



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

ADMINISTRACIÓN DE BASE DE DATOS GEOESPACIALES MEDIANTE
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL SECTOR DE ENERGÍA
ELÉCTRICA - PERÚ 2023

Línea de investigación:

Sistemas de información y optimización

Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Ingeniera Geógrafa

Autora:

Lozada Campos, Natalia Adeli

Asesora:

Esenarro Vargas, Doris

(ORCID: 0000-0002-7186-9614)

Jurado:

Zevallos Paredes, Jhon Richard

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Altez Rodriguez, José

Lima - Perú

2023



ADMINISTRACIÓN DE BASE DE DATOS GEOESPACIALES MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA - PERÚ 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.osinergmin.gob.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	zdocs.mx Fuente de Internet	2%
4	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	1%
6	www.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ADMINISTRACIÓN DE BASE DE DATOS GEOESPACIALES MEDIANTE SISTEMAS
DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA -
PERÚ 2023

Línea de investigación: Sistemas de información y optimización

Informe de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero Geógrafo

Autor:

Lozada Campos, Natalia Adeli

Asesora:

Esenarro Vargas, Doris

(ORCID: 0000-0002-7186-9614)

Jurado:

Zevallos Paredes, Jhon Richard

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Altez Rodriguez, José

Lima – Perú

2023

ÍNDICE

Resumen	5
Abstract	6
I. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Trayectoria del Autor	9
1.2. Descripción de la empresa	10
<i>1.2.1. Misión</i>	11
<i>1.2.2. Visión</i>	11
1.3. Organigrama de la empresa	12
1.4. Áreas y funciones desempeñadas	12
<i>1.4.1. Administración del Base de datos de instalaciones eléctricas</i>	13
<i>1.4.2. Supervisión de la Resolución N.º 177-2014- OS/CD</i>	13
<i>1.4.3. Validación de la información geoespacial</i>	13
<i>1.4.4. Inspecciones de Campo</i>	14
<i>1.4.5. Respuesta a solicitudes de información pública e interna</i>	14
<i>1.4.6. Identificación de Instalaciones eléctricas en escenarios de Riesgo</i>	14
<i>1.4.7. Generación de Información Grafica</i>	15
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA	16
2.1. Generalidades	16
<i>2.1.1. Antecedentes</i>	16
<i>2.1.2. Justificación de la actividad</i>	17

2.2.	Objetivos de la actividad	18
2.2.1.	<i>Objetivo general</i>	18
2.2.2.	<i>Objetivos específicos</i>	18
2.3.	Definiciones de términos básicos	18
2.4.	Equipos y herramientas	22
2.4.1.	Equipos tecnológicos	22
2.4.2.	Herramientas de procesamiento	22
2.5.	Recopilación de Información	22
2.5.1.	<i>Información georreferenciada presentada por las empresas eléctrica mediante el Resolución N.º 177-2014- OS/CD.</i>	23
2.5.2.	<i>Información por procedimientos de la institución.</i>	26
2.5.3.	<i>Información de las instalaciones eléctricas en etapa de proyecto.</i>	26
2.5.4.	<i>Información vectorial</i>	28
2.5.5.	<i>Información recopilada en etapa de supervisión de campo.</i>	28
2.6.	Generación de información vectorial	32
2.6.1.	<i>Generación de Información usando Model Builder</i>	32
2.6.2.	<i>Generación de información usando Python en ArcMap</i>	39
2.7.	Validación y transformación de la información	40
2.7.1.	<i>Validación del datum.</i>	40
2.7.2.	<i>Verificación de información con imágenes</i>	40
2.8.	Actualización de la información	41
III.	APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA	47
IV.	CONCLUSIONES	48

V. RECOMENDACIONES	49
VI. REFERENCIAS	50
VII. ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Elementos del Model Builder.....	37
Tabla 2 Base de datos de Electricidad de Alta Tensión	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama del Consorcio SEL	12
Figura 2 Esquema de Fuentes de Información.....	22
Figura 3 Información de instalaciones eléctricas recopilada según la Resolución N° 177-2014-OS/CD.....	24
Figura 4 Plano de planta de Subestación de alta tensión	25
Figura 5 Plano de línea de transmisión y estructuras.....	25
Figura 6 Esquema ejemplo de Datos Plataforma SISSUP.....	27
Figura 7 Toma de coordenadas a equipos principales	28
Figura 8 Toma de coordenadas a perimetral de instalaciones eléctricas	29
Figura 9 Ejemplo de datos de identificador único y datos técnicos de placa del elemento....	29
Figura 10 Verificación de Diagramas unifilares y de datos de placa	30
Figura 11 Toma de coordenadas a equipamiento principal de instalaciones eléctricas.....	30

Figura 12 Toma de coordenadas a estructuras de líneas de transmisión	31
Figura 13 Equipo de toma de datos de campo	32
Figura 14 Ventana emergente de herramienta Make XY Event Layer.....	33
Figura 15 Ventana emergente de herramienta Feature class to Feature class.....	33
Figura 16 Generación de puntos a líneas	34
Figura 17 Ventana emergente de herramienta Points to Line.....	34
Figura 18 Ventana emergente de herramienta Feature to Polygon.....	35
Figura 19 Ventana emergente de herramienta Spatial Join	35
Figura 20 Ventana emergente de herramienta Join Field	36
Figura 21 Model builder para generación de vectores tipo línea.....	37
Figura 22 Model builder para generación de vectores tipo polígono	38
Figura 23 Model Builder para generación de vectores tipo punto.....	38
Figura 24 Resultados de datos vectoriales generados con imagen satelital.....	39
Figura 25 Código Python para generación de los datos vectoriales tipo punto.....	39
Figura 26 Verificación de ubicación de estructuras de las líneas de transmisión.....	41
Figura 27 Herramienta Simple Data Loader.....	42
Figura 28 Vinculación entre campo de destino y campo de origen.....	42
Figura 29 Esquema de administración y actualización de la Geodatabase.....	43
Figura 30 Esquema para obtener la base de datos georreferenciada	43
Figura 31 Vista del Web Services Mapa SEIN - DSE - Sistemas en Operación.....	44
Figura 32 Vista del Web Services Mapa SEIN - DSE - Sistemas en Proyección	44
Figura 33 Vista del Web Services Mapa SEIN - DSE - Sistemas en Alerta	45

Resumen

En la era digital, donde los datos se han convertido en el activo más valioso para las decisiones estratégicas ante la creciente demanda de energía, y teniendo la necesidad de operaciones más eficientes y la integración de fuentes de energía convencionales y no convencionales, plantean interrogantes fundamentales sobre cómo gestionar de manera óptima las extensas redes de generación y transmisión eléctrica. En este contexto, aplicando la tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se vuelve una herramienta esencial para visualizar, analizar y gestionar datos geográficos complejos. El objetivo de este informe es administrar base de datos geoespaciales de las instalaciones de generación y transmisión eléctrica de alta tensión en el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), mediante la implementación de Sistema de Información Geográfica, para la optimización en la accesibilidad, seguridad y eficiencia en el manejo de datos georreferenciados. Las cuales son publicados en los Web Map Services de OSINERGMIN, que se utilizarán como herramienta para mejorar la eficiencia en la gestión de los procesos de regulación, supervisión y fiscalización, sirva de consulta para las unidades técnicas y, además, sirva de consulta tanto por el público en general como por instituciones externas para sus fines pertinentes.

Palabras Clave: administrar, base de datos, instalaciones eléctricas, sistemas de información geográfica

Abstract

In the digital era, where data has become the most valuable asset for strategic decisions in the face of growing energy demand, and with the need for more efficient operations and the integration of both conventional and unconventional energy sources, fundamental questions arise about how to optimally manage extensive electric generation and transmission networks. In this context, the application of Geospatial Information Systems (GIS) technology becomes an essential tool for visualizing, analyzing, and managing complex geographic data. The objective of this report is to administer geospatial databases of high-voltage electric generation and transmission facilities at Supervisory Agency for Energy and Mining Investments (OSINERGMIN) by implementing a Geographic Information System, aiming to optimize accessibility, security, and efficiency in handling georeferenced data. These databases are published on the Web Map Services of the OSINERGMIN and will be used as a tool to enhance efficiency in the regulation, supervision, and oversight processes, serving as a reference for technical units and also as a resource for the general public and external institutions for their relevant purposes.

Keywords: administer, database, electrical installations, geographic information systems

I. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es determinante para el desarrollo de un país y requiere de una compleja infraestructura para su uso y control. Las empresas eléctricas necesitan métodos eficaces de visualizar información, es por ello por lo que, la creación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que tenga una base conceptual sólida y pueda satisfacer las diversas solicitudes de los usuarios, siendo este un adecuado modelo destinado a la gestión de datos geospaciales (Sánchez., 2019). Dado que los métodos manuales y poco eficientes que se basan en papel no son capaces de alcanzar los objetivos establecidos, se posibilita la sustitución de los mapas y boletos impresos por versiones digitales de estos, gestionando de manera más efectiva el flujo de trabajo y centralizando la información entre el personal operativo y administrativo. Este enfoque resulta en un incremento de la velocidad de comunicación. (ATISoft, 2021).

Las empresas del sector eléctrico que emplean estos sistemas experimentan mejoras significativas en términos de plazos y costos y por parte de sus trabajadores añade un valor adicional, demostrando así su importancia en el sector, identificando así que el SIG se vuelve esencial para el diseño, administración y supervisión eficientes de las redes eléctricas.

La supervisión de las redes de electricidad, que implica tareas como, el cumplimiento de distancias de seguridad, la identificación de fallas o casos de fuerza mayor, verificación de datos en campo y la evaluación del riesgo de infraestructura antes de eventos naturales, entre otras, las cuales se ven optimizadas por completo mediante el uso de software SIG.

Este informe describe en detalle las actividades llevadas a cabo por el equipo de ingenieros del Consorcio SEL, con el principal objetivo de administrar la base de datos geospaciales de las instalaciones de generación y transmisión eléctrica de alta tensión a nivel nacional. Esto se logra a través de la implementación de un Sistema de Información Geográfica, siendo estos datos fundamentales para mejorar la accesibilidad, seguridad y eficiencia en el

manejo de datos georreferenciados. Además, estos datos se publican en los Web Map Services de la institución, y se convierten en herramientas clave para la gestión de los procesos de regulación, supervisión y fiscalización. Para alcanzar este objetivo, se llevaron a cabo las siguientes etapas de trabajo:

Como parte de la primera etapa, se realiza la recopilación de la información tanto en gabinete, recopilando datos georreferenciados y técnicos de diversos procedimientos de la institución, que requieren ser homogeneizados bajo un único modelo de datos y tablas maestras, como también se recopiló datos obtenidos en trabajos de campo. En la segunda etapa, se generó información en formato vectorial utilizando herramientas como Model Builder y Python, esta información almacenaran en una geodatabase temporal, para que posteriormente en una tercera etapa se realizase la migración y actualización de los resultados hacia la Geodatabase de los servidores de la institución.

1.1. Trayectoria del Autor

Bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica en la Universidad Nacional Federico Villareal, desde que egresó de la mencionada casa de estudios, ha trabajado en organizaciones tanto en el ámbito público como privado, enfocándose en la administración de SIG. En el año 2013, se desempeñó como Especialista GIS en la empresa PACIFIC PIR, donde se realizaron diversas actividades relacionadas con Sistemas de Información Geográfica, realizando mapas temáticos, georreferenciación, digitalización y ediciones cartográficas. A su vez, se realizó el procesamiento de datos de campo y de la gestión de datos tabulares utilizando el software ArcGIS para la presentación de Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIAs), Programas de Manejo Ambiental (PMA) y Declaraciones de Impacto Ambiental (DIAs).

Entre los años 2013 y 2014, formó parte del equipo de Control y Reducción de Fugas (ECRF) de SEDAPAL como Técnico GIS. Durante este período, se contribuyó al ajuste de los límites de expedientes de las redes de agua y alcantarillado, edición de las redes de agua y alcantarillado, así como la actualización de la base de datos y cartografía del Control de Fugas no visibles, para posteriormente esta información sea migrada de la plataforma CAD a la plataforma ArcGIS.

En el 2015, participo en el equipo de trabajo de la empresa Técnicas y Proyectos S.A. en calidad de Especialista SIG. En este puesto, tuvo la responsabilidad de estructurar una Geodatabase para el proyecto titulado "Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos en 12 Cuencas Hidrográficas del Perú", en colaboración con la Autoridad Nacional del Agua y a su vez se realizó la elaboración de mapas temáticos para este mismo proyecto.

Entre 2016 y 2018, se desempeñó como Supervisor S3-B en la empresa Energy And Information Technologies S.A.C, donde se prestó servicios para OSINERGMIN, realizando funciones de supervisor en el cumplimiento de la Resolución Osinergmin N.º 177-2014-

OS/CD, que se refiere a la "Guía de elaboración y Presentación de Información Georreferenciada de las Instalaciones de los Sistemas de Generación y Transmisión". Además, se consolidó las instalaciones de generación y transmisión eléctrica en una Geodatabase y mantuve actualizado el Mapa GIS de la DSE, asegurando su sincronización con el Mapa Interactivo.

Desde 2018 hasta la fecha actual, forma parte del equipo en la empresa CONSORCIO SEL SAC como Supervisor S3B. Como parte de sus responsabilidades se desempeñó en la administración y actualización de la base de datos de la información de instalaciones eléctricas y la supervisión del cumplimiento de la Guía de Elaboración y Presentación de Información Georreferenciada de las Instalaciones de los Sistemas de Generación y Transmisión (Resolución N.º 177-2014-OS/CD) para OSINERGMIN.

1.2. Descripción de la empresa

Consortio SEL es una empresa peruana, inscrito el 29 de agosto de 2018, teniendo como actividad económica principal la arquitectura, ingeniería y actividades conexas de consultoría técnica. Por otro lado, este consorcio se encuentra integrado por las empresas COVIEM S.A., Asesoría & Supervisión Servicios Generales S.A.C. (ASESSUP S.A.C.) y Carlos Antonio Tineo Ramos, identificados con RUC Nos. 20264419434, 20549664408 y 17360030229, respectivamente, ubicándose en el distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima, debidamente representado legalmente por el Sr. Carlos Alberto Muñoz Medina, según consta en su Contrato de Formalización de Consorcio debidamente formalizado de manera notarial.

Desde el inicio de sus operaciones hasta la fecha, viene proporcionando servicios profesionales en el subsector eléctrico para OSINERGMIN. Se ha dedicado de forma ininterrumpida a la supervisión y fiscalización de actividades de generación y transmisión eléctrica, ofreciendo servicios en los siguientes aspectos:

- Supervisión y fiscalización de los Planes de Contingencias Operativos (procedimiento 264-2012- OS/CD y/o aquella que lo modifique o reemplace) y condiciones de seguridad (RESESATE) de los agentes que desarrollan actividades de generación y transmisión eléctrica.
- Supervisión y fiscalización de la georreferenciación de instalaciones de los agentes que desarrollen actividades de generación y/o transmisión eléctrica (procedimiento 177-2014-OS/CD y/o aquella que lo modifique o reemplace).
- Emitir opinión técnica y legal respecto de los procesos de solicitudes generadas por los agentes del sector eléctrico, autoridades, instituciones y personal interesado.
- Emitir opinión técnica y legal respecto de los procesos sancionadores iniciados por Osinergmin por incumplimientos a los procedimientos y normativa de los planes de contingencia operativo y georreferenciación de instalaciones eléctricas.
- Soporte y administración técnica de los sistemas de información de la DSE

1.2.1. Misión

Resolver con excelencia las necesidades de servicios de electricidad requeridos por cada uno de nuestros clientes. Teniendo como característica fundamental la capacitación continua que asegure la mejora del desempeño de los trabajadores de todos los niveles de la empresa.

