

Ampliación de redes de media y baja tensión de la empresa ENERCA S.A
E.S.P para la vereda el Amparo del municipio de Yopal, Casanare.

Erin Fernando Chaparro Zipagauta

Trabajo de Grado para Optar el Título de ingeniero electricista

Director

Rolando Andrés Rincón Sanabria

Magister en Dirección de Empresas MBA

Codirector

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Doctor en tecnología

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Fisicomecánicas

Escuela de ingeniería eléctrica, electrónica

Y telecomunicaciones

Bucaramanga

2025

Tabla de contenido

Introducción.....	9
1 Objetivos Generales	10
2 Objetivos específicos	11
3 Marco Teórico	11
3.1 Marco normativo	11
3.1.1 Normativas internacionales	12
3.1.2 Normativas nacionales	12
3.1.3 Normativas internas de ENERCA S.A E.S. P.....	13
3.2 Antecedentes	13
3.2.1 Acción popular	13
3.2.2 Banco de proyectos en ENERCA	14
3.3 Memoria de cálculos	14
4 Metodología.....	16
4.1 Visita de reconocimiento de proyecto	17
4.2 Solicitud de factibilidad del servicio.....	17
4.3 Revisión de documentación para proyecto	18
4.4 Construcción de memoria de cálculos.....	18
4.5 Visita a terreno medición de resistividad	19
4.6 Elaboración de diagramas unifilares	19

4.7	Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción	21
5	Conclusiones.....	22
	Referencias bibliográficas.....	24

Lista de tablas

Tabla 1 *ítems de cumplimiento Retie para diseño detallado 15*

Lista de figuras

<i>Figura 1 Convenciones ENERCA.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2 Diagrama unifilar sector 1.....</i>	<i>21</i>

Lista de Apéndices

Apéndice A Acción popular

Apéndice B Solicitud de Factibilidad

Apéndice C Respuesta de Factibilidad por el O.R

Apéndice D Memoria de cálculos

Apéndice E Planos

Apéndice F Documentos legalizados

“Los Apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS”

Resumen

Título: Ampliación de redes de media y baja tensión de la empresa ENERCA S.A E.S.P para la vereda el Amparo del municipio de Yopal, Casanare. *

Autor: Erin Fernando Chaparro Zipagauta**

Palabras Clave: Diseño, Práctica, ENERCA

El proyecto “Ampliación de redes de media y baja tensión de la empresa ENERCA S.A E.S.P para la vereda El Amparo del municipio de Yopal, Casanare” tiene como finalidad garantizar el acceso al servicio eléctrico a 26 familias rurales que actualmente carecen de un suministro confiable. La iniciativa surge de una acción popular y constituye uno de los primeros proyectos diseñados y gestionados directamente por el área técnica de ENERCA, bajo los lineamientos del RETIE vigente y las normas técnicas nacionales e internacionales.

El trabajo desarrolla un diseño completo de expansión de redes de media (13,2 kV) y baja tensión (120/208 V), contemplando transformadores monofásicos de 5 y 10 kVA, optimización de rutas, selección de conductores ACSR, definición de puntos de arranque y análisis de demanda futura. Se realizaron estudios técnicos como análisis de cargas iniciales y futuras, coordinación de aislamiento, cortocircuito y falla a tierra, protección contra descargas atmosféricas, riesgos de origen eléctrico, cálculo de puesta a tierra, pérdidas y regulación de tensión. Todo ello se apoyó en herramientas especializadas como ETAP para simulación y cálculos eléctricos.

El resultado es un diseño robusto y ajustado a la normativa que permitirá mejorar la calidad de vida de la comunidad, impulsando su desarrollo social y económico. Con este proyecto se sientan bases técnicas y administrativas para futuras ampliaciones de redes rurales en Casanare, fortaleciendo la gestión directa del operador de red y contribuyendo al cierre de brechas de desigualdad en acceso a energía eléctrica.

* Expansion of medium and low voltage networks by ENERCA S.A E.S.P for the village of El Amparo in the municipality of Yopal, Casanare

** Facultad de Fisicomecánica. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Rolando Andrés Rincón Sanabria. MBA dirección de empresas, Codirector Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga Doctor en tecnología

Abstract

Title: Expansion of medium and low voltage networks by ENERCA S.A E.S.P for the village of El Amparo in the municipality of Yopal, Casanare.

