por subestación de transformación</i>	72

Introducción

Los sistemas de redes de distribución de energía eléctrica están conformados por elementos y accesorios que permiten el transporte de la energía desde las fuentes (subestación de Potencia, central hidroeléctrica, central térmica, entre otras) hasta los hogares o empresas; este servicio de energía eléctrica debe satisfacer las necesidades de los clientes.

Para asegurar una operación y mantenimiento efectivos del sistema de distribución, es crucial disponer de un catastro detallado de redes. Esto implica mantener una base de datos espacial y georreferenciada que contenga información precisa obtenida en campo sobre los elementos que constituyen dicho sistema. Gestionar esta información permite llevar a cabo múltiples actividades como: análisis, evaluaciones, planificaciones, mantenimiento, entre otras.

Con el fin de manejar eficazmente este tipo de datos, se utiliza un Sistema de Información Geográfica, el cual consiste en una combinación estructurada de hardware, software y datos geográficos. Este sistema está diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y visualizar información geográficamente referenciada. Con la finalidad de resolver problemas complejos relacionados con la planificación y operación de redes de distribución mediante herramientas avanzadas de análisis espacial y gestión de datos.

El SIG actúa como una base de datos que contiene información geográfica asociada mediante un identificador común a los objetos gráficos representados en un mapa digital. De esta manera, al seleccionar un objeto en el mapa, es posible conocer sus características o atributos. Del mismo modo, consultando un registro en la base de datos, se puede determinar su ubicación precisa en la cartografía.

QGIS el Sistema de Información Geográfica a utilizar, debido a su eficaz gestión de la información, que permite separar la información de cada elemento en capas temáticas separadas y la guarda de manera independiente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla. Así como también permite la introducción de un código para optimizar el proceso de generación de planos georreferenciados.

En este proyecto, se dispone de una base de datos preexistente que contiene información sobre la red de distribución de ENOSA, así como datos de campo recopilados sobre las nuevas incorporaciones de redes y elementos eléctricos. Estos datos actuarán como una fuente de referencia para la implementación del sistema de información geográfica.

Capítulo 1

Marco Teórico

ENOSA, nombre comercial de ELECTRONOROESTE S.A, empresa que se encarga de la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en las regiones de Piura y Tumbes. Fundada en el año 1988, es una de las cuatro empresas que conforma el grupo DISTRILUZ. (Fonafe, s.f.)

Según el Plan Operativo GIS¹ de marzo de 2024, ENOSA brinda servicios a más de 553 mil usuarios, opera 25 subestaciones eléctrica de transmisión y 2 centrales hidroeléctricas, además cuenta con más de 17 000 km de redes de baja y media tensión, en un área de concesión de 667.76 km² las cuales están distribuidas geográficamente en sus 7 Unidades de Negocio: Piura, Bajo Piura, Alto Piura, Paita, Sullana, Talara y Tumbes.

Figura 1
Unidades de Negocio ENOSA



Nota. Adaptado de QGIS.

¹ Reporte técnico mensual de los elementos y equipos eléctricos

1.1 Características de fuente de alimentación eléctrica

La electricidad representa una forma de energía secundaria generada a partir de fuentes de energía primaria que se encuentran en la naturaleza. Estas pueden ser de dos tipos, fuentes de energía renovables y no renovables. Las energías renovables perduran con el pasar del tiempo como la energía eólica, solar, hidráulica, geotérmica o biomasa. Por otro lado, están las energías no renovables, las cuales se encuentran en el medio ambiente en cantidades limitadas como el carbón, petróleo, gas natural o uranio. (*Sistemas de Generación Energética En El Mundo Actual*, 2017).

Hasta 2002, en el Perú, el 85% de energía eléctrica generada, pertenecía a las generadoras hidroeléctricas, pero con la incorporación del gas natural de Camisea y las energías renovables no convencionales (eólica, solar, bagazo y biogás), este porcentaje de generación hidroeléctrica se ha reducido. Para el 2022 las fuentes de generación de energía eléctrica se distribuyen de la siguiente manera: 56.09% generación térmica, 38.70% generación hidráulica, 3.08% generación eólica y 2.13% generación solar. (Garro, 2023)

1.1.1 Generación Hidráulica

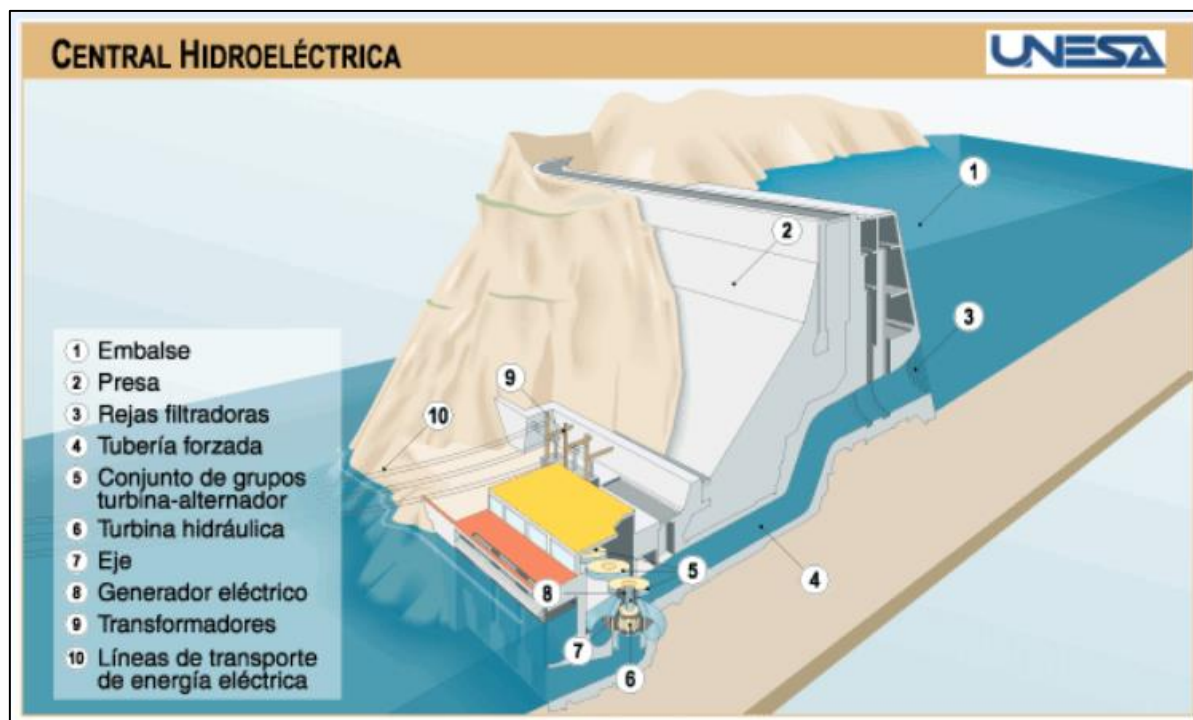
La generación hidráulica se basa en la energía cinética y gravitacional, la cual aprovecha el desplazamiento del agua para hacer girar las turbinas del generador y de esta manera producir electricidad.

1.1.1.1 Tipos de centrales hidráulicas. Centrales hidráulicas de pasada: Emplean el desplazamiento del agua de los ríos para hacer girar las turbinas del generador y así producir electricidad. Sin embargo, presentan el inconveniente de ser una fuente de generación de energía variable ya que depende del caudal del río, por lo que en temporadas húmedas generan gran cantidad de electricidad, pero en temporadas secas reducen su nivel de generación de energía o incluso puede volverse cuando el río presenta un nivel bajo de caudal.

- Centrales hidráulicas de embalse: Su principal función es aprovechar el desnivel geográfico. Empleando el embalse formado por una represa, se libera el agua, la cual cae y adquiere una gran energía potencial que la turbina transforma en energía eléctrica. La principal ventaja de esta central hidráulica es que puede controlar el caudal de ingreso a la turbina y así tener una generación estable de energía eléctrica. (Dammert et al., 2011)

Figura 2

Central hidroeléctrica



Nota. UNESA (2024).

1.1.2 Generación Térmica

El principio de funcionamiento de la generación térmica es la conversión de energía en forma de calor. Con la finalidad de obtener electricidad, se genera un flujo de vapor el cual es dirigido por unas tuberías hasta toparse con las turbinas las cuales se encuentran conectadas a un generador, el vapor hace las turbinas convirtiendo así el movimiento mecánico en eléctrico. Es uno de los métodos más confiables debido a que trabaja con un flujo constante.

1.1.2.1 Tipos de generación térmica. Existen 04 tipos de generación de energía térmica, las cuales se basan en el mismo principio que es generar energía a partir de una fuente de calor. (Gas Turbine Engineering Handbook, 2012)

- Centrales térmicas convencionales: Este tipo de centrales térmicas suele usar combustibles fósiles para generar calor en la caldera. Es decir que emplea el carbón, petróleo o gas natural. Sin embargo, emite una gran cantidad de gases efecto invernadero.
- Centrales de ciclo combinado: Es la combinación de una central térmica convencional con una turbina de gas la diferencia en este caso es que el gas empleado se quema en la turbina de gas y esto es lo que genera electricidad. Este tipo de centrales térmicas emite menos gases efecto invernadero.

- Centrales termosolares: Emplean espejos, lentes o alguna superficie reflectante para concentrar la luz solar hacia un receptor que lo que hace es calentar el fluido térmico que es empleado para generar el vapor que origina el movimiento de las turbinas del generador. Es un tipo de generación de energía bastante limpio. Sin embargo, depende de la luz solar que haya en el día.
- Centrales geotérmicas: Emplea el calor interno de la tierra para poder generar vapor. Usualmente son empleadas fuentes subterránea de agua las cuales se encuentran a altas temperaturas debido a que han sido calentadas geotérmicamente.

1.1.3 Generación eólica

La generación de energía eólica aprovecha la energía cinética del viento para generar electricidad mediante la implementación de aerogeneradores. El viento mueve las palas del aerogenerador, las cuales se encuentran conectadas a un eje que convierte la energía mecánica en electricidad que posteriormente se transforma a un voltaje más alto mediante un transformador para poder ser distribuido a la red eléctrica. (Boyle, 2012)

- Aerogeneradores de eje horizontal (HAWT): Cuentan con una gran capacidad para generar energía eléctrica. Son implementados en espacios abiertos y despejados debido a que requieren una extensa área para ser instalados. Suelen tener tres palas y se encuentran colocadas sobre altas torres con la finalidad de tener acceso a vientos más fuertes. El eje del rotor se encuentra ubicado de forma paralela al suelo.
- Aerogeneradores de eje vertical (VAWT): A comparación con los HAWT, estos presentan menor capacidad de generación de energía. Cuentan con la capacidad de operar con velocidades de viento más bajas. Su eje de rotor se encuentra perpendicular al suelo.

1.1.4 Generación solar

Este tipo de generación de energía emplea la radiación del sol para generar electricidad. Se cuentan con dos tipos de energía solar y son:

- Energía solar fotovoltaica (PV): Como su nombre lo puede dar a entender con la palabra “fotovoltaica”, emplean paneles solares para convertir la luz en electricidad. Este tipo de implementación permite ser empleado en techos de viviendas hasta algún tipo de planta solar. Genera energía limpia debido a que no emite gases contaminantes.
- Energía solar térmica (Concentración de energía solar, CSP): similar a las centrales termosolares, este tipo de energía solar emplea espejos, lunas o lentes para dirigir la luz solar a un receptor, el cual se encargará de calentar el fluido con el que se trabajará, que posteriormente permitirá el movimiento de una turbina para generar electricidad. Este tipo de generación de energía permite también el almacenamiento para poder

ser empleado incluso en días que no hay luz solar. Sin embargo, requiere espacios más amplios para su instalación.

1.2 Componentes del sistema de distribución eléctrica de ENOSA

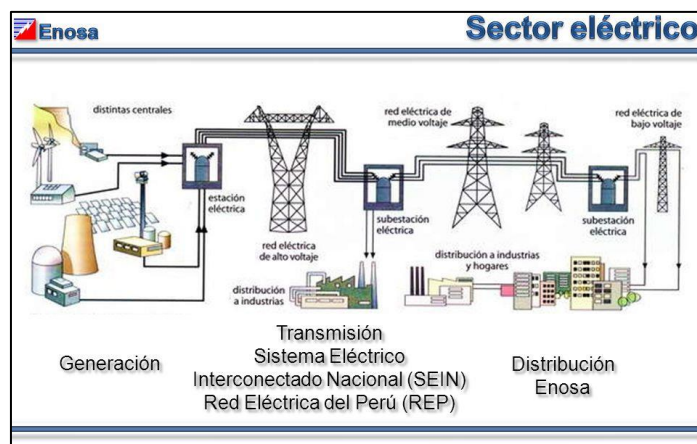
1.2.1 Descripción general

El sistema de distribución de energía de la empresa ELECTRONOROESTE S.A. (ENOSA), garantiza que la electricidad llegue a los hogares de los usuarios de manera segura y eficiente.

Es posible dividir en proceso en tres partes. Como se puede visualizar en la figura 3, el primer punto o el punto de partida es la generación de energía eléctrica, posteriormente la transmisión de esta energía y finalmente la distribución y comercialización a los usuarios.

Figura 3

Sistema de distribución eléctrica de ENOSA



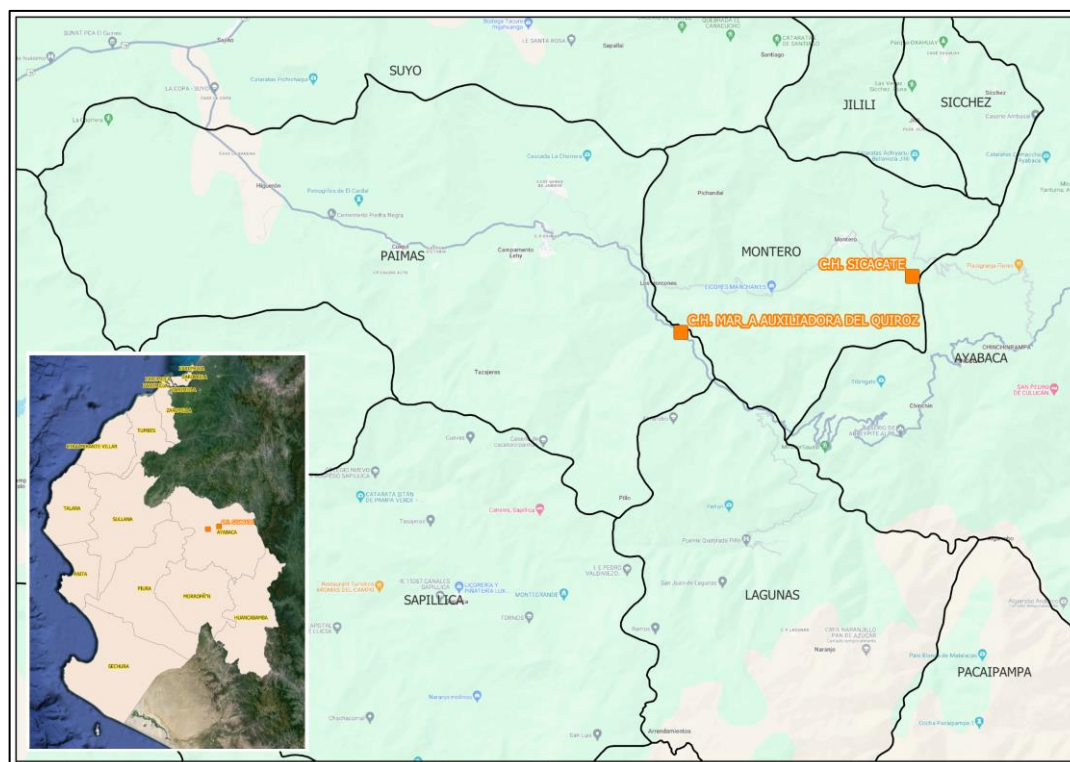
Nota. Mora (2015).

1.2.2 Generación

ENOSA se encarga principalmente de la transmisión y distribución de energía eléctrica pero también cuenta con permiso de generación de energía. Y lo hace en pequeñas cantidades con sus dos centrales hidroeléctricas:

- Central hidroeléctrica María Auxiliadora del Quiroz (CHMAQ), con dos generadores de 830 kW, ubicada en el distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, departamento de Piura.
- Central hidroeléctrica Cicacate, con dos generados que suman 400 kW, ubicado en el distrito de Montero, provincia de Ayabaca, departamento de Piura.

Figura 4
Centrales hidroeléctricas de ENOSA



Nota. Adaptado de QGIS.

1.2.3 Transmisión

En la actualidad en Perú existen dos tipos de sistema de red de distribución eléctrica, los sistemas aislados y el sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN). El SEIN conecta a múltiples generadoras de electricidad a lo largo del territorio nacional a través de su línea de transmisión. Como se aprecia en la figura 5. (Dammert et al., 2011).

En 1997 el Perú contaba con 3 sistemas interconectados independientes: el Sistema interconectado Centro Norte, el Sistema Interconectado Sur Este y el Sistema Interconectado Sur Oeste, ese mismo año se realiza la interconexión de dos de los Sistemas del Sur, quedando así solo el sistema Centro Norte y Sur en el estado peruano. Pero no es hasta octubre de 2000 que se logra la interconexión de ambos sistemas dando origen al sistema interconectado nacional (SINAC). En el año 2001 el sistema adopta la denominación de Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), el cual a la fecha es el responsable de abastecer más del 85% de la población peruana, la población restante conforma los sistemas aislados, debido a que hay zonas en la que se dificulta su acceso o porque cuentan con una demanda de potencia baja. (Risco, 2009)

Según el código nacional de electricidad, las líneas de transmisión que recorren el Perú cuentan con diferentes niveles de tensión clasificados de la siguiente manera:

- Extra alta tensión (500 kV)

- Alta tensión (220 kV; 138kV; 60 kV)
- Media Tensión (33 kV; 22.9 kV; 13.2 kV; 10 kV)
- Baja tensión (400/220 V; 380/220 V)

Electronoroeste al pertenecer al SEIN es alimentado por la subestación “La Niña” la que interconecta con el Perú a través de su línea de alta tensión de 220kV, para luego interconectarse con los transformadores de potencia AT²/MT³ mediante redes de transmisión de 13.8, 22.9, 33 y 60 kV como se puede apreciar en el DU⁴ de todo ENOSA en el anexo A.

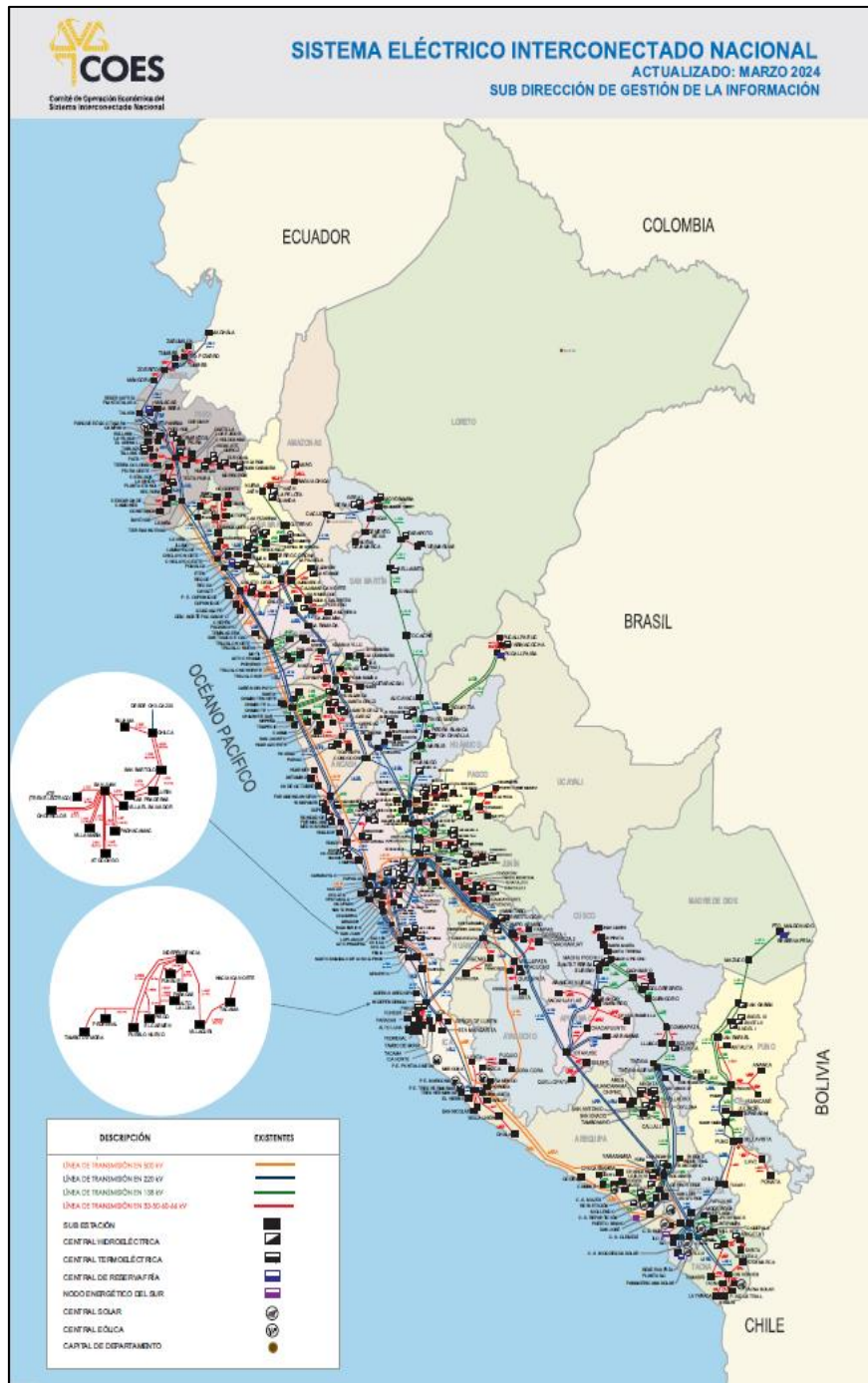


² Alta tensión.

³ Media Tensión.

⁴ Diagrama Unifilar.

Figura 5
Sistema eléctrico interconectado



Nota. COES (2024).

a) Subestación eléctrica de transmisión (SET):

Actualmente ENOSA cuenta con 25 subestaciones de transmisión, las cuales conectan sus 7 unidades de negocio permitiendo transformar los niveles de voltaje logrando abastecer con energía eléctrica a los distintos usuarios. En la tabla 1 se aprecian las subestaciones con sus respectivos niveles de tensión.