1.2.2. Visión

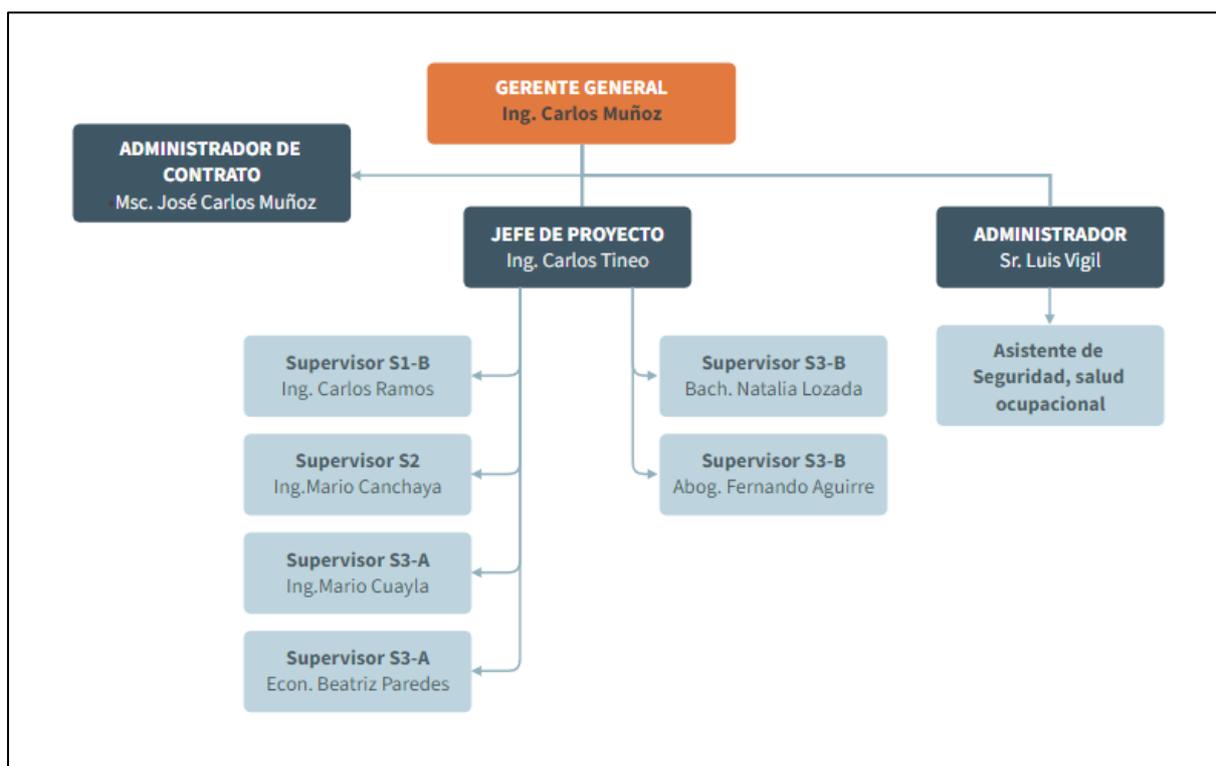
Ser reconocido como empresa líder en el Perú por su excelencia en la atención de servicios profesionales de electricidad (Estudios, proyectos y obras electro mecánicas).

1.3. Organigrama de la empresa

El Consorcio SEL cuenta con un equipo altamente capacitado para ofrecer servicios de supervisión y fiscalización de alta calidad en el sector eléctrico. A continuación, en la Figura 1, se detalla la estructura organizacional de la empresa, detallando los cargos y especialistas quienes conforman el equipo el trabajo.

Figura 1

Organigrama del Consorcio SEL



Nota. Según TDRA de Osinergmin N.º 01-2018-DSE-Osinergmin.

1.4. Áreas y funciones desempeñadas

La bachiller forma parte del equipo de ingenieros del Consorcio SEL desde el 17 de setiembre del 2018 hasta la actualidad, desempeñando el cargo de Supervisor S3-B y brindando servicios de supervisión a OSINERGMIN. Respecto a las principales funciones desempeñadas se puede mencionar las siguientes:

1.4.1. Administración del Base de datos de instalaciones eléctricas

Administración y actualización de la base de datos georreferenciada de instalaciones de eléctrica de alta tensión a nivel nacional para la institución, es una de nuestras responsabilidades principales. Esta información se actualiza periódicamente, teniendo como fuente de datos: información del procedimiento Resolución N.º 177-2014-OS/CD, información de campo, información proporcionada por las unidades de la Gerencia de Supervisión de Electricidad, información a nivel proyecto, información recepcionada bajo otros procedimientos que supervisa Osinergmin, entre otras, utilizando como software principal el ArcGIS.

1.4.2. Supervisión de la Resolución N.º 177-2014- OS/CD

Generar informes, informes especiales y otros documentos con el fin de supervisar el cumplimiento de las obligaciones legales, contractuales, técnicas o fiscales, según lo establecido en la Resolución N.º 177-2014-OS/CD, como parte de su Plan Anual de Supervisión. Esto implica la validación y verificación de la información proporcionada por las empresas que cuentan con instalaciones eléctricas, con el objetivo de garantizar la calidad de la información presentada para su retroalimentación en la base de datos de instalaciones eléctricas.

1.4.3. Validación de la información geoespacial

Se revisa y validación de la información geoespacial enviada por las empresas que cuentan con instalaciones eléctricas, y que en cumplimiento con los procedimientos de OSINERGMIN remiten información que pueda ser que pueda ser utiliza para retroalimentar la base de datos. Esta información debe ajustarse a los parámetros y condiciones establecidos. Dicha información puede incluir datos en formato vectorial, como archivos shapefile, CAD o geodatabase, así como información en formato Excel, CSV y documentos.

1.4.4. Inspecciones de Campo

Llevamos a cabo inspecciones en terreno a instalaciones eléctricas a nivel nacional. El propósito de estas inspecciones es verificar la información proporcionada por las empresas eléctricas y establecer criterios para situaciones que involucren nuevas tecnologías u otros aspectos particulares. Este enfoque garantiza la posibilidad de realizar una supervisión efectiva desde el ámbito de oficina, asegurando la calidad y precisión de los datos.

1.4.5. Respuesta a solicitudes de información pública e interna

Realización de informes e información gráfica (archivos shapefile, kmz o AutoCAD), para la atención de solicitudes de información pública que se encuentran amparadas bajo la Ley N.º 27444 – Texto Único Ordenado de la Ley de Procedimiento Administrativo General, referido a la colaboración entre entidades así como el Artículo 11 inciso b) de la Ley N.º 27806 – Ley de transferencia y Acceso a la Información Pública, teniendo como fuente de datos la base de datos de instalaciones eléctricas, y a su vez considerando como base las consideraciones señaladas en el Código de Nacional de electricidad (Suministro, 2011), aprobado bajo la resolución N°214-2011-MEM/DM, en cumplimiento de las normativas vigentes y la colaboración entre entidades.

Además, las unidades técnicas solicitan de manera constante que se les suministre información en formato KMZ para llevar a cabo sus procesos de supervisión, tanto en el terreno como en el ámbito de oficina.

1.4.6. Identificación de Instalaciones eléctricas en escenarios de Riesgo

Frente a los fenómenos climatológicos recurrentes en el país, cuya magnitud varía y cuyos impactos en la población dependen de su grado de intensidad, se lleva a cabo la identificación de instalaciones eléctrica susceptibles ante eventos naturales. Estos informes, con mayor frecuencia elaborados a fines e inicios de año, implican un monitoreo constante de las zonas de riesgo identificadas por entidades como el Centro Nacional de Estimación,

Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), ENFEN y otras instituciones públicas relevantes. El propósito de estos informes es preparar un sistema de prevención con el fin de minimizar las consecuencias, implementar acciones de reforzamiento en las instalaciones eléctricas y, por ende, evitar interrupciones en el suministro eléctrico a nivel nacional.

1.4.7. Generación de Información Gráfica

Con el fin de optimizar la eficiencia operativa, estos diagramas, planos y esquemas georreferenciados no solo reflejarán los resultados de supervisión, sino que también proporcionarán una representación detallada y visualmente intuitiva de la infraestructura eléctrica y las áreas específicas que requieran atención, ofreciendo así una herramienta integral para la toma de decisiones informada. Esta información gráfica, también incluirá no solo la información elaborada para la institución, sino también se tomará cartográfica base de los Web Services de las instituciones públicas (véase en anexos).

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

La actividad que será descrita en el presente informe será administración de una base de datos georreferenciada de instalaciones de generación y transmisión eléctrica a nivel nacional, para la publicación en los Web Services de OSINERGMIN para uso interno y público, utilizando la plataforma ArcGIS.

2.1. Generalidades

2.1.1. Antecedentes

Según lo señalado en la tesis “Creación de una herramienta computacional (geodatabase) para análisis y consolidación de información geoespacial de las acequias en las veredas la esmeralda, porvenir y la fuente del municipio de Tocancipá Cundinamarca”, Se subraya la importancia de crear una herramienta que respalde la gestión del recurso hídrico, dirigida a las autoridades competentes de la administración actual. Se llevó a cabo la recopilación y actualización de datos sobre acequias que carecían de catastro, evaluando su estado actual mediante la utilización de una Geodatabase en el software de información geográfica ArcGIS. Este recurso resultará valioso para la toma de decisiones que la administración deberá llevar a cabo con el objetivo de prevenir posibles riesgos, así como para implementar medidas de prevención e intervención. (Monsalve, 2020)

Por otro lado, en el libro Ingeniería y desarrollo en la Nueva Era mediante el artículo “Análisis y atención a las contingencias en el sistema eléctrico mexicano mediante la información de sistemas de información”, presenta el trabajo desarrollado por el Sistema Nacional de Emergencia (SISNAE), el cual emplea sistemas de análisis geográfico como ARCGIS, Geo Server y QGIS de código abierto. Estos sistemas posibilitan la visualización, análisis, geo procesos, publicación, topologías, estadísticas y clasificaciones de capas de información. El documento ilustra el funcionamiento de un sistema integral que facilita la

recopilación, organización, gestión, análisis, compartición y distribución de información geográfica, destinado a abordar emergencias derivadas de fenómenos naturales y a gestionar los impactos en la operación diaria de la infraestructura de la red eléctrica. Además, se detalla el proceso de monitoreo de fuentes externas de información, como la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) y el Departamento de Hidrometeorología de CFE, para rastrear huracanes y tormentas, así como la U.S. Geological Survey (USGS), el Sismológico Nacional y el Departamento de Sismotectónica para sismos. El objetivo principal es mantener informados a los usuarios de los sistemas, permitiéndoles diseñar estrategias y maniobras de manera oportuna para el mantenimiento de la red eléctrica. (Mendoza et al. 2022)

2.1.2. Justificación de la actividad

La gestión de datos geoespaciales en el ámbito de la energía eléctrica, especialmente en el contexto de OSINERGMIN, es de vital importancia. Con el crecimiento constante del sector eléctrico y la complejidad en aumento de las infraestructuras, la correcta administración de datos georreferenciados se ha convertido en un elemento esencial para asegurar la eficiencia operativa y la toma de decisiones fundamentadas.

Mantener una base de datos actualizada y de acceso público, posibilita la visualización, análisis espacial e integración de información diversa. Esto, a su vez, respalda la gestión de los procesos de regulación, supervisión y fiscalización de OSINERGMIN. Además, este enfoque contribuye significativamente a la toma de decisiones en los distintos niveles de gobierno, así como entre inversionistas, organizaciones y entidades tanto públicas como privadas a nivel nacional. Facilita el acceso a esta valiosa información para estudiantes e investigadores que contribuyen al desarrollo del país y brinda a los ciudadanos en general la posibilidad de acceder a datos relevantes.

2.2. Objetivos de la actividad

2.2.1. *Objetivo general*

- Administrar base de datos geoespaciales de las instalaciones de generación y transmisión eléctrica de alta tensión en el OSINERGMIN, mediante la implementación de Sistema de Información Geográfica, para lograr una optimización en la accesibilidad, seguridad y eficiencia en el manejo de datos georreferenciados.

2.2.2. *Objetivos específicos*

- Implementar de un Sistema de Información Geográfica para optimizar las actividades de supervisión de instalaciones de generación y transmisión eléctrica a nivel nacional.
- Recopilar y validar datos técnicos e información georreferenciada de instalaciones de generación y transmisión eléctrica.
- Actualizar la geodatabase de información georreferenciada de instalaciones de generación y transmisión eléctrica en los servidores de Osinergmin.

2.3. Definiciones de términos básicos

- **Sistemas de Información Geográfica (SIG):** Los sistemas de información geográfica, como herramientas informáticas, tienen la capacidad de gestionar y analizar datos georreferenciados para abordar cuestiones relacionadas con el territorio y el medio ambiente. El primer término enfatiza el enfoque computarizado del procesamiento de datos, lo que implica la ejecución automática de operaciones a través de computadoras. En segundo lugar, es importante resaltar que se centran en la administración, análisis y modelado de datos geográficos, que se caracterizan por tener una dimensión tanto temática como espacial, como se discutirá en el próximo capítulo. En este contexto, los SIG se orientan hacia el conocimiento y estudio de las estructuras espaciales, donde la

ubicación relativa de los elementos geográficos en relación con un fenómeno particular es fundamental. Por último, los SIG son herramientas multipropósito que se aplican en una variedad de campos, desde la planificación territorial y la gestión catastral, abarcando desde la prevención de riesgos naturales hasta el análisis de mercados. (Santos,2020)

- **Web Map Service (WMS):** es un estándar establecido por el Open Geospatial Consortium que ofrece una interfaz HTTP sencilla para solicitar al servidor imágenes de mapas desde bases de datos espaciales. La solicitud WMS especifica las capas geográficas y el área de interés que se procesará, y la respuesta del cliente se devuelve como una imagen en formatos como JPEG o PNG, junto con atributos específicos, como la opacidad de las capas. Esta imagen se visualizará a través de una aplicación en el navegador, como OpenLayers (integrado con Geoserver) o Leaflet, que son ampliamente utilizadas como bibliotecas. (Open Geospatial Consortium, 2020)
- **ArcGIS:** Los expertos en Sistemas de Información Geográfica (SIG) utilizan ArcGIS Pro o ArcMap™ para desarrollar datos geográficos fidedignos, mapas, herramientas y modelos analíticos que pueden ser compartidos en toda la organización. Estas aplicaciones de escritorio ofrecen capacidades robustas para el análisis espacial, modelado 3D, gestión de imágenes y otras funcionalidades avanzadas. (Esri, 2023).
- **ArcMAP:** Aplicación central usada en ArcGIS. ArcMap es emplea para visualizar y explorar información SIG, asignar símbolos y generar mapas con el propósito de imprimir o publicar (Cañón et al., 2023).
- **Archivos CAD:** Equivale a una representación digital de un dibujo, figura o esquema creado a través de un sistema CAD. Los archivos CAD constituyen la fuente de datos para los conjuntos de datos de dibujos CAD, conjuntos de datos de entidades y clases de entidades de CAD. ArcGIS es compatible con formatos de archivo como DWG (AutoCAD), DXF (AutoDesk's formato de intercambio de dibujos) y DGN (formato de

archivo predeterminado de MicroStation). Los archivos CAD se representan en ArcCatalogo mediante un dataset de entidad de CAD y un dataset de dibujo CAD (Cañón et al., 2023).

- **Georreferenciar** implica asignar coordenadas geográficas a objetos y lugares, con el propósito de ubicarlos con mayor precisión en un mapa o sistema de coordenadas geoespaciales. Este procedimiento facilita la identificación de datos sociodemográficos y, además, contribuye a una comprensión más profunda del entorno geográfico. Como resultado, se promueve la toma de decisiones informadas en un contexto espacial. (Ecdisis Estudio, 2021).
- **Geodatabase:** poseen un modelo de información completo diseñado para la representación y gestión de datos geográficos. Este modelo integral se materializa en una serie de tablas que almacenan clases de entidad, conjuntos de datos raster y atributos. Además, los objetos de datos SIG avanzados incorporan funcionalidades SIG, normas para mantener la integridad espacial y herramientas para abordar diversas relaciones espaciales entre entidades, conjuntos de datos raster y atributos clave. (Esri, 2019).
- **Shapefile:** Es el estándar más ampliamente utilizado y reconocido por la mayoría de las aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG), a pesar de ser propiedad de la empresa ESRI y presentar diversas limitaciones. El formato Shapefile consta de tres archivos: .shp, .shx y .dbf. (Santiago, 2021)
- **Featuredataset:** Conjunto de categorías de entidades agrupadas que comparten una referencia espacial común, es decir, comparten un sistema de coordenadas y sus elementos están situados en una región geográfica conjunta. Es posible alojar en un conjunto de entidades clases con diferentes tipos de geometría (Diccionario SIG de Esri Support, 2023).
- **Model Builder:** Interfaz utilizada para construir y editar modelos de geoprociamiento

en ArcGIS (Diccionario SIG de Esri Support, 2023).

- **Datum:** conjunto de medidas que determinan la ubicación del elipsoide seleccionado en relación con el geoide. El datum se calcula mediante la consideración de parámetros como a y b del elipsoide, las coordenadas geográficas (longitud y latitud) del punto de referencia, y la orientación que establece la dirección norte.
- **Subestaciones eléctricas:** Es una instalación que alberga dispositivos eléctricos cuya función principal es ajustar los niveles de tensión, permitiendo así la transmisión y distribución de energía a nuestros hogares (Grupo Energía Bogotá, 2020).
- **Línea de transmisión:** Es un sistema compuesto por cables y estructuras metálicas diseñado para el transporte de bloques significativos de energía eléctrica (Grupo Energía Bogotá, 2020).
- **Centrales eléctricas:** Son complejos industriales destinados a la producción de energía eléctrica a gran escala, pudiendo albergar múltiples generadores. La electricidad generada en estas plantas se transporta a una subestación a través de conductores ubicados en torres eléctricas o vías subterráneas. En las cual, los transformadores mantienen la potencia constante, ajustando la tensión para garantizar niveles adecuados de transmisión y distribución de la energía eléctrica (Pérez, 2023).