Author: Erin Fernando Chaparro Zipagauta

Key Words: Design, Practice, ENERCA

The project “Expansion of medium and low voltage networks of the company ENERCA S.A E.S.P for the village of El Amparo in the municipality of Yopal, Casanare” aims to guarantee access to electricity for 26 rural families who currently lack a reliable supply. The initiative stems from a popular action and is one of the first projects designed and managed directly by ENERCA's technical department, under the guidelines of the current RETIE (Technical Regulations for the Electricity Sector) and national and international technical standards.

The work involves a complete design for the expansion of medium (13.2 kV) and low voltage (120/208 V) networks, including 5 and 10 kVA single-phase transformers, route optimization, selection of ACSR conductors, definition of starting points, and analysis of future demand. Technical studies were carried out, such as initial and future load analysis, insulation coordination, short circuit and ground fault coordination, lightning protection, electrical hazards, grounding calculation, losses, and voltage regulation. All of this was supported by specialized tools such as ETAP for simulation and electrical calculations.

The result is a robust, regulatory-compliant design that will improve the community's quality of life, boosting its social and economic development. This project lays the technical and administrative foundations for future rural network expansions in Casanare, strengthening the network operator's direct management and helping to close inequality gaps in access to electricity.

* Expansion of medium and low voltage networks by ENERCA S.A E.S.P for the village of El Amparo in the municipality of Yopal, Casanare

**Faculty of Physical Mechanics. School of Electrical, Electronic, and Telecommunications Engineering. Director: Rolando Andrés Rincón Sanabria. MBA in Business Management, Co-director Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, Doctor of Technology.

Introducción

El acceso a la energía eléctrica es un pilar fundamental para el desarrollo social y económico de cualquier comunidad. Sin embargo, más de 800 millones de personas en el mundo aún carecen de un suministro eléctrico adecuado, lo que impacta negativamente su bienestar y sus oportunidades de progreso. Esta situación se refleja en la vereda El Amparo, en Yopal, Casanare, donde 26 familias enfrentan diariamente las dificultades derivadas de la falta de energía, afectando su calidad de vida, sus actividades productivas y su integración con el entorno.

La energía eléctrica no solo ilumina hogares, sino que también impulsa el desarrollo económico, facilita la educación y mejora las condiciones de salud. Sin embargo, en zonas rurales como la vereda El Amparo, el acceso a este recurso sigue siendo limitado debido a la falta de infraestructura adecuada. Aunque los avances tecnológicos han mejorado la cobertura en muchas regiones, la dispersión geográfica y la ausencia de redes optimizadas impiden que comunidades alejadas reciban un suministro estable y confiable. Esta situación crea una brecha significativa entre el crecimiento urbano y el desarrollo rural, afectando directamente las oportunidades de progreso de sus habitantes.

El acceso desigual a la energía eléctrica sigue siendo un desafío en muchas regiones rurales de Colombia, donde comunidades enteras dependen de redes insuficientes o incluso carecen de conexión al sistema eléctrico nacional. La vereda El Amparo representa un caso concreto de esta problemática, en la que la dispersión geográfica y la falta de infraestructura adecuada han impedido una cobertura eficiente. Entre las principales causas de esta situación se encuentran el crecimiento poblacional sin planificación energética, la dificultad de expansión en zonas rurales y las limitaciones de inversión en proyectos de electrificación. Esta combinación de factores ha llevado a que decenas de familias vivan con un suministro deficiente o sin acceso alguno a la energía, afectando su calidad de vida y restringiendo sus oportunidades de desarrollo.

A nivel nacional e internacional, diversos proyectos han abordado la electrificación en zonas rurales con enfoques innovadores. En Colombia, iniciativas como el Programa de Normalización de Redes

Eléctricas (PNRE) han permitido ampliar el acceso a la energía en comunidades alejadas, mientras que en países como Brasil se han implementado sistemas solares descentralizados para suplir la carencia de infraestructura tradicional. Cada uno de estos modelos ofrece ventajas y desafíos: las expansiones de redes convencionales garantizan estabilidad y cobertura amplia, pero requieren inversiones significativas y tiempos prolongados de ejecución, mientras que las soluciones descentralizadas, aunque más accesibles y rápidas de implementar, dependen de factores climáticos y costos de mantenimiento elevados.