Tabla 1*Subestación eléctrica de transmisión*

N°	Unidad de negocios	Subestación de transmisión	Tensión (kV)
1	Piura	S.E. Castilla	22.9
		S.E. Castilla	10
		S.E. Los Ejidos	22.9
		S.E. Piura Centro	22.9
		S.E. Piura Centro	10
		Celdas Coscomba	10
		S.E. Catacaos	10
2	Alto Piura	S.E. Chulucanas	10
		S.E. Chulucanas	22.9
		SET Morropon	22.9
		SET Loma Larga	10
		SET Loma Larga	22.9
3	Bajo Piura	S.E. Constante	22.9
		S.E. La Unión	10
		S.E. Paita	22.9
4	Paita	S.E. Paita	10
		S.E. Tierra Colorada	10
		S.E. El Arenal	13.8
		S.E. Paita Industrial	10
		S.E. Paita Industrial	22.9
5	Sullana	S.E. Sullana	10
		S.E. Sullana	22.9
		C.H. Quiroz	22.9
		C.H. Sicacate	22.9
		S.E. Poechos	22.9
		S.E. Las Lomas	22.9
6	Talara	S.E. Máncora	22.9
		S.E. Máncora	10
7	Tumbes	S.E. Tumbes	10
		S.E. Zarumilla	22.9
		S.E. Zarumilla	10
		S.E. La Cruz	10
		S.E. Zorritos	22.9
		S.E. Zorritos	10
		S.E. Cerezos	10
		S.E. Puerto Pizarro	22.9
		SET Corrales	10

Nota. Base de datos técnicos del área de ingeniería y análisis de ENOSA (2024)

b) Líneas de transmisión (LST):

Son los conductores por los cuales se transporta la energía eléctrica, estos interconectan cada una de las subestaciones de transmisión, y simultáneamente conectan las centrales de generación con las subestaciones de transmisión. En la tabla 2 se muestran las líneas de transmisión que forman el sistema eléctrico de ENOSA y también de refleja en el diagrama unifilar en el anexo A.

Tabla 2*Líneas de transmisión*

Código de línea	Ubicación	Longitud (km)
L-33	Zorritos – Corrales - Charán	22.60
L-6570	Poechos – Las Lomas	36.18
L-6571	Lomas – Quiroz	39.30
L-6650	Piura	7.88
L-6651	Piura Oeste – Castilla	10.66
L-6654	Piura – Paita	46.04
L-6657A	Piura – Chulucanas	10.92
L-6657B	Ejidos – Castilla	3.94
L-6657C	Piura – Huapalas	50.76
L-6657D	Chulucanas – Loma Larga	76.80
L-6658A	Piura – La Unión	31.71
L-6658B	La Unión - Sechura	21.20
L-6658C	Sechura – Constante	17.99
L-6659	Paita – Tierra Colorada	5.40
L-6660	Tablazo – El Arenal	11.29
L-6662	Arenal – Sullana	43.45

L-6663	Paita – Tablazo	14.12
L-6665A	Zorritos – Tumbes	21.34
L-6665B	Tumbes – Zarumilla	24.23
L-6698	Piura Oeste - Sullana	29.16

Nota. Base de datos técnicos del área de ingeniería y análisis de ENOSA (2024)

1.2.4 Distribución

Las redes de distribución se encargan transportar la energía desde las subestaciones de transmisión hasta los usuarios. Para esto se emplean redes de cables, líneas de distribución, transformadores, entre otros equipos. Su finalidad es llegar a los consumidores finales de forma segura y eficiente.

Este proceso se puede separar en varios puntos:

- Reducción de voltaje de entrada: La energía llega a las subestaciones de distribución a alta tensión, motivo por el cual es reducido a valores entre 22.9 kV y 10 kV con la finalidad de poder ser distribuido a los usuarios finales.
- Distribución primaria: Esta red conecta las subestaciones con los transformadores que se encuentran distribuidos estratégicamente en diferentes zonas. Puede ser área o subterránea, depende principalmente de la zona donde se va a llevar la energía.
- Transformadores: En este punto, nuevamente se reduce el voltaje de energía de entrada, presentando en la salida valores de 220/380 V debido a que este voltaje es empleado en hogares y negocios.
- Distribución secundaria: Este tipo de redes se encarga de llevar la electricidad hasta los puntos finales de consumo.
- Medición y facturación: Son empleados medidores eléctricos, estos registran la cantidad de energía que ha sido consumida por el usuario, con la cual se puede determinar qué tipo de tarifa es aplicable para el caso.

1.2.5 Comercialización

Es un proceso mediante el cual ENOSA compra y vende la energía a sus usuarios, que en este caso vienen a ser hogares y comercios pequeños.

Para poder realizar una correcta comercialización, cuenta con una estructura de tarifas eléctricas que se aplican dependiendo del consumo del usuario. Se emitirán boletas de acuerdo con el consumo realizado, para esto se toma lectura del consumo en los medidores que se encuentran instalados a las afueras de las viviendas.

Adicional a ello cuentan con servicios de atención al cliente donde cualquier usuario puede acercarse a sus oficinas para resolver dudas, para presentar problemas relacionados con el suministro de energía o con su facturación.

1.3 Red de distribución eléctrica de ENOSA

1.3.1 Definición

La red de distribución eléctrica de ENOSA, es un sistema que se encuentra diseñado para transportar la electricidad de un punto a otro. Este diseño incluye infraestructura y cada uno de los sistemas que esta empresa emplea para distribuir la electricidad.

1.3.2 Red de distribución primaria MT

Se denomina red de distribución primaria a las redes de media tensión que conectan a las subestaciones de transmisión con una subestación receptora. A un determinado recorrido que sale de la subestación de transmisión hasta una subestación de distribución se le denomina Alimentador MT. La tabla 3 muestra la cantidad de alimentadores por unidad de negocio de ENOSA.

Tabla 3
Cantidad de alimentadores por unidad de negocio

Unidad de negocios	Número de alimentadores
Alto Piura	8
Bajo Piura	9
Paita	23
Piura	31
Sullana	27
Talara	6
Tumbes	27

Nota. Base de datos técnicos del área de ingeniería y análisis de ENOSA (2024)

1.3.3 Seccionadores

Los seccionadores de media tensión son dispositivos que funcionan como interruptor y/o como equipo de protección, ya que se encuentran diseñados para apertura o cerrar

secciones de un alimentador permitiendo realizar mantenimiento o reparaciones sin el riesgo de electrocución de los operadores. La tabla 4 detalla los seccionadores de ENOSA.

Tabla 4
Tipos de seccionadores

Tipo	Cantidad
Cut Out	2370
Recloser	295
Tripolar	32
Cuchilla	34

Nota. Base de datos técnicos del área de ingeniería y análisis de ENOSA (2024)

1.3.4 Subestación eléctrica de distribución (SED)

Una subestación de distribución está compuesta por un transformador y su tablero eléctrico, el transformador reduce la tensión de la red de media tensión a una de baja tensión para así poder brindar energía eléctrica a los suministros y el alumbrado público. ENOSA cuenta con más de 9191 transformadores monofásicos y trifásicos, en su mayoría transformadores propios de la empresa y un pequeño porcentaje de transformadores de terceros. La tabla 5 muestra los transformadores con sus distintos tipos de potencia con los que cuenta ENOSA.

Tabla 5
Transformadores de potencia

Tipo más común (kVA)	Cantidad
5	1367
10	1054
15	621
50	959
75	734
100	1309

160	669
200	203

Nota. Base de datos técnicos del área de ingeniería y análisis de ENOSA (2024)

1.3.5 Red de distribución secundaria BT

Es el tramo de conductor que es alimentado por los transformadores de distribución y termina hasta llegar a una estructura de baja tensión (poste). El punto final de la red BT en la mayoría de las veces, sirve como punto de conexión de las acometidas domiciliarias, también se usan para conectar el alumbrado público.

1.4 Bases teóricas de software QGIS

1.4.1 Sistema de información geográfica QGIS

El sistema de información geográfica fue creado en el año 2002 con la finalidad de facilitar la visualización, el análisis y el almacenamiento de datos geospaciales y así poder relacionarlos y ubicarlos con fenómenos geográficos y urbanos de todo tipo.

Es un software de código libre cuenta con un conjunto de aplicaciones que facilitan al usuario crear mapas a partir de datos, modelos y cualquier otra aplicación relacionada a los datos geospaciales. Es compatible con la mayoría de los sistemas operativos como Windows, OSX⁵ y Unix⁶.

Es posible encontrarlo dentro del repositorio de SourceForge⁷. El núcleo del QGIS, emplea lenguajes de programación como Qt y C++, sin embargo, también posee una interfaz de programación de aplicaciones en Python. Esto permite trabajar con Processing el cual proporciona una plataforma para el desarrollo de algoritmos de análisis, además permite la automatización de flujos de trabajo, esto beneficia a los usuarios ya que reduce tiempo empleado en actividades repetitivas. (Universidad Veracruzana, 2024)

1.4.1.1 Conceptos importantes del programa.

a) Base de datos

Representa un grupo de datos estructurados y organizados en el que se pueden almacenar, gestionar y actualizar los datos de un sistema informativo.

⁵ Sistema operativo comercializado por Apple.

⁶ Sistema operativo multiusuario y multipropósito el cual ofrece facilidades para programar.

⁷ Central de desarrollos de software que gestiona proyectos de software libre y además es un repositorio de código fuente.

b) Base de datos alfanumérica

Es el grupo de datos que cuentan con los atributos de los objetos espaciales, tales como diámetro de cable, componentes de las redes, entre otros.

c) Base de datos geográficos

Datos relacionados con la posición relaciones espaciales y entidades geográficas en forma de puntos y líneas.

d) Datos SIG

Esta información se presenta como coordenadas. Permite al usuario relacionar datos geográficos con datos no geográficos.

e) Datos Vectoriales

Se presenta como un tipo de estructura que permite almacenar datos geográficos de elementos construidos a partir de vértices como por ejemplo una serie de coordenadas X, Y. Son comúnmente empleados para representar áreas, líneas e incluso puntos.

f) Datos rásteres

Este tipo de datos son almacenados como una rejilla de valores, es decir que una imagen ráster está formada por un conjunto de bloques.

g) Archivo shapefile

Se refiere al tipo de formato de datos vectoriales, cuenta con la capacidad de almacenar la ubicación de elementos geográficos y algunos atributos asociados a ellos. Este tipo de archivos presentan la extensión tipo .shp.

h) Plugins

También llamado complementos, son programas que se acoplan y adaptan a otros con la finalidad de mejorar su funcionalidad, por lo cual se puede entender que QGIS cuenta con una gran estructura de complementos.

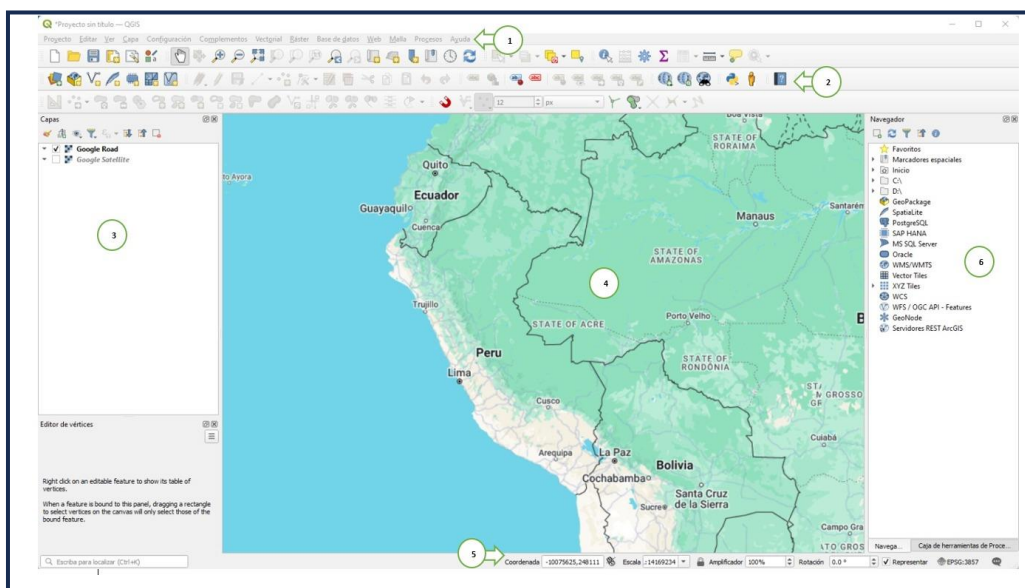
i) OpenLayers

Esta herramienta permite añadir imágenes y capas de datos de Google Maps, Bing Maps, Apple Maps, entre otros, directamente de las páginas web.

1.4.1.2 Interfaz QGIS. Es la aplicación principal empleada en QGIS, es decir que es el entorno visual y funcional donde los usuarios interactúan con diversas herramientas.

En la figura 6 se puede observar la interfaz gráfica del programa, aquí se encuentran la barra de herramientas de menú, la de ayuda, el panel de capas, se encuentra también la opción de vista de mapa, así como la barra de estado y el explorador de datos, de los cuales se brindará información más adelante.

Figura 6
Interfaz gráfica del programa



Nota. Adaptado de QGIS.

En la figura 6 se puede observar:

- 1) Barra de herramientas menú.
- 2) Barra de herramientas ayuda.
- 3) Panel de capas.
- 4) Vista del mapa.
- 5) Barra de estado.
- 6) Explorador de datos.

Los cuales se explicarán a continuación:

1. Descripción de elementos

- Barra de herramientas menú

Permite el acceso a varias opciones de QGIS, tal como se observa en la figura 7.

Figura 7
Barra de herramientas menú

Proyecto Editar Ver Capa Configuración Complementos Vectorial Ráster Base de datos Web Malla Procesos Ayuda

Nota. Adaptado de QGIS.

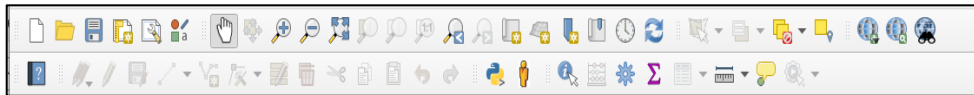
- Barra de herramientas ayuda

Además de poder acceder a herramientas que pertenecen a la barra de menú, permite acceso a herramientas adicionales que posibilitan la interacción con el mapa con el que se está trabajando.

Aquí se encuentran la mayoría de las herramientas que han sido usadas con frecuencia.

Figura 8

Herramientas usadas con frecuencia



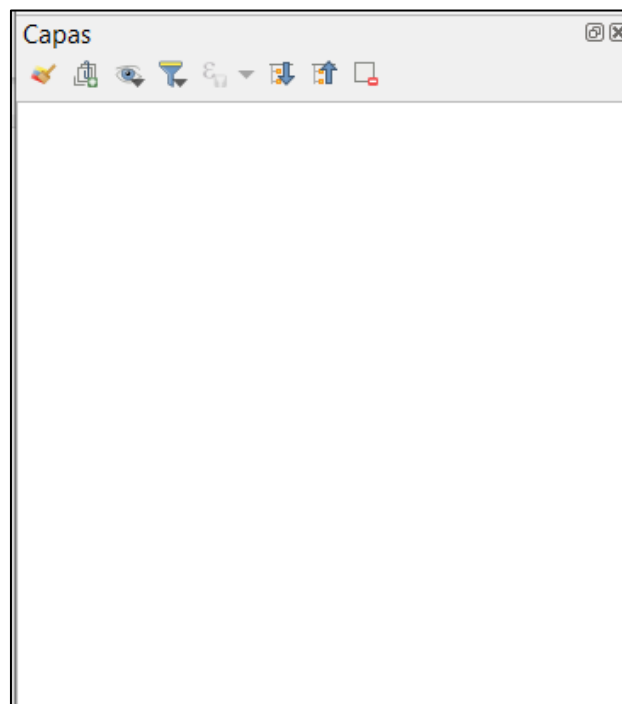
Nota. Adaptado de QGIS.

- Panel de capas

Establece la visibilidad y el orden de capas trabajadas, las cuales pueden ir siendo ocultadas sino se están usando o si no se trabajará en ellas.

Figura 9

Panel de capas



Nota. Adaptado de QGIS.

- Vista del mapa

Esta se encuentra en el lado derecho del panel de capas, es posible desplazarse empleando diversas herramientas, además, lo que se visualiza dependerá del número de capas habilitadas.

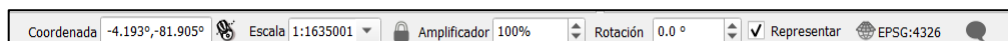
- Barra de estado

Sirve para informar al usuario respecto a la posición actual del puntero del ratón en el plano, es decir que muestra las coordenadas donde está ubicado.

En la figura 10 se puede visualizar que también cuenta con la opción de elección de la escala en que el usuario quiere visualizar el mapa, de hacerle zoom y de rotarlo si es lo que se desea.

Figura 10

Elementos de la barra de estado



Nota. Adaptado de QGIS.

- Explorador de datos

Permite al usuario encontrar archivos que se necesiten agregar a la visualización.

1.4.2 Ventajas

- Accesibilidad: Al ser de código abierto y además gratuito, es accesible a cualquier persona.
- Versatilidad: Puede ejecutarse en múltiples plataformas.
- Individualización: Debido a que acepta modificaciones de código lo que la hace personalizable.
- Compatible: Es compatible con distintos tipos de formato de datos, como el DWG, DXF, PDF, Shapefile, XML, XLSX, QML Y QMZ.
- Intuitivo: Cuenta con una interfaz de usuario de fácil uso, debido a su variedad de funcionalidades

1.4.3 Integración del software QGIS con Python

La integración del software QGIS con Python se realiza con la finalidad de poder emplear el lenguaje de programación de Python para personalizar y/o automatizar las funciones del software QGIS.

Adema, facilita la interacción entre QGIS y otras herramientas de Python, también ofrece al usuario la posibilidad de personalizar plugins y diversos complementos, así como automatizar flujos de trabajo y de procesamiento de datos geoespaciales.

Es importante mencionar que esta integración es el marco de procesamiento con el que cuenta Python, llamado también Processing, debido a que cuenta con la capacidad de desarrollar algoritmos de geoprociamiento.

1.4.3.1 Consola de Python en QGIS.

La consola de Python de QGIS es una interfaz interactiva donde se escriben y ejecutan comandos y scripts de Python en tiempo real, obteniendo los resultados casi de forma inmediata facilitando la prueba y ajuste de este.

Sus principales funciones son el completado del código, resaltado de sintaxis y atajos aplicando APIs⁸. Por ejemplo, permite ver la lista de autocompletados, compartir fragmentos a través de GitHub, comprueba sintaxis, entre otros.

1.4.4 Uso del sistema GIS en ENOSA

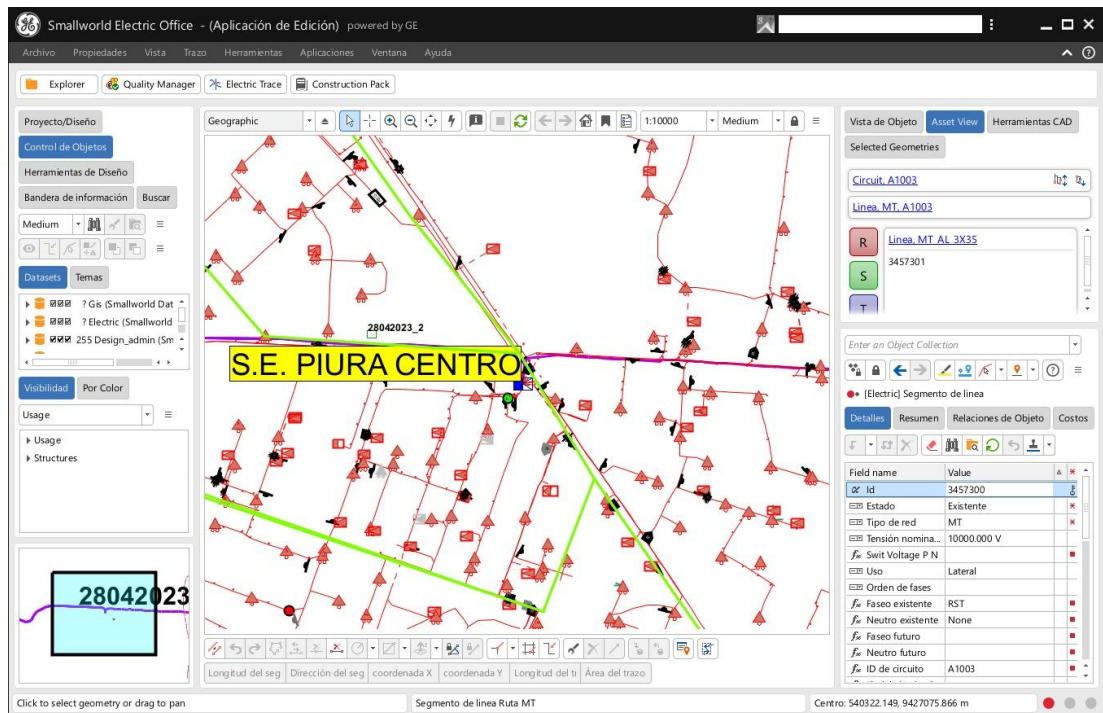
En el año 2015 el grupo DISTRILUZ, conformada por Electronoroeste S.A., Electronorte S.A., Hidrandina S.A., Electrocentro S.A., adquiere las licencias a la empresa IT Consultores para el uso del software Smallworld – Electric Office, remplazando así el Sistema GIS Maximus II.

El software SW-EO es un repositorio de datos geoespaciales que permite gestionar los elementos eléctricos de las redes de distribución y transmisión de las empresas del grupo DISTRILUZ, teniendo como finalidad atender las necesidades de las empresas en base a la gestión de la red eléctrica de forma gráfica. (Distriluz, 2019)

En la figura 11 se puede observar la ventana que visualizan los usuarios al abrir el programa GIS licenciado.

⁸ Interfaz de programación de aplicaciones, conjunto de reglas, protocolos y herramientas que permiten la comunicación entre diferentes sistemas de software.

Figura 11
Sistema GIS licenciado



Nota. Adaptado de QGIS.

Capítulo 2

Implementación del software QGIS y optimización de procesos

En este capítulo se demostrará cómo adaptar e implementar información de las redes de distribución eléctrica en un sistema de información georreferenciada.