2.4. Equipos y herramientas

2.4.1. Equipos tecnológicos

- Computadora de escritorio: procesador Intel i5, RAM 16gb
- GPS Diferencial
- Cámara fotográfica

2.4.2. Herramientas de procesamiento

- Software ArcGIS Desktop
- Software AutoCAD
- Google Earth Pro
- SASPlanet
- Software Office

2.5. Recopilación de Información

De manera mensual se realiza la recopilación de información para la actualización de información de las instalaciones eléctrica de alta tensión, bajo distintas fuentes de información, siendo las principales las mencionadas en la siguiente figura:

Figura 2

Esquema de Fuentes de Información



Nota: Principales fuentes de información para la actualización de la base de datos.

Se debe considerar que cada una de estas fuentes de información, en muchos de los casos solo pueden contener coordenadas de ubicación de la instalación o/y información técnica que será acondicionada para completar los campos de cada capa a actualizar y que a su vez serán complementados entre ellos.

Toda esta recopilación de información y estructuración como una primera etapa se realiza en tablas en formato Excel, el cual nos permitirá el ordenamiento y disposición de los datos obtenidos por cada fuente de información.

2.5.1. Información georreferenciada presentada por las empresas eléctrica mediante el Resolución N.º 177-2014- OS/CD.

Mediante la Resolución Consejo Directivo N.º 177-2014-OS/CD, la cual aprueba la Norma “Guía de Elaboración y Presentación de Información Georeferenciada de las Instalaciones de los Sistemas de Generación y Transmisión Eléctrica”, se establecen los lineamientos esenciales para la presentación de datos georreferenciados sobre las instalaciones de generación y transmisión eléctrica ante OSINERGMIN. El propósito principal de esta normativa es definir criterios, directrices, plazos, formatos y otros aspectos relevantes con el fin de construir una base de datos que contenga información georreferenciada de dichas instalaciones a nivel nacional.

Esta iniciativa se lleva a cabo con el objetivo de implementar una base de datos integral que albergue información georreferenciada sobre las instalaciones de generación y transmisión eléctrica en todo el país, que se encuentren conectados al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional o a los Sistemas Aislados presentan esta información, conforme a lo establecido por la normativa mencionada.

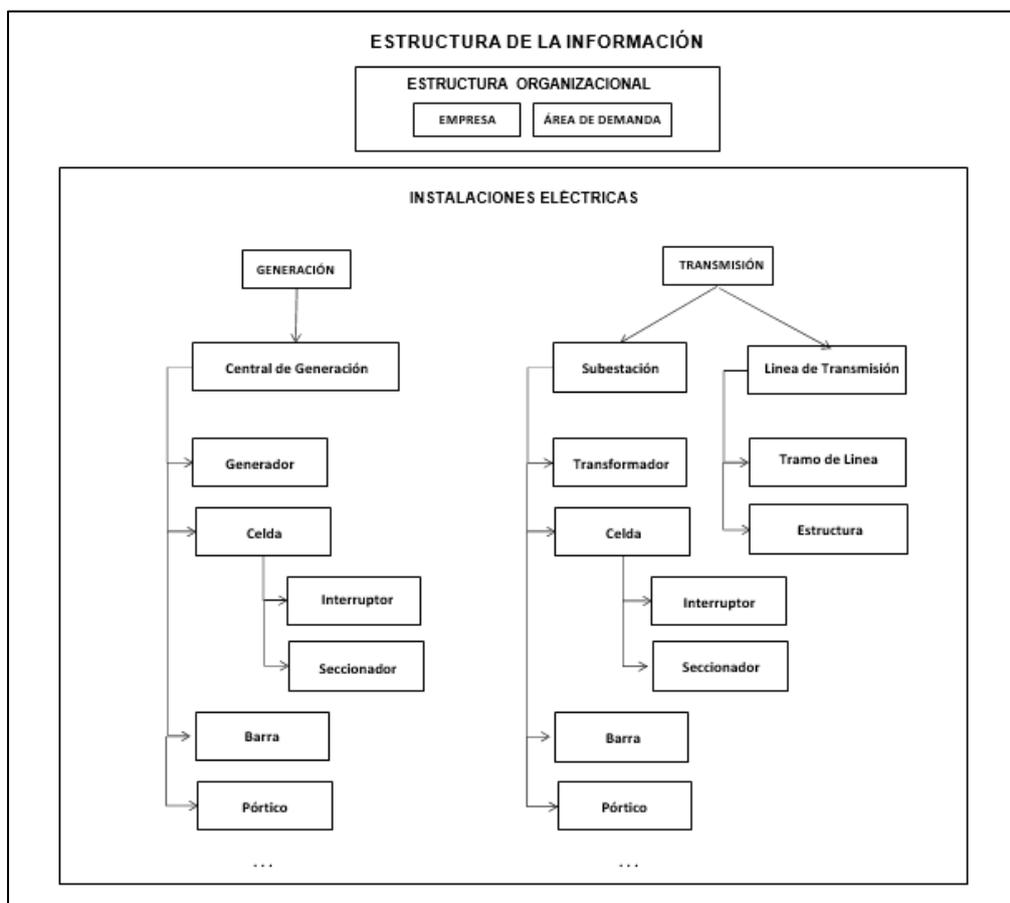
En esta Guía, solicitan información gráfica y técnica de instalaciones de las centrales de generación, subestaciones y líneas de transmisión y de los equipos principales que contiene, según se describe a continuación:

- Formatos de la estructura organizacional
- Formatos de instalaciones eléctricas
- Formatos de metrados de instalaciones eléctrica

La información técnica se refiere a los detalles técnicos de las instalaciones eléctricas. En cuanto a la información gráfica de estas instalaciones, se trata de la información esencial para representarlas gráficamente mediante coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) con datum WGS84 y zona UTM (17,18 ó 19).

Figura 3

Información de instalaciones eléctricas recopilada según la Resolución N° 177-2014- OS/CD

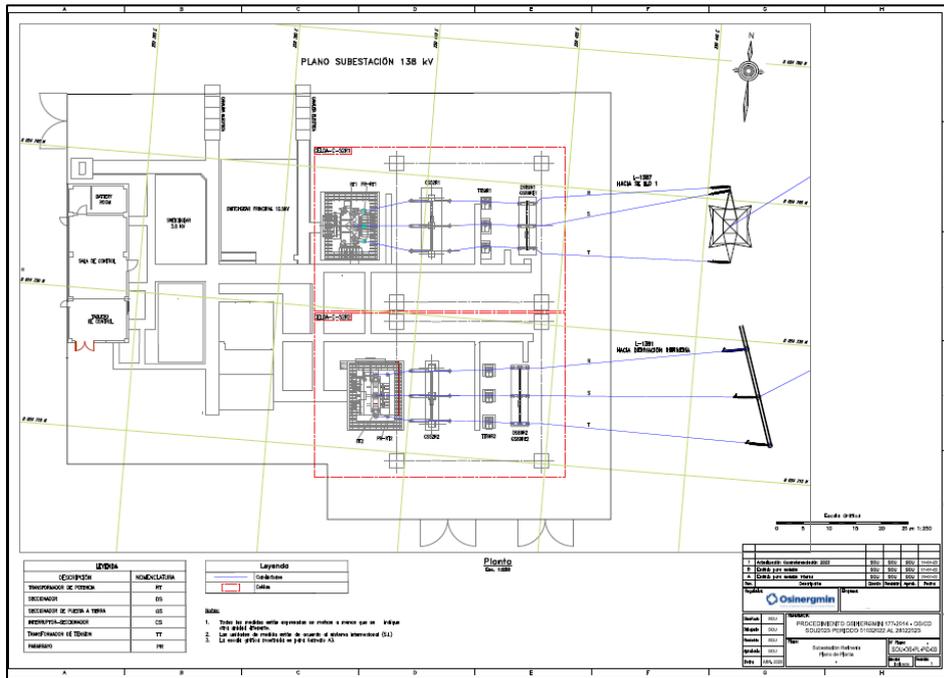


Nota: Resolución N.º 177-2014- OS/CD

También realizan entregables de información de planos de planta georreferenciados y esquemas unifilares de sus instalaciones, como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 4

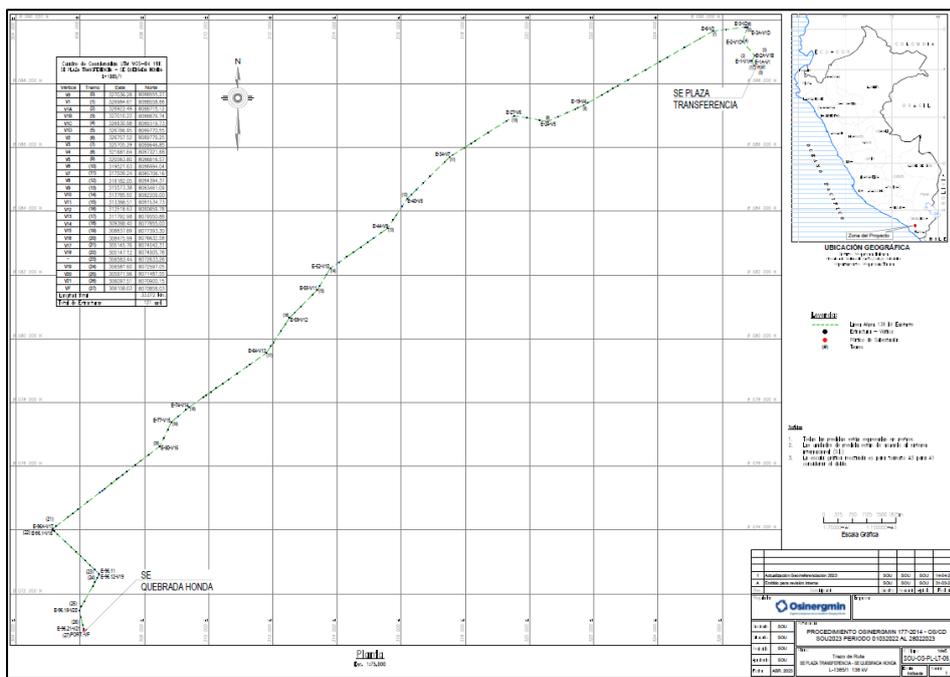
Plano de planta de Subestación de alta tensión



Nota: Resolución N.º 177-2014- OS/CD, plano remitido por las empresas eléctricas

Figura 5

Plano de línea de transmisión y estructuras



Nota: Resolución N.º 177-2014- OS/CD, plano remitido por las empresas eléctricas

2.5.2. Información por procedimientos de la institución.

Se recopila información georreferenciada de otros procedimientos que forman parte de los procesos de supervisión y fiscalización y que, como parte de su cumplimiento, se presentan coordinadas de ubicación de sus instalaciones e información técnica.

- RCD N.º 091-2006-OS/CD - Procedimiento para supervisión y fiscalización del performance de los Sistemas de Transmisión.
- RCD N.º 264-2012-OS/CD - Procedimiento para la supervisión de los planes de contingencias operativos en el sector eléctrico.
- RCD N.º 091-2021-OS/CD - Procedimiento para la Fiscalización del Cumplimiento del Plan de Inversiones de los Sistemas Secundarios y Complementarios de Transmisión.
- Otros.

2.5.3. Información de las instalaciones eléctricas en etapa de proyecto.

Mediante el portal SISSUP - Sistemas de Información de la Supervisión de Contratos, administra la información crucial de los proyectos incorporados en los Contratos de Concesión de Líneas de Transmisión y Contratos de Concesión y Compromisos de Inversión de Centrales de Generación Eléctrica. Además, supervisa la evolución técnico-económica de estos proyectos, los cuales integran tanto el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) como los Sistemas Eléctricos Aislados.

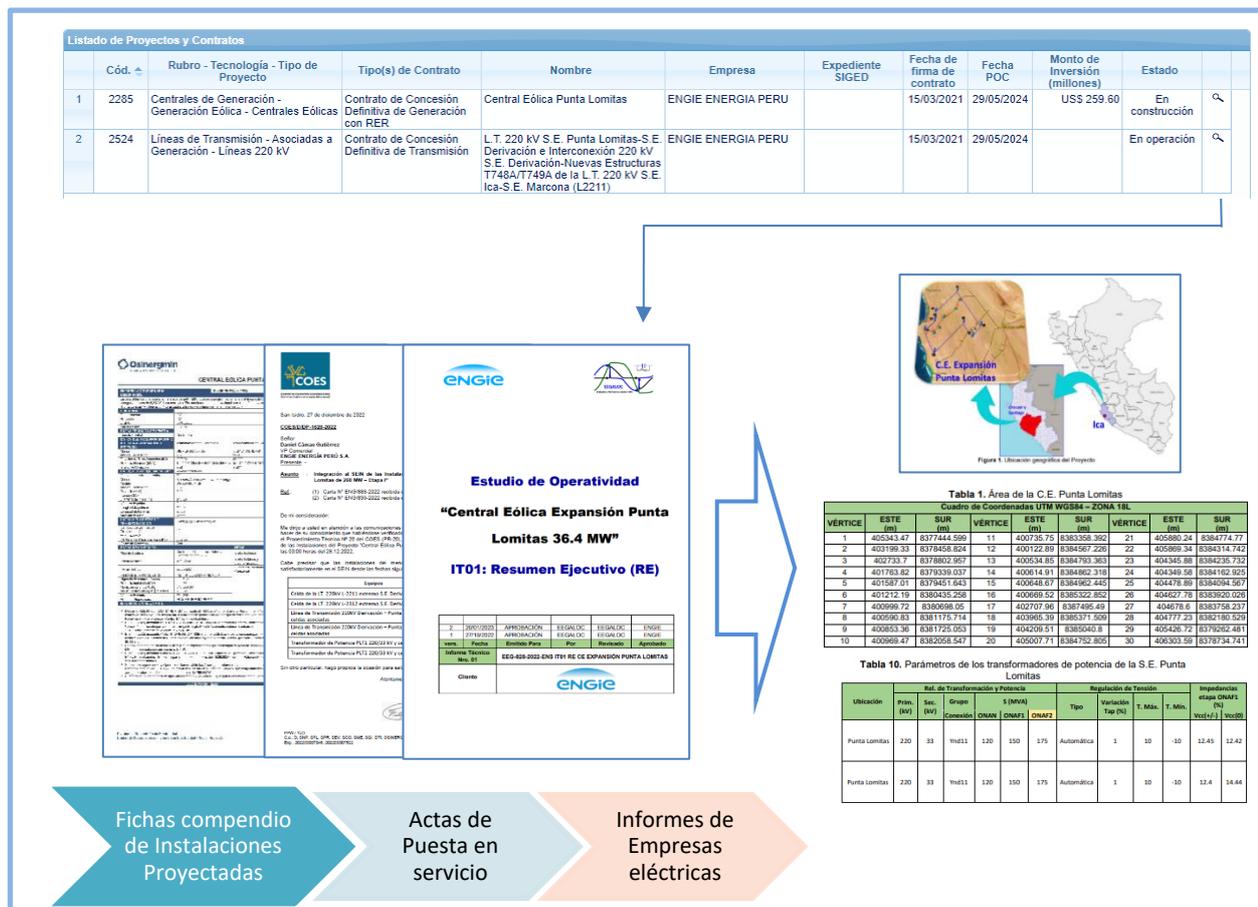
Mediante esta información nos permite tener acceso a toda información entregada por las empresas eléctricas cuando se encuentran en la etapa de proyecto y documentación como parte del proceso de supervisión del avance de los proyectos, de lo cual son fuente para la actualización de las capas de las subestaciones, líneas de transmisión y centrales en etapa de proyecto:

- a. Identificación de instalaciones nuevas que están en etapa de proyecto.
- b. Actualización del dato “Estado” de cada una de las instalaciones que podría ser: en operación, en construcción, paralizadas, en estudio, en caducidad, otros
- c. Actualización de data técnica de la instalación y sus elementos
- d. Ubicación georreferenciada de la instalación eléctrica.

Por otro lado, al ser el SISSUP una plataforma de uso interno de la institución, se realizan las publicaciones de compendios tanto los que estaban en estado de Construcción y cambiaron de estado a “En Operación”, como también los que aún están en etapa de “Construcción”, lo cuales se pueden visualizar en su página web. En la Figura 6 se muestra de manera resumida un esquema de lo encontrado en la plataforma SISSUP:

Figura 6

Esquema ejemplo de Datos Plataforma SISSUP



2.5.4. Información vectorial

Parte de la información que se recibe también abarca información en formato: tipo vectorial (punto, línea o polígono), información en formato de AutoCAD, archivos kml o kmz, entre otros; los cuales son entregados por personal que pertenece a la institución o forma parte del equipo técnico de este, que como parte de sus labores de supervisión, rescatando información geoespacial, que nos sirve también para la verificación o corrección de ubicación de instalaciones que se tienen como dato histórico.

2.5.5. Información recopilada en etapa de supervisión de campo.

Como parte de la recopilación y a la vez validación de la información con el que se cuenta, se realizan supervisiones de campo a nivel nacional, verificando información técnica y georreferenciada de instalaciones, y que pueda permitir las correcciones de una información base que se cuente.

- a. Las supervisiones de campo, se realizan para las Subestaciones y sus equipos principales, estructuras de línea de transmisión, y centrales de generación con sus equipos internos, todas en Operación. En la siguiente figura podemos identificar algunos equipos principales a los que se realiza la toma de datos georreferencial:

Figura 7

Toma de coordenadas a equipos principales



Equipo - Interruptor



Equipo – vértices de Transformador

Como se muestra en la Figura 8, se realiza la toma de datos georreferencial de la perimetral de la instalación eléctrica sea subestación o central de generación:

Figura 8

Toma de coordenadas a perimetral de instalaciones eléctricas



- b. Se realizan contrastes de identificaciones únicos de cada elemento establecido por la empresa y con el cual, se identifica al elemento o instalación en la base de datos, como se muestra en la figura 9:

Figura 9

Ejemplo de datos de identificador único y datos técnicos de placa del elemento



- c. Se realiza la verificación de planos de planta y esquemas unifilares que fueron previos entregados por las empresas eléctricas y se contrasta con la información encontrada en campo, como se muestra en las figuras 10, 11 y 12:

Figura 10

Verificación de Diagramas unifilares y de datos de placa

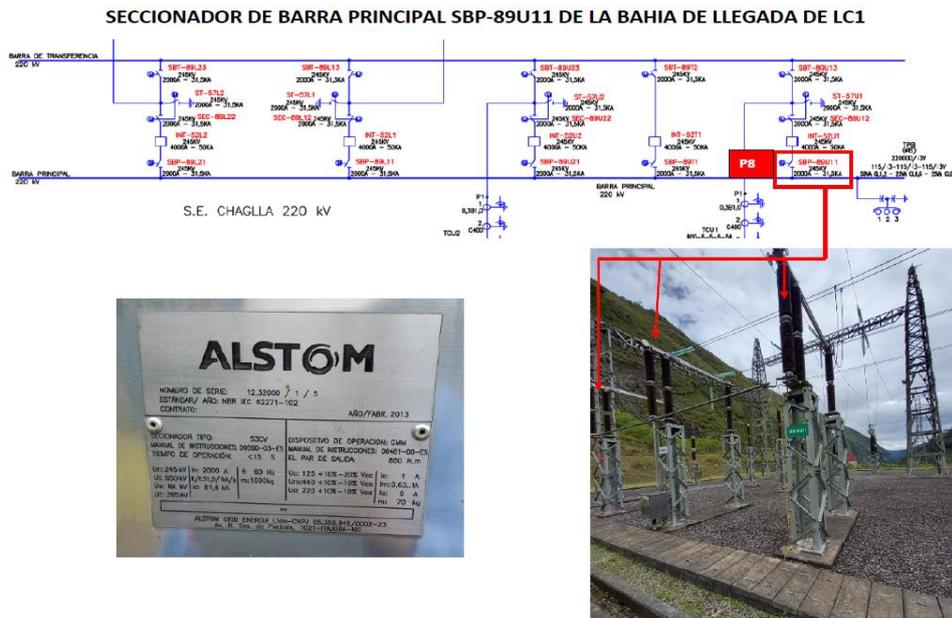


Figura 11

Toma de coordenadas a equipamiento principal de instalaciones eléctricas

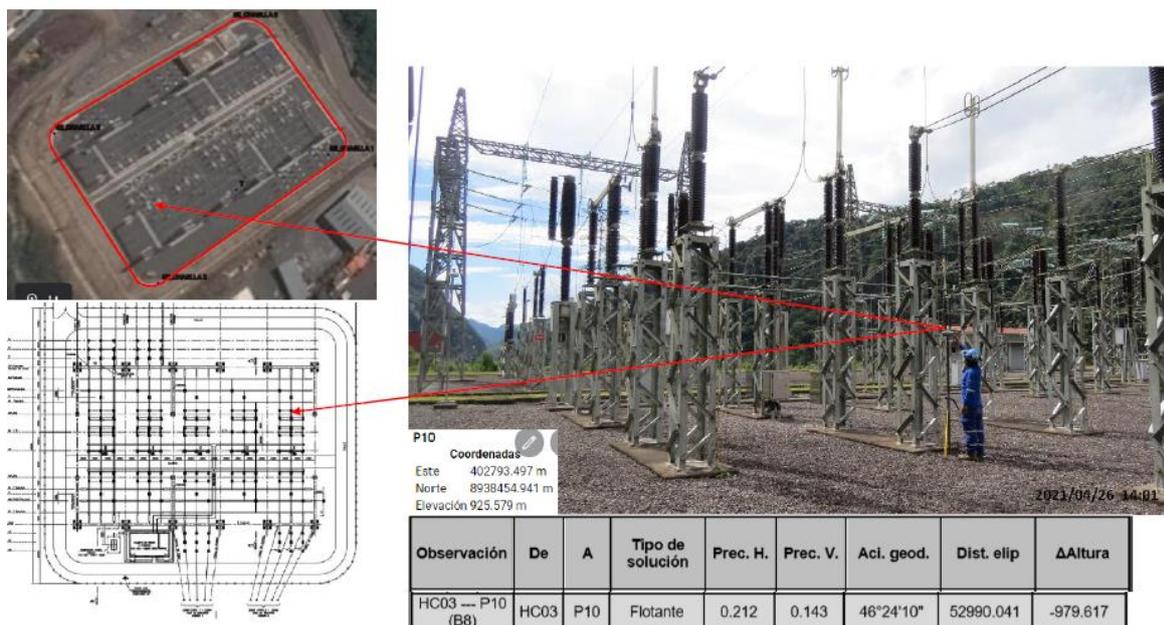


Figura 12

Toma de coordenadas a estructuras de líneas de transmisión



- d. Estas inspecciones de campo se realizan con la participación de equipo técnico, acompañado con representantes de la empresa eléctrica, los cuales firman un “Acta de Supervisión-ES” especificando las actividades realizadas y las observaciones encontradas durante la inspección.
- e. Estas mediciones se realizan con un GPS Diferencial: marca Trimble, modelo R8 GNSS. Precisión: horizontal 3 mm + 0,5 ppm RMS y vertical 5 mm + 0,5 ppm RMS y posteriormente en la etapa de gabinete, los datos tomados son corregidos con la estación de rastreo permanente más cercana y operativa del Instituto Geográfico Nacional (IGN): AN03 (punto geodésico de referencia), según donde se ubique la instalación. En la Figura 13 se muestra el equipo usado en campo:

Figura 13

Equipo de toma de datos de campo



2.6. Generación de información vectorial

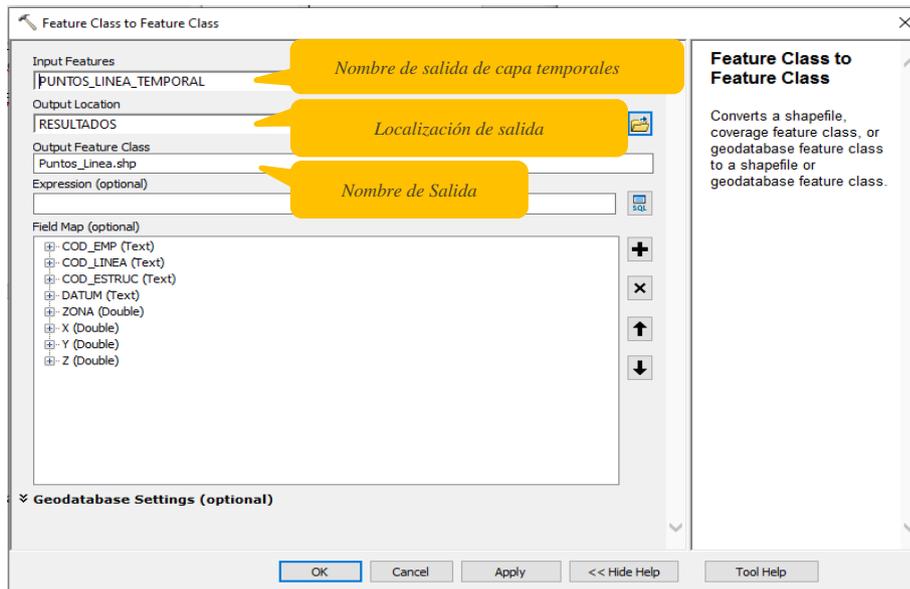
2.6.1. Generación de Información usando Model Builder

Con el fin de generar archivos vectoriales, ya sea de puntos, líneas o polígonos, teniendo como fuente de información la recopilación de información de la etapa antes descrita (formatos como Excel o CSV), dado que este proceso es rutinario se desarrolló un Modelo Generador en el cual se simplificarán las operaciones realizadas. Se emplearon la función del software ArcGIS como:

- **Make XY Event Layer** : Herramienta que posibilita la generación de una nueva capa de entidades de punto utilizando las coordenadas x e y que se encuentran definidas en una tabla. Si la tabla original contiene coordenadas z (que representan valores de elevación), también es posible indicar este campo durante la creación de la capa de eventos. Es importante mencionar que la capa generada por esta herramienta es de naturaleza temporal (Esri, 2021).

Figura 14

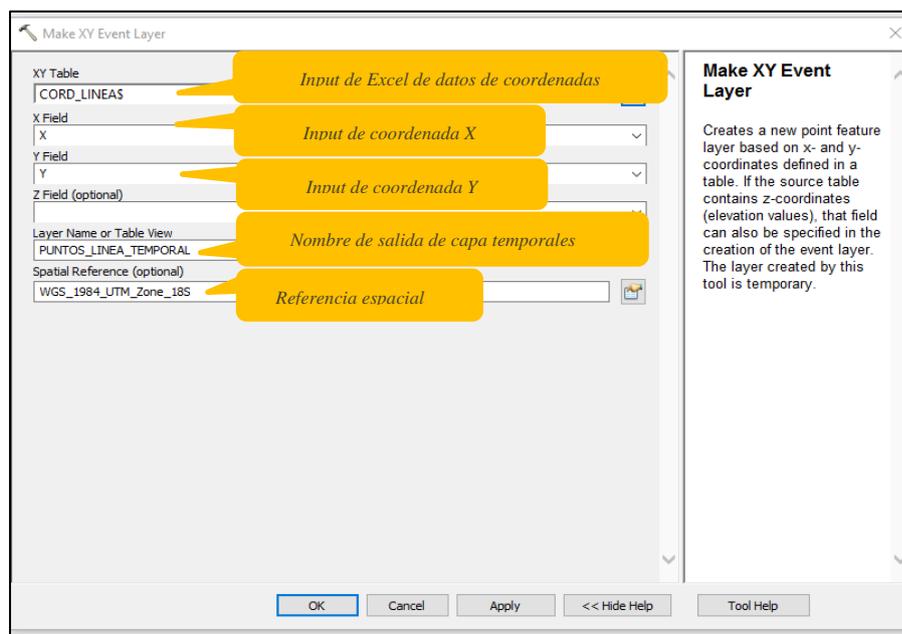
Ventana emergente de herramienta Make XY Event Layer



- Feature class to Feature class: Convierte una clase de entidad o capa de entidades en una clase de entidad (Esri, 2021).

Figura 15

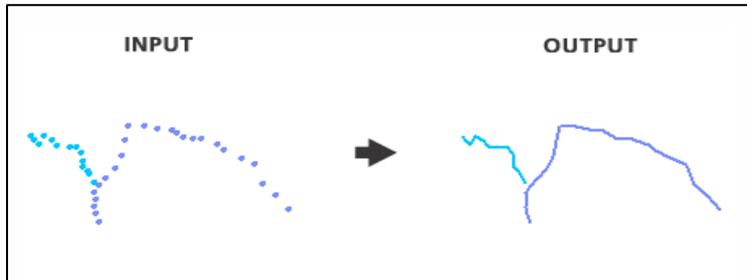
Ventana emergente de herramienta Feacture class to Feature class



- Points to Line: Crea entidades de línea a partir de puntos (Esri, 2021).

Figura 16

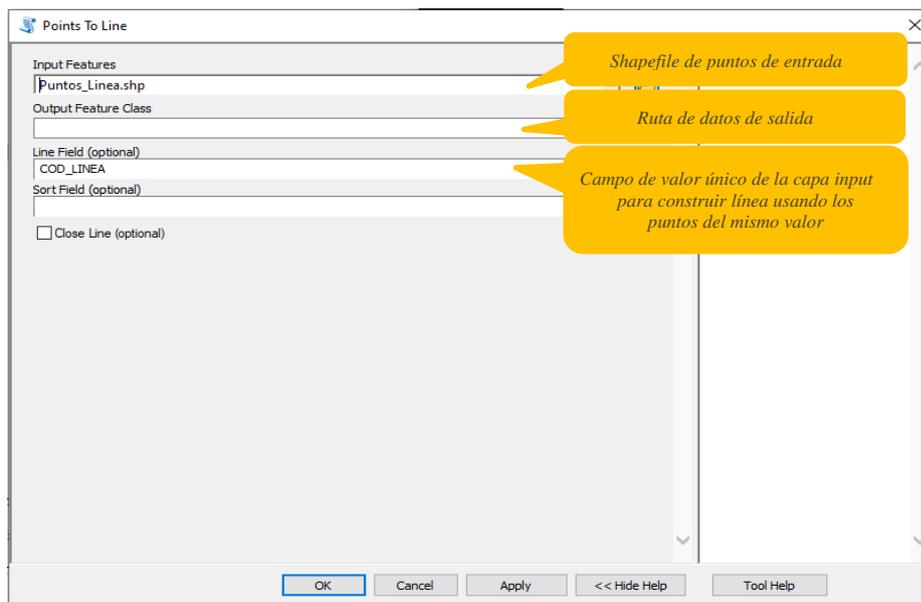
Generación de puntos a líneas



Nota: Tomado de la página oficial de ArcGIS Desktop, representen trazo de rutas, trayectorias o flujos basados en la secuencia de los puntos.

Figura 17

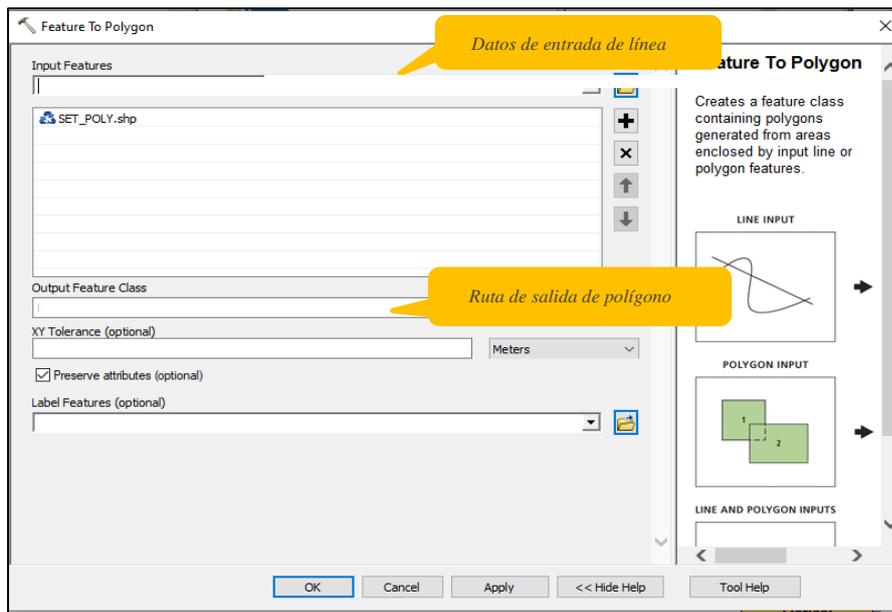
Ventana emergente de herramienta Points to Line



- Feature to Polygon: Genera una clase de entidad que incluye polígonos creados a partir de las áreas delimitadas por las entidades de polígono o de línea proporcionadas como entrada (Esri, 2021).