Para abordar la problemática identificada en la vereda El Amparo, este proyecto propone la expansión de las redes de distribución de baja y media tensión, garantizando un suministro confiable de energía eléctrica a los 26 hogares afectados. La solución contempla el diseño de nuevas líneas de distribución, la instalación de transformadores y la optimización de la infraestructura existente, adaptándose a la realidad geográfica y normativa del sector. Comparado con antecedentes de electrificación en zonas rurales, este enfoque representa una oportunidad de progreso al combinar estabilidad, alcance y eficiencia, aspectos esenciales para una solución sostenible.

La implementación de este proyecto no solo resolverá la carencia de energía en la comunidad, sino que generará impactos significativos en su desarrollo. Un suministro eléctrico estable permitirá mejorar la educación, las actividades productivas y el bienestar general, impulsando el crecimiento socioeconómico de la vereda y reduciendo las brechas de desigualdad con las zonas urbanas. A largo plazo, garantizar el acceso a energía de calidad fortalecerá la infraestructura necesaria para nuevas oportunidades, transformando la realidad de quienes han esperado por una solución concreta

1 Objetivos Generales

Diseñar la ampliación de las redes de media y baja tensión para los seis sectores de la vereda El Amparo, en Yopal, Casanare

2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis de las rutas existentes en las redes de distribución de baja y media tensión en la vereda El Amparo, identificando los puntos críticos y las zonas con alta demanda de energía.
- Desarrollar los cálculos técnicos necesarios para la planificación e implementación de la ampliación de las redes de baja y media tensión en la vereda El Amparo, considerando la estimación de la demanda futura de energía, la carga eléctrica por zona y el dimensionamiento adecuado de cables y demás componentes de la infraestructura, tales como los puntos de distribución y transformadores.
- Elaborar el diseño técnico final para la ampliación de las redes de distribución eléctrica en la vereda El Amparo, que incluirá planos y diagramas de distribución, especificaciones para la ubicación de postes, transformadores, y otros elementos necesarios para la ejecución del proyecto.

3 Marco Teórico

El área de Proyectos de la Empresa de Energía de Casanare (ENERCA) se ha consolidado como un pilar estratégico dentro de la organización, orientado a la planificación, ejecución y seguimiento de iniciativas que buscan garantizar el desarrollo sostenible del servicio eléctrico. Este apartado tiene como objetivo principal dar cumplimiento a los diferentes proyectos establecidos, en estricto apego a las normativas vigentes nacionales, internacionales y propias de la empresa asegurando así estándares de calidad, seguridad y eficiencia. Asimismo, se prioriza la atención a acciones populares y necesidades comunitarias, con el fin de garantizar la confiabilidad y la cobertura del servicio de energía eléctrica para los habitantes de zonas urbanas y rurales, contribuyendo al progreso social y económico de la región

3.1 Marco normativo

En el proyecto se deben considerar las normativas que regulan específicamente el diseño de las redes eléctricas, las cuales establecen los criterios técnicos y de seguridad necesarios para garantizar instalaciones confiables y eficientes. Estas normativas comprenden nacionales, internacionales y reglamentaciones internas de ENERCA, orientadas a asegurar que el diseño cumpla con los estándares de calidad y con el marco legal vigente

3.1.1 Normativas internacionales

IEC 60909: Establece los métodos para el cálculo de corrientes de cortocircuito en sistemas de energía eléctrica de corriente alterna. Proporciona procedimientos normalizados para determinar valores máximos y mínimos de cortocircuito en distintas condiciones operativas

IEC 60071: Establece los requisitos para la coordinación del aislamiento en sistemas eléctricos de alta tensión. Define los niveles de tensión soportada, criterios de selección de aislamientos y procedimientos para evaluar sobretensiones

3.1.2 Normativas nacionales

NTC 2050: Es la Norma Técnica Colombiana que establece el Código Eléctrico Colombiano. Regula los requisitos para el diseño, construcción e instalación de instalaciones eléctricas en baja tensión,

RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas): Es la normativa colombiana que establece los requisitos técnicos y de seguridad para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas

NTC 4552-1 y NTC 4552-2 Protección contra descargas atmosféricas (Rayos): La primera define los principios generales, conceptos básicos y medidas para proteger estructuras, personas y equipos;

mientras que la segunda proporciona el método para evaluar y gestionar el riesgo, determinando el nivel de protección necesario y asegurando que las instalaciones cumplan con estándares de seguridad.

3.1.3 Normativas internas de ENERCA S.A E.S. P

Norma de construcción de redes de media y baja tensión: Normativa interna del operador de red de Casare la cual define los parámetros para aprobación de proyectos y requisitos mínimos que deben tener las instalaciones eléctricas.

3.2 Antecedentes

3.2.1 Acción popular

El proyecto a ejecutar surge de la necesidad de atender a 16 viviendas de la vereda El Amparo, en el municipio de Yopal, departamento de Casanare, donde residen adultos mayores, niños y adolescentes que actualmente carecen de suministro de energía eléctrica. Esta situación ha motivado a la comunidad a realizar diversas gestiones y mecanismos de presión para obtener la infraestructura eléctrica necesaria que permita mejorar su calidad de vida, dado que hoy no cuentan con medios adecuados para conservar alimentos ni realizar tareas básicas cotidianas.

En este contexto, mediante la Acción Popular radicada bajo el número 85001-33-33-001-2022-00071-00 (Apéndice *A* Acción popular), se ordena al Departamento de Casanare destinar los recursos necesarios para la ejecución del proyecto; a ENERCA, efectuar los diseños eléctricos correspondientes; y a la Alcaldía de Yopal, adelantar los procesos administrativos pertinentes para la posterior construcción de la infraestructura eléctrica, con el fin de garantizar el acceso al servicio público esencial de energía para los habitantes del sector.

3.2.2 Banco de proyectos en ENERCA

En el operador de red del departamento de Casanare no existía previamente un área específica destinada a la gestión y ejecución de proyectos, por lo que era común contratar directamente a terceros para llevar a cabo el diseño, la construcción y demás actividades relacionadas. Debido a esta falta de un área dedicada, no se contaba con formatos, procedimientos ni cálculos estandarizados que facilitaran el diseño de redes eléctricas, lo que generaba dependencia de contratistas externos y variabilidad en los resultados.

Actualmente, ENERCA avanza en la consolidación de un área propia para que los proyectos sean diseñados y ejecutados internamente, con el fin de optimizar recursos, reducir costos asociados a contratistas externos y minimizar conflictos en los procesos de interventoría. Este proyecto se constituye en uno de los pioneros dentro de esta nueva estrategia institucional, marcando un precedente para la gestión directa y estandarizada de las iniciativas de la empresa.

3.3 Memoria de cálculos

La memoria de cálculos es el documento técnico que reúne de manera ordenada y sustentada todas las bases, fórmulas, parámetros, criterios de diseño y resultados numéricos empleados para el dimensionamiento y verificación de un proyecto eléctrico, en pocas palabras, es el respaldo técnico escrito que justifica por qué se eligieron ciertos equipos, materiales, calibres de conductores y transformadores, demostrando que cumplen con las normas vigentes y requisitos en este caso del operador de red.

Según el RETIE vigente en el artículo 3.3.1.2. Diseño básico nombra los criterios que debe tener el diseñador el cual debe ser profesional de ingeniería con matrícula profesional, donde para este caso, ya que se cuenta con los conocimientos necesarios para realizar un diseño, no se cuenta con tarjeta profesional, se ha utilizado el nombre del supervisor asignado en la empresa ENERCA Andrés Lara Rodríguez el cual desempeña el cargo de Asesor de Planeación y regulación para los demás trámites pertinentes, el proyecto

entra en el rango de diseño básico cumple con los parámetros exigidos tanto por el RETIE como con el operador de red los cuales pueden verse reflejados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 1
Ítems de cumplimiento Retie para diseño detallado

ÍTEM DE CUMPLIMIENTO RETE
a. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.
b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.
c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.
d. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.
e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.
f. Análisis del nivel tensión requerido.
g. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1
h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.
i. Cálculo del sistema de puesta a tierra.
j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.
k. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo
l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.
m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.
n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).
o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.
p. Cálculos de regulación.
q. Clasificación de áreas.
r. Elaboración de diagramas unifilares.
s. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.
t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.
u. Establecer las distancias de seguridad requeridas.
v. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

4 Metodología

Partiendo de la acción popular 85001-33-33-001-2022-0071-00 (Apéndice A Acción popular) se realiza la recolección de información pertinente del proyecto como número de usuarios coordinadas de los mismos y demás para solicitar una visita a campo con acompañamiento del encargado de la zona.

4.1 Visita de reconocimiento de proyecto

En la primera visita técnica se realizó el levantamiento de las estructuras existentes y la confirmación de las coordenadas de los potenciales usuarios. Inicialmente, según la acción popular, se proyectaba atender a 17 familias; sin embargo, durante el recorrido y censo en campo se identificaron 26 familias. A partir de esta información se efectuó una distribución preliminar con ayuda de Google earth por ubicación de coordenadas tanto de los nuevos usuarios como de las estructuras existentes, por sectores de la vereda, definiéndose inicialmente 7 sectores. Posteriormente, tras el análisis técnico y de costos, se optimizó el diseño a 6 sectores, logrando una red más robusta, eficiente y con menores costos de construcción y operación.

4.2 Solicitud de factibilidad del servicio

Con la información recolectada en campo de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se procede a diligenciar el formato FT-MDE-PSE-14_Solicitud_del_Servicio_de_Energia de la empresa ENERCA, el cual se encuentra en el (Apéndice B Solicitud de Factibilidad) debidamente diligenciado y firmado. Para la presentación ante el operador de red se adjuntan los documentos exigidos, tales como la fotocopia de la cédula de ciudadanía del solicitante y, en caso de tratarse de persona jurídica, el certificado de la Cámara de Comercio. Dado que en este proyecto el solicitante es trabajador del propio operador de red, se anexa la Cámara de Comercio de la empresa y las coordenadas geográficas de los puntos solicitados. Se deja constancia de que la factibilidad del servicio puede ser negada si la red existente no tiene capacidad para soportar la carga adicional, en cuyo caso deben seleccionarse nuevos puntos de conexión o arranque. Precisamente por esta razón, en este proyecto fue necesario presentar la solicitud en dos ocasiones, ya que inicialmente fue negada ya que uno de los puntos de arranque pertenecía a otra empresa, la respuesta de factibilidad se encuentra en (Apéndice C Respuesta de Factibilidad por el O.R), también cabe resaltar que el proceso de factibilidad puede variar entre los operadores de red.

4.3 Revisión de documentación para proyecto

Para el proyecto se procede a revisar la documentación necesaria a presentar ante el operador de red, revisar cuales son los aplicables según **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Se revisan los ítems del RETIE que no aplican al presente proyecto, identificándose, entre otros, el ítem g, correspondiente al cálculo de campos electromagnéticos, el cual únicamente es exigible para instalaciones con tensiones superiores a 57,5 kV, por lo que no resulta aplicable en este caso. De igual manera, no se contempla el ítem N el cálculo de canalizaciones, dado que el proyecto está diseñado exclusivamente con redes aéreas en media y baja tensión, sin instalaciones subterráneas ni canalizaciones cerradas. Esta revisión garantiza que los análisis y cálculos realizados correspondan estrictamente a los requerimientos normativos aplicables al alcance real del proyecto.

4.4 Construcción de memoria de cálculos

Aparte de los ítems exigidos por el RETIE, el operador de red requiere que en la memoria se incluya una descripción general del proyecto, en la que se presente un breve resumen de su alcance y características principales. En este caso, el proyecto tiene como objetivo la ampliación de la red eléctrica de baja y media tensión para zonas residenciales rurales en la vereda El Amparo y en un sector de la vereda Barbillal del municipio de Yopal, departamento de Casanare, con el fin de suministrar energía eléctrica a 26 usuarios de estrato 1 en viviendas ya construidas.

En esta descripción se incorporan los datos técnicos fundamentales: la tensión de alimentación, que será de 13,2 kV en media tensión y 120/208 V en baja tensión; y los conductores seleccionados conforme a los cálculos realizados, utilizando ACSR calibre 2 AWG en media tensión y ACSR desnudo calibre 2/0 en línea abierta para baja tensión. También se describe uno de los sectores del proyecto donde no se requiere ampliación de media tensión sino únicamente de baja tensión, ya que existen redes de baja tensión cercanas al predio y el transformador existente tiene capacidad suficiente para atender las nuevas cargas.

Adicionalmente, se especifica la cantidad y capacidad nominal de los transformadores a instalar, siendo un total de 7 transformadores monofásicos: 3 unidades de 5 kVA y 4 unidades de 10 kVA. Esta información resume de manera clara los aspectos técnicos y operativos del proyecto, posterior a esto se realizan los ítems exigidos por el RETIE los cuales ya serían los mismos exigidos por el OR, la memoria de cálculos realizada en el proyecto se puede consultar en (*Apéndice D Memoria de cálculos*), los documentos de legalización del diseño se pueden consultar en (*Apéndice F Documentos legalizados*)

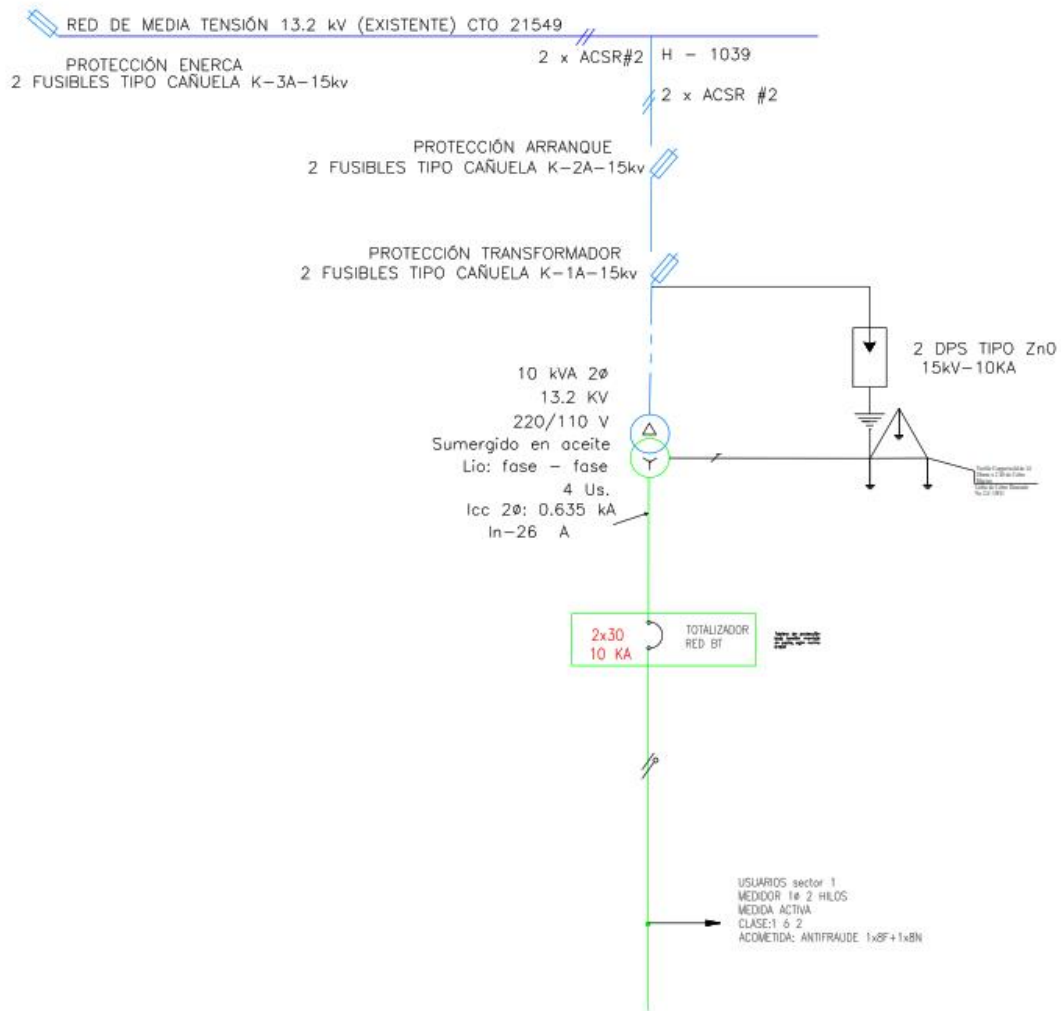
4.5 Visita a terreno medición de resistividad

Para el sistema de puesta a tierra se deben tener en cuenta factores como la medición de resistividad de terreno la cual debe realizarse con un telurómetro que cuente con certificado de calibración ya que será requerido en la documentación a presentar frente al O.R, con el cual se utilizó el método de Wenner con distancias de separación de los electrodos (a) de 1 metro, 3 metros y 5 metros, en dos direcciones: horizontal y vertical. Para estas pruebas, se utilizó el medidor de puesta a tierra MI-2088 el cual cuenta con certificado de calibración y GPS Garmin. Además, se realizó un análisis de suelo en dos capas con el software ETAP y un estudio de resistividad de malla mediante el método de puntos finitos, es importante la utilización de un dispositivo GPS ya que se deberá anexar registro fotográfico de cada una de las muestras donde se evidencie las coordenadas en las cuales se realizan las pruebas estos estudios se pueden evidenciar en (*Apéndice D Memoria de cálculos*), esta visita se tuvo que realizar dos veces ya que en la primera no se contaba con GPS y no fue valido ante el O.R

4.6 Elaboración de diagramas unifilares

Para la elaboración de los diagramas unifilares del proyecto, este proceso se realiza posterior a la ejecución de los estudios técnicos correspondientes, asegurando que la información reflejada sea coherente con los cálculos y especificaciones aprobadas. En su diseño se deben respetar de manera estricta las

Figura 2
Diagrama unifilar sector 1



4.7 Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción

Para la construcción de los planos eléctricos del proyecto se empleó la herramienta de geolocalización Google Earth, con la cual se definieron y trazaron las coordenadas reales del área de intervención. Posteriormente, se utilizó el software Global Mapper, que permite convertir las coordenadas obtenidas en Google Earth a un archivo DWG editable en AutoCAD, conservando así las distancias de

separación entre estructuras y la topología real del sistema, lo que brinda mayor exactitud y coherencia entre los planos y el terreno.

En la elaboración de los planos se aplicaron las plantillas exigidas por el Operador de Red (O.R.), las cuales deben incluir información esencial del proyecto, como la cantidad de usuarios beneficiarios, las distancias de red a instalar tanto en media como en baja tensión, la localización exacta del proyecto y la disposición de las estructuras eléctricas que formarán parte del mismo, los planos se pueden consultar en (*Apéndice E Planos*).

5 Conclusiones

Las prácticas laborales como modalidad de trabajo de grado constituyen un pilar fundamental en la formación de los ingenieros, ya que permiten desarrollar competencias técnicas y blandas mediante la socialización y la resolución de problemas reales. El enfrentarse a situaciones concretas y proponer soluciones ejecutables, no solo teóricas, fortalece habilidades esenciales para la vida profesional y personal.

En este proyecto se abordó una problemática común en el país: familias rurales sin acceso al servicio básico de energía eléctrica. La participación directa en las visitas de campo y la interacción con las comunidades permitió dimensionar el impacto social del trabajo del ingeniero eléctrico y comprender la capacidad de transformar vidas mediante la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura. La satisfacción de los usuarios al conocer los avances en el proceso refuerza la importancia del compromiso social en la práctica profesional.

Asimismo, la experiencia evidenció la relevancia del aprendizaje a partir de errores como parte del proceso formativo. Un ejemplo significativo fue la necesidad de repetir la medición de resistividad de terreno, debido a que en la primera ocasión no se contaba con certificado de calibración ni registro fotográfico georreferenciado. Esta situación permitió interiorizar la importancia de los procedimientos técnicos, la trazabilidad y la verificación documental en proyectos eléctricos.

Finalmente, esta práctica permitió aprender y aplicar procedimientos fundamentales para el diseño de redes eléctricas frente al operador de red, lo que constituye una base sólida para el ejercicio profesional. El contacto directo con las normas, los trámites y los criterios técnicos exigidos por ENERCA y el RETIE aporta un conocimiento valioso que abre nuevas oportunidades laborales y profesionales para el futuro ingeniero electricista

Referencias bibliográficas

- Empresas Públicas de Medellín. (2019). Guía metodológica N.º 01: Cálculo de conductor económico (EPM-UCET-NYL-GM-01). Unidad Centro de Excelencia Técnica, Normalización y Laboratorios.
- ENERCA S.A. E.S.P. (2024). Norma de construcción para redes de media y baja tensión.
- Icontec. (1998). NTC 2050: Código eléctrico colombiano (2.^a ed.). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
- Icontec. (2008). Norma Técnica Colombiana NTC 4552-1: Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 1: Principios generales (Modificada de IEC 62305-1:2006). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Icontec. (2008). Norma Técnica Colombiana NTC 4552-2: Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 2: Manejo del riesgo (Modificada de IEC 62305-2:2006). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Ministerio de Minas y Energía. (2024, 2 de abril). Resolución 40117 de 2024: Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Diario Oficial de la República de Colombia.
- Pinillos Naranjo, F. C. (2020). Guía técnica para la elaboración de diseños eléctricos de redes de distribución en baja y media tensión para la conexión de nuevas cargas al sistema de distribución local de Enel Codensa S.A. E.S.P. [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Rincón, R. (s. f.). Sistemas de distribución. [Presentación de PowerPoint]. [Presentada en la universidad industrial de Santander