También se optimiza el proceso de generación de planos georreferenciados con el uso de la consola de Python dentro de QGIS.

2.1 Alcance del proyecto

El proyecto se desarrolló en la unidad de negocio de Piura de la empresa Electronoroeste, para demostrar el uso de las herramientas de un sistema de información geográfica, así como sus bondades para el manejo de datos de las redes y elementos eléctricos del sistema de distribución de la subestación de potencia “Piura Centro” de ENOSA.

Así mismo está enfocado a distintas empresas que trabajen en el sector eléctrico o requieran de información de las redes eléctricas presentes en determinadas zonas, todo ello permitirá uniformizar y gestionar la información de las redes de distribución eléctrica con sus elementos eléctricos con catastro técnico u operacional en el manejo de un SIG.

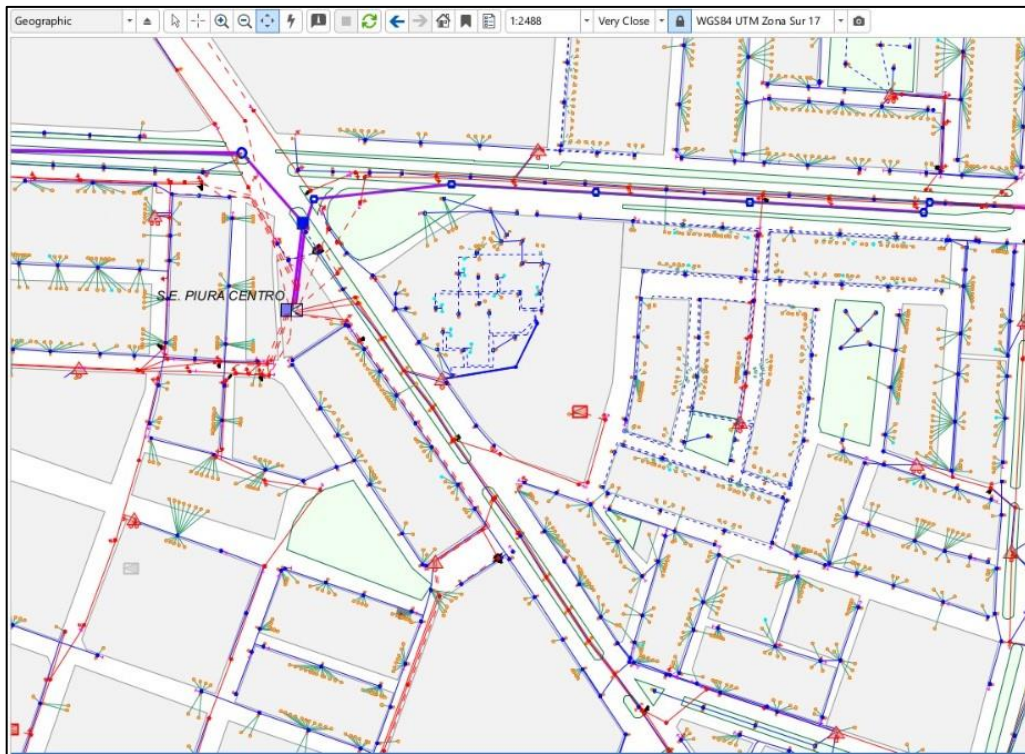
La información se encuentra agrupada y clasificada en capas, que representan cada elemento eléctrico como: vano, subestación, seccionador, poste, luminaria, acometida, suministro, puesta a tierra, retenida, manzanas y parques.

2.2 Diseño del sistema de distribución de redes eléctricas.

Para la implementación del SIG se utilizó el software de código libre QGIS, el software licenciado Smallworld, para migrar la base de datos existentes en la empresa al software QGIS mediante archivos Shapefile.

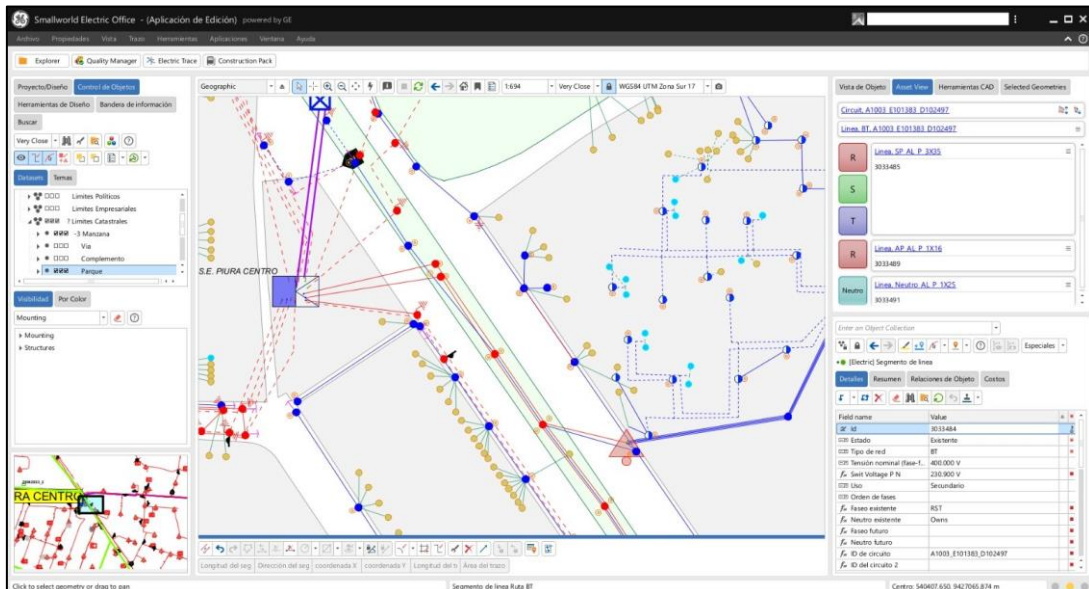
Smallworld es el software licenciado con el que trabaja el grupo DISTRILUZ, en el cual Electronoroeste tiene la representación gráfica de la ubicación de los circuitos y elementos eléctricos (ver figura 12), así como sus características de cada elemento (ver figura 13), a la vez presenta un catastro de manzanas y parques representado gráficamente por polígonos.

Figura 12
Representación gráfica Smallworld



Nota. Adaptado de Smallworld.

Figura 13
Información de elemento en Smallword



Nota. Adaptado de Smallworld.

La base de datos de las circuitos y elementos eléctricos de ENOSA que se encuentran en SW (Smallworld) es compartida a través de archivos shapefile, por medio del complemento GSA⁹ que forma parte del paquete del software Smallworld.

El GSA, tal como lo menciona en su página de venta “Ofrece acceso fácil y eficiente a datos espaciales y no espaciales desde sistemas distintos y distribuidos, donde los datos se pueden compartir en toda la empresa.” (GE VERNOVA, 2024)

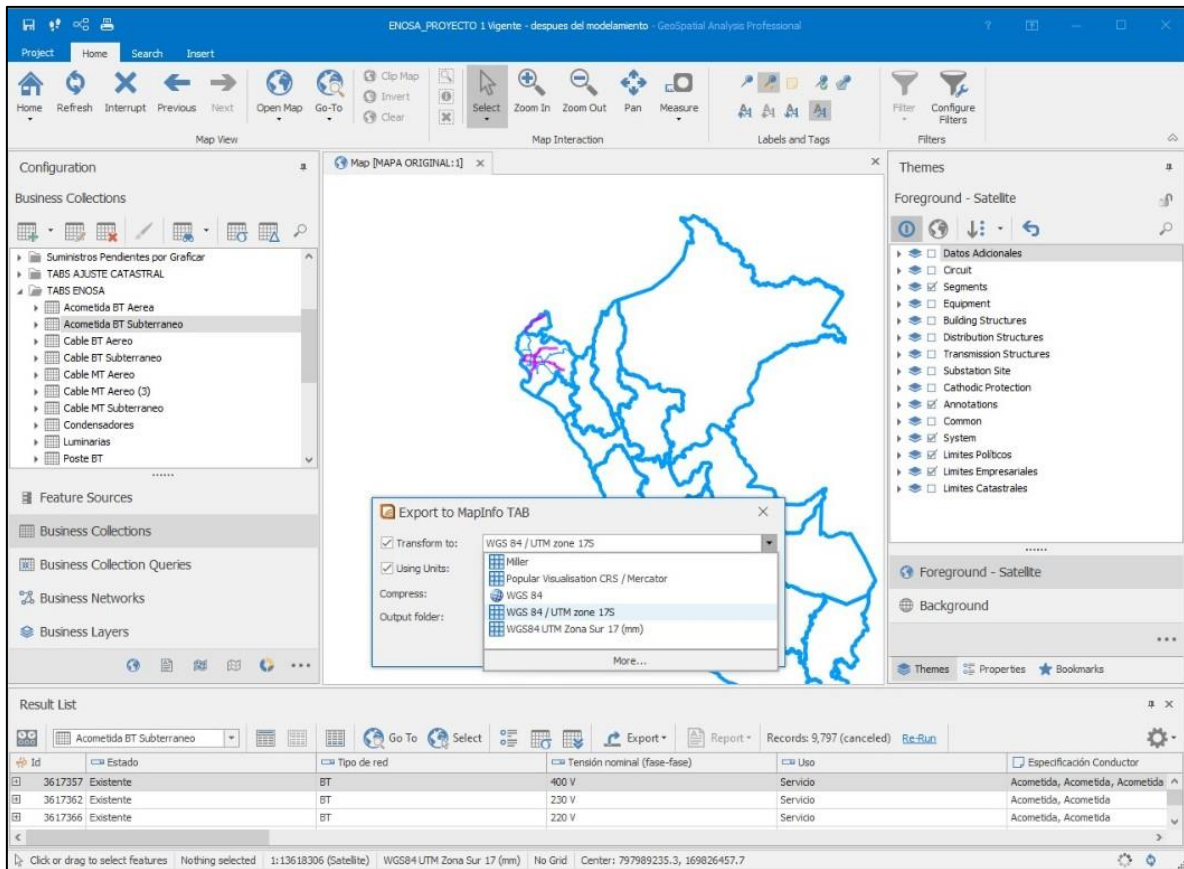
Los archivos Shape anteriormente eran descargados únicamente para usarlo con el software Powerfactory Digsilent¹⁰. Sin embargo, ahora también son empleados con el software QGIS. Al ingresar al archivo de ENOSA en el GSA es posible visualizar cada elemento eléctrico presente en Smallworld. Para descargar los TABs¹¹ se sigue el siguiente procedimiento:

- En la ventana de “Business Collections”, se selecciona el elemento que se va a descargar, en este caso se utilizará como ejemplo el archivo denominado: “Acometida BT Subterránea”.
- Después se debe dar clic al icono de “Browse Collection” que se encuentra en la parte superior de la ventana “Business Collections”.
- En la parte inferior, en la ventana de “Resul list” se cargan todos los elementos de acometidas con sus características para ser descargadas, y se selecciona el icono de “Export”.
- Posteriormente emerge la ventana de “Export to MapInfo TAB” y se debe elegir el sistema de coordenadas correcto para la zona donde se trabajará, en este caso Perú se encuentra en los países del cono sur y le corresponde el “WGS84 UTM Zona Sur 17S”. (ver figura 14)
- Se designa la carpeta de donde será la descarga de los TABs y se da clic en Exportar.
- El mismo procedimiento se realiza con todos los elementos eléctricos.

⁹ GeoSpatial Analysis.

¹⁰ Software de simulación y análisis de redes eléctricas.

¹¹ Denominación de los elementos eléctricos que se encuentran en los archivos Shapefile.

Figura 14*Descarga de TABs en GSA*

Nota. Adaptado de GSA.

2.2.1 Tipos de geometría espacial usado en las capas del proyecto.

Las capas van a representar los elementos eléctricos que conforman el sistema eléctrico de ENOSA, cada elemento estará asociado a una capa la cual será elaborada a partir de las siguientes geometrías:

a) Puntos

Se representa a través de un vértice mediante un par de coordenadas latitud-longitud que marcan su posición sobre la superficie de la tierra.

Los elementos representados a partir del punto son: subestación de potencia, subestación de transformación, seccionador, poste, luminaria, suministro, puesta a tierra y retenida.

b) Líneas

Es determinado mediante un punto inicial y un punto final denominados vértices, los elementos eléctricos tomaran la forma de segmentos rectos entre vértices. Permitirá trazar: red eléctrica de transmisión, red eléctrica de distribución y acometidas.

c) Polígonos

Son líneas cerradas que delimitan un área específica. Modelan País, departamento, provincias, vegetación, suelo, etc.

En este proyecto el polígono es usado para darle forma a las manzanas y parques.

2.2.2 Adaptación de los archivos Shapefile en las capas del proyecto.

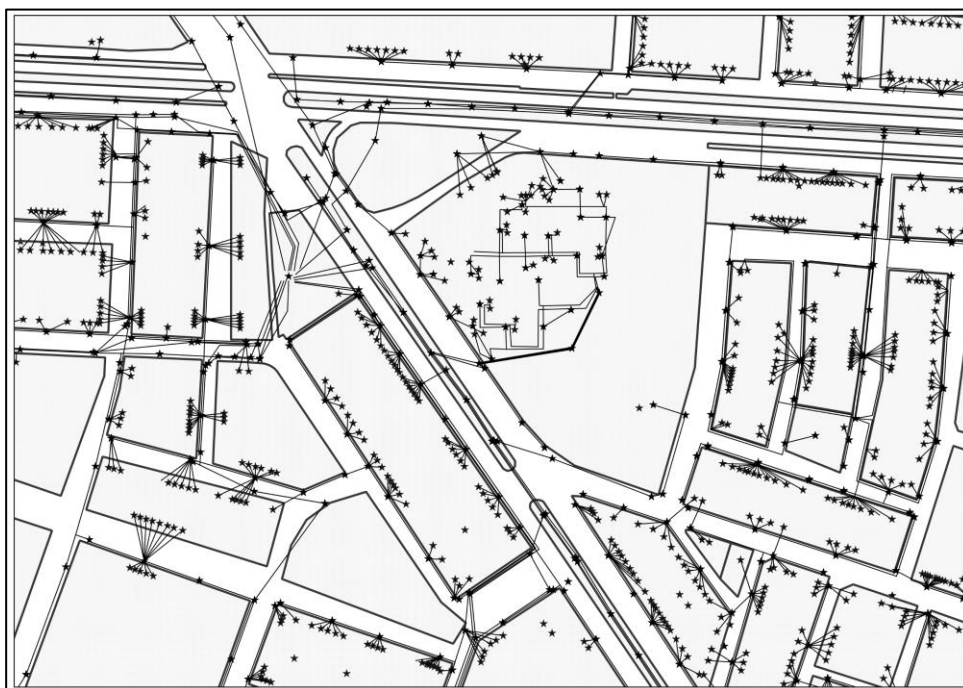
En QGIS se trabajará con los TABs descargados, que se encuentran en formato shapefile y permite abrirlos directamente desde QGIS, cada elemento descargado representa una capa. El proceso de descarga e instalación del software QGIS se demuestra en el anexo D.

Al ingresar a QGIS es posible visualizar su interfaz, en la barra de explorador de datos se podrá ubicar la carpeta con los TABs descargados anteriormente.

Cuando es abierto por primera vez los TABs, los elementos presentan una simbología común para puntos, líneas y polígonos. Como se aprecia en la figura 15.

Figura 15

Representación de elementos eléctricos exportados de Smallworld



Nota. Adaptado de QGIS.

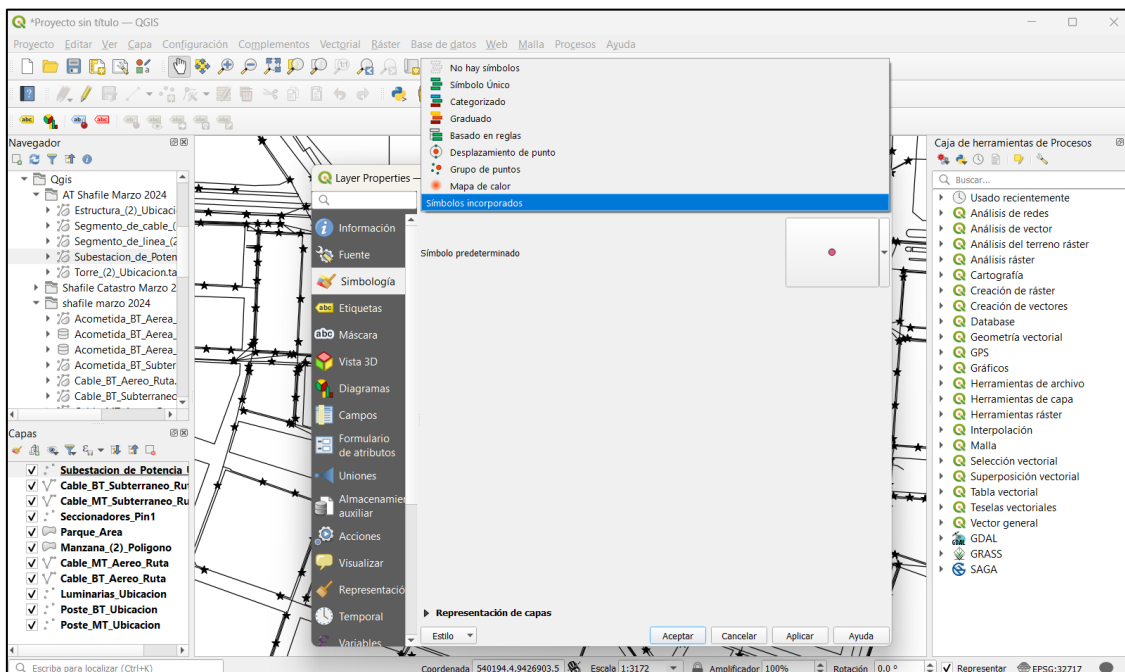
Para tener una representación ordenada y de fácil apreciación para el usuario, se le dará una simbología representativa para cada elemento, se tomará como ejemplo la capa de subestación de potencia para darle un estilo determinado con los siguientes pasos:

- Primero se debe seleccionar la capa de subestación de potencia, en la ventana de panel de capas (figura 9), luego dar clic derecho y elegir propiedades.

- Posterior a ello emerge la ventana de “Layer Properties” se despliega la barra de símbolos incorporados y se escoge un símbolo único como se aprecia en la figura 16.
- Por defecto se abre la ventana con un símbolo predeterminado, se debe dar clic en “Marcador simple” y en la parte inferior aparecerán diferentes símbolos que se pueden adaptar a las capas, también las cualidades de color y tamaño a establecer.
- Para la subestación de potencia con la que se trabajará, se elegirá un cuadrado con esquinas redondeadas y se le colocará un color azul de relleno como se muestra en la figura 17.
- En la parte inferior se debe desplegar la barra de estilo y seleccionar “Guardar como predeterminado”, para que el estilo quede establecido en el archivo Shape y cuando se abra en otro proyecto o en otra PC, este contenga el estilo que fue establecido con anterioridad.
- Finalmente se da clic en aceptar y así es como se obtiene la subestación de potencia representada por una figura geométrica determinada. (figura 18)

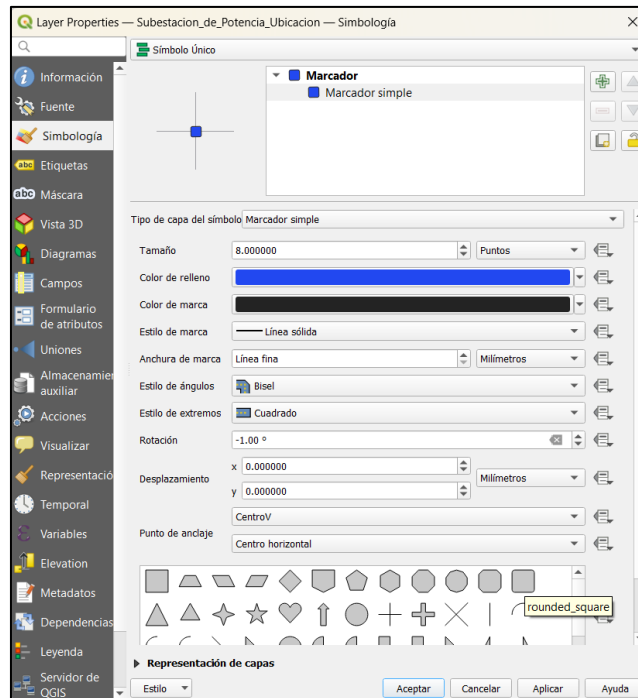
Figura 16

Ventana de simbología



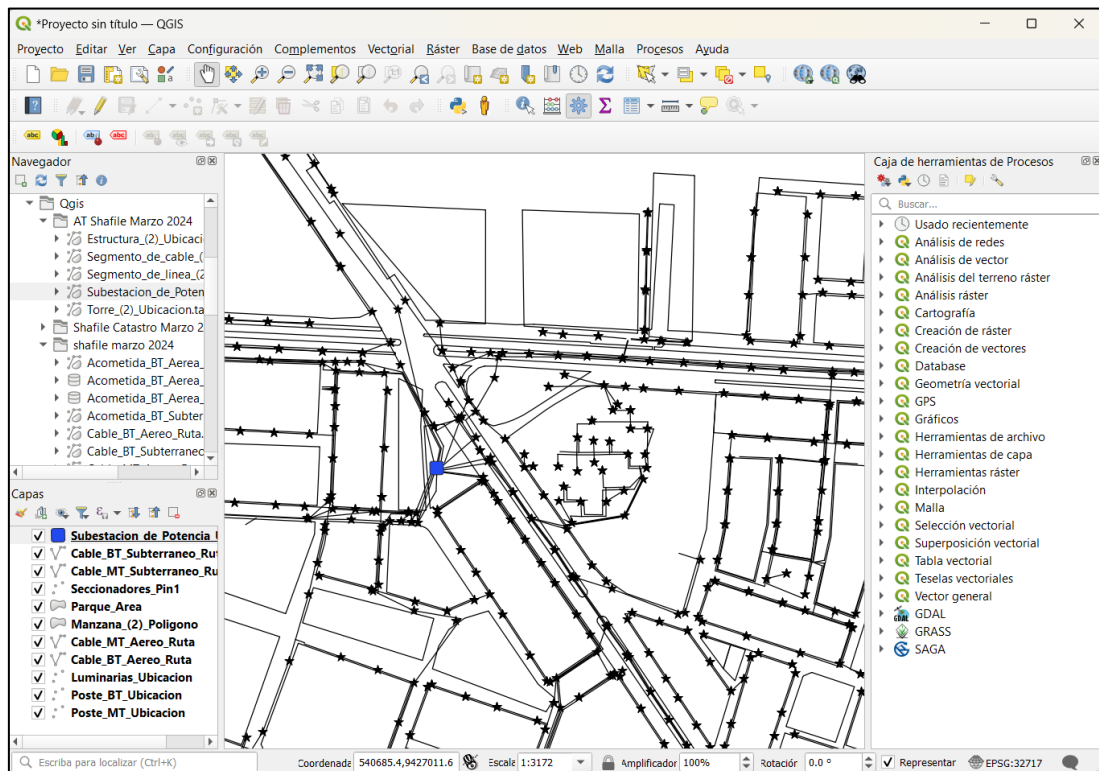
Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 17
Elegir simbología para capa



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 18
Simbología de subestación de potencia establecida

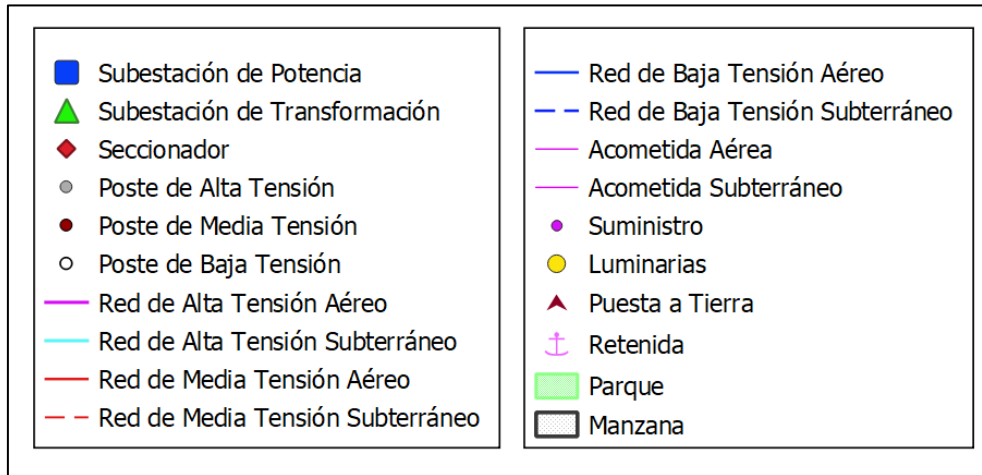


Nota. Adaptado de QGIS.