Figura 18

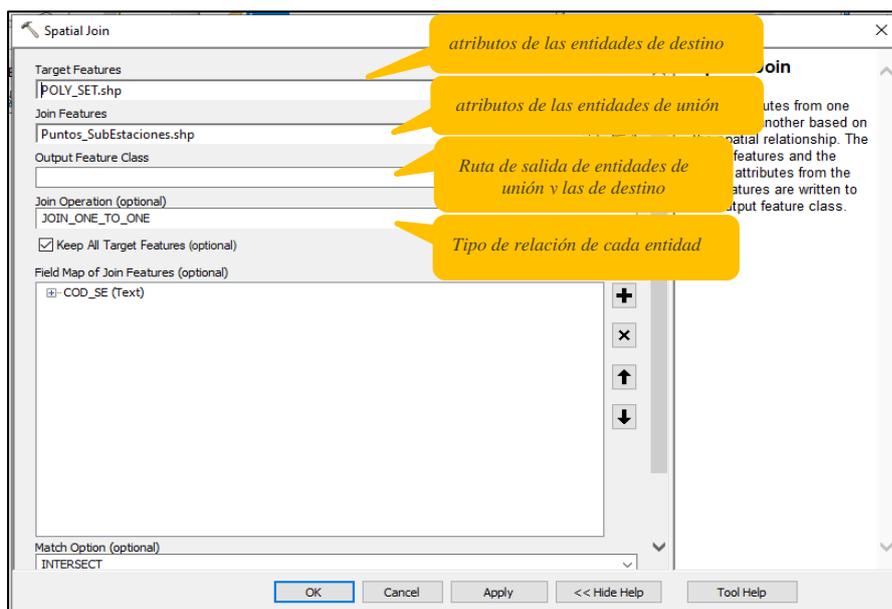
Ventana emergente de herramienta Feature to Polygon



- Spatial Join: Tipo de operación de combinación de tablas en la cual los campos de una tabla de atributos de una capa se fusionan con la tabla de atributos de otra capa según la posición relativa de las entidades en ambas capas (Diccionario SIG de Esri Support, 2023).

Figura 19

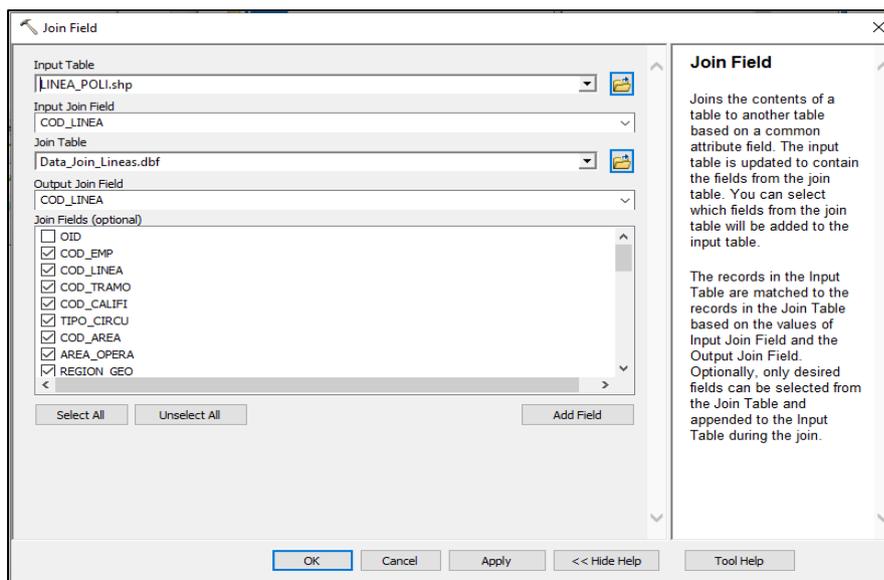
Ventana emergente de herramienta Spatial Join



- **Join Field:** Combinar dos tablas a través de un campo de atributos compartido. La tabla de entrada se modifica para incluir los campos de la tabla con la que se está realizando la unión. Es posible elegir cuáles campos de la tabla de unión se añadirán a la tabla de entrada (Esri, 2021).

Figura 20

Ventana emergente de herramienta Join Field



- **Table to table:** Exporta registros de tablas, vistas de tablas, clases de entidades, capas de entidades o imágenes rasterizadas junto con una tabla de atributos a una geodatabase o a un formato de archivo .csv, .txt o .dbf (Esri, 2021).

Estos model builder lo que genera es transformar de datos de coordenadas (archivos Excel o CSV) a información vectorial (puntos, líneas o polígonos) y a su vez también se realizado un Join Data con otra tabla que contiene la información técnica de la instalación o elemento. Este Join Data se realiza en todos los casos teniendo como dato común el Código único de cada elemento. Tomar en cuenta que todo este proceso se almacena en una geodatabase temporal, almacenando información vectorial en capa que le corresponde (Capa de subestación, capa de línea de transmisión, de centrales, de generadores, entre otros). En las Figuras 21, 22 y 23 se muestran los model builder elaboradas para las instalaciones tipo línea,

polígono y punto:

Tabla 1

Elementos del model builder

	<p>Variable de datos</p>	<p>Elementos azules suelen representar conjuntos de datos de entrada o features para tu modelo. Estos datos son utilizados para entrenar y validar tu modelo de machine learning.</p>
	<p>Herramienta</p>	<p>Elemento amarillo, es posible que representen herramientas o acciones específicas que estás aplicando en el proceso de construcción del modelo.</p>
	<p>Variable de datos de salida o derivados</p>	<p>Elemento verde puede indicar resultados o salidas de un proceso en model builder. Puede representar los resultados generados después de realizar ciertas acciones o pasos en la construcción del model</p>

Figura 21

Model builder para generación de vectores tipo línea

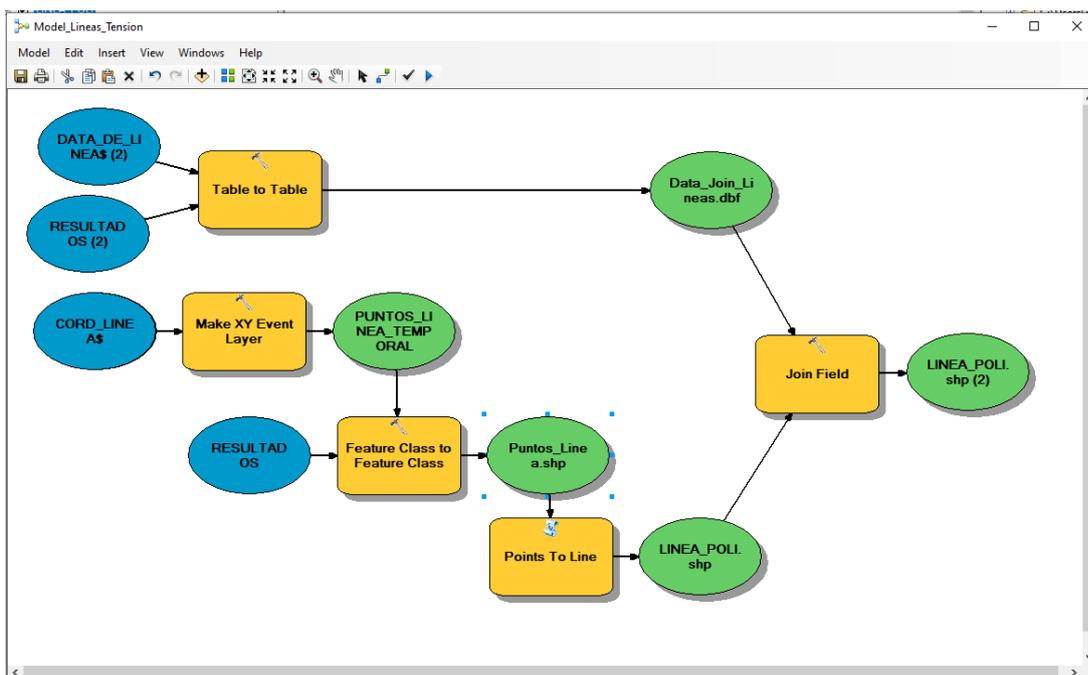


Figura 22

Model builder para generación de vectores tipo polígono

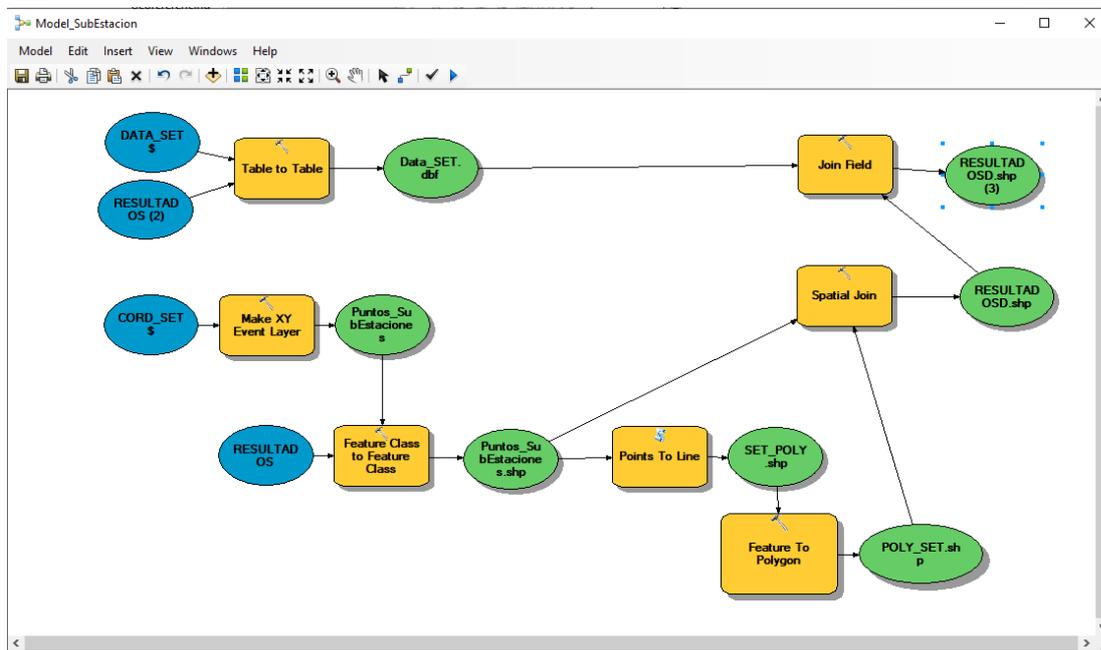


Figura 23

Model Builder para generación de vectores tipo punto

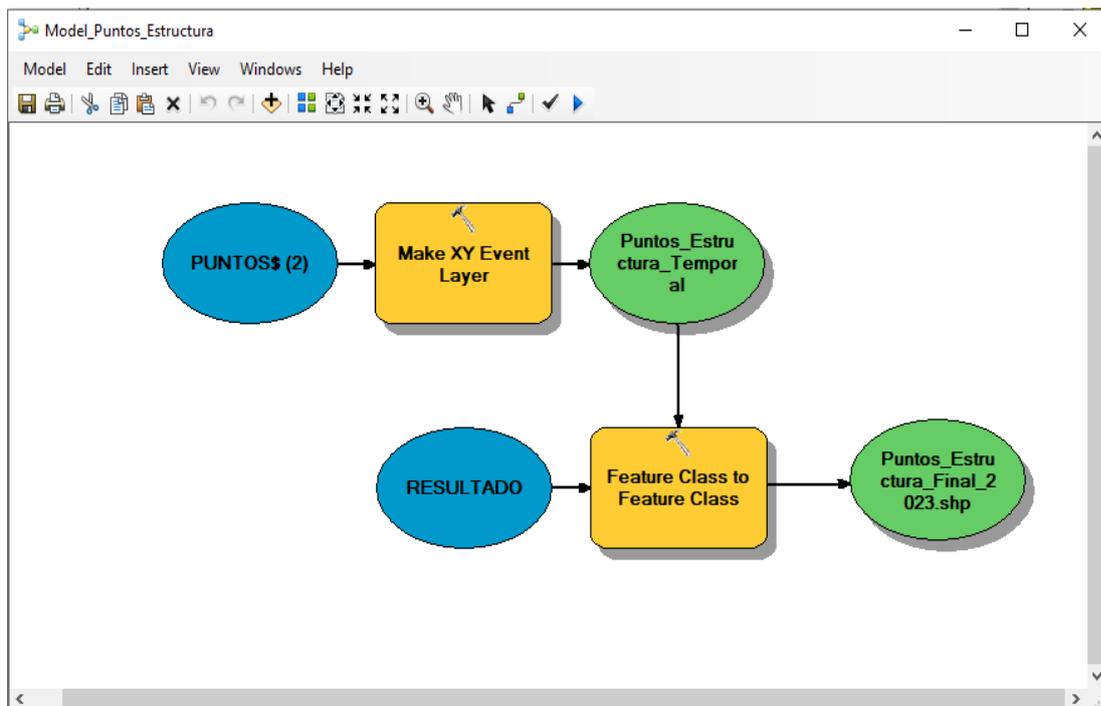


Figura 24

Resultados de datos vectoriales generados con imagen satelital



2.6.2. Generación de información usando Python en ArcMap

Python, es lenguaje de programación que nos permite la generación de código que nos permiten de manera efectiva la tarea de convertir un archivo excel a un shapefile utilizando. Este script, diseñado para la conversión de coordenadas de un sistema a otro, demuestra la capacidad de automatizar procesos geoespaciales. Esta herramienta aún se viene trabajando de manera inicial y haciendo que pueda ir adaptando a las nuevas necesidades, se menciona un ejemplo de código elaborado para la conversión de coordenadas a puntos en formatos shapefile.

Figura 25

Código Python para generación de los datos vectoriales tipo punto

```
import arcpy
# Establecer el entorno de trabajo
arcpy.env.workspace = r'D:\PUNTOS\EXCEL'
# Definir la ruta del archivo Excel y la hoja de trabajo
excel_file = 'Puntos_Estructura_2023.xls'
excel_sheet = 'PUNTOS_2023'
# Definir la ruta del shapefile de salida
output_folder = r'D:\PUNTOS\RESULTADO'
output_shapefile = 'Puntos_Estructura_2023.shp'
# Crear la ruta completa del shapefile de salida
output_shapefile_path = arcpy.os.path.join(output_folder, output_shapefile)
# Definir el sistema de coordenadas WGS 84 UTM 18 SUR
# SpatialReference(32719) = WGS 84 UTM 19 SUR
# SpatialReference(32718) = WGS 84 UTM 18 SUR
# SpatialReference(32717) = WGS 84 UTM 17 SUR
coordinate_system = arcpy.SpatialReference(32718) # Código EPSG para WGS
84 UTM 18 SUR
# Crear el shapefile
arcpy.ExcelToTable_conversion(excel_file, 'temp_table', excel_sheet)
arcpy.MakeXYEventLayer_management('temp_table', 'X', 'Y', 'temp_layer',
coordinate_system)
# Guardar el resultado en un shapefile
arcpy.CopyFeatures_management('temp_layer', output_shapefile_path)
# Eliminar capas temporales
arcpy.Delete_management('temp_table')
arcpy.Delete_management('temp_layer')
print(f'Proceso completado. El shapefile se encuentra en:
{output_shapefile_path}')
```

2.7. Validación y transformación de la información

Posterior a tener esta información en una geodatabase temporal, en esta etapa se lleva a cabo la validación, ajuste del sistema de coordenadas, y transformación de proyección (si este lo requiere) de cada una de las instalaciones nuevas o que serán actualizadas. Para lograrlo, se realizaron las siguientes acciones o procesos:

2.7.1. Validación del datum.

Se debe verificar que la información este en datum WGS84 proyección UTM, en algunos casos se ha encontrado que la información se encuentra en datum Provisional Sudamericano de 1956 (PSAD56), por tanto, es necesario realizar la conversión:

Utilizando la herramienta Define Projection software ArcGIS, se asigna el datum y el sistema de coordenadas adecuados a los archivos vectoriales. Posteriormente, con la ayuda de la herramienta Project, se llevó a cabo la reproyección al sistema WGS84.

2.7.2. Verificación de información con imágenes

Después de validar el datum de la información recopilada, se procede a llevar a cabo una verificación adicional utilizando imágenes satelitales, así como imágenes proporcionadas por Google Earth. Esta validación visual es esencial para asegurar la precisión y la integridad de los datos geoespaciales, permitiendo una comprobación de la ubicación y concordancia de la disposición de los elementos en el terreno. La comparación entre la información geográfica obtenida y las imágenes satelitales garantiza la fiabilidad del conjunto de datos y mejora la confianza en los resultados finales. En la Figura 26 se muestra un ejemplo un ejemplo de la visualización de los datos vectoriales vs imágenes en Google earth:

Figura 26

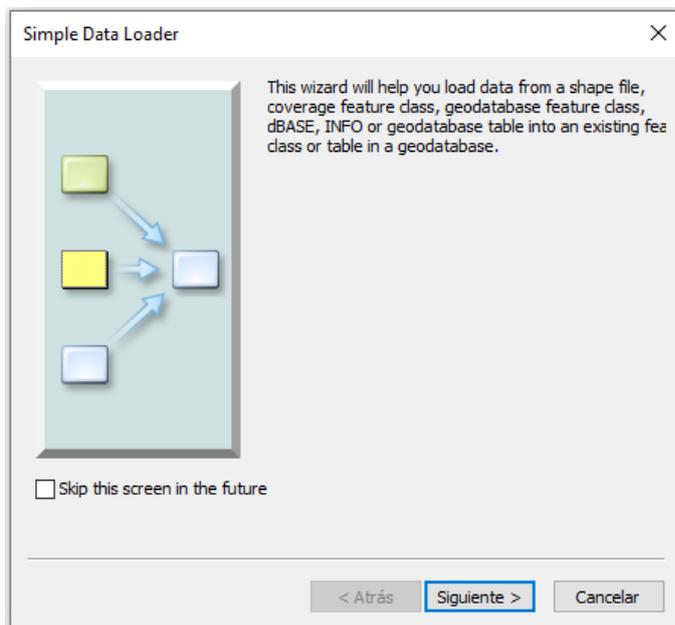
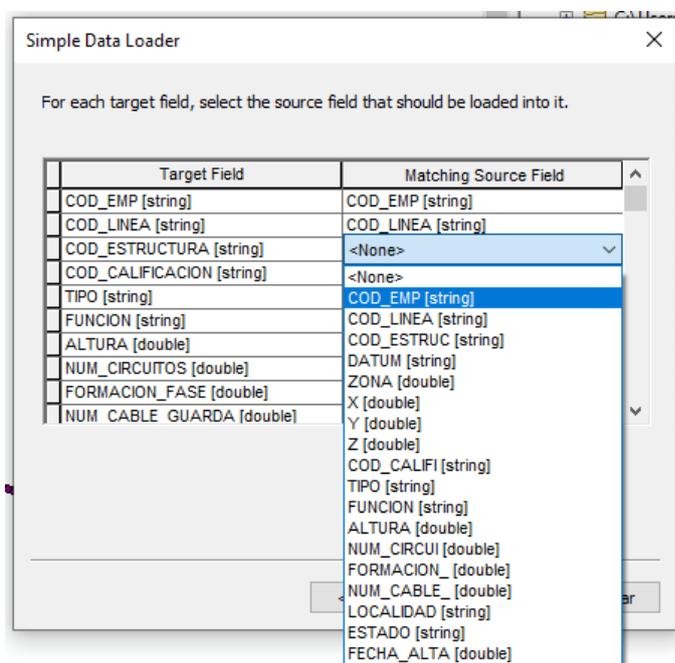
Verificación de ubicación de estructuras de las líneas de transmisión



2.8. Actualización de la información

Después de completar el proceso de validación, se procede con etapa de transferencia de información vectorial preliminar hacia la base de datos Oracle de los servidores de la institución. Esto se realiza con el fin de actualizar la información de las capas de las instalaciones eléctricas, lo que implica una revisión minuciosa de los datos verificados y su integración con las últimas actualizaciones y cambios en las infraestructuras eléctricas.

La migración de los datos mencionados anteriormente se lleva a cabo mediante el uso de la herramienta "Simple Data Loader". Esta herramienta facilita la carga de datos en clases de entidad que ya tienen información. Es posible cargar datos desde coberturas, shapefiles o geodatabases existentes, siempre y cuando estén dentro de la referencia espacial de la clase de entidad en la que se realizará la carga. En la siguientes Figuras se muestra la herramienta a utilizar:

Figura 27*Herramienta Simple Data Loader***Figura 28***Vinculación entre campo de destino y campo de origen*

Cuando esta migración se ha realizado, de manera automática que ven reflejados en los Web Services de la institución, que se encuentran públicas en su página web, como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 29

Esquema de administración y actualización de la Geodatabase

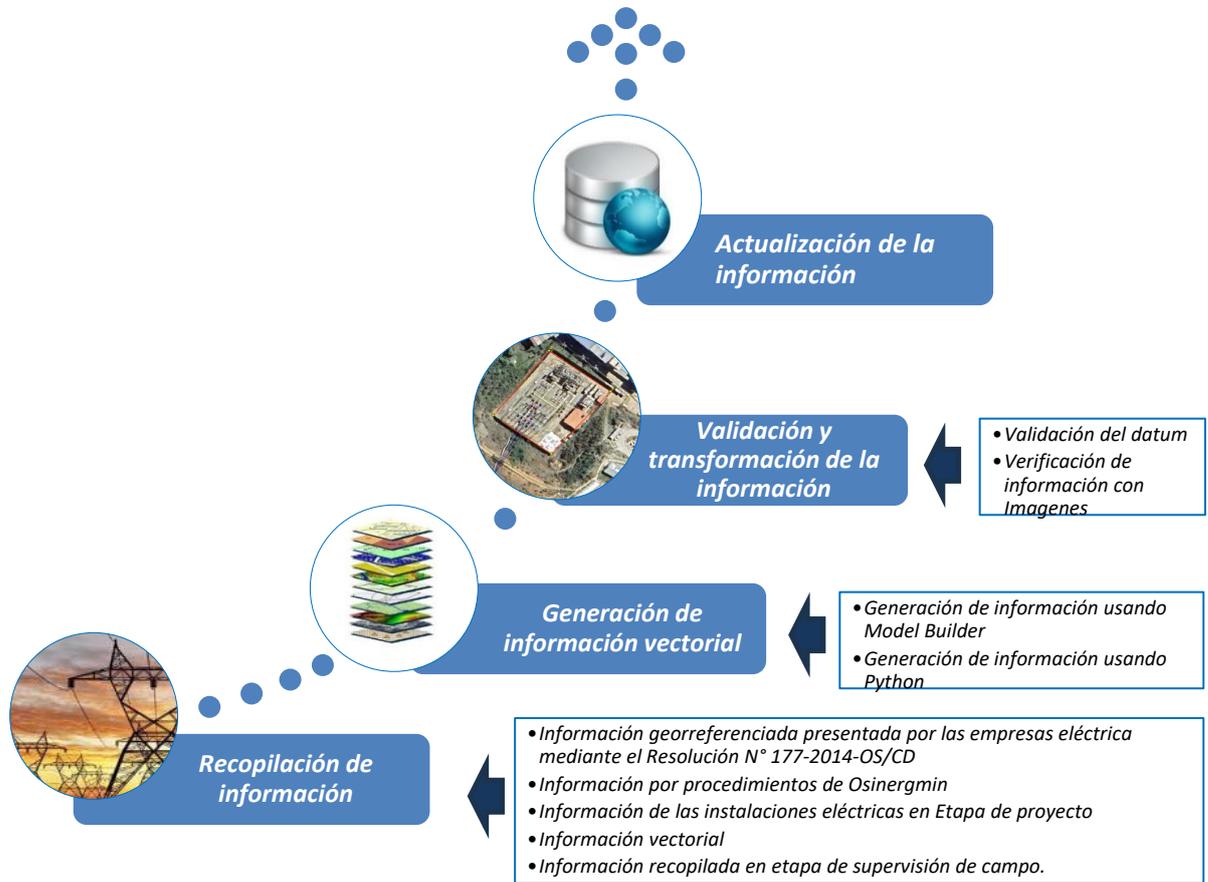


Figura 30

Esquema para obtener la base de datos georreferenciada

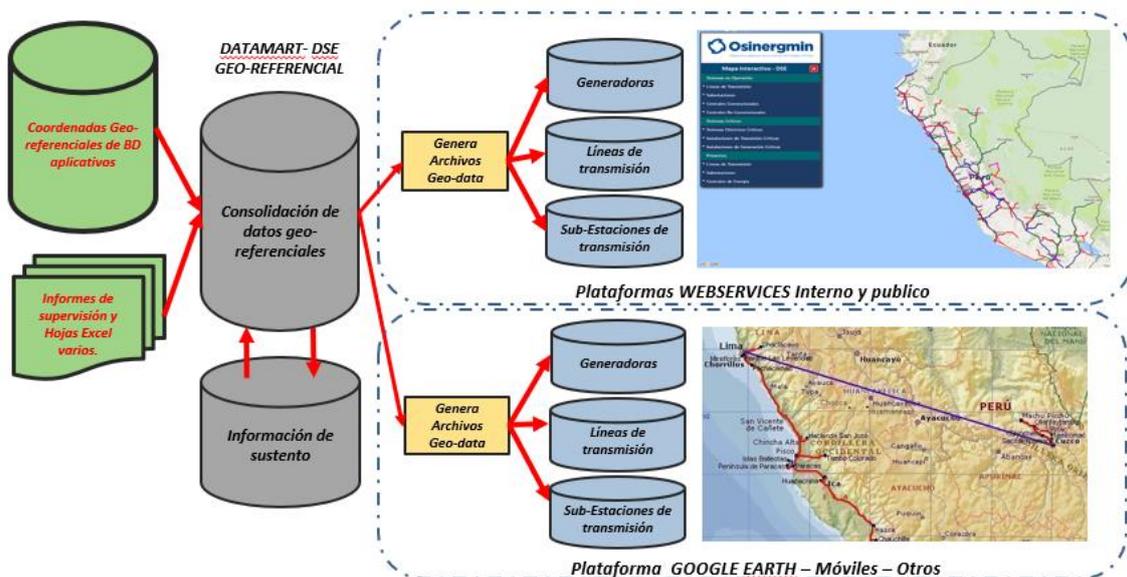
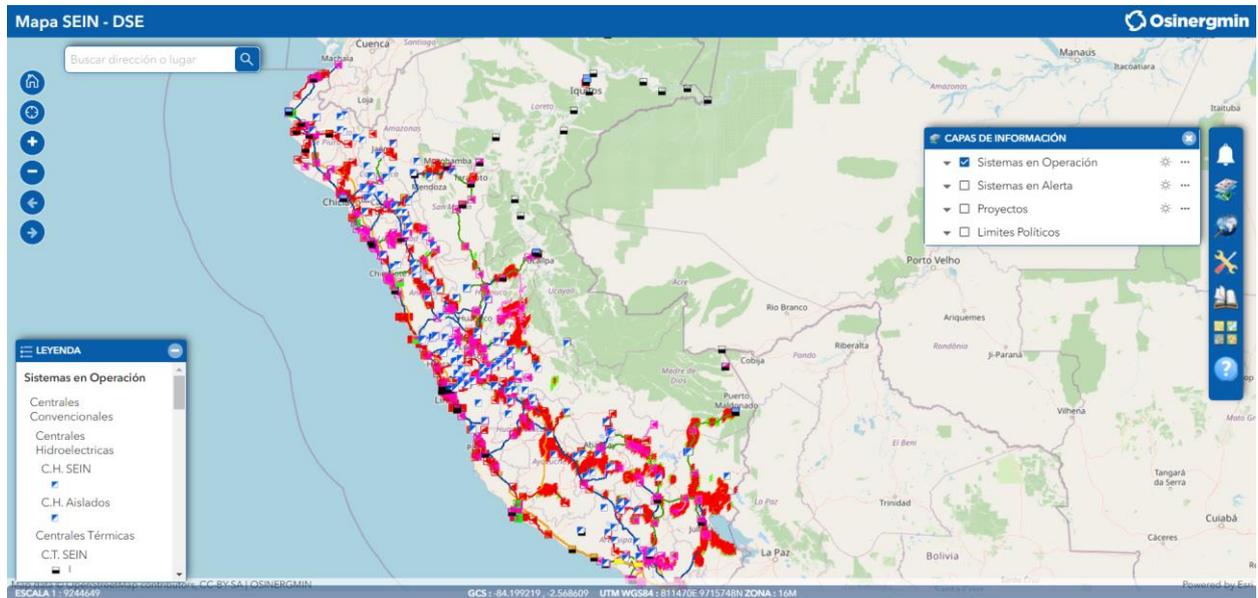


Figura 31

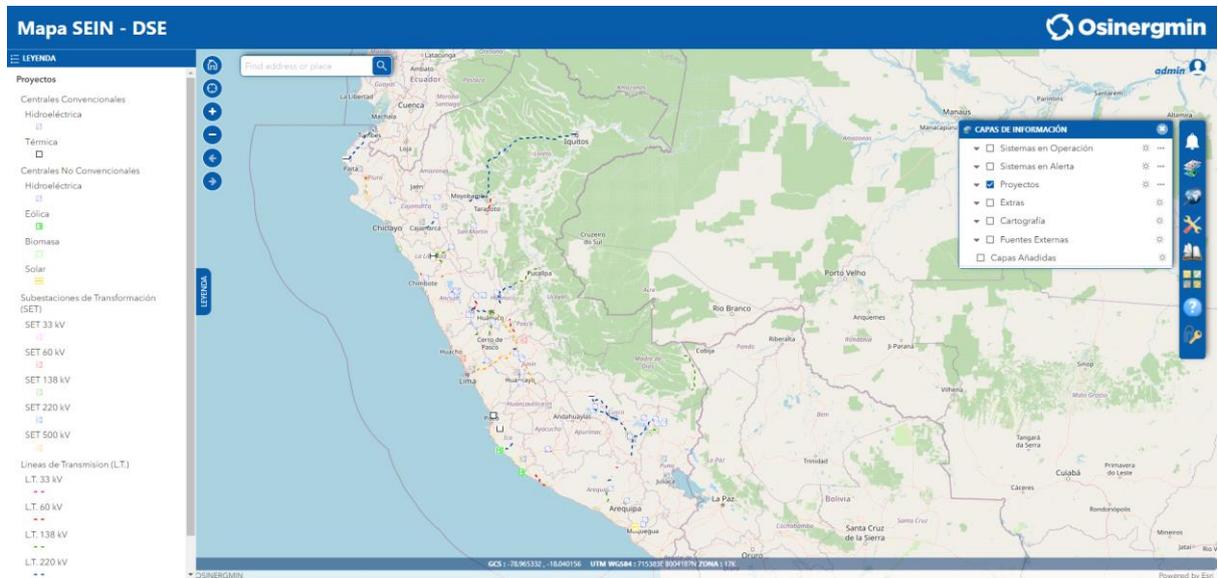
Vista del Web Services Mapa SEIN - DSE - Sistemas en Operación



Fuente: Web Services de OSINERGMIN

Figura 32

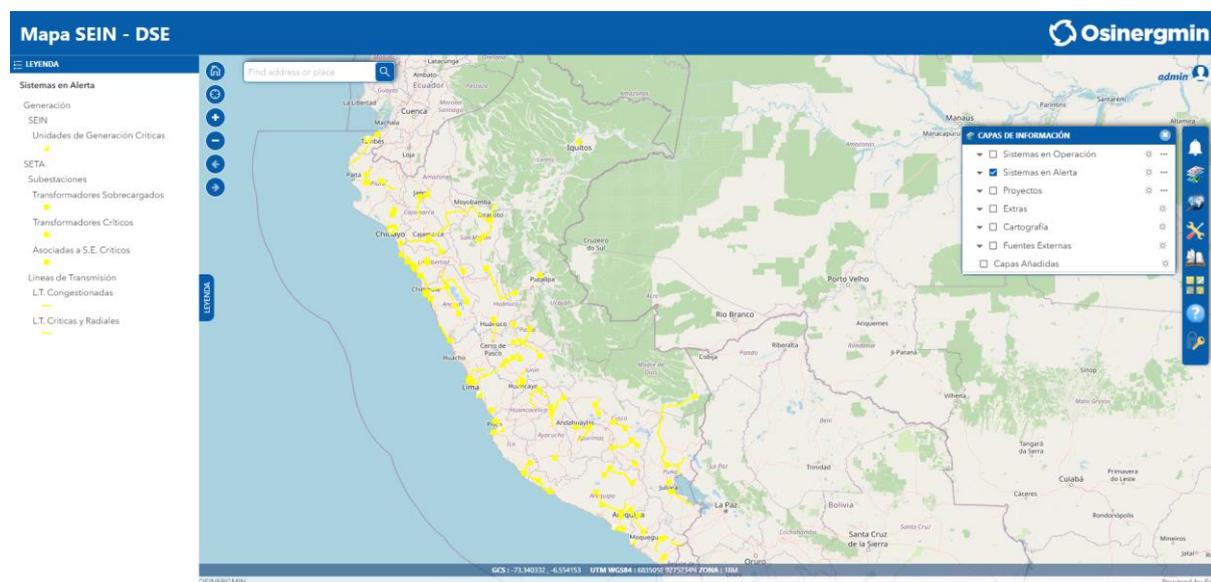
Vista del Web Services Mapa SEIN - DSE - Sistemas en Proyección



Nota: Web Services de OSINERGMIN

Figura 33

Vista del Web Services Mapa SEIN - DSE - Sistemas en Alerta



Nota: Web Services de OSINERGMIN

En la siguiente tabla se muestran los Feature datasets y los Feature class considerados para la actualización de la información, y que se continúan implementado:

Tabla 2

Base de datos de Electricidad de Alta Tensión

Ítem	Feature dataset	Feature class	Contenido
1	DS_OSI_CALIDAD	LY_OSI_PE	Puntos de entrega de energía, calidad de tensión y de suministro.
2	DS_OSI_CRITICAS	LY_OSI_LT_CONGEST	Congestión en la línea de transmisión.
		LY_OSI_LT_RADIALES	líneas de transmisión críticas con mediciones de INDISL y TFL.
		LY_OSI_SC_SET_AS_SIST_ELECT	Subestaciones con indicadores de interrupciones SAIFI y SAIDI.
		LY_OSI_SC_SET_TRANS_CRIT	Sistemas de transmisión críticos.
		LY_OSI_SC_SET_TRANS_SOBR	Transformadores sobrecargados.
		LY_OSI_SC_UNID_GEN_CRIT	Instalaciones de generación aisladas, se analiza el número y duración de interruptores.

3	DS_OSI_GENER	LY_OSI_CENTRAL	Centrales de generación. (Centrales Hidroeléctricas, Térmicas, Eólicas, Biomasa, Solar).
		LY_OSI_GEN	Información vectorial de generadores.
4	DS_OSI_LT	LY_OSI_LT	Tramo de línea de transmisión.
		LY_ESTRUCTURAS	Información vectorial de estructuras.
5	DS_OSI_SET	LY_OSI_SET	Subestaciones eléctricas.
		LY_OSI_TRAFO	Información vectorial de transformador.
		LY_OSI_CELDA	Información vectorial de celdas.
		LY_OSI_INTER	Información vectorial de interruptores.
		LY_OSI_SECC	Información vectorial de seccionadores.
6	DS_OSI_SUPERVISION		Información vectorial que forma parte de la supervisión de Eventos relevantes de centrales, líneas de transmisión y subestaciones, y Planes de Inversión de líneas de transmisión y subestaciones.

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA

Entre los principales aportes del bachiller a la empresa se podrían mencionar los siguientes:

- Administración de la base de datos de instalaciones eléctricas de generación y transmisión eléctrica para OSINERGMIN, con el fin de que pueda ser utilizado para los fines de la institución.
- Recopilación datos técnicos e información georreferenciada de instalaciones eléctricas.
- Validación de datos georreferenciado de instalaciones de generación y transmisión.
- Elaboración de informes de supervisión de la Resolución N° 177-2014- OS/CD que permitirá el cumplimiento del Plan anual de supervisión en la institución.
- Participación de inspecciones de campo a instalaciones eléctricas para la verificación de la información en gabinete.
- Realización de un Model Builder con el fin de optimizar del tiempo para procesos rutinarios, simplificando y acelerando el geoprocésamiento de la información al emplear un solo flujo de trabajo.
- Capacitación de personal de las divisiones de electricidad con respecto a los servicios WEB MAP SERVER y del uso de sus herramientas.
- Instrucción a las empresas eléctricas sobre la presentación de la información para el cumplimiento de la Resolución N.º 177-2014- OS/CD.

IV. CONCLUSIONES

- La **administración** de la base de datos geoespaciales de instalaciones eléctricas se logró mediante la implementación de un Sistema de Información Geográfica, optimizando la accesibilidad, seguridad y eficiencia en el manejo de datos georreferenciados. Esta **implementación** mejoró las labores de supervisión, destacando así la capacidad para consultar información detallada de cada instalación y proporcionar respuestas en tiempos reducidos. El proceso involucró **la recopilación y validación** de datos técnicos y geoespaciales, garantizando una mejora de la calidad de los datos y corrigiendo posibles inconsistencias, contribuyendo así confiabilidad de los datos en consulta.
- La **actualización** de la geodatabase de información georreferenciada de instalaciones eléctrica en los servidores de Osinergmin representa la mejora continua de la gestión y supervisión de la infraestructura eléctrica, además de mantener disponible la información actualizada y precisa en los Web Service de la institución.

V. RECOMENDACIONES

- Implementar nuevas capas de equipamiento a las instalaciones y campos en la tabla de atributos, lo que contribuirá a mejorar la base de datos existente, permitiendo obtener un mayor nivel de detalle.
- Implementación formularios utilizando el aplicativo de Esri, Survey123, el cual nos permitirá generar formularios personalizados para la actualización de la base de datos de instalaciones eléctricas, siendo actualizados por personal técnico de campo.
- Definir flujos continuos de recopilación de información desde las unidades de supervisión de los distintos procedimientos garantizando una entrada constante y actualizada de datos, como por ejemplo, uso compartido de información en los servidores de la institución, entre otras.
- Implementar procedimientos automatizados de verificación y validación de datos, elevando la rigurosidad en la calidad y precisión de la base de datos de manera significativa.

VI. REFERENCIAS

- Cañon, E., Vargas, W., & Gómez, C. (2023). *Manual ArcGIS ArcMap Desktop Avanzado*. Ecoe Ediciones S.A.S.
- Ecdisis Estudio. (2021). ¿Qué es la Georreferenciación? Ecdisis Estudio. <https://ecdisis.com/que-es-la-georeferenciacion/>
- Esri. (2019) *Información general sobre las geodatabases - ¿Qué es una geodatabase?* <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>
- Esri (2021) *Descripción general de la caja de herramientas Administración de datos*. Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/data-management-toolbox/an-overview-of-the-data-management-toolbox.htm>
- Esri (2023). *Diccionario SIG de Esri Support*. <https://support.esri.com/es-es/gis-dictionary> .
- Esri (2023). *Entrenamiento Esri*. Recuperado de <https://www.esri.com/content/dam/distributor-restricted/esri-co/servicios-y-soporte/entrenamiento/nuevo-home/catalogo-multipais-2023.pdf>
- Grupo Energía Bogotá (2020) *¿Cómo se construye una línea de transmisión?* Recuperado de https://www.enlaza.red/content/download/26020/file/Cartilla_Línea_Transmisión_Digital_18x32.pdf
- Pérez, J. (2023) *Generación de energía eléctrica - Qué es, definición y concepto*. Recuperado de <https://definicion.de/generacion-de-energia-electrica/>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (6 de marzo de 2006) *Procedimiento para supervisión y fiscalización del performance de los Sistemas de Transmisión*. Resolución de Consejo Directivo N.º 091-2006-OS/CD. <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/708901-091-2006-os-cd>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (27 de diciembre de 2012). *Procedimiento para la supervisión de los planes de contingencias operativos en el sector eléctrico*. Resolución de Consejo Directivo N.º 264-2012-OS/CD. <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/709187-264-2012-os-cd>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (26 de agosto de 2014). *Norma “Guía de Elaboración y Presentación de Información Georeferenciada de las Instalaciones de los Sistemas de Generación y Transmisión Eléctrica”*. Resolución de Consejo Directivo N.º 177-2014-OS/CD.

- <https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/674859-177-2014-os-cd>
 Instituto Geográfico Nacional. (28 de diciembre de 2015) *Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global*. Resolución Jefatural N.º 139-2015/IGN/UCCN.
<https://www.gob.pe/institucion/ign/informes-publicaciones/543958-norma-tecnica-especificaciones-tecnicas-para-posicionamiento-geodesico-estatico-relativo-con-receptores-del-sistema-satelital-de-navegacion-global>
- Ministerio de Energía y Minas. (29 de abril del 2011) *Código Nacional de Electricidad* Resolución Ministerial N.º 214-2011-MEM/DM.
<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/R%20M%20%20y%20CNE%202011.pdf>
- Mendoza, F., Alcantar, D., & Fajardo, M. (2022). *Análisis y atención a las contingencias en el sistema eléctrico mexicano mediante la información de sistemas de información*. Ingeniería y desarrollo en la Nueva Era, (pp.260). Editorial Instituto Antiqueño de Investigación. Rescatado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8732155>
- Monsalve, M. & Rodriguez, G. (2020) *Creación de una herramienta computacional (geodatabase) para análisis y consolidación de información geoespacial de las acequias en las veredas la esmeralda, porvenir y la fuente del municipio de Tocancipá Cundinamarca*. [Tesis Doctoral. Universidad Santo Tomás]. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21456>.
- Open Geospatial Consortium. (01 de 05 de 2020). Web Map Service. Obtenido de Open Geospatial Consortium: <https://www.ogc.org/standards/wms>
- Santiago, M. de. (2021). Fundamentos geométricos de los sistemas de información geográfica [TFG Grado en Matemáticas]. Universidad de Valladolid. Facultad de Ciencias.
- Santos, J. (2020) *Sistemas de Información Geográfica*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Sánchez, N., Comas, R. & García, M. (2019). Sistema Inteligente de Información Geográfica para las empresas eléctricas cubanas. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. vol.17. Recuperado de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052019000200197#:~:text=Los%20SIG%20se%20utilizan%20para,para%20la%20toma%20de%20decisiones.

VII. ANEXOS

ANEXO N° 1 MAPA DE UBICACIÓN DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN

ANEXO N° 2 MAPA DE UBICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICA EN EL ÁREA DE CONSULTA

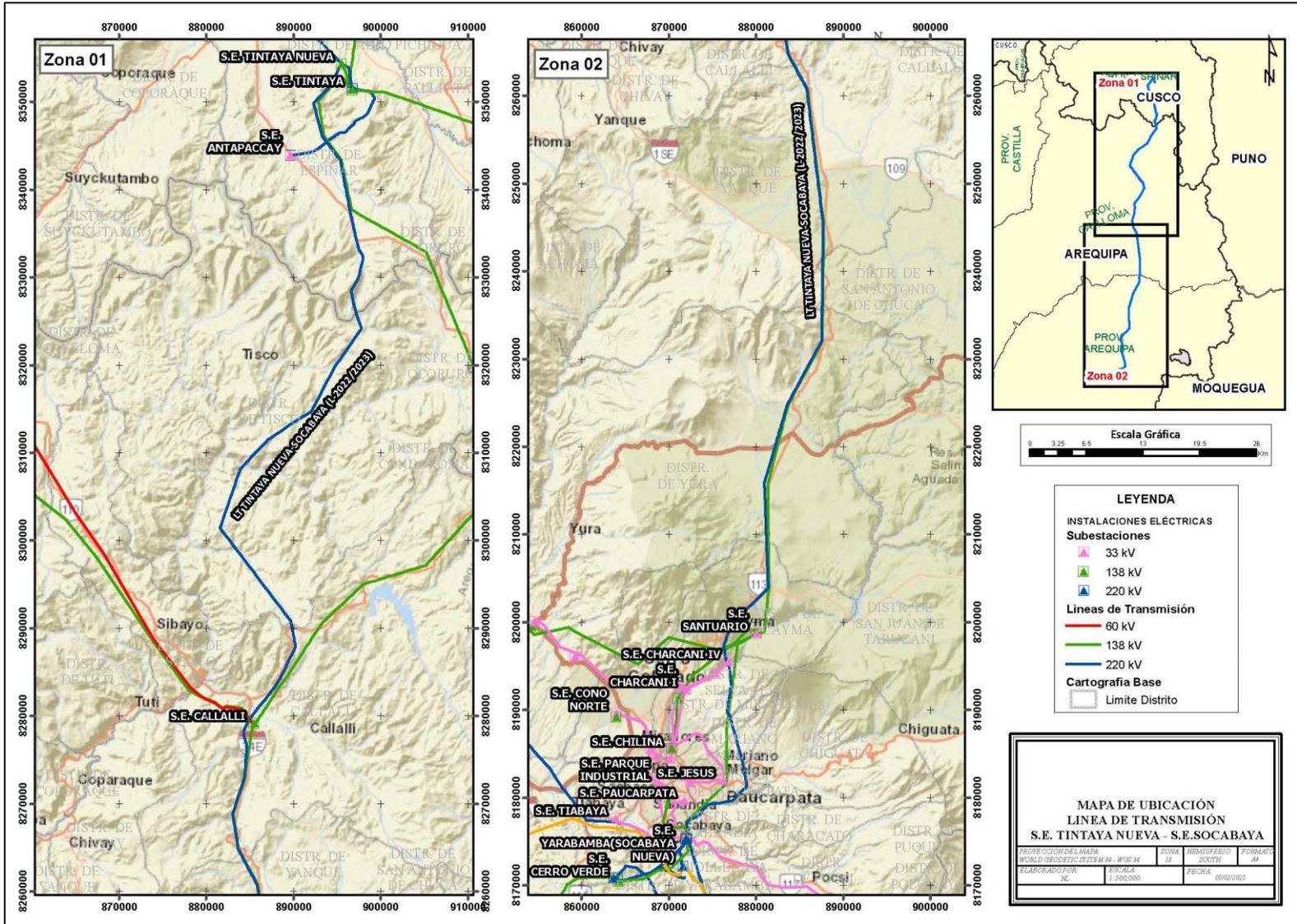
ANEXO N° 3 MAPA DE UBICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS SOBRE PREDIOS RURALES

ANEXO N°4 MAPA DE UBICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS – FAJA DE SERVIDUMBRES

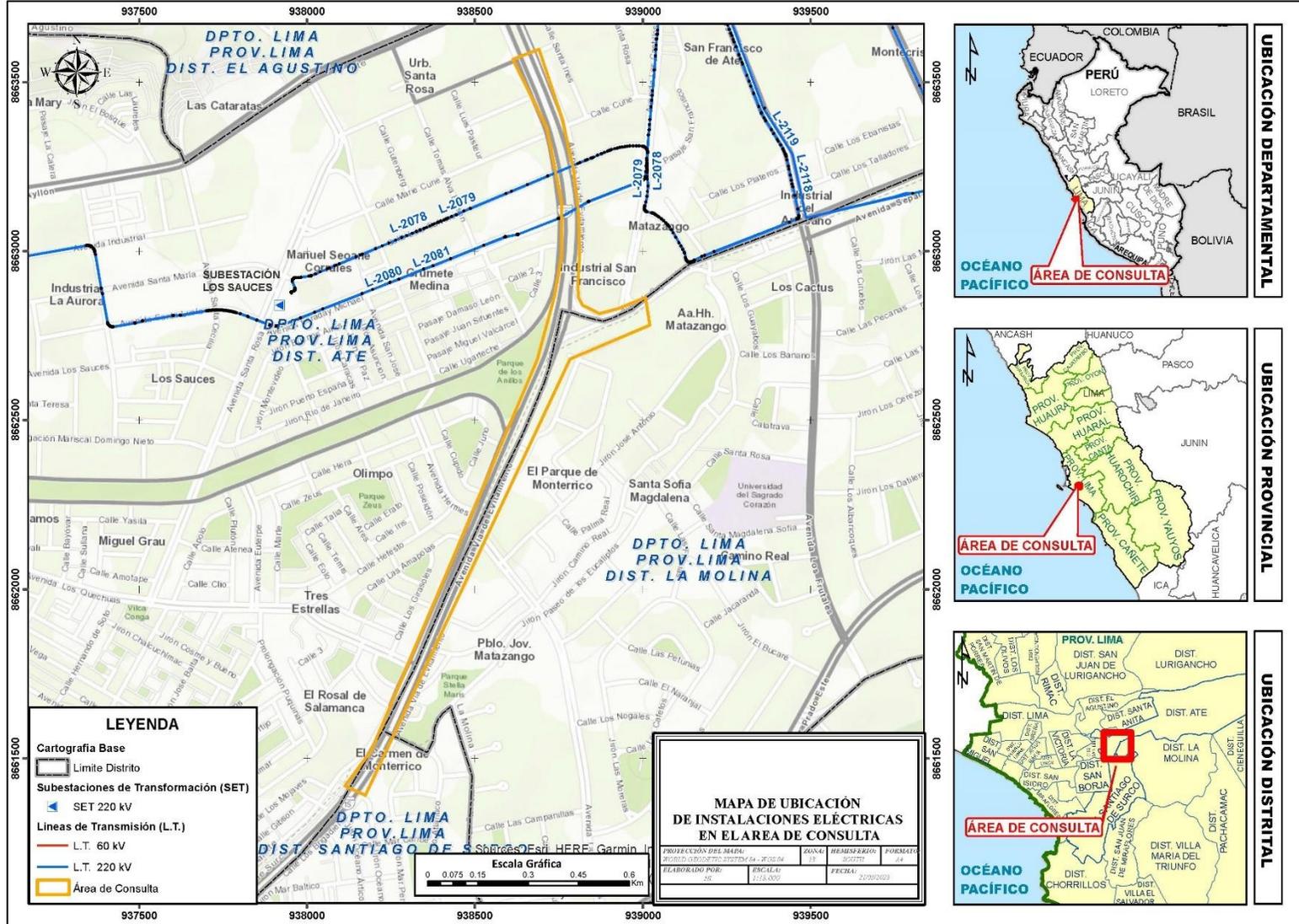
ANEXO N°5 MAPA DE UBICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS SOBRE CONCESIONES MINERAS

ANEXO N°1 MAPA DE INSTALACIONES DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS EN ZONAS ALTAMENTE PROPENSAS A INUNDACIONES EN ÁMBITO DEL PRONÓSTICO DE LLUVIAS DURANTE EL PERIODO ENERO – MARZO 2023

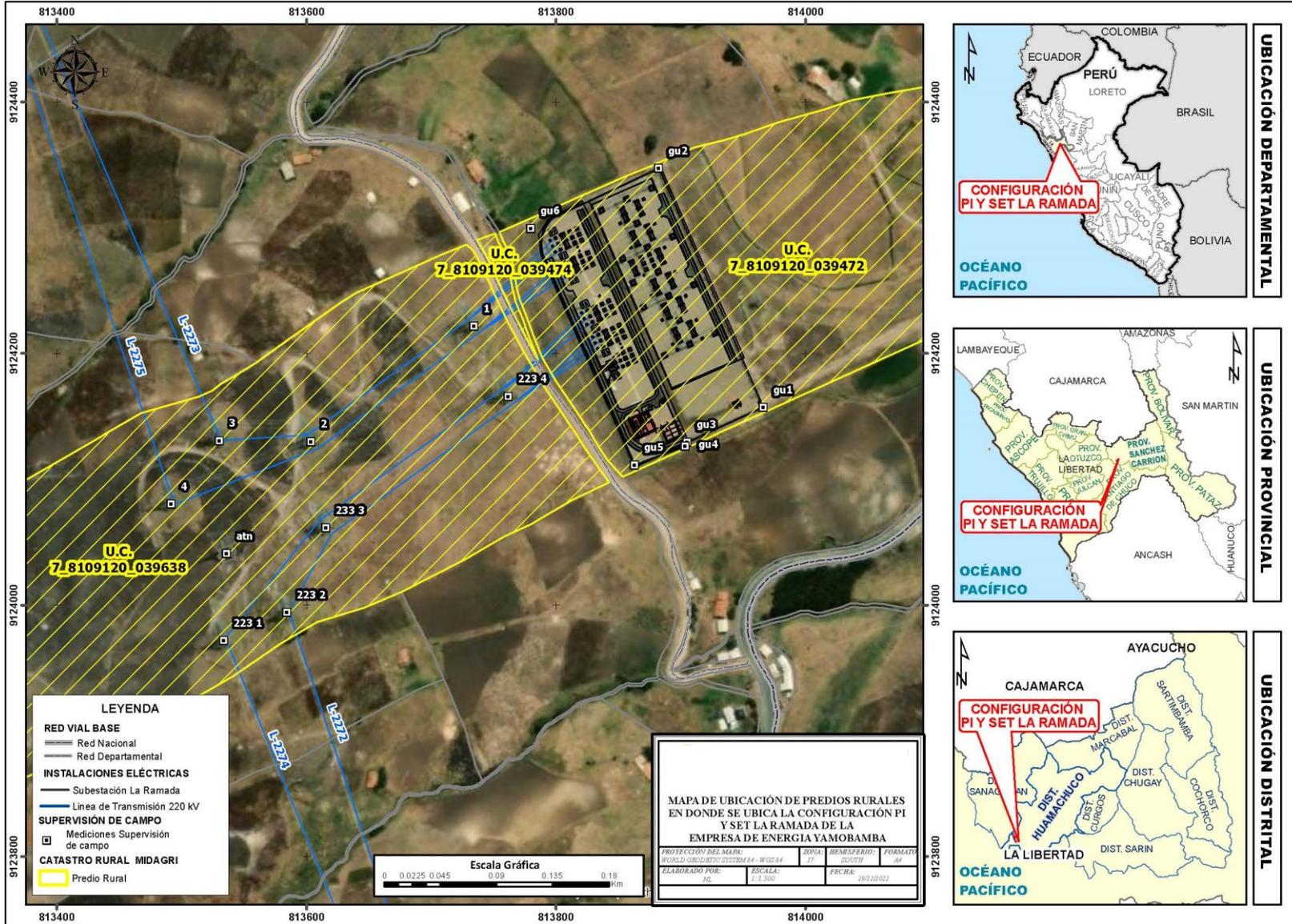
ANEXO N° 2 MAPA DE UBICACIÓN DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN



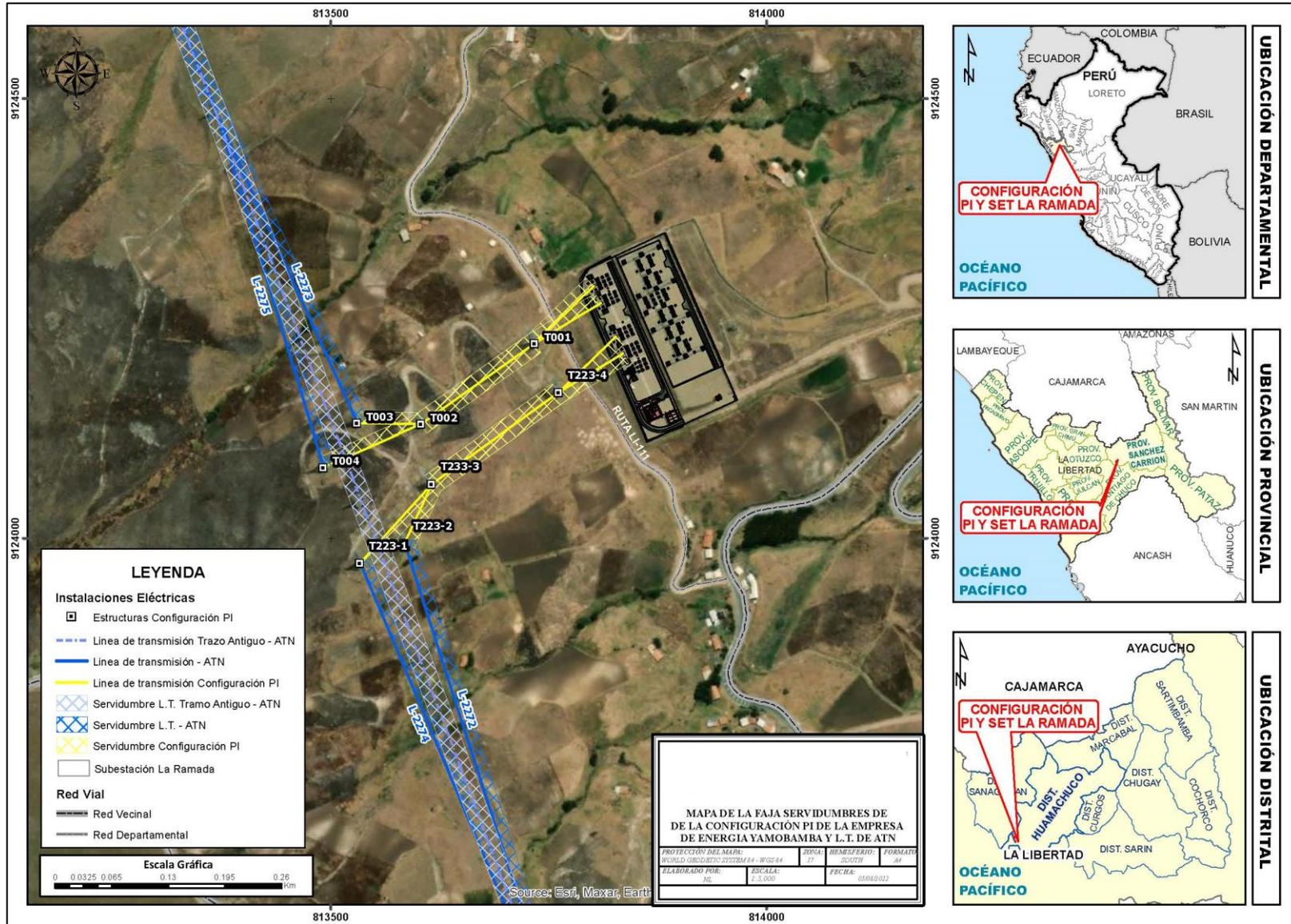
ANEXO N° 3 MAPA DE UBICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICA EN EL ÁREA DE CONSULTA



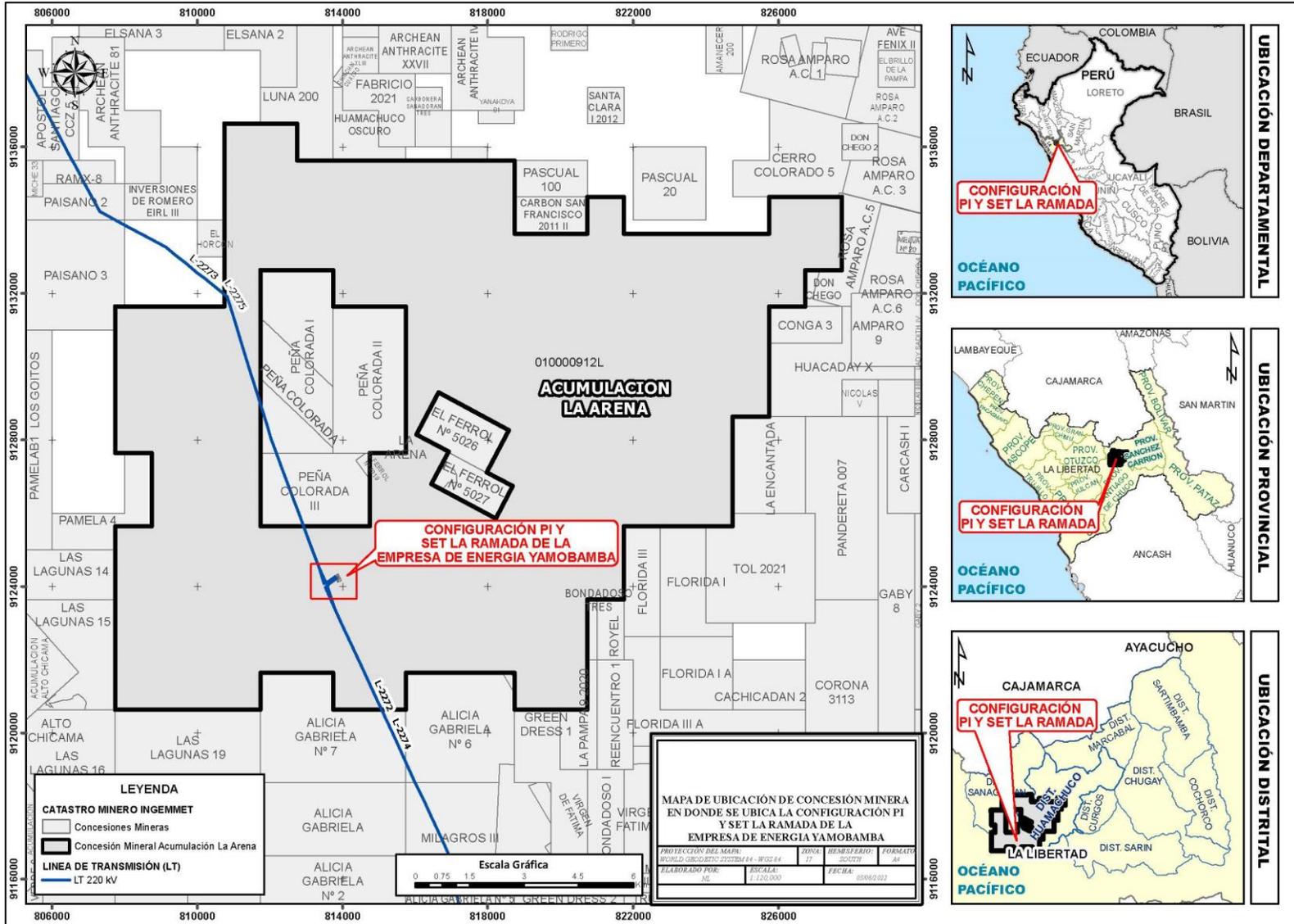
ANEXO N° 4 MAPA DE UBICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS SOBRE PREDIOS RURALES



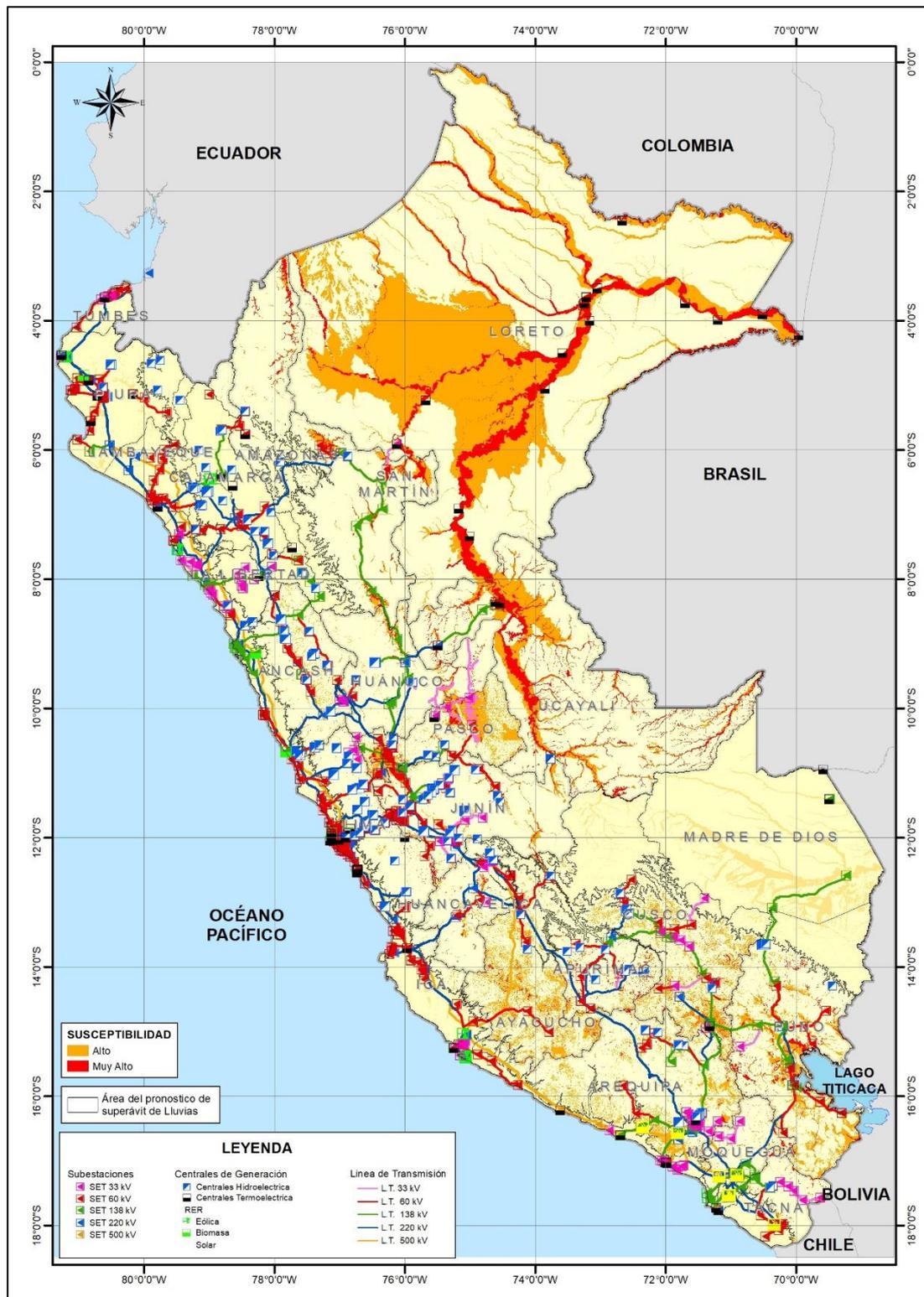
ANEXO N° 5 MAPA DE UBICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS – FAJA DE SERVIDUMBRES



ANEXO N° 6 MAPA DE UBICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS SOBRE CONCESIONES MINERAS



ANEXO N° 7 MAPA DE INSTALACIONES DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN ELÉCTRICAS EN ZONAS ALTAMENTE PROPENSAS A INUNDACIONES EN ÁMBITO DEL PRONÓSTICO DE LLUVIAS DURANTE EL PERIODO ENERO – MARZO 2023



Nota. Data de Susceptibilidad de muy alto y alto por inundaciones de CENEPRED.