



PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA  
MEJORAR LA CONTINUIDAD DEL  
SUMINISTRO ELECTRICO DEL  
ALIMENTADOR PASO PE 5 EN 23 kV,  
DEPARTAMENTO DEL GUAIRA.

**Jorge Luis Caballero Sánchez**  
Tutor: Ing. Jhonny Rodrigo Aguilar Barrios

CORONEL OVIEDO, FEBRERO DE 2024



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.



Usted es libre de:

- **Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
- **Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.
- **No Comercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## DERECHO DE AUTOR

Quien suscriben, Jorge Luis Caballero Sánchez autor del trabajo de investigación titulado **«Propuesta de alternativas para mejorar la continuidad del suministro eléctrico del alimentador paso pe 5 en 23 kv, departamento del Guaira.»**, declara/n que voluntariamente cede/n a título gratuito en forma pura y simple ilimitada e irrevocablemente a favor de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, el derecho de autor de contenido patrimonial, que le corresponde sobre el trabajo de referencia. Conforme a lo anteriormente expresado, esta sesión le otorga a la FCyT la Facultad de comunicar la obra divulgarla, publicarla y reproducirla en soportes analógicos o digitales en la oportunidad que así lo estime conveniente. La FCyT deberá indicar qué autoría o creación del trabajo corresponde a mi persona y hará referencia al autor y a las personas que hayan colaborado en la realización del presente trabajo de investigación. En la ciudad de Coronel Oviedo a los ....., del mes ..... del 2024.

.....

Firma



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## Página de aprobación

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero en Electricidad aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

-----  
Prof. Ing.

-----  
Prof. Ing.

-----  
Prof. Ing.

Acta Nro.: -----

Fecha: -----

Calificación: -----



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## Dedicatoria

A mis Padres, Cristina y Jorge por el apoyo incondicional para alcanzar esta meta.

A mi esposa Shyrley, por su amor y confianza.



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## Agradecimientos

Al Ing. Jhonny Aguilar por su apoyo y predisposición de siempre.

Al Ing. Moises Britez por sus orientaciones y ayuda constante.



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.  
**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## Resumen

Este trabajo se centra en la implementación de un programa de mantenimiento integral y la adopción de tecnologías de control remoto para mejorar la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico en el alimentador Paso Pé 5, ubicado en el departamento del Guaira. Dada la importancia crítica de un suministro eléctrico confiable para el desarrollo socioeconómico de la región, este estudio aborda las frecuentes y prolongadas interrupciones de energía que afectan negativamente a las comunidades servidas por este alimentador. A través de un análisis detallado de la infraestructura existente, el diagnóstico de las causas fundamentales de las fallas y la implementación de estrategias proactivas de mantenimiento y control, este proyecto busca reducir significativamente las interrupciones en el servicio eléctrico. Los resultados demuestran que la combinación de mantenimiento preventivo y correctivo, junto con la implementación de sistemas de monitoreo y control a distancia, no solo mejora la confiabilidad del suministro eléctrico (al menos en 91 %) sino que también optimiza la eficiencia operativa y reduce los costos asociados a las interrupciones y el mantenimiento de la red. Este estudio contribuye al cuerpo de conocimiento sobre la gestión y mantenimiento de sistemas de distribución eléctrica, ofreciendo insights valiosos para la implementación de mejoras en sistemas similares.

**Palabras claves:** Media Tensión, Confiabilidad.





**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.  
**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## Abstract

This work focuses on the implementation of an integral maintenance program and the adoption of remote control technologies to improve the continuity and reliability of the electrical supply in the Paso Pé 5 feeder, located in the Guaira department. Given the critical importance of a reliable electrical supply for the socioeconomic development of the region, this study addresses the frequent and prolonged power interruptions negatively affecting the communities served by this feeder. Through a detailed analysis of the existing infrastructure, diagnosis of the underlying causes of failures, and implementation of proactive maintenance and control strategies, this project aims to significantly reduce interruptions in the electrical service. Results demonstrate that the combination of preventive and corrective maintenance, along with the implementation of monitoring and remote control systems, not only improves the reliability of the electrical supply (almost 91 %) but also optimizes operational efficiency and reduces costs associated with interruptions and network maintenance. This study contributes to the body of knowledge on the management and maintenance of electrical distribution systems, offering valuable insights for the implementation of improvements in similar systems.

**Key words:** Medium Voltage, Reliability.



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.  
**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## Índice

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1. Objetivos</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivo General . . . . .	2
1.2. Objetivos Específicos . . . . .	2
<b>2. Metodología</b>	<b>3</b>
2.1. Datos del alimentador . . . . .	3
2.1.1. Análisis de demanda . . . . .	6
2.1.2. Carga instalada . . . . .	10
2.1.3. Análisis de eventos . . . . .	11
2.2. Indices abordados . . . . .	17
2.3. Ubicación optima de equipos telecomandados . . . . .	18
2.3.1. Clientes en media tensión . . . . .	19
2.3.2. Agrupación de clientes por ML . . . . .	21
2.3.3. Operación de equipos . . . . .	23
2.4. Mantenimiento preventivo y correctivo . . . . .	25
2.4.1. Relevamiento de averías . . . . .	25
2.4.2. Ejecución de mantenimientos . . . . .	28
2.5. Análisis financiero . . . . .	29
2.5.1. Costos . . . . .	29
2.5.2. Beneficios . . . . .	30
2.5.3. VAN, TIR y Retorno de la inversión . . . . .	30



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.  
**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

<b>3. Resultados y análisis</b>	<b>32</b>
<b>4. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>34</b>
4.1. Recomendaciones . . . . .	34
<b>Referencias</b>	<b>35</b>
<b>Apéndices</b>	<b>36</b>
<b>A. Relevamiento de datos</b>	<b>36</b>
A.1. Análisis de eventos . . . . .	36
A.2. Calculo de confiabilidad . . . . .	38
A.3. Análisis de demandas . . . . .	44
<b>B. Ubicación optima de ETC</b>	<b>45</b>
B.1. Utilización de agrupamiento . . . . .	45
<b>C. Mantenimientos de línea MT</b>	<b>49</b>
<b>D. Análisis financiero</b>	<b>51</b>



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## Índice de tablas

1.	Tipos de tarifa de los clientes en situación correcta en el municipio de Independencia. . . . .	21
2.	Preparación de datos, ejemplo . . . . .	22
3.	Costo total de las propuestas . . . . .	30
4.	Add caption . . . . .	31
5.	Operaciones del interruptor principal PPE5 . . . . .	42
6.	Lista de equipos del alimentador PPE5 . . . . .	47
7.	Parámetros del SIM MT . . . . .	50
8.	Averías estimadas sobre el alimentador PPE5 . . . . .	50
9.	Costos asociados a mantenimientos de líneas según contratos . . . . .	50
10.	Cálculos de trabajos y costos asociados a los mantenimientos requeridos . .	50
11.	Recuperación promedio de la carga utilizando equipos Telecomandados . .	51
12.	Desglose de los beneficios de las alternativas . . . . .	51



**MISIÓN:** Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

**VISIÓN:** Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

## Índice de figuras

1.	Extensión del alimentador PPE-05 . . . . .	4
2.	Mímico del alimentador PPE-05 . . . . .	6
3.	Promedio de demanda por hora, en 24 horas . . . . .	8
4.	Densidad de carga instalada del alimentador . . . . .	11
5.	Porcentaje de eventos . . . . .	13
6.	Suma de horas por tipo de avería . . . . .	16
7.	Clientes en media tensión del PPE5 . . . . .	20
8.	Agrupamiento de clientes por Kmeans . . . . .	22
9.	Operaciones de equipos sobre el PPE5 . . . . .	24
10.	Ubicación optima de equipos . . . . .	24
11.	Entorno de AppSheet para relevamiento . . . . .	26
12.	Averías relevadas %, obtenidas de la base de datos del SIM MT Centro . . . . .	27
13.	PPE-05 capacidad del conductor . . . . .	43
14.	Alimentadores lindantes y equipos . . . . .	43
15.	Toma de datos de demanda del alimentador PPE-05 . . . . .	44
16.	Demanda total del alimentador PPE-05 . . . . .	44
17.	Clientes en media tensión de la ANDE . . . . .	45
18.	Ubicación por análisis desarrollados . . . . .	48
19.	Esquema unifilar de equipos telecomandados sugeridos . . . . .	48

En un mundo cada vez más dependiente de la tecnología, la confiabilidad y continuidad del suministro eléctrico se han convertido en pilares fundamentales para el desarrollo y bienestar de las comunidades. La energía eléctrica no solo alimenta nuestros hogares y empresas, sino que también impulsa la innovación y sustenta infraestructuras críticas. En este contexto, las interrupciones en el servicio eléctrico pueden tener repercusiones significativas, afectando desde la vida cotidiana hasta la economía y la seguridad de una región.

El alimentador Paso Pé 5, que sirve a varias comunidades en el departamento del Guaira, ha experimentado interrupciones frecuentes y prolongadas en el suministro eléctrico, lo que ha generado inconvenientes para los usuarios y ha limitado el potencial de desarrollo de la zona. Este problema se atribuye a una combinación de infraestructura obsoleta, falta de sistemas de monitoreo y control remoto, y una estrategia de mantenimiento reactiva en lugar de preventiva.

Por lo que este trabajo tiene como objetivo general. Mejorar la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico en el alimentador Paso Pé 5.

Este trabajo se justifica por la necesidad crítica de asegurar un suministro eléctrico confiable y continuo en el departamento del Guaira. La mejora en la confiabilidad del servicio no solo beneficia directamente a los usuarios finales, reduciendo los inconvenientes y potenciales riesgos asociados con las interrupciones de energía, sino que también apoya el desarrollo económico y social de la región.

El presente estudio se centrará en el alimentador Paso Pé 5, analizando las interrupciones ocurridas durante el 2022. Se delimitará el alcance a la integración de tecnologías específicas de control remoto y a la aplicación de un programa de mantenimiento definido por las prácticas recomendadas.

Este trabajo pretende contribuir a la literatura existente sobre la gestión y mantenimiento de sistemas de distribución eléctrica, proporcionando un caso de estudio detallado sobre las estrategias efectivas para mejorar la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico.

# 1. Objetivos

## 1.1. Objetivo General

Proponer alternativas para mejorar la continuidad del suministro eléctrico del Alimentador Paso Pe 5 (PPE-05) en 23 kV, con salida en la Estación PPE de la ciudad de Villarrica, departamento del Guaira.

## 1.2. Objetivos Específicos

- Recopilar datos e informaciones técnicas del alimentador PPE-05.
- Determinar las posibles causas de los fueros de servicio del alimentador PPE-05.
- Definir criterios técnicos para la evaluación de alternativas para la mejora de la continuidad del suministro eléctrico.
- Proponer alternativas según criterios técnicos definidos, que permitan mejorar la continuidad del suministro eléctrico del alimentador PPE5.
- Estudiar la factibilidad económica de cada una de las alternativas planteadas.
- Elaborar un presupuesto definitivo de la mejor alternativa técnico-económica planteada.

## 2. Metodología

En cuanto a tipo de investigación este trabajo se considera una investigación aplicada, que busca abordar problemas prácticos y generar soluciones concretas, en resumen enfocado en resolver problemas prácticos del mundo real.

Lo que respecta a metodologías se realizaron las siguientes etapas:

Revisión bibliográfica, ya que se examinó la literatura existente sobre sistemas eléctricos de distribución, continuidad del suministro, y las tecnologías disponibles para mejorar la fiabilidad.

Estudio de casos, se analizó los casos específicos de interrupciones sobre el alimentador PPE-05, identificando las causas y evaluando cómo se manejaron. Esto proporcionó información valiosa sobre las áreas que necesitan mejoras.

Análisis de datos históricos, se examinó datos históricos de interrupciones en el suministro eléctrico del alimentador PPE-05, para identificar patrones y tendencias, como así también las demandas de este alimentador.

Modelado y simulación, se utilizaron herramientas de modelado y simulación para evaluar el rendimiento del sistema eléctrico bajo diversas condiciones y probar las alternativas propuestas.

Como técnica principal de selección de alternativa se realizó análisis de costos y beneficios, se evaluaron los costos asociados con la implementación de nuevas tecnologías o mejoras frente a los beneficios esperados en términos de confiabilidad del servicio.

### 2.1. Datos del alimentador

El alimentador PPE-05, provee de energía eléctrica en media tensión, nominal de 23 kV, a varios distritos del departamento del Guaira, se extiende desde la ES-PPE (Estación Paso Pe, transformadora de 220kV), con conductor de protegido en la zona de la ciudad de Villarrica, seguido de conductor desnudo de  $3 \times 150 \text{ mm}^2$ , desde Villarrica hasta la localidad de Jorge Naville, donde se extiende hasta la localidad de Melgarejo conductor de  $3 \times 70 \text{ mm}^2$  desnudo.

En la figura 1 se presenta detalladamente la extensión del alimentador PPE-05, ofreciendo una visualización exhaustiva de su recorrido y componentes clave. Este análisis visual resulta fundamental para comprender la complejidad y alcance de dicho alimentador en el



al alimentador PPE-05. Destacan particularmente dos reguladores de tensión, ubicados estratégicamente a distancias de 17 km y 40 km desde la Estación de Servicio ES-PPE. Estos reguladores, con capacidades de 300 A y 200 A respectivamente, desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de la estabilidad del sistema eléctrico, al controlar y ajustar la tensión en puntos estratégicos del alimentador.

Es relevante señalar que la distribución espacial de estos reguladores permite una gestión eficaz de la tensión a lo largo del alimentador PPE-05, asegurando condiciones óptimas de operación y minimizando posibles fluctuaciones que podrían afectar la calidad del suministro eléctrico.

En cuanto a los lindantes, se identifican los alimentadores PPE-04 y CZU-06 como elementos adyacentes al PPE-05. Esta información es esencial para comprender la interconexión entre distintos alimentadores y facilita la coordinación de operaciones y mantenimiento en la red eléctrica global.

Asimismo, la figura proporciona una visión detallada de los equipos telecomandados asociados al alimentador PPE-05, resaltando puntos estratégicos de control y supervisión. La capacidad de telecomando en estos puntos clave permite una gestión remota y eficiente de la red eléctrica, mejorando la capacidad de respuesta ante eventualidades y facilitando la toma de decisiones en tiempo real. Propuesta realizada y ejecutada por la empresa ANDE en licitaciones publicas internacionales<sup>1</sup>.

En resumen, la figura 14 ofrece una representación integral de los equipos críticos vinculados al alimentador PPE-05, desde reguladores de tensión hasta la presencia de alimentadores lindantes y equipos telecomandados. Este análisis contribuye a una comprensión completa de la infraestructura asociada al alimentador, fundamental para la operación eficiente y la toma de decisiones informadas en el ámbito de la distribución eléctrica.

En la Figura 2, se muestra un diagrama sinóptico del alimentador PPE-05. Este circuito unifilar ilustra la configuración y operación de un sistema de distribución de energía eléctrica, así como la ubicación y numeración de los equipos asociados. La figura resalta diversos componentes del sistema, incluyendo seccionadores, transformadores y líneas de distribución, cada uno etiquetado con un número identificador único.

El diagrama refleja una red eléctrica compleja, en la que cada nodo, o punto de conexión, está marcado con un seccionador rotulado que permite la operación de apertura o cierre, lo cual es esencial para el mantenimiento y la gestión de fallas. Los seccionadores se representan con símbolos de círculos rojos o verdes, indicando su estado actual, ya sea

---

<sup>1</sup>LPN 1217, provisión de reconectores telecomandados

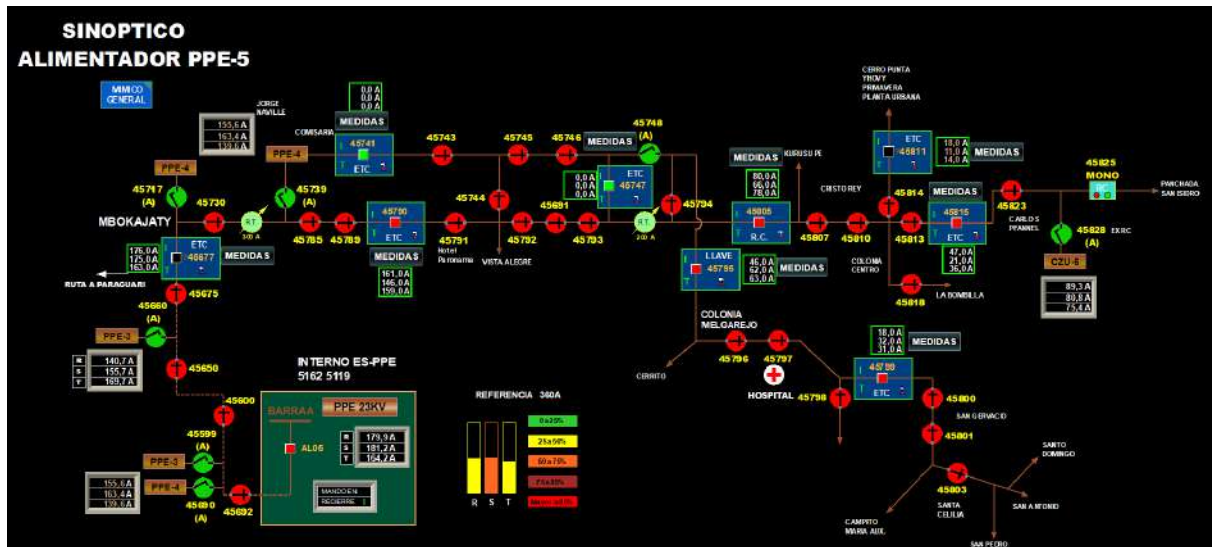


Figura 2: Mímico del alimentador PPE-05

cerrado o abierto, respectivamente.

Los equipos etiquetados como **ETC** son de tipo telecomandados. Los valores de corriente medidos en amperios (A) se presentan en tres fases, denotadas como R, S y T, y se proporcionan en tiempo real para ofrecer una perspectiva del flujo de carga a través de la red.

Este esquema es fundamental para el centro de operaciones de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), proporcionando una representación visual crítica para los operadores, la cual les permite monitorear la infraestructura de la red eléctrica, ejecutar maniobras de control y responder eficientemente a condiciones anormales o emergencias.

La diagramación detallada ayuda a asegurar la confiabilidad y seguridad en la distribución de la electricidad, facilitando la identificación rápida de equipos y secciones dentro del alimentador para mantenimiento, diagnóstico y reparación de la red eléctrica.

### 2.1.1. Análisis de demanda

En el estudio de la demanda, se llevó a cabo un análisis detallado de la corriente del alimentador PPE-05 con el objetivo de evaluar tanto los niveles de sobrecarga como los valores medios de dicha corriente. Este enfoque es esencial para comprender la carga que soporta el alimentador en distintos momentos, permitiendo una gestión más eficiente de la distribución eléctrica.

Durante la investigación, se examinaron los patrones de corriente a lo largo del alimen-

tador para identificar posibles situaciones de sobrecarga, las cuales podrían surgir en momentos de alta demanda o condiciones operativas específicas. Este análisis se llevó a cabo considerando factores como la variabilidad temporal de la demanda y la capacidad nominal del alimentador, asegurando así la integridad del sistema ante posibles escenarios de carga máxima.

Asimismo, se calcularon y evaluaron los valores medios de corriente, proporcionando una visión más completa de la carga promedio que experimenta el alimentador en su operación normal. Este dato resulta crucial para dimensionar adecuadamente los componentes del sistema, asegurando que estén diseñados para manejar las condiciones típicas de la demanda diaria.

Los resultados obtenidos de este análisis de corriente no solo ofrecen información valiosa sobre la capacidad de carga actual del alimentador, sino que también sirven como base para la planificación futura de la infraestructura eléctrica. En base a estos datos, se pueden tomar decisiones informadas sobre posibles mejoras, expansiones o ajustes necesarios para garantizar una operación eficiente y segura del alimentador PPE-05.

En la Figura 15, se presenta una vista de la base de datos correspondiente al alimentador PPE-05, donde se muestra una colección exhaustiva de datos recopilados, sumando un total de 10304 registros individuales. La tabla incluye varias columnas que indican: 'ESTACION', identificando la estación de monitoreo; 'POSICION', refiriéndose a una designación específica dentro de la estación; 'FechaGMT', que documenta la fecha y hora de cada registro en tiempo GMT; y tres columnas tituladas 'CORRIENTE\_R', 'CORRIENTE\_S' y 'CORRIENTE\_T', las cuales indican las lecturas de corriente en distintas fases de un sistema trifásico. Además, la tabla ofrece valores de 'Maximo', el cual fue calculado como valores pico observados, y 'Promedio', que proporciona una medida central de las lecturas. Los datos están ordenados en forma descendente por fecha y hora, comenzando desde el 31 de diciembre de 2022 hasta el 1 de enero de 2023, lo que sugiere un registro continuo y detallado a lo largo del tiempo, crucial para el análisis y la monitorización del rendimiento del sistema eléctrico representado.

La base de datos mostrada en la figura fue obtenida del centro de operaciones de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), a través de un acceso de solo lectura. Esto implica que los datos reflejan información precisa y actual del sistema eléctrico monitoreado por ANDE, pero no pueden ser modificados o alterados en esta forma de presentación. Dicho acceso de solo lectura garantiza la integridad de los datos históricos y asegura que la información sea un reflejo fiel del estado del alimentador PPE-05 durante el período documentado. La recopilación detallada de registros, como se ve en la tabla, es esencial

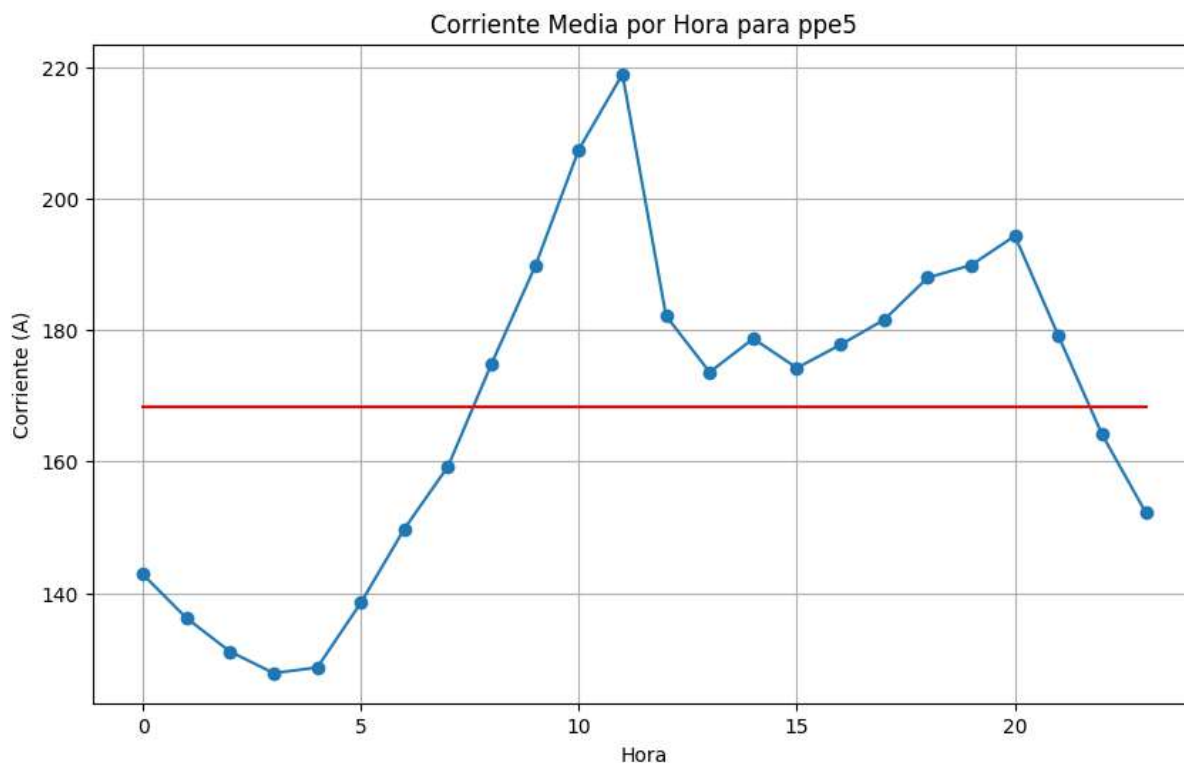


Figura 3: Promedio de demanda por hora, en 24 horas

para análisis retrospectivos, auditorías de sistema y planificación de mantenimiento o mejoras de infraestructura, manteniendo la base de datos como una fuente confiable y no modificable de información operativa.

La gráfica proporcionada en la Figura 3, ilustra el comportamiento de la demanda de corriente por hora en el alimentador PPE-05, representado por la línea azul con marcadores de puntos. Cada punto en esta línea indica el promedio de corriente medido durante una hora específica. La línea roja horizontal muestra el promedio general de estas mediciones de corriente a lo largo del período representado en la gráfica.

Se observa una variación significativa en el promedio de corriente a través de las horas, lo que sugiere cambios en la demanda de electricidad durante el ciclo diario. Hay picos que indican las horas de mayor demanda, mientras que los valles reflejan las horas de menor demanda. Los picos más altos podrían coincidir con periodos de actividad intensa, como las horas de operación de negocios o momentos en los que la mayoría de las personas están en sus hogares y utilizan más dispositivos eléctricos. Por otro lado, los puntos más bajos probablemente corresponden a las horas nocturnas o a las horas de inicio de la mañana, cuando la actividad comercial y personal suele disminuir.

Los valores comienzan con 129.87 amperios promedio a la medianoche y muestran varia-

ciones significativas a lo largo del día. Se observa un aumento pronunciado en las primeras horas, culminando en un pico de 201.56 amperios promedio a las 11:00 AM, lo cual podría indicar un aumento en la actividad residencial y en la demanda energética, posiblemente debido a actividades industriales, comerciales o de otro tipo que comienzan en la mañana y alcanzan su punto máximo antes del mediodía.

Después del pico de las 11:00 AM, el consumo de energía disminuye gradualmente con algunas variaciones menores hasta las 23:00 horas, donde se registra el valor mínimo de 138.26 unidades. Este descenso refleja una reducción en la actividad y la demanda de energía a medida que se acerca la noche.

Este perfil diario de consumo energético es útil para los proveedores de energía para planificar la generación y distribución de electricidad, así como para los consumidores que buscan comprender y posiblemente gestionar su uso de energía. Estrategias de gestión de la demanda, como el precio variable de la energía durante el día, podrían influir en este perfil de consumo, incentivando a los consumidores a utilizar energía durante las horas de menor demanda.

Esta visualización es crucial para los operadores de la ANDE, ya que les permite identificar tendencias en el uso de energía, programar el mantenimiento basándose en las horas de menor carga, y optimizar la generación y distribución de energía para satisfacer la demanda variable a lo largo del día. Con estos datos, se pueden implementar estrategias para mejorar la eficiencia energética y garantizar un suministro eléctrico confiable y sostenible.

En análisis detallado de los patrones de consumo de energía (Figura 16), se observa una tendencia estacional claramente marcada. Durante los meses de verano, se registra una demanda energética significativamente más elevada en comparación con otras épocas del año. Esta alza puede ser atribuida a diversos factores, como el incremento en el uso de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, así como un posible aumento en actividades recreativas y turísticas que típicamente requieren más recursos energéticos.

Por contraste, en las estaciones de otoño e invierno, la demanda de energía tiende a disminuir. Esto puede deberse a una combinación de días más cortos y temperaturas más frías, que reducen la necesidad de refrigeración mientras que el calor se proporciona a menudo a través de medios que no implican el uso de la electricidad. Además, las actividades al aire libre se reducen durante estos meses más fríos, lo que podría resultar en una menor demanda de energía en sectores como el turismo y la recreación.

### 2.1.2. Carga instalada

En la Figura 4 muestra claramente la densidad de carga instalada a lo largo del alimentador de una red eléctrica, representada mediante un mapa de colores. Los tonos más cálidos indican zonas con una mayor concentración de carga, lo cual se observa principalmente en áreas que corresponden a clientes industriales y centros urbanos, destacando la intensa demanda de energía en estas localizaciones. La información visual permite identificar áreas donde la red podría estar sujeta a una mayor tensión debido a la elevada demanda, y en consecuencia, donde se podrían priorizar mejoras en la infraestructura o la capacidad de distribución.

En términos de carga total, la imagen detalla que desde el punto de inicio o cabecera del alimentador, se distribuye una carga de 22553 kVA. Este dato es crítico para la planificación y gestión de la red, ya que ofrece una visión cuantitativa del suministro de energía requerido en la distribución inicial y cómo este se distribuye en las diferentes ramificaciones del sistema.

Según [10], para mejorar la infraestructura de la red eléctrica basándose en la figura y la descripción dada, se deberían considerar las siguientes acciones:

- Evaluación de la capacidad: Revisar la capacidad actual de los equipos e infraestructura en los puntos con alta densidad de carga para garantizar que puedan manejar la demanda sin comprometer la fiabilidad del servicio.
- Inversión en actualización de infraestructura: Invertir en la actualización o reemplazo de los equipos que se encuentren en o cerca de su capacidad máxima, especialmente en las zonas con clientes industriales que podrían requerir un suministro constante y de alta capacidad.
- Integración de fuentes de energía renovable: Considerar la integración de fuentes de energía renovable cerca de los puntos de alta demanda para diversificar la matriz energética y reducir la carga sobre la infraestructura principal.
- Implementación de tecnologías de gestión de carga: Aplicar tecnologías avanzadas para la gestión de la demanda y la carga, como sistemas de almacenamiento de energía o respuesta de demanda, que pueden ayudar a equilibrar la carga a través de la red.
- Optimización del diseño de la red: Rediseñar la topología de la red para mejorar la eficiencia en la distribución de la carga, lo que podría incluir la creación de múltiples