Con el mismo procedimiento se va a establecer el estilo para las demás capas, el estilo elegido para los demás elementos se muestra en la figura 19. El nombre de cada elemento se puede modificar dándole clic derecho sobre la capa y seleccionando la opción de cambiar nombre.

Figura 19

Simbología de elementos eléctricos

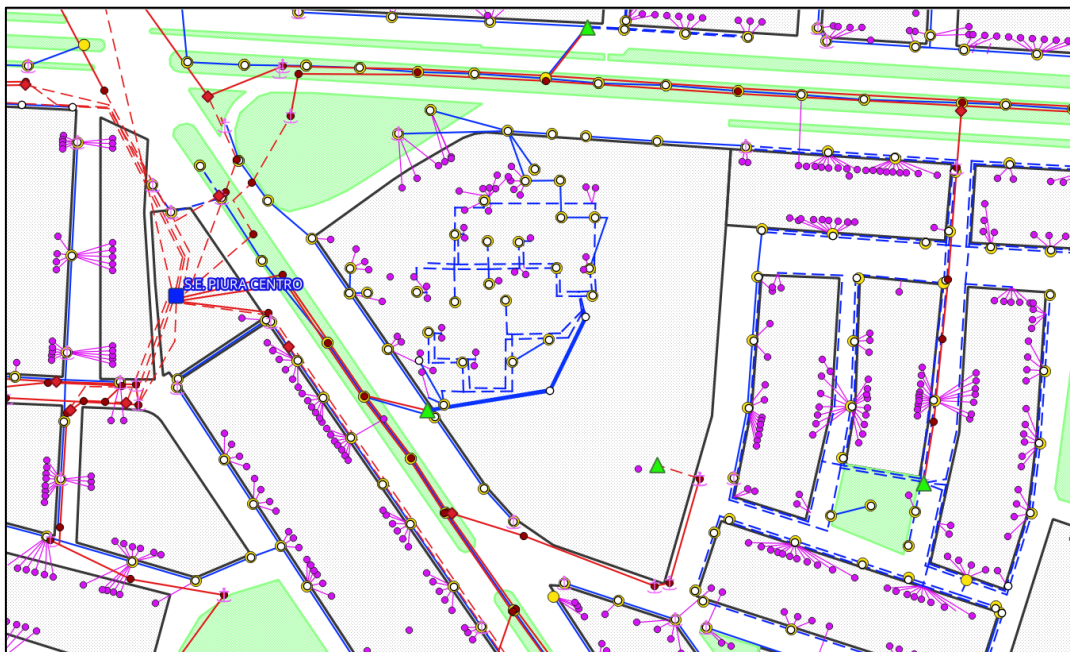


Nota. Adaptado de QGIS.

Aplicando los estilos correspondientes y mostrando u ocultando la capa, es posible visualizar en la figura 20, la red de distribución y comercialización de la subestación “Piura Centro” de ENOSA.

Figura 20

Red de distribución y comercialización de ENOSA



Nota. Adaptado de QGIS.

2.2.3 Activación de las imágenes satelitales en QGIS.

En el subcapítulo 2.2.2 se indica como se activa el complemento “QuickMapServices”, el cual permite visualizar las imágenes satelitales como Google Satelital, Google Road, Google Terrain entre otros, dentro de una capa en la interfaz de QGIS.

Este complemento se activa siguiendo los siguientes pasos:

- Teniendo la ventana de interfaz del QGIS abierto se debe ir a la barra de herramientas menú.
- Se da clic en Web > QuickMapServices > Google y se elige el tipo de imagen satelital Google que se crea conveniente.
- Aparecerá la capa con la imagen de Google satelital que fue escogida, aquí es importante el orden en que se coloca la capa en el panel de capas, ya que de ello dependerá que elemento o capa se va a sobre poner a otra al momento de visualizarlo en el plano. (ver figura 21)

Figura 21

Redes eléctricas con Google Satelital



Nota. Adaptado de QGIS.

2.3 Incorporación de nuevos datos a partir de formato CAD y Excel.

Para energizar un circuito o equipo eléctrico recientemente agregado en campo, se requiere de su registro y representación gráfica en la base de datos de ENOSA. En ese sentido la empresa a cargo de la ejecución de la obra debe brindar los planos en formato CAD del catastro y redes eléctricas, así como el listado de elementos agregados con sus coordenadas y características de cada elemento en formato de archivos Excel. Ambos formatos servirán para realizar el registro y representación gráfica de los nuevos circuitos en QGIS.

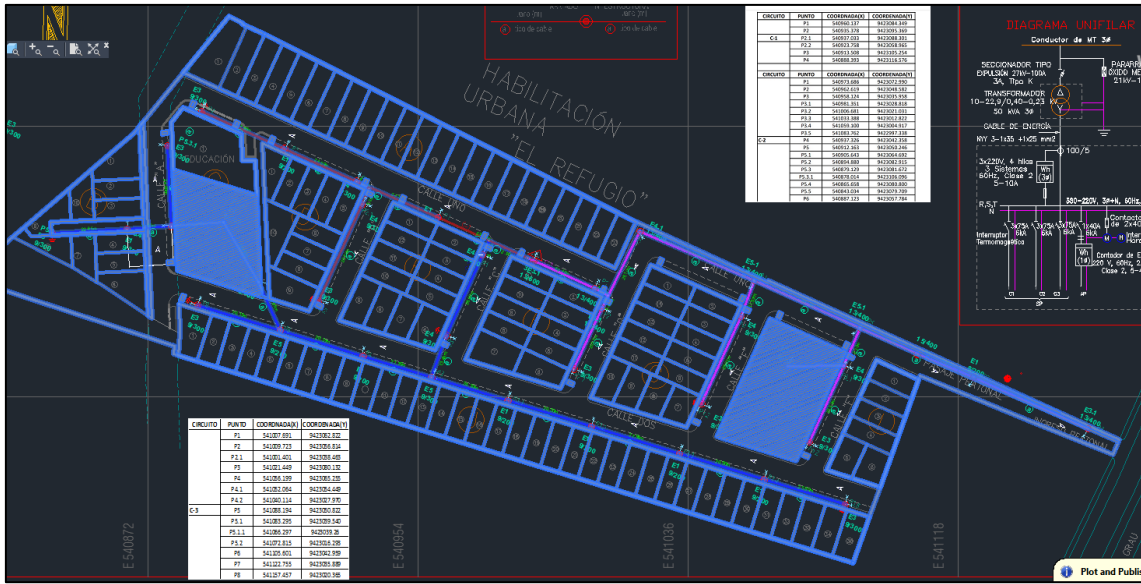
2.3.1 Exportación de los planos del software AutoCAD a QGIS.

Hay dos maneras de graficar el catastro donde se encuentran los nuevos elementos incorporados, la primera opción es dibujando cada manzana o parque guiándose de la imagen satelital, y la segunda opción es cargando el plano con el catastro desde AutoCAD y usarlo como plantilla en QGIS.

Proceso por seguir:

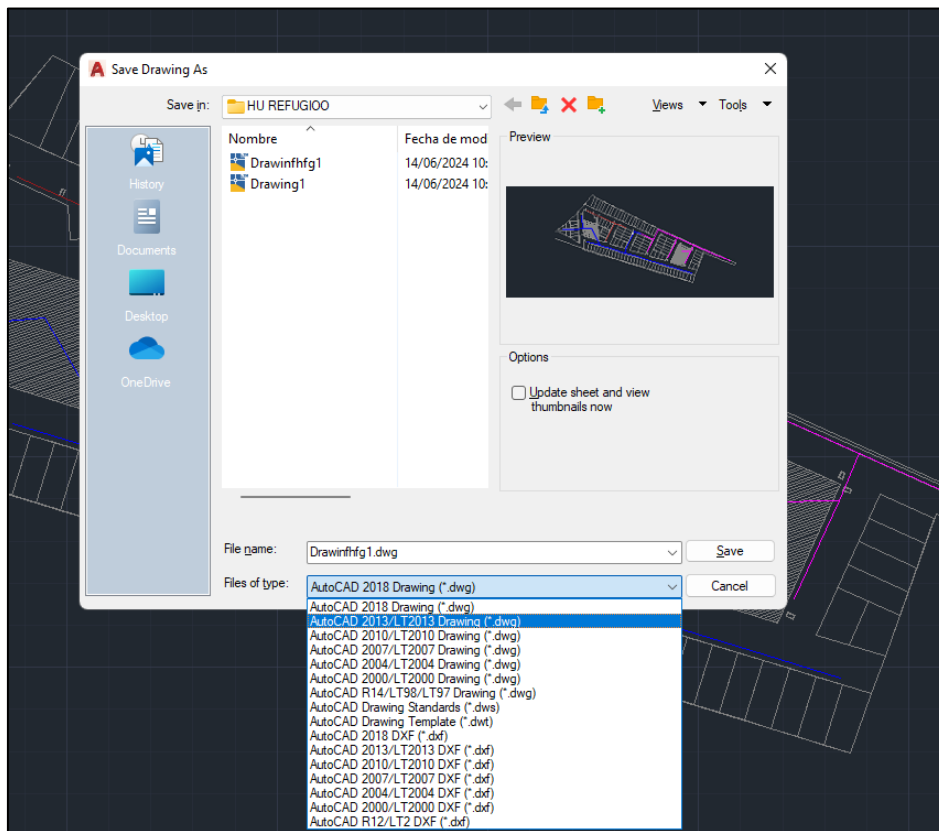
- En el software AutoCAD se abre el plano de la obra a graficar por nombre: plano SDS Refugio, se copia únicamente las áreas de manzanas y parque, y se coloca con las coordenadas originales en una nueva ventana dentro del proyecto. (ver figura 22 y anexo B)
- Ahora se guardará el nuevo proyecto, se da clic en guardar como y emerge la ventana para indicar la ubicación y el tipo de formato, se selecciona el formato (.dwg). (AutoCAD 2013) y se da clic en guardar. (ver imagen 23)
- Lo siguiente es abrir el archivo (.dwg) en QGIS. En QGIS se debe ingresar a la barra de herramientas menú, clic en proyecto > Importar/Exportar > Importar capas desde DWG/DXF. (ver figura 24)
- En la ventana de Importación DWG/DXF, se determina la ruta para guardar la capa exportada, y también se escoge el sistema de referencia de coordenada que pertenece al sector de Perú y se da en aceptar. (ver figura 25).
- En importar se debe seleccionar el archivo (.dwg) que fue guardado en AutoCAD, se le coloca un nombre para la capa en nombre de grupo y se da clic en aceptar. Se agrega la plantilla para poder agregar los polígonos de parques y manzanas de la zona donde se agregó las nuevas redes eléctricas. (ver figura 26)

Figura 22
Copiar catastro en AutoCAD



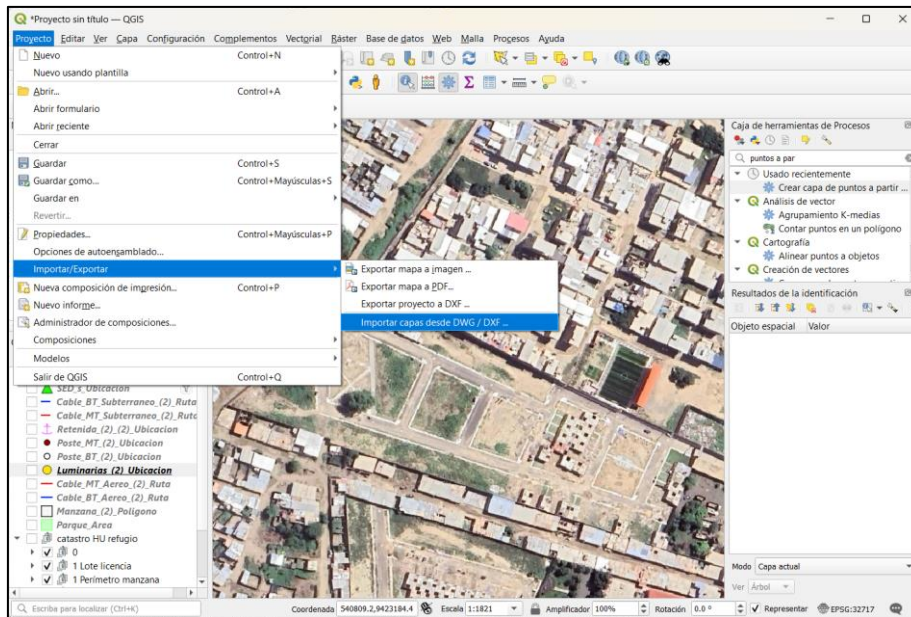
Nota. Adaptado de AutoCAD.

Figura 23
Guardar DWG en AutoCAD



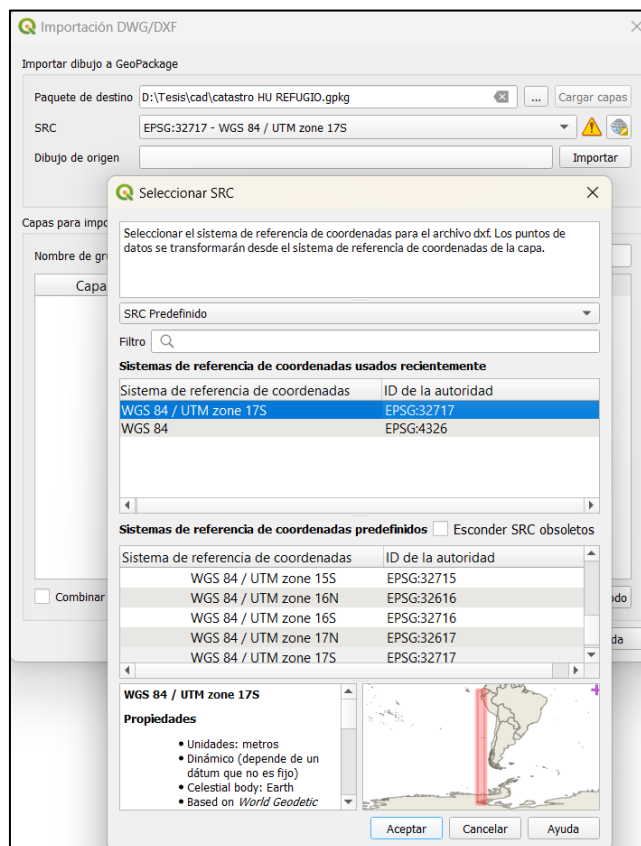
Nota. Adaptado de AutoCAD.

Figura 24
Importar DWG



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 25
Sistema de referencia de coordenadas



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 26

Catastro importado en QGIS



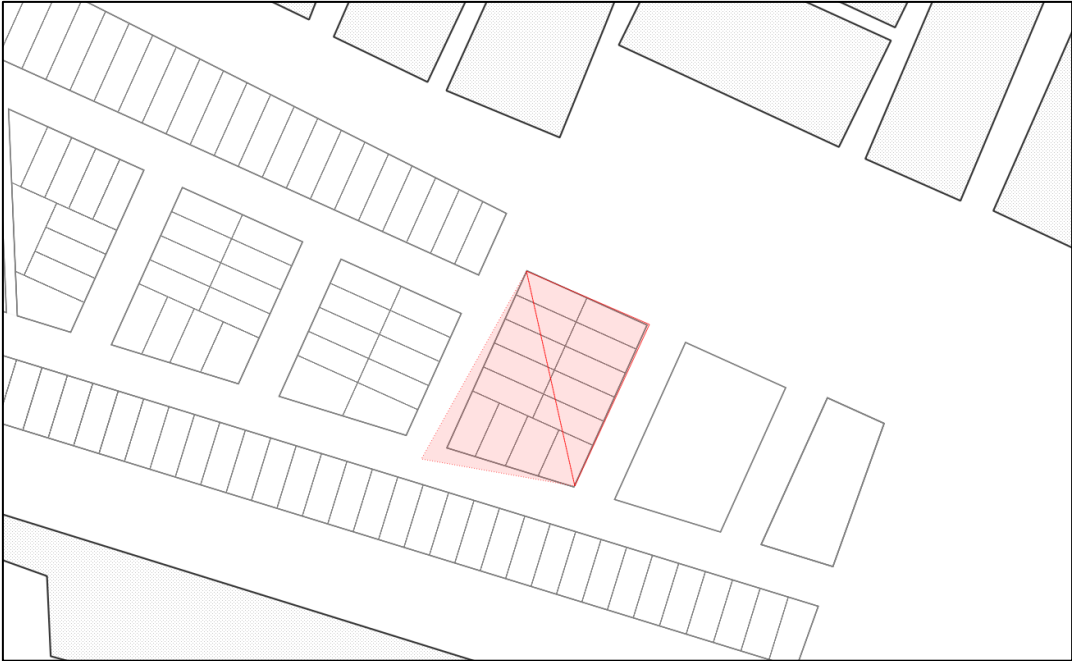
Nota. Adaptado de QGIS.

Ahora se agregarán las áreas a las capas de manzana y parque de la siguiente manera:

- Primero se debe seleccionar la capa de manzana y en la barra de herramientas se debe activar modo edición, en el icono del lápiz.
- Después le debe dar clic en “Añadir Polígono”, aparece un visor el cual permite ir graficando la manzana, dando clic en los vértices de los polígonos de la plantilla con la que se está trabajando. Para finalizar de graficar el polígono se le da clic derecho sobre el ultimo vértice. (ver figura 27)
- El mismo procedimiento para agregar las áreas de parque, una vez graficada los nuevos polígonos, se elimina la plantilla y se guardan los cambios realizados en la capa.
- Finalmente, el catastro esta agregado como se aprecia en la figura 28.
- QGIS cuenta con imagen satelital que permite una visión más real y sirve para corroborar la ubicación de las manzanas como se aprecia en la figura 29.

Figura 27

Crear polígono sobre plantilla



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 28

Manzanas y parque graficadas



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 29*Representación de polígonos con fondo satelital*

Nota. Adaptado de QGIS.

2.3.2 Exportación de los datos en formato Excel a QGIS.

Se entrega un formato en Excel de como presentar cada elemento con sus características como por ejemplo el poste, se pide coordenadas x-y, altura, esfuerzo, material, entre otros (ver figura 30), estos Excel se exportan a QGIS de la siguiente manera:

- Dentro de QGIS en la ventana de “Caja de herramientas de Procesos”, en el buscador se debe seleccionar la opción de “Crear capa de puntos a partir de tabla”.
- En capa de entrada se debe buscar el archivo Excel a subir, en los campos desplegados de “Campo X” y “Campo Y” se elige la fila de la ubicación de la coordenada x-y respectivamente del Excel. También se elige el sistema de referencia de coordenada y se da clic en ejecutar. (ver figura 31)
- Se grafican los postes nuevos con sus respectivos datos en una nueva capa denominada “Puntos”, se da clic en la capa puntos y en la barra de herramientas se da clic en “Copiar Objetos Espaciales”. (ver figura 32)
- Ahora se agregan los nuevos postes en la capa de “Poste BT”, dándole clic a la capa poste BT, modo edición, y en la barra de herramientas se selecciona la opción de “Pegar Objetos espaciales”, así se han añadido los postes nuevos a la base de datos de postes de ENOSA.

- El mismo procedimiento se debe seguir para el resto de los elementos, y así poder contar con una representación gráfica de los nuevos equipos agregados en campo, como se muestra en la figura 33.

Figura 30

Características de postes

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	item	locationx	locationy	material	height	class	strength	treatment	number	usage	owner_type	owner_name
2	1	547222.686	9425550.46	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197749	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
3	2	547202.686	9425550.48	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197750	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
4	3	547191.184	9425548.79	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197751	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
5	4	547166.684	9425548.81	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197752	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
6	5	547141.685	9425548.84	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197753	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
7	6	547122.185	9425548.85	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197754	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
8	7	547096.599	9425548.88	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197755	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
9	8	547067.585	9425548.91	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197756	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
10	9	547056.086	9425550.62	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197757	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
11	10	547036.085	9425550.64	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197758	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
12	11	547017.585	9425550.64	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 200	200 kg	CCA	197759	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
13	12	546999.086	9425550.67	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197760	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
14	13	546979.086	9425550.69	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197761	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
15	14	546967.585	9425549	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197762	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
16	15	546937.901	9425549.03	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197763	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
17	16	547032.735	9425543.63	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197764	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
18	17	547032.721	9425524.13	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197765	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
19	18	547032.698	9425504.63	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197766	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
20	19	547002.42	9425543.66	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197767	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
21	20	547002.401	9425524.16	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 200	200 kg	CCA	197768	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
22	21	547002.382	9425504.66	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197769	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
23	22	546975.739	9425543.69	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197770	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
24	23	546975.74	9425524.18	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197771	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
25	24	546975.702	9425504.69	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197772	Red secundaria	Distribuidora	Enosa
26	25	546967.533	9425494.98	Estructura de Concreto	9 m	Concreto 300	300 kg	CCA	197773	Red secundaria	Distribuidora	Enosa

Nota. Adaptado de Excel

Figura 31

Crear capa de puntos a partir de tabla

Crear capa de puntos a partir de tabla

Parámetros Registro

Capa de entrada
D:/TESIS_REDACCION/imagenes/zeta_imagenes/la campia/01.-estructuraBT.xlsx

Objetos seleccionados solamente

Campo X
abc Field2

Campo Y
abc Field3

Campo Z [opcional]

Campo M [opcional]

SRC objetivo
EPSG:4326 - WGS 84

Puntos a partir de tabla
[Crear capa temporal]

Abrir el archivo de salida después de ejecutar el algoritmo

0%

Avanzado Ejecutar como proceso por lotes... Ejecutar Cerrar Ayuda

Crear capa de puntos a partir de tabla

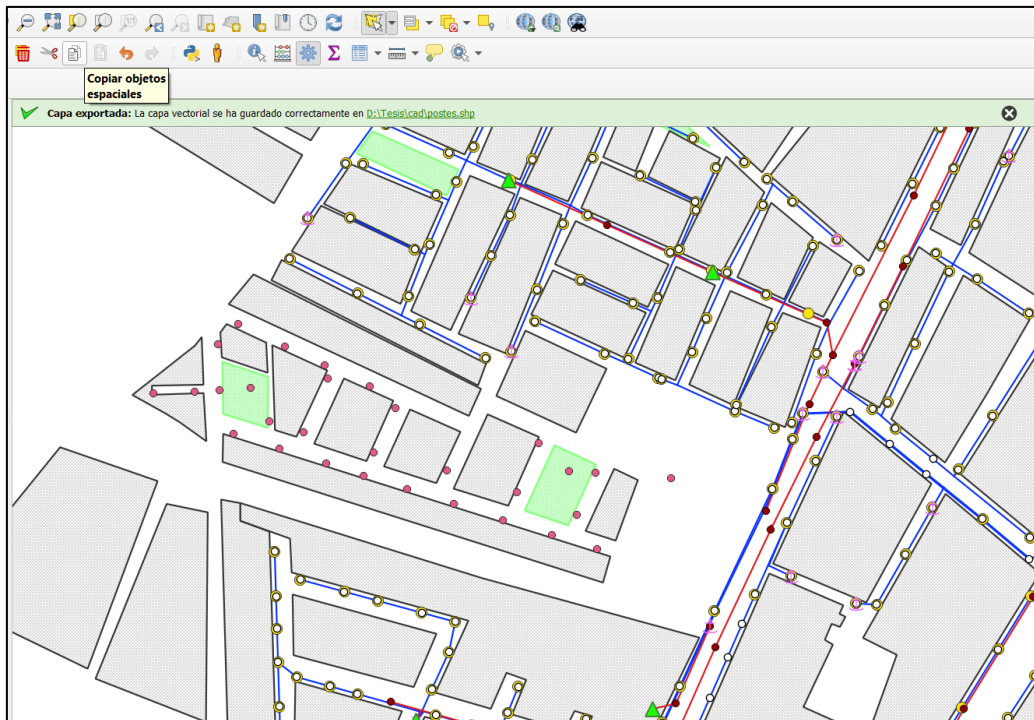
Este algoritmo genera una capa de puntos basados en los valores de la tabla de entrada.

La tabla debe contener un campo con la coordenada X para cada punto y otro con la coordenada Y, así como campos opcionales con valores Z y M. Se debe especificar un SRC para la capa de salida, y se asume que las coordenadas en la tabla están expresadas en las unidades usadas por ese SRC. La tabla de atributos de la capa resultante será la tabla de entrada.

Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 32

Postes creados a partir de tabla



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 33

Nuevos elementos agregados



Nota. Adaptado de QGIS.

2.4 Pruebas del sistema

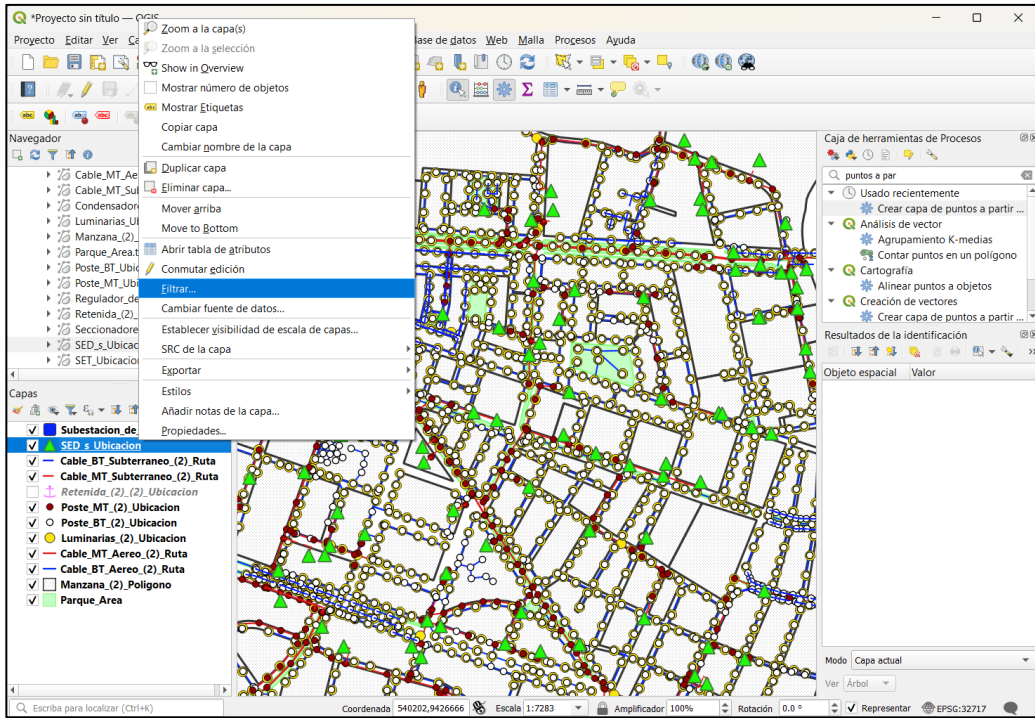
2.4.1 Filtrado de las capas en el programa QGIS

La base de datos de los elementos con los que cuenta ENOSA es muy extensa, una manera de aligerar la carga de búsqueda de un equipo o circuito específico es filtrando información en QGIS. Se puede filtrar un solo equipo a través de una sus campos de información como también todos los equipos que pertenezcan a un circuito específico mediante una característica en común.

Para filtrar en una sola capa la ubicación e información de una subestación con el que solo contamos con su código técnico, se debe realizar de la siguiente manera:

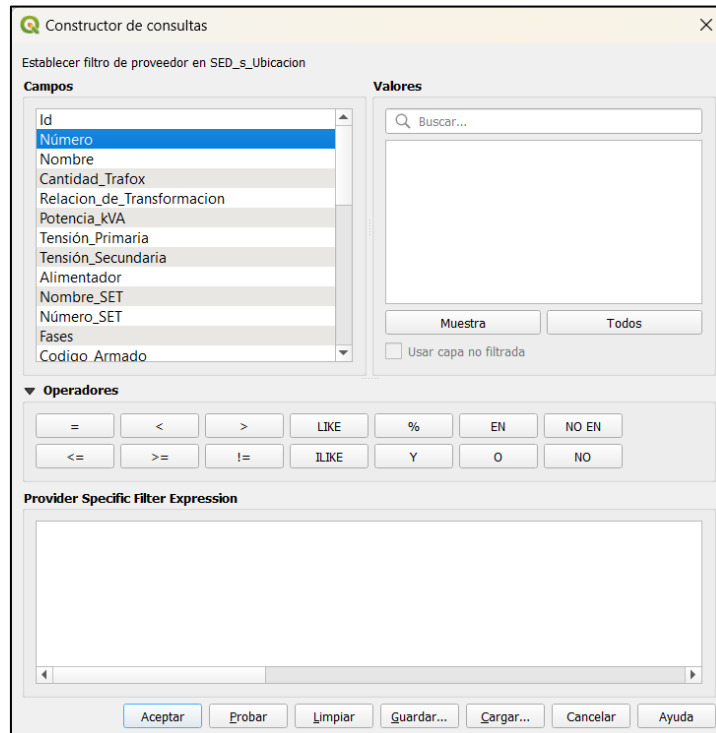
- Se debe dar clic a la capa “SED_Distribucion” y seleccionar “Filtrar” (ver figura 34)
- La subestación será filtrada por una de las condiciones expresada en el constructor de consultas, en este caso mediante la característica del código técnico que está representada con el campo de “Número”. (ver figura 35)
- Al darle doble clic al campo “Número”, este campo va a mostrar en el recuadro blanco que se encuentra en la parte inferior, seguido se pone el signo igual y entre comillas simple se pone el código técnico que representa a la subestación buscada. (ver figura 36)
- Se da clic en aceptar y en la pantalla de mapa se vería únicamente la subestación filtrada. (ver figura 37)

Figura 34
Seleccionado de filtrado



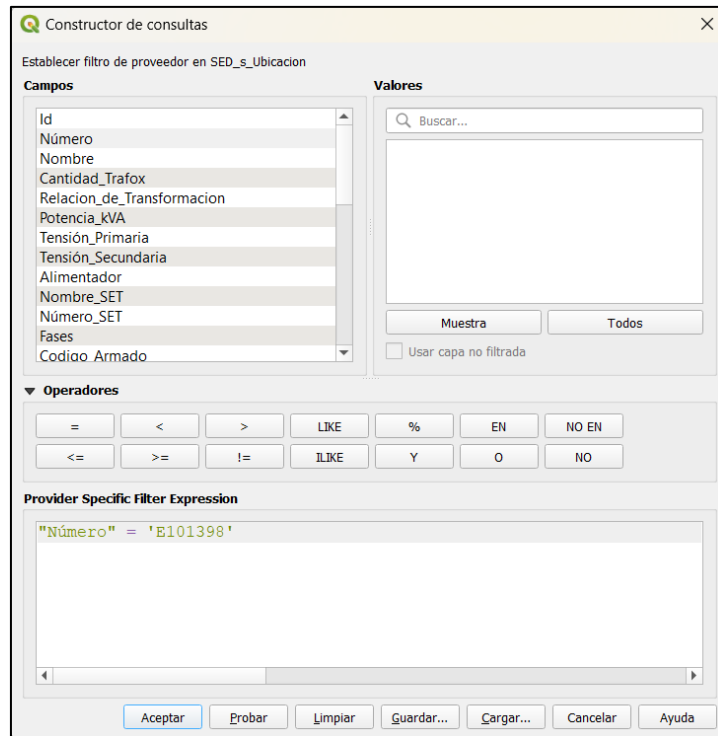
Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 35
Elegir campo a filtrar



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 36
Expresión para filtrar



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 37
Subestación filtrada



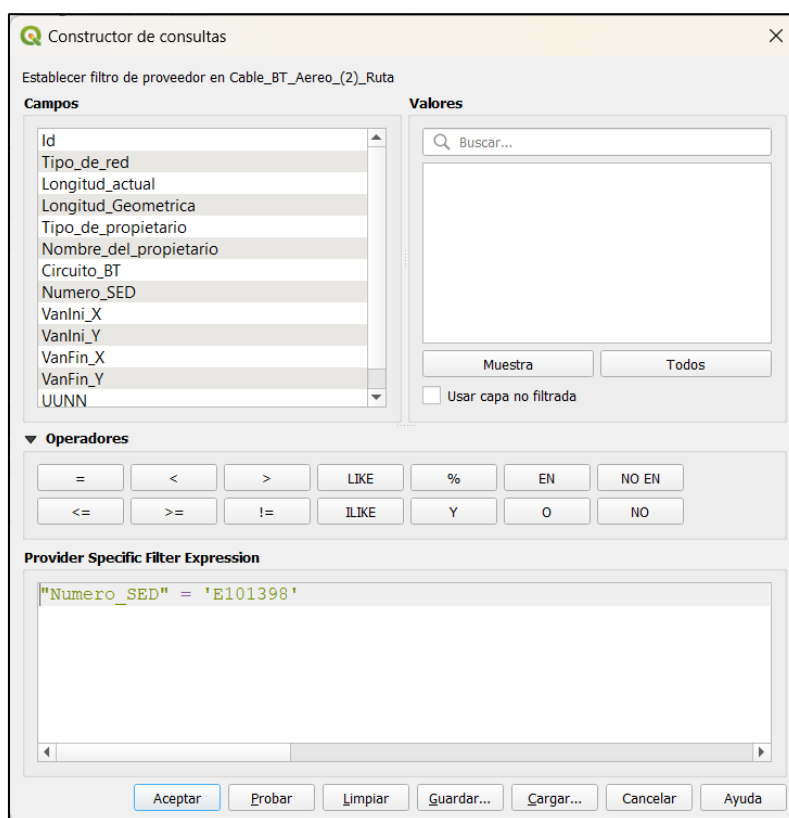
Nota. Adaptado de QGIS.

Para filtrar un área determinada o un circuito específico, a través de una característica en común y tomando como ejemplo todas las redes y equipos que pertenecen a la subestación “E101398” se sigue los siguientes pasos:

- Para la red eléctrica se selecciona la capa “Cable BT”, con clic derecho se escoge filtrar y el campo a elegir será “Número_SED” acompañado por el símbolo igual y entre comillas simple el número de la subestación. (ver figura 38)
- Las demás capas se filtran con el número de la subestación que es la característica en común que los une, y finalmente se tendrán todas las redes y equipos que se han bajado de la subestación filtrada, así como la red media tensión que lo alimenta. (ver figura 39)

Figura 38

Filtrado de cable BT mediante número de subestación



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 39

Elementos BT que pertenecen a la subestación filtrada



Nota. Adaptado de QGIS.

2.4.2 Categorizado de las capas en el programa QGIS.

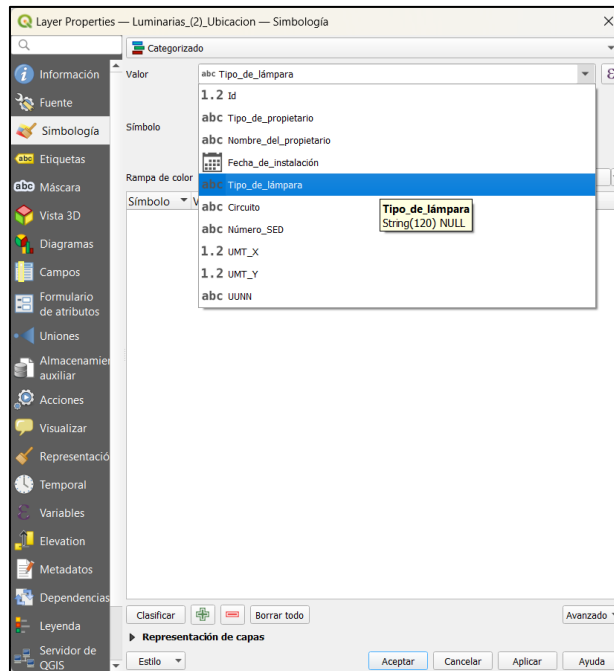
La herramienta de categorizado que brinda QGIS permite clasificar una capa mediante las características que presenta el elemento. Creando subcapas dentro de una capa.

En ENOSA se viene realizando la migración de las luminarias de tipo Sodio de alta presión a las luminarias tipo Led, la migración se está realizando por zonas específicas, pero estos cambios de tipo de luminarias que se han hecho en campo no están actualizados en la base de datos con la que se está trabajando actualmente. Por lo que un requerimiento común son los planos con los tipos de luminarias presentes en cada subestación de transformación para su inspección en campo.

Para el categorizado se da el siguiente procedimiento:

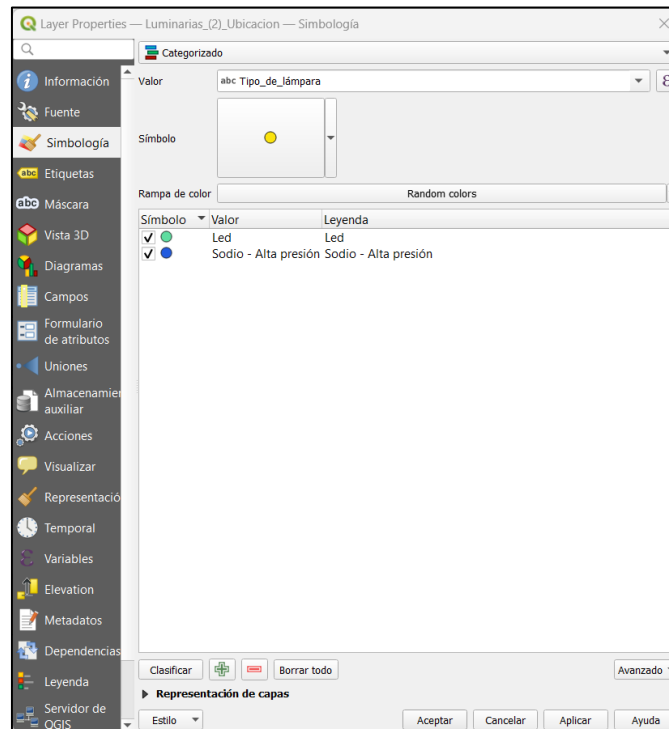
- Primero se debe dar doble clic sobre la capa de luminarias, con lo que emerge la ventana de “Layer Properties” donde se debe seleccionar el campo “Simbología”.
- En la barra superior se desplegarán varias opciones y debe elegir la opción de categorizado y en la barra de valor se elige “Tipo de Lámpara” (ver figura 40).
- Dar clic en clasificar y así se obtiene como resultado los tipos de lámpara con los que cuenta esa capa. (ver figura 41).
- Finalmente, dar clic en aceptar y así se tendrá representado gráficamente los sectores con los tipos de lámpara que hay en ENOSA. (ver figura 42)

Figura 40
Elegir valor de campo



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 41
Categorizado por tipo de lámpara



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 42

Tipos de luminarias en el centro de Piura



Nota. Adaptado de QGIS.

2.4.3 Demostración de la información de los atributos de los elementos en QGIS.

Las características y propiedades de los elementos eléctricos se pueden apreciar en la tabla de atributos de cada capa, dándole clic sobre la capa y seleccionando la opción “Abrir tabla de atributos”.

Luego emerge una ventana con una tabla, donde las filas representan un elemento espacial en el mapa y las columnas brindan cierta información del elemento. A esta información se le denomina atributo. (ver figura 43)

La tabla permite guardar, añadir, eliminar y editar atributos de los objetos como se aprecia en la figura 4.

Figura 43

Tabla de atributos de las subestaciones de transformación de ENOSA

Id	Número	Nombre	Cantidad_Trafo	Relación de Transformación	Potencia_kVA	Tensión Primaria	Tensión Secundaria	Alimentador
1	5029389	E152278	1277-1526	1	5kVA_[13.2_a_0...	5 22.9 KV	440 V	A1526
2	5029391	E160447	044-29	1	37.5kVA_[13.8_a...	37.5 13.8 KV	400 V	A1029
3	5029393	E160448	046-29	1	50kVA_[13.8_a...	50 13.8 KV	400 V	A1029
4	5029395	E152279	1278-1526	1	5kVA_[13.2_a_0...	5 22.9 KV	440 V	A1526
5	5029397	E160449	047-29	1	50kVA_[13.8_a...	50 13.8 KV	400 V	A1029
6	5029399	E152272	813-15	1	100kVA_[13.2_a...	100 10 KV	230 V	A1015
7	5029401	E152273	1272-1526	1	5kVA_[13.2_a_0...	5 22.9 KV	440 V	A1526
8	5029403	E152274	1273-1526	1	10kVA_[13.2_a...	10 22.9 KV	440 V	A1526
9	5029405	E152275	1274-1526	1	5kVA_[13.2_a_0...	5 22.9 KV	440 V	A1526
10	5029407	E152276	1275-1526	1	10kVA_[13.2_a...	10 22.9 KV	440 V	A1526
11	5029409	E152277	1276-1526	1	10kVA_[13.2_a...	10 22.9 KV	440 V	A1526
12	5029411	E120877	086-55	1	50kVA_[22.9_a...	50 22.9 KV	230 V	A1210
13	5029413	E152280	332-19	1	75kVA_[22.9-10...	75 22.9 KV	440 V	A1019
14	5029415	E152281	330-18	2	25kVA_[13.2_a...	25 22.9 KV	440 V	A1018
15	5029417	E130397	048-56	1	100kVA_[10_a_0...	100 10 KV	220 V	
16	5029419	E152282	609-1942	1	160kVA_[22.9_a...	160 10 KV	380 V	A1942
17	5029421	E152283	610-1942	1	250kVA_[22.9_a...	250 10 KV	380 V	A1942
18	5029423	E152284	327-19	1	5kVA_[13.2_a_0...	5 22.9 KV	440 V	A1019
19	5029425	E130398	265-38	1	50kVA_[13.2_a...	50 13.2 KV	400 V	A1305
20	5029427	E120878	096-50	1	50kVA_[10_a_0...	50 10 KV	400 V	A1050
21	5029429	E151255	455-1209	1	10kVA_[10_a_0...	10 10 KV	220 V	A1012

Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 44

Modificar los atributos de todos los objetos de la capa

SED_s_Ubicacion - Atributos del objeto espacial

Acciones

Id: 11012903

Número: E103206

Nombre: 3206-1123

Cantidad_Trafo: 1

Relación de Transformación: 50kVA_[22.9-10_a_0.38-0.22]_3

Potencia_kVA: 50

Tensión Primaria: 10 KV

Tensión Secundaria: 380 V

Alimentador: A1123

Nombre_SET: S.E. CASTILLA

Número_SET: P137

Fases: RST

Código Armado: SAM

Aceptar Cancelar

Nota. Adaptado de QGIS.

2.4.4 Generación de planos eléctricos.

QGIS permite la creación de planos y con el complemento de imagen satelital, facilita la comprensión de la representación de las redes y elementos eléctricos tal cual están ubicados en campo. Los planos se pueden exportar como imagen, archivo PDF, archivo SVG o imprimir directamente.

La representación en plano de las redes eléctricas en QGIS, permite visualizar de una forma más comprensible la información de los circuitos eléctricos, incluso para usuarios con poco o nulo conocimiento de electricidad.

Los requerimientos para generar planos eléctricos de las redes de distribución por alimentador y Subestación de transformación son muy concurridos y abundantes en el área GIS de la empresa. Los planos son generados mediante un proceso manual para el cual se realiza en un tiempo aproximado de 25 a 30 minutos por plano.

Como ejemplo de generación de un plano con proceso manual y haciendo uso de las herramientas del QGIS se graficaron las subestaciones de potencia de Piura con las líneas de transmisión que las interconectan, como se detalla paso a paso en el anexo E.

2.5 Implementación y prueba de código para generar planos eléctricos

Los requerimientos de planos de redes eléctricas clasificados por alimentador y por subestación son muy solicitados en el área, por lo que se generó un código (apéndice A) para optimizar el tiempo de generar planos eléctricos.

2.5.1 Funciones del Código

Para un mejor entendimiento se tomará captura de fragmentos del código y en la parte inferior se explica el significado de cada línea de código.

– Filtrar capa específica

Figura 45

Definición de la función

```
def aplicar_filtro(capa, campo, valores):
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Definición de la función: aplicar_filtro es una función que toma tres parámetros: capa, campo y valores.

capa: capa de datos o un objeto relacionado.

campo: el campo o atributo sobre el cual se aplicará el filtro.

valores: una lista de valores que se usarán para filtrar el campo especificado.

Figura 46*Generación de una cadena de valores citados*

```
valores_cit = ','.join([f"'{valor}'" for valor in valores])
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Generación de una cadena de valores citados:

Aquí se crea una lista de valores encerrados entre comillas simples (') usando una comprensión de lista. "join" se usa para concatenar estos valores, separados por comas y espacios, en una sola cadena.

Ejemplo: si valores es ['a', 'b', 'c'], valores_cit se convierte en "'a', 'b', 'c'".

Figura 47*Construcción de la cadena de filtro*

```
filtro = f"{campo} IN ({valores_cit})"
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Construcción de la cadena de filtro:

Se construye una cadena de filtro SQL-like usando una f-string (cadena formateada).

Se forma la expresión campo IN ('valor1', 'valor2', ...).

Ejemplo: si campo es 'nombre' y valores_cit es "'a', 'b', 'c'", entonces filtro será "nombre IN ('a', 'b', 'c')".

Figura 48*Aplicación del filtro a la capa*

```
capa.setSubsetString(filtro)
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Aplicación del filtro a la capa:

Se llama al método setSubsetString del objeto capa, pasándole la cadena de filtro creada.

Este método filtra los datos en la capa según la expresión proporcionada.

Figura 49*Impresión de confirmación*

```
print(f"Filtro aplicado en {capa.name()}: {filtro}")
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Impresión de confirmación:

Se imprime un mensaje indicando que el filtro ha sido aplicado, mostrando el nombre de la capa (`capa.name()`) y la cadena de filtro (`filtro`).

En resumen, esta función `aplicar_filtro` toma una capa de datos y aplica un filtro para seleccionar solo aquellos registros cuyo valor en un campo específico coincide con uno de los valores proporcionados en la lista. Luego, imprime una confirmación del filtro aplicado.

– **Limpiar filtro de capa específica**

Figura 50

Definición de la función

```
def limpiar_filtro(capa):
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Definición de la función: `limpiar_filtro` es una función que toma un parámetro: `capa`.

Figura 51

Limpieza del filtro

```
capa.setSubsetString("")
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Limpieza del filtro:

Se llama al método `setSubsetString` del objeto `capa` con una cadena vacía `""`.

Esto elimina cualquier filtro aplicado previamente en la capa, restaurando así la visualización completa de los datos.

Figura 52

Impresión de confirmación

```
print(f"Filtro limpiado en {capa.name()}")
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Impresión de confirmación:

Se imprime un mensaje indicando que el filtro ha sido limpiado en la capa, mostrando el nombre de la capa (`capa.name()`).

En resumen, la función `limpiar_filtro` elimina cualquier filtro aplicado previamente en una capa específica y confirma esta acción imprimiendo un mensaje con el nombre de la capa.

– **Zoom a elementos filtrados**

Figura 53

Definición de la función

```
def zoom_a_capa (capa) :
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Definición de la función: zoom_a_capa es una función que toma un parámetro: capa.

capa: se refiere a la capa de datos a la que se quiere hacer zoom.

Figura 54

Obtención de las características de la capa

```
seleccionador = capa.getFeatures ()
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Obtención de las características de la capa:

Se llama al método getFeatures() del objeto capa, que devuelve un iterador sobre las características (features) de la capa.

seleccionador será un objeto iterable que contiene todas las características de la capa.

Figura 55

Selección de todas las características

```
capa.selectByIds ([feat.id() for feat in seleccionador])
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Selección de todas las características:

Se utiliza una lista por comprensión para crear una lista de IDs de todas las características en seleccionador.

feat.id() obtiene el ID de cada característica.

capa.selectByIds() selecciona todas las características en la capa usando sus IDs.

Figura 56

Zoom a las características seleccionadas

```
iface.actionZoomToSelected().trigger ()
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Zoom a las características seleccionadas:

iface.actionZoomToSelected() es una acción que hace zoom a las características seleccionadas en la interfaz de usuario.

trigger() ejecuta esta acción, haciendo zoom a las características que fueron seleccionadas en la capa.

Figura 57

Remoción de la selección

```
capa.removeSelection()
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Remoción de la selección:

Se llama al método removeSelection() del objeto capa para deseleccionar todas las características en la capa después de hacer el zoom.

En resumen, la función zoom_a_capa selecciona todas las características de una capa, realiza un zoom en estas características en la interfaz de usuario y luego deselecciona las características. Esto es útil para centrar la vista en todas las características de una capa específica.

– Generar plano en PDF

Figura 58

Definición de la *función*

```
def generar_plano_pdf(capa, ruta, titulo, tamaño_hoja, orientacion):
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Definición de la función: generar_plano_pdf es una función que toma cinco parámetros:

capa: la capa de datos que se va a incluir en el PDF.

ruta: la ruta donde se guardará el archivo PDF.

título: el título que se mostrará en el PDF.

tamaño hoja: el tamaño de la hoja (ej. 'A4', 'A3').

orientación: la orientación de la hoja ('Horizontal' o 'Vertical').

Figura 59

Inicialización del *diseño de impresión*

```
proyecto = QgsProject.instance ()
layout = QgsPrintLayout (proyecto)
layout.initializeDefaults ()
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Inicialización del diseño de impresión:

Se obtiene la instancia actual del proyecto QGIS.

Se crea un objeto QgsPrintLayout asociado al proyecto.

Se inicializa el diseño con valores predeterminados.

Figura 60

Configuración del título

```
titulo_item = QgsLayoutItemLabel (layout)
titulo_item.setText (titulo)
titulo_item.setFont (QFont ('Arial', 18))
titulo_item.adjustSizeToText ()
layout.addLayoutItem (titulo_item)
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Configuración del título:

Se crea un objeto QgsLayoutItemLabel para el título.

Se establece el texto del título, la fuente y se ajusta el tamaño del cuadro de texto al texto.

Se añade el elemento de título al diseño.

Figura 61

Configuración del mapa

```
mapa_item = QgsLayoutItemMap (layout)
mapa_item.setRect (20, 20, 200, 100)
mapa_item.setExtent (iface.mapCanvas ().extent ())
layout.addLayoutItem (mapa_item)
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Configuración del mapa:

Se crea un objeto QgsLayoutItemMap para el mapa.

Se establece la posición y el tamaño del mapa dentro del diseño.

Se ajusta la extensión del mapa para que coincida con la extensión actual del lienzo del mapa.

Se añade el elemento del mapa al diseño.

Figura 62

Definición de los tamaños de hoja

```
tamaños_hojas = {
    'A0': (1189, 841),
    'A1': (841, 594),
    'A2': (594, 420),
    'A3': (420, 297),
    'A4': (297, 210),
    'A5': (210, 148)
}
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Definición de los tamaños de hoja:

Se crea un diccionario que asocia tamaños de hoja estándar con sus dimensiones en milímetros.

Figura 63

Ajuste del tamaño y orientación de la hoja

```
if tamaño_hoja in tamaños_hojas:
    width, height = tamaños_hojas[tamaño_hoja]
    if orientacion == 'Horizontal':
        width, height = height, width
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Ajuste del tamaño y orientación de la hoja:

Se verifica si el tamaño de hoja proporcionado está en el diccionario.

Se obtienen las dimensiones correspondientes.

Si la orientación es horizontal, se intercambian el ancho y el alto.

Figura 64

Configuración de la página y ajuste de elemento

```
layout.pageCollection().pages()[0].setPageSize(QgsLayoutSize(width, height))
layout.setUnits(QgsUnitTypes.LayoutMillimeters)
titulo_item.attemptMove(QgsLayoutPoint(10, 10))
mapa_item.attemptMove(QgsLayoutPoint(10, 30))
mapa_item.attemptResize(QgsLayoutSize(width - 20, height - 40))
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Configuración de la página y ajuste de elementos:

Se establece el tamaño de la página.

Se configuran las unidades del diseño en milímetros.

Se mueve y ajusta el tamaño del título y del mapa dentro del diseño.

Figura 65

Exportar a PDF

```
exporter = QgsLayoutExporter(layout)
result = exporter.exportToPdf(ruta, QgsLayoutExporter.PdfExportSettings())
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Exportación a PDF:

Se crea un objeto QgsLayoutExporter para exportar el diseño.

Se exporta el diseño a un archivo PDF en la ruta especificada.

Figura 66

Verificación del resultado de la exportación

```
if result == QgsLayoutExporter.Success:
    QMessageBox.information(None, "Éxito", f"El plano se guardó correctamente en: {ruta}")
else:
    QMessageBox.warning(None, "Error", "Error al generar el plano PDF")
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Verificación del resultado de la exportación:

Se muestra un mensaje de información si la exportación fue exitosa.

Se muestra un mensaje de advertencia si hubo un error en la exportación.

Figura 67

Definición de la clase FiltroDialog

```
class FiltroDialog(QDialog):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.setWindowTitle("Ingresar valores de filtro")
        self.layout = QVBoxLayout()
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Definición de la clase FiltroDialog:

Esta clase define una ventana de diálogo para ingresar los valores de filtro.

El constructor (`__init__`) inicializa la ventana y establece su título y diseño.

Figura 68

Configuración del tipo de filtro

```
self.label_tipo = QLabel("Seleccione el tipo de filtro:")
self.layout.addWidget(self.label_tipo)

self.tipo_combo = QComboBox()
self.tipo_combo.addItem("Numero_SED")
self.tipo_combo.addItem("Alimentador")
self.layout.addWidget(self.tipo_combo)
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Configuración del tipo de filtro:

Se crea una etiqueta y un cuadro combinado (combobox) para seleccionar el tipo de filtro.

Se añaden las opciones "Numero_SED" y "Alimentador" al cuadro combinado.

Figura 69

Entrada de valores de filtro

```
self.label_valores = QLabel("Ingrese los valores separados por comas:")
self.layout.addWidget(self.label_valores)

self.input_field = QLineEdit()
self.layout.addWidget(self.input_field)
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Entrada de valores de filtro:

Se crea una etiqueta y un campo de entrada (QLineEdit) para que el usuario ingrese los valores de filtro, separados por comas.

Figura 70

Selección del tamaño de la hoja

```
self.label_tamaño = QLabel("Seleccione el tamaño de la hoja:")
self.layout.addWidget(self.label_tamaño)

self.tamaño_combo = QComboBox()
self.tamaño_combo.addItem("A0")
self.tamaño_combo.addItem("A1")
self.tamaño_combo.addItem("A2")
self.tamaño_combo.addItem("A3")
self.tamaño_combo.addItem("A4")
self.tamaño_combo.addItem("A5")
self.layout.addWidget(self.tamaño_combo)
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Selección del tamaño de la hoja:

Se crea una etiqueta y un cuadro combinado para seleccionar el tamaño de la hoja.

Se añaden las opciones de tamaño de hoja al cuadro combinado.

Figura 71

Selección de la orientación de la hoja

```
self.label_orientacion = QLabel("Selecione la orientación de la hoja:")
self.layout.addWidget(self.label_orientacion)

self.orientacion_combo = QComboBox()
self.orientacion_combo.addItem("Horizontal")
self.orientacion_combo.addItem("Vertical")
self.layout.addWidget(self.orientacion_combo)
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Selección de la orientación de la hoja:

Se crea una etiqueta y un cuadro combinado para seleccionar la orientación de la hoja.

Se añaden las opciones "Horizontal" y "Vertical" al cuadro combinado.

Figura 72

Botón OK y finalización del diseño

```
self.ok_button = QPushButton("OK")
self.ok_button.clicked.connect(self.accept)
self.layout.addWidget(self.ok_button)

self.setLayout(self.layout)
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Botón OK y finalización del diseño:

Se crea un botón "OK" que, al ser clicado, acepta y cierra el diálogo.

Se añade el botón al diseño y se establece el diseño de la ventana.

Figura 73

Método para obtener los valores del diálogo

```
def get_values(self):
    tipo_filtro = self.tipo_combo.currentText()
    valores = [x.strip() for x in self.input_field.text().split(',') if x.strip()]
    tamaño_hoja = self.tamaño_combo.currentText()
    orientacion = self.orientacion_combo.currentText()
    return tipo_filtro, valores, tamaño_hoja, orientacion
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Método para obtener los valores del diálogo:

Este método recoge los valores seleccionados/ingresados por el usuario y los devuelve.

Figura 74

Creación y ejecución del diálogo

```
dialog = FiltroDialog()
if dialog.exec_() == QDialog.Accepted:
    tipo_filtro, listadoSED, tamaño_hoja, orientacion = dialog.get_values()
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Creación y ejecución del diálogo:

Se crea una instancia de FiltroDialog y se muestra el diálogo.

Si el usuario acepta el diálogo, se recogen los valores seleccionados.

Figura 75

Lista de nombres de capa

```
capas_nombres = [
    'Poste_MT_Ubicacion',
    'Seccionadores_Pin1',
    'Cable_MT_Subteraneo_Ruta',
    'Cable_MT_Aereo_Ruta',
    'SED_s_Ubicacion',
    'Poste_BT_Ubicacion',
    'Luminarias_Ubicacion',
    'Punto_de_servicio_para_ajuste_Ubicacion',
    'Cable_BT_Subteraneo_Ruta',
    'Cable_BT_Aereo_Ruta',
    'Acometida_BT_Subteraneo_Ruta',
    'Acometida_BT_Aerea_(2)_Ruta',
]
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Lista de nombres de capas:

Se define una lista con los nombres de las capas que se van a buscar en el proyecto.

Figura 76

Búsqueda y almacenamiento de capas

```
capas = {}
for nombre in capas_nombres:
    capa = QgsProject.instance().mapLayersByName(nombre)
    if capa:
        capas[nombre] = capa[0]
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Búsqueda y almacenamiento de capas:

Se itera sobre los nombres de las capas, buscando cada una en el proyecto.

Si se encuentra una capa con el nombre dado, se añade al diccionario capas.

Figura 77

Verificación de capas encontradas

```
if not capas:
    QMessageBox.warning(None, "Error", "No se encontraron capas activas. El proceso ha sido cancelado.")
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Verificación de capas encontradas:

Si no se encontró ninguna capa activa, se muestra un mensaje de advertencia y se cancela el proceso.

Figura 78

Aplicación de filtro, zoom y generación de PDF

```
else:
    # Procesar cada valor en listadoSED
    for valor_filtro in listadoSED:
        try:
            # Aplicar filtros en las capas
            for capa in capas.values():
                if capa.name() == 'SED_s Ubicacion' and tipo_filtro == 'Numero_SED':
                    aplicar_filtro(capa, "Numero", [valor_filtro])
                else:
                    aplicar_filtro(capa, tipo_filtro, [valor_filtro])

            # Hacer zoom a la capa Poste_BT Ubicacion filtrada
            if 'Cable_MT_Aereo_Ruta' in capas:
                zoom_a_capa(capas['Cable_MT_Aereo_Ruta'])
            else:
                raise ValueError("No se encontró la capa 'Cable_MT_Aereo_Ruta'")

            # Generar el plano en PDF con el nombre basado en el valor del filtro
            ruta_pdf = f"C:/Users/112enoiapr02/Desktop/PLANOS.PY/{valor_filtro}.pdf"
            generar_plano_pdf(capas['Cable_MT_Aereo_Ruta'], ruta_pdf, f"Plano_{valor_filtro}", tamaño_hoja, orientacion)
        except ValueError as e:
            print(f"No se generó el plano para {valor_filtro}: {e}")
        finally:
            # Limpiar filtros
            for capa in capas.values():
                limpiar_filtro(capa)
```

Nota. Adaptado de QGIS.

Aplicación de filtros, zoom y generación de PDF:

Para cada valor en listadoSED, se intenta:

Aplicar el filtro a las capas según el tipo de filtro.

Hacer zoom a la capa Cable_MT_Aereo_Ruta.

Generar un PDF con el nombre basado en el valor del filtro.

Si ocurre algún error, se imprime un mensaje.

Finalmente, se limpian los filtros de todas las capas.

En resumen, el código completo permite filtrar los elementos de las capas, hacer zoom al área de los elementos de la capa específica, generar un plano en PDF y limpiar los filtros aplicados, todo esto mediante una interfaz gráfica donde el usuario puede ingresar los valores de filtro y seleccionar opciones de configuración.

2.5.2 Prueba del Código

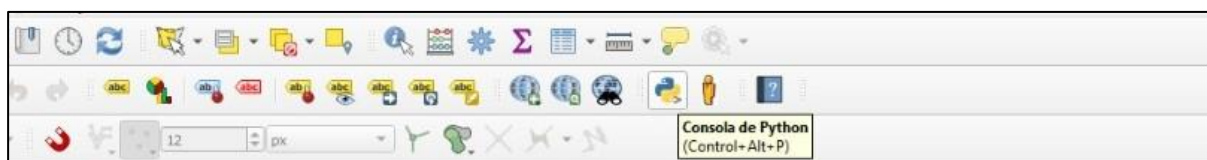
La generación de un plano por alimentador o subestación de transformación conlleva aproximadamente 20 minutos, teniendo en cuenta que ENOSA cuenta con 131 alimentadores (ver tabla 3), y más de 8 000 transformadores de potencia (ver tabla 5), la creación del código optimiza este proceso, haciendo la generación de un plano en aproximadamente 30 segundos.

La ejecución del código se realiza de la siguiente manera:

- En la barra de herramientas de la interfaz de QGIS se da clic en el icono de nombre “Consola de Python”. (ver imagen 79)
- En la ventana emergente de consola de Python se selecciona el icono de “Mostrar editor”. (ver imagen 80)
- Se abre otra ventana dentro de la consola de Python donde se ingresa el código, se puede agregar buscando la carpeta de procedencia (ver imagen 81) o copiando el código directamente (ver imagen 82).
- Se da clic en “Ejecutar script” para comenzar a correr el código.
- En la ventana emergente de “Ingresar valores de filtro” generado por el código, se selecciona el tipo de filtro, el valor del elemento a filtrar, el tamaño y orientación de la hoja y se da clic en “Ok”. (ver figura 83).
- Emerge una venta de alerta de generación de plano exitoso (ver figura 84), se da clic en aceptar y se abre el plano guardado en la carpeta predestinada en el código.
- El plano filtrado por alimentador con las redes eléctricas se aprecia en la figura 85 (plano_A1003) y con el mismo procedimiento para el plano filtrado por subestación de transformación se muestra en la figura 86 (plano_E102873).

Figura 79

Icono de consola de Python



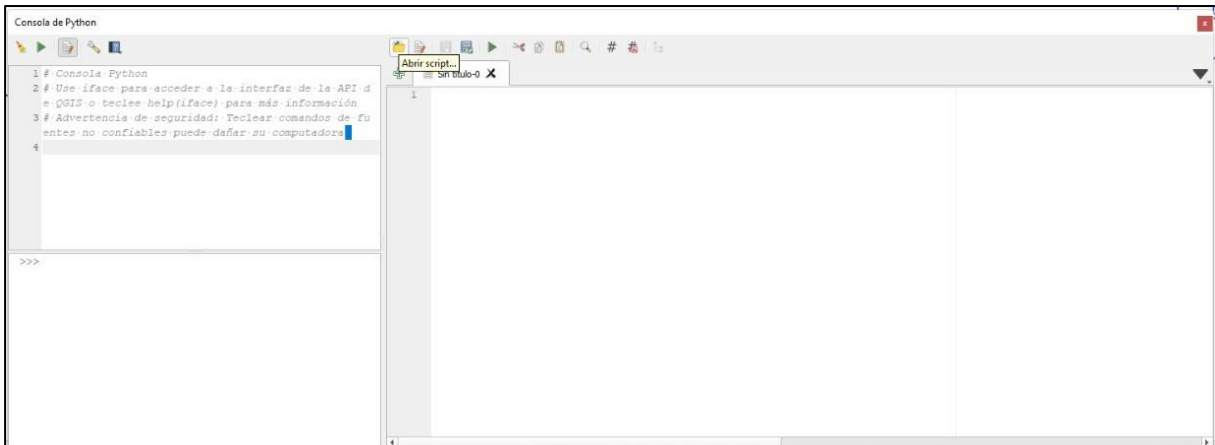
Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 80
Consola de Python



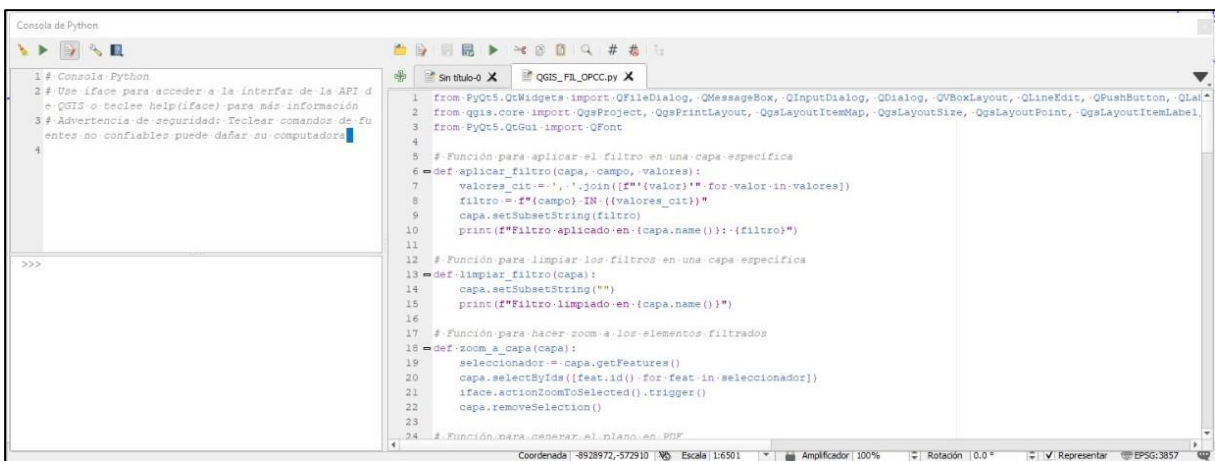
Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 81
Abrir código desde carpeta



Nota. Adaptado de QGIS.

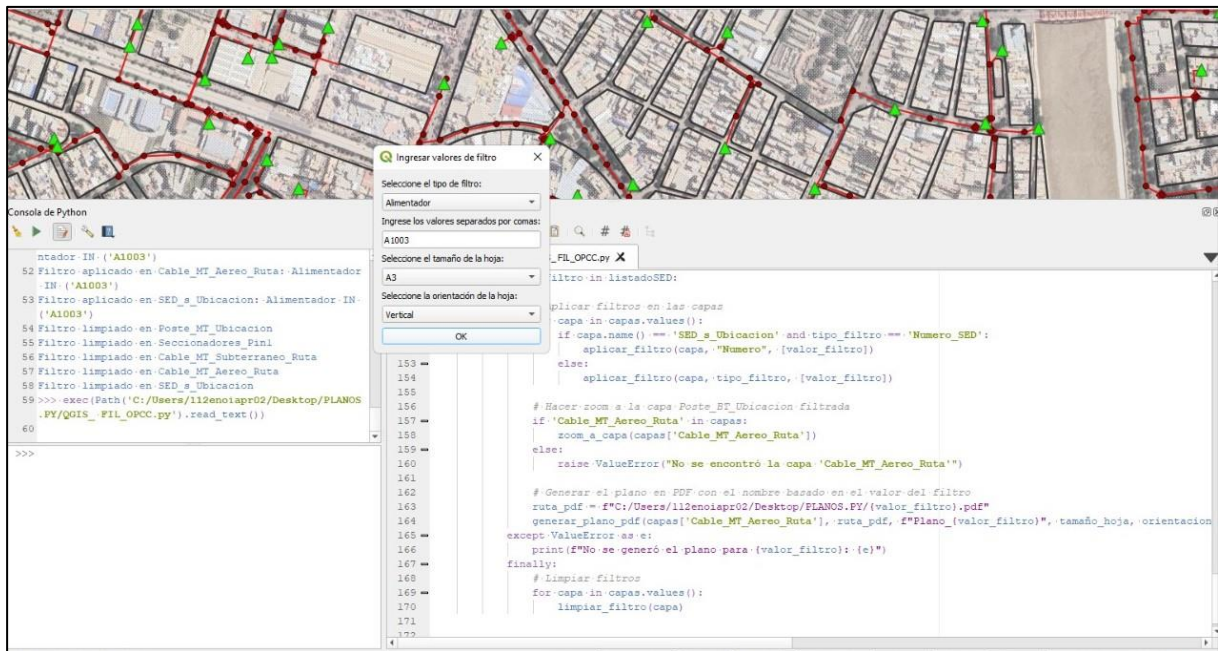
Figura 82
Copiar código en hoja de editor



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 83

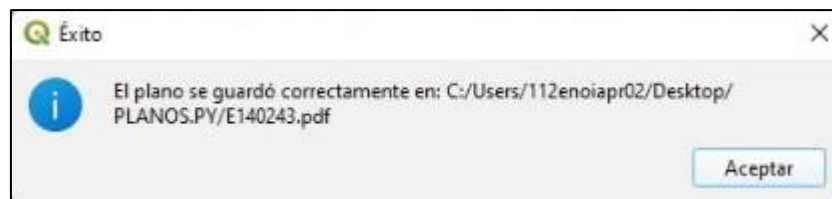
Ingresar valores de filtro



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 84

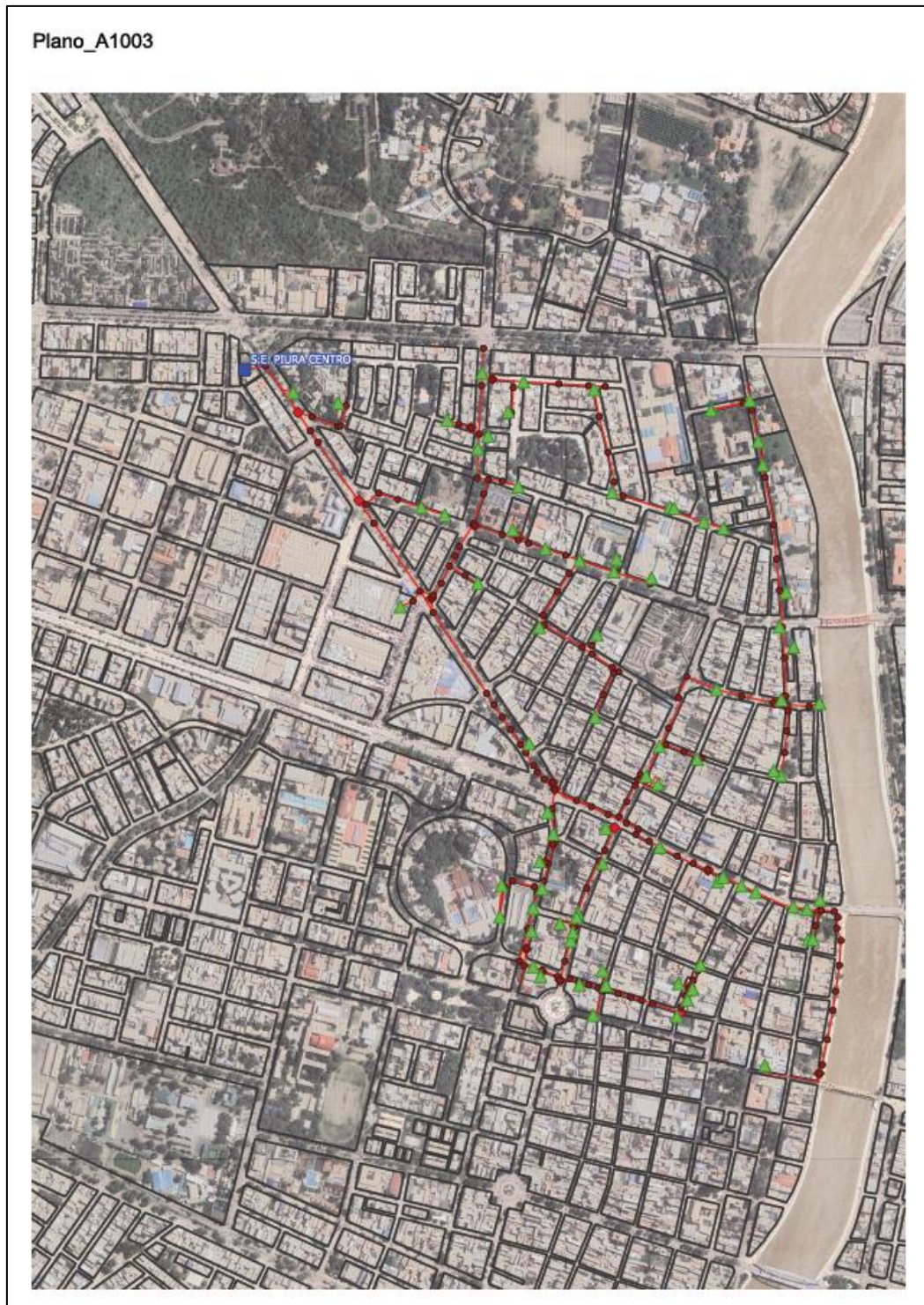
Ventana de alerta



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 85

Plano generado por alimentador



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 86

Plano generado por subestación de transformación



Nota. Adaptado de QGIS.

2.6 Análisis de resultados.

QGIS es un programa de código abierto de gestión de información geográfica y alfanumérica en el cual se ha incorporado y adaptado la base de datos de elementos eléctricos de la empresa ENOSA, para facilitar el manejo del control de las redes y dar acceso de fácil uso a múltiples usuarios.

Cuando se tienen nuevas incorporaciones de redes eléctricas en un sector determinado, se trabaja con archivos (.dwg), pero estos archivos solo permiten trabajar de manera independiente su archivo CAD, sería muy tedioso y pesado cargar toda la base de datos en un archivo CAD. Sin embargo, con el software QGIS se podrá tener de manera geográfica y alfanumérica la base de datos de las redes eléctricas de ENOSA, en donde se podrá realizar nuevas inserciones, actualizaciones o eliminación de datos, en un mismo proyecto. Permitiendo mejorar la eficiencia operativa, optimizar recursos, aumentar la confiabilidad del sistema eléctrico, garantizar la seguridad y el servicio continuo a los usuarios.

El software licenciado Smallworld no solo funciona como un gestor de datos de las redes eléctricas, también permite conectar los elementos eléctricos mediante la creación de

áreas de circuito, para después la información ser cargada al sistema SCADA¹² con la que cuenta la empresa. Es por ello por lo que, generar un cambio de un elemento conlleva de múltiples pasos, lo que en QGIS se realiza en un menor número de pasos, ya que solo es un sistema de georreferenciación de fácil uso.

Con la implementación de este proyecto la información catastral permite ser gestionada y centralizada, ya que permite tener la información en un almacén de datos que puede ser compartida con otros usuarios autorizados o usuarios que requieran hacer consultas y gestión de la información georreferenciada ya sea para proyectos de mantenimiento o para prevenir posibles interferencias con la realización de una obra.

La representación de los planos eléctricos en QGIS con fondo satelital georreferenciado permiten y facilita la comprensión de planos eléctricos técnicos a usuarios que están empezando o tiene poco conocimiento de redes eléctricas, como es el caso del DU del sistema eléctrico de transmisión de ENOSA donde se representa únicamente por figuras geométricas como líneas y circunferencias.

Optimizar el proceso de generación de planos mejora el rendimiento y desempeño de los usuarios que se encargan de la inspección de las redes, como fue la elaboración de los 31 planos de cada alimentador de la subestación “Piura Centro” en menos de 20 minutos.

¹² Herramienta de automatización y control industrial.

Conclusiones

Después de realizar la aplicación del software libre QGIS para la gestión de datos de las redes de distribución eléctrica, se obtienen las siguientes conclusiones:

Implementar el software libre QGIS para la gestión de datos de redes de distribución eléctrica ha demostrado ser altamente beneficioso y eficiente en el sector eléctrico debido a su interfaz intuitiva y amigable. QGIS ofrece herramientas robustas para la visualización, análisis y gestión de datos geoespaciales, permitiendo una integración fluida de información geográfica y alfanumérica como se evidencio en este proyecto. Esta implementación no solo facilita la toma de decisiones informadas y la planificación estratégica, sino que también mejora la precisión y la eficiencia en la gestión de la infraestructura eléctrica, como es el caso del área de calidad de producto que optimiza la búsqueda en la ubicación e información de los suministros para sus análisis e inspecciones mensuales.

La capacidad de QGIS para ser compatible con una amplia variedad de formatos ha facilitado la integración de información de redes eléctricas existente migradas desde el software licenciado Smallworld y de la incorporación de nueva información mediante formatos CAD y archivos Excel.

Debido al costo elevado de los softwares SIG licenciados, únicamente eran las grandes empresas las que podían contar con esas plataformas, QGIS al ser un software gratuito y de código abierto brinda la facilidad de gestionar datos georreferenciados a pequeñas empresas o entidades que deseen controlar la red de distribución eléctrica.

La generación de un código para optimizar el proceso de elaboración de planos de redes eléctricas mediante la consola de Python dentro de QGIS, ha sido muy beneficiosa y eficiente, ya que al automatizar tareas repetitivas y laboriosas ha reducido considerablemente el tiempo de generación de los planos eléctricos georreferenciados. Además, al utilizar Python dentro de QGIS, se aprovechan las capacidades de scripting para personalizar y mejorar los flujos de trabajo específicos del proyecto, adaptándolos a las necesidades y requisitos particulares del sector eléctrico.

El proyecto ha resaltado las ventajas del sistema de información geográfica QGIS en la gestión de redes eléctricas, destacando su capacidad para adaptarse también a redes de distribución de agua, gas, alcantarillado, agricultura, y gestión territorial, entre otros sectores. QGIS, como software de código abierto, permite la integración de funcionalidades adicionales y la automatización de tareas mediante Python, demostrando ser una herramienta poderosa y flexible para aplicaciones que requieren el manejo de datos espaciales.

Con el empleo del sistema de información geográfica libre QGIS para gestionar datos de redes de distribución eléctrica, también se logra motivar a las entidades e instituciones que trabajan con información catastral y georreferenciada a que se orienten en el manejo y uso de este tipo de tecnología, no solo por su fácil manejo de sus herramientas que lo hacen una

interfaz amigable, sino también porque su información es dinámica en el tiempo, es decir que permite realizar cambios e ir almacenándolos y solo mostrar a los usuarios interesados la información actual existente en campo.



Referencias

- Boyle, G. (2012). *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*. Oxford.
- COES. (2024). *COES*. Obtenido de <https://www.coes.org.pe/portal/>
- Distriluz. (2019). Obtenido de <https://www.distriluz.com.pe/transp/ftp/ensa/otros/varios/Resol-GG-016-2019.pdf>
- Fonafe. (s.f.). *Electronoroeste - empresasdelacorporacion*. Recuperado el 27 de Mayo de 2024, de Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado - FONAFE: <https://www.fonafe.gob.pe/empresasdelacorporacion/electronoroestesa>
- Garro, F. (2023). *Plataforma para el desarrollo del hidrogeno verde en Latinoamerica y el Caribe*. Obtenido de <https://h2lac.org/atlas-h2lac/peru/#:~:text=La%20matriz%20energ%C3%A9tica%20del%20Per%C3%BA,27%20termoel%C3%A9ctrica%20y%207%20solar>.
- Gas Turbine Engineering Handbook*. (2012). Estados Unidos: Butterworth-Heinemann.
- GE VERNOVA. (2024). Obtenido de <https://www.governova.com/grid-solutions/press/gepress/smallworldgeospatialanalysislite431.htm>
- Mora, A. (2015). *SlidePlayer*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/5417102/>
- PROMELSA. (21 de Febrero de 2024). Obtenido de <https://www.promelsa.com.pe/blog/post/que-es-seccionador-media-tension.html>
- UNESA. (2024). *Cienciasfera*. Obtenido de https://www.cienciasfera.com/materiales/tecnologia/tecno01/tema03/1_energa_hidraulica.html
- Universidad Veracruzana. (2024). *Universidad Veracruzana*. Obtenido de <https://www.uv.mx/cuo/files/2013/05/Manual-QGIS-CUOM.pdf>

Apéndices



Apéndice A. Código para generar planos eléctricos en QGIS

```

from PyQt5.QtWidgets import QFileDialog, QMessageBox, QInputDialog, QDialog,
QVBoxLayout, QLineEdit, QPushButton, QLabel, QComboBox
from qgis.core import QgsProject, QgsPrintLayout, QgsLayoutItemMap,
QgsLayoutSize, QgsLayoutPoint, QgsLayoutItemLabel, QgsUnitTypes,
QgsLayoutExporter, QgsRectangle
from PyQt5.QtGui import QFont

# Función para aplicar el filtro en una capa específica
def aplicar_filtro(capa, campo, valores):
    valores_cit = ', '.join([f"'{valor}'" for valor in valores])
    filtro = f"{campo} IN ({valores_cit})"
    capa.setSubsetString(filtro)
    print(f"Filtro aplicado en {capa.name()}: {filtro}")

# Función para limpiar los filtros en una capa específica
def limpiar_filtro(capa):
    capa.setSubsetString("")
    print(f"Filtro limpiado en {capa.name()}")

# Función para hacer zoom a los elementos filtrados
def zoom_a_capa(capa):
    seleccionador = capa.getFeatures()
    capa.selectByIds([feat.id() for feat in seleccionador])
    iface.actionZoomToSelected().trigger()
    capa.removeSelection()

# Función para generar el plano en PDF
def generar_plano_pdf(capa, ruta, titulo, tamaño_hoja, orientacion):
    proyecto = QgsProject.instance()
    layout = QgsPrintLayout(proyecto)
    layout.initializeDefaults()

    titulo_item = QgsLayoutItemLabel(layout)
    titulo_item.setText(titulo)
    titulo_item.setFont(QFont('Arial', 18))
    titulo_item.adjustSizeToText()
    layout.addLayoutItem(titulo_item)

    mapa_item = QgsLayoutItemMap(layout)
    mapa_item.setRect(20, 20, 200, 100)
    mapa_item.setExtent(iface.mapCanvas().extent())
    layout.addLayoutItem(mapa_item)

# Ajustar tamaño de hoja según selección
tamaños_hojas = {
    'A0': (1189, 841),
    'A1': (841, 594),
    'A2': (594, 420),
    'A3': (420, 297),
    'A4': (297, 210),

```

```

'A5': (210, 148)
}

if tamaño_hoja in tamaños_hojas:
    width, height = tamaños_hojas[tamaño_hoja]
    if orientacion == 'Horizontal':
        width, height = height, width

    layout.pageCollection().pages()[0].setPageSize(QgsLayoutSize(width,
height)) # TAMAÑO DE LA HOJA
    layout.setUnits(QgsUnitTypes.LayoutMillimeters)
    titulo_item.attemptMove(QgsLayoutPoint(10, 10))
    mapa_item.attemptMove(QgsLayoutPoint(10, 30))
    mapa_item.attemptResize(QgsLayoutSize(width - 20, height - 40))

    exporter = QgsLayoutExporter(layout)
    result = exporter.exportToPdf(ruta,
QgsLayoutExporter.PdfExportSettings())
    if result == QgsLayoutExporter.Success:
        QMessageBox.information(None, "Éxito", f"El plano se guardó
correctamente en: {ruta}")
    else:
        QMessageBox.warning(None, "Error", "Error al generar el plano PDF")

# Ventana de entrada para ingresar los valores de Numero_SED o Alimentador
class FiltroDialog(QDialog):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.setWindowTitle("Ingresar valores de filtro")
        self.layout = QVBoxLayout()

        self.label_tipo = QLabel("Seleccione el tipo de filtro:")
        self.layout.addWidget(self.label_tipo)

        self.tipo_combo = QComboBox()
        self.tipo_combo.addItem("Numero_SED")
        self.tipo_combo.addItem("Alimentador")
        self.layout.addWidget(self.tipo_combo)

        self.label_valores = QLabel("Ingrese los valores separados por
comas:")
        self.layout.addWidget(self.label_valores)

        self.input_field = QLineEdit()
        self.layout.addWidget(self.input_field)

        self.label_tamaño = QLabel("Seleccione el tamaño de la hoja:")
        self.layout.addWidget(self.label_tamaño)

        self.tamaño_combo = QComboBox()
        self.tamaño_combo.addItem("A0")
        self.tamaño_combo.addItem("A1")
        self.tamaño_combo.addItem("A2")
        self.tamaño_combo.addItem("A3")
        self.tamaño_combo.addItem("A4")
        self.tamaño_combo.addItem("A5") #
Añadir más tamaños si es necesario

```

```

self.layout.addWidget(self.tamaño_combo)

self.label_orientacion = QLabel("Seleccione la orientación de la
hoja:")
self.layout.addWidget(self.label_orientacion)

self.orientacion_combo = QComboBox()
self.orientacion_combo.addItem("Horizontal", "Vertical")
self.layout.addWidget(self.orientacion_combo)

self.ok_button = QPushButton("OK")
self.ok_button.clicked.connect(self.accept)
self.layout.addWidget(self.ok_button)

self.setLayout(self.layout)

def get_values(self):
    tipo_filtro = self.tipo_combo.currentText()
    valores = [x.strip() for x in self.input_field.text().split(',') if
x.strip()]
    tamaño_hoja = self.tamaño_combo.currentText()
    orientacion = self.orientacion_combo.currentText()
    return tipo_filtro, valores, tamaño_hoja, orientacion

# Crear la ventana de diálogo y obtener los valores de filtro
dialog = FiltroDialog()
if dialog.exec_() == QDialog.Accepted:
    tipo_filtro, listadoSED, tamaño_hoja, orientacion = dialog.get_values()

# Nombres de las capas a buscar
capas_nombres = [
    'Poste_MT_Ubicacion',
    'Seccionadores_Pin1',
    'Cable_MT_Subteraneo_Ruta',
    'Cable_MT_Aereo_Ruta',
    'SED_s_Ubicacion',
    'Poste_BT_Ubicacion',
    'Luminarias_Ubicacion',
    'Punto_de_servicio_para_ajuste_Ubicacion',
    'Cable_BT_Subteraneo_Ruta',
    'Cable_BT_Aereo_Ruta',
    'Acometida_BT_Subteraneo_Ruta',
    'Acometida_BT_Aerea_(2)_Ruta',
]

capas = {}
for nombre in capas_nombres:
    capa = QgsProject.instance().mapLayersByName(nombre)
    if capa:
        capas[nombre] = capa[0]

```

```

if not capas:
    QMessageBox.warning(None, "Error", "No se encontraron capas activas.
El proceso ha sido cancelado.")
else:
    # Procesar cada valor en listadoSED
    for valor_filtro in listadoSED:
        try:
            # Aplicar filtros en las capas
            for capa in capas.values():
                if capa.name() == 'SED_s_Ubicacion' and tipo_filtro ==
'Numero_SED':
                    aplicar_filtro(capa, "Numero", [valor_filtro])
                else:
                    aplicar_filtro(capa, tipo_filtro, [valor_filtro])

            # Hacer zoom a la capa Poste_BT_Ubicacion filtrada
            if 'Cable_MT_Aereo_Ruta' in capas:
                zoom_a_capa (capas['Cable_MT_Aereo_Ruta'])
            else:
                raise ValueError("No se encontró la capa
'Cable_MT_Aereo_Ruta'")

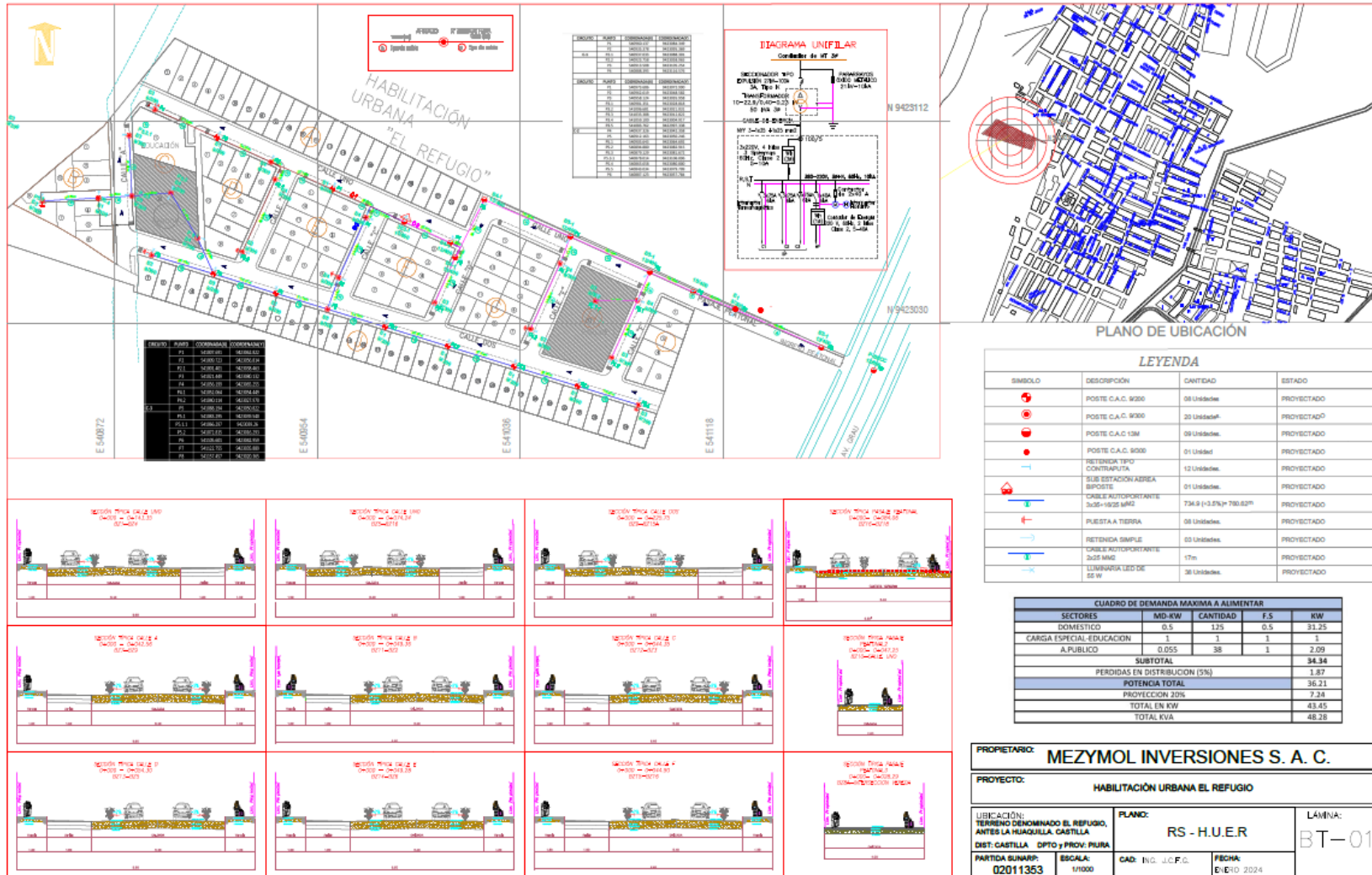
            # Generar el plano en PDF con el nombre basado en el valor
del filtro
            ruta_pdf =
f"C:/Users/112enoiapr02/Desktop/PLANOS.PY/{valor_filtro}.pdf"
            generar_plano_pdf (capas['Cable_MT_Aereo_Ruta'], ruta_pdf,
f"Plano_{valor_filtro}", tamaño_hoja, orientacion)
        except ValueError as e:
            print(f"No se generó el plano para {valor_filtro}: {e}")
        finally:
            # Limpiar filtros
            for capa in capas.values():
                limpiar_filtro (capa)

```

Anexos

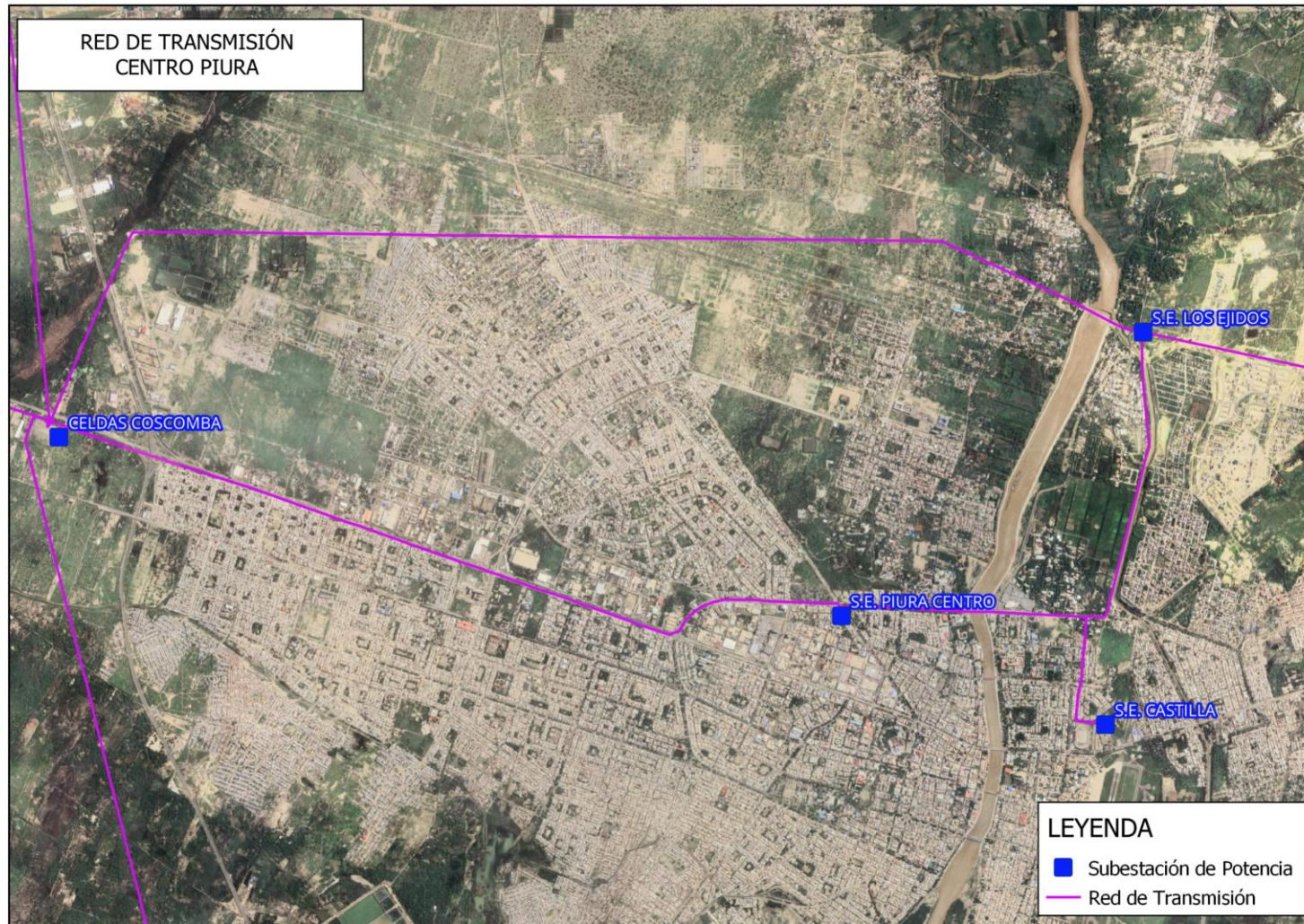


Anexo B. Plano eléctrico habilitación urbana el Refugio



Nota. Base de datos técnicos del área de ingeniería y análisis de ENOSA (2024)

Anexo C. Plano de la red de transmisión del centro de Piura



Nota. Adaptado de QGIS.

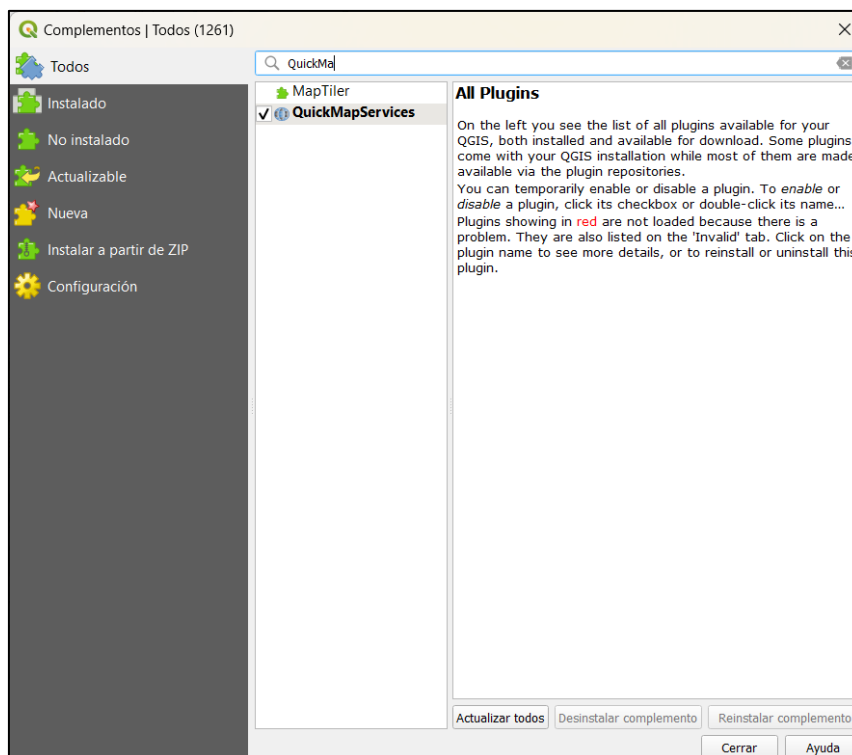
Anexo D. Instalación del programa QGIS

Pasos para la descarga del programa QGIS.

- Primero se debe ingresar a la página oficial del QGIS: www.QGIS.org
- Se elige la ventana de “Descargar ahora”.
- De forma automática se descargará el instalador correcto dependiendo el sistema Windows de la computadora, y será almacenada en la carpeta descargas, en este caso se trabajará con Windows 11 (64 bits).

Pasos para la instalación del programa QGIS.

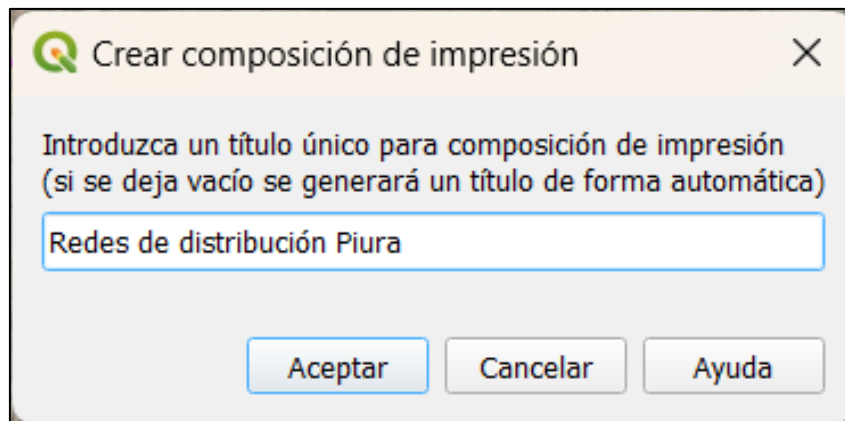
- Seleccionar el instalador recientemente descargado y ejecutar como administrador.
- Emerge una ventana de bienvenido al QGIS, donde se debe dar clic en la opción “Siguiete”.
- Elegir la alternativa de aceptación de los términos del acuerdo de licencia del programa y dar clic en “Siguiete”.
- Continuar con la opción “Siguiete” hasta que aparezca la opción “Instalar”.
- Es necesario descargar algunos complementos dentro de QGIS, para poder llevar a cabo este proceso, es necesario abrir el software donde emerge la ventana de interfaz de QGIS (figura 6).
- En la barra de herramientas menú (figura 7), se debe seleccionar la ventana de “Complementos” y después “Administrar e instalar complementos”.
- En la ventana de complementos, se debe seleccionar la opción “Todos” y en la barra de búsqueda se debe ingresar “QuickMapServices”, seleccionar este y posteriormente se debe instalar complemento (Ver Figura 87). Este proceso permite abrir las imágenes satelitales dentro de QGIS.

Figura 87*Pestaña de complementos**Nota.* Adaptado de QGIS.**Anexo E. Generación de plano georreferenciado con proceso manual**

- En la opción de “Proyecto”, se debe elegir la alternativa “Nueva composición de Impresión”.
- Luego emerge una ventana donde se debe colocar el título al proyecto que se va a generar. (ver imagen 88)
- En la ventana que emerge con el nombre del título que se asignó, se debe seleccionar la opción “Propiedades del elemento” en el cual se permite designar el tamaño y orientación de la hoja. (ver figura 89).
- En la ventana de caja de herramientas, se debe dar clic al icono con nombre “Añadir mapa”, y se crea el plano dando clic en una esquina y sin soltar se lleva hasta la esquina opuesta hasta formar un recuadro. (ver figura 90).
- Después se da clic en la opción “Diseño” y se elige exportar como PDF o imagen, según la necesidad.
- Finalmente, se le asigna el nombre al archivo y se da clic en “Guardar” (ver figura 91). Generando así el plano georreferenciado de la red de transmisión del centro de Piura (ver anexo c), tal cual se aprecia en el DU de manera técnica (ver anexo A).

Figura 88

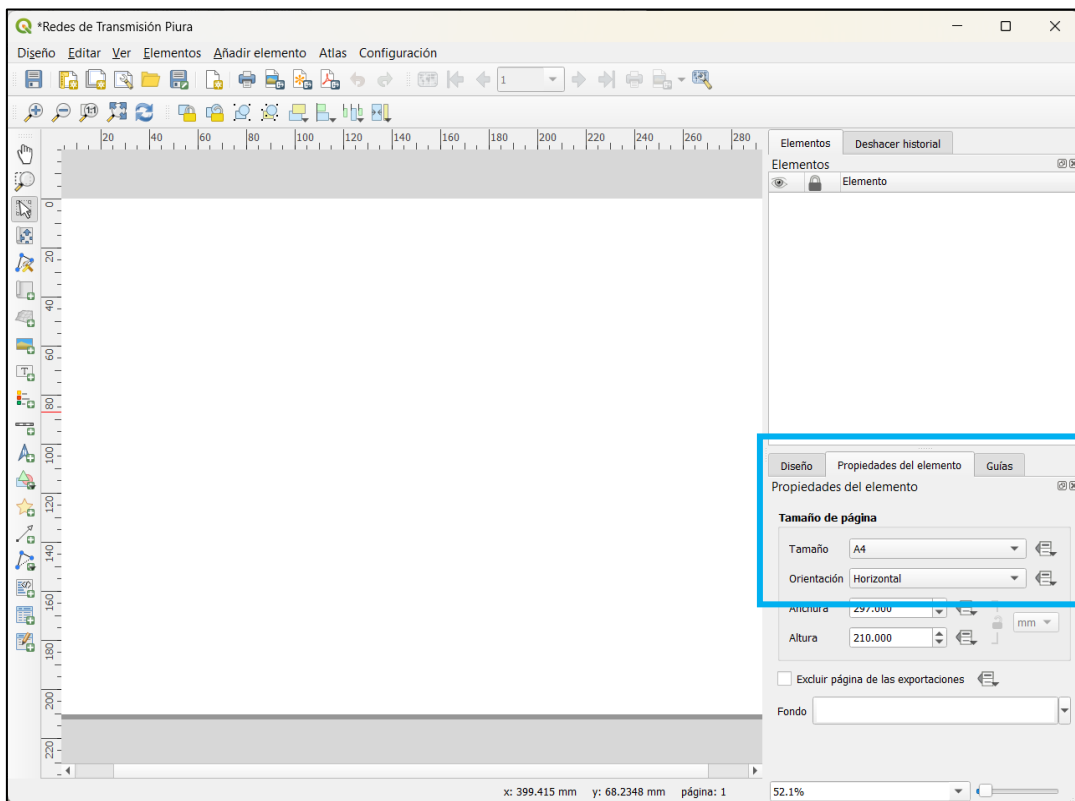
Ingresa título del proyecto



Nota. Adaptado de QGIS.

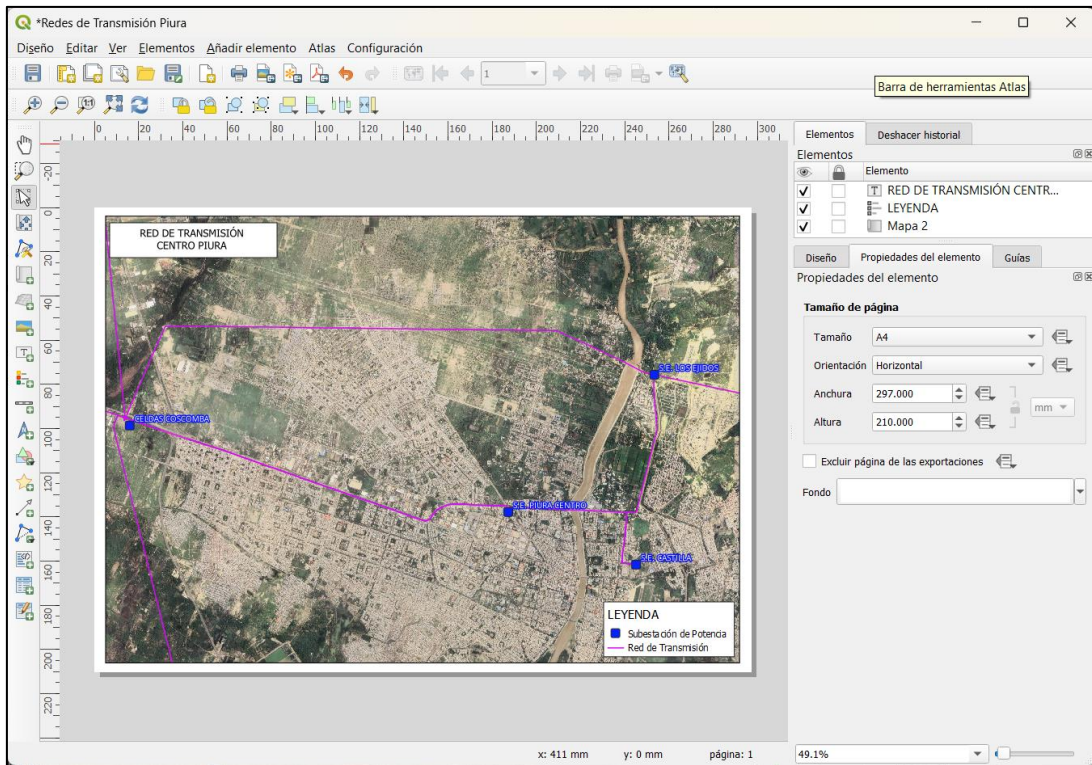
Figura 89

Propiedades del elemento



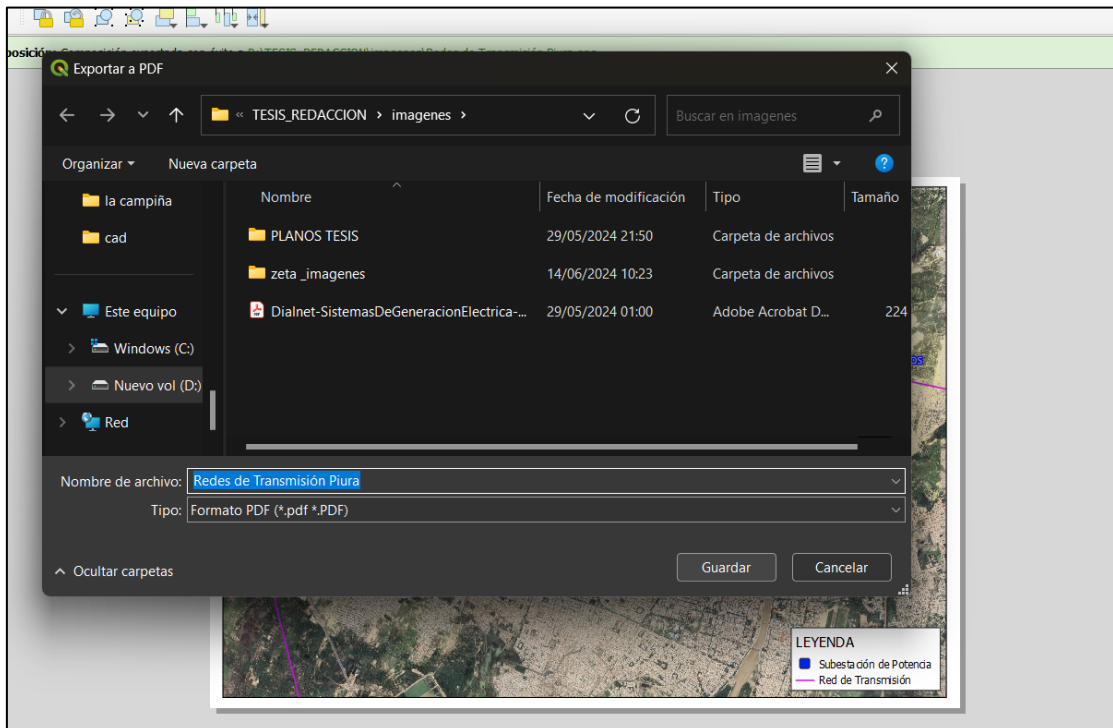
Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 90
Añadir mapa



Nota. Adaptado de QGIS.

Figura 91
Guardar plano como .pdf



Nota. Adaptado de QGIS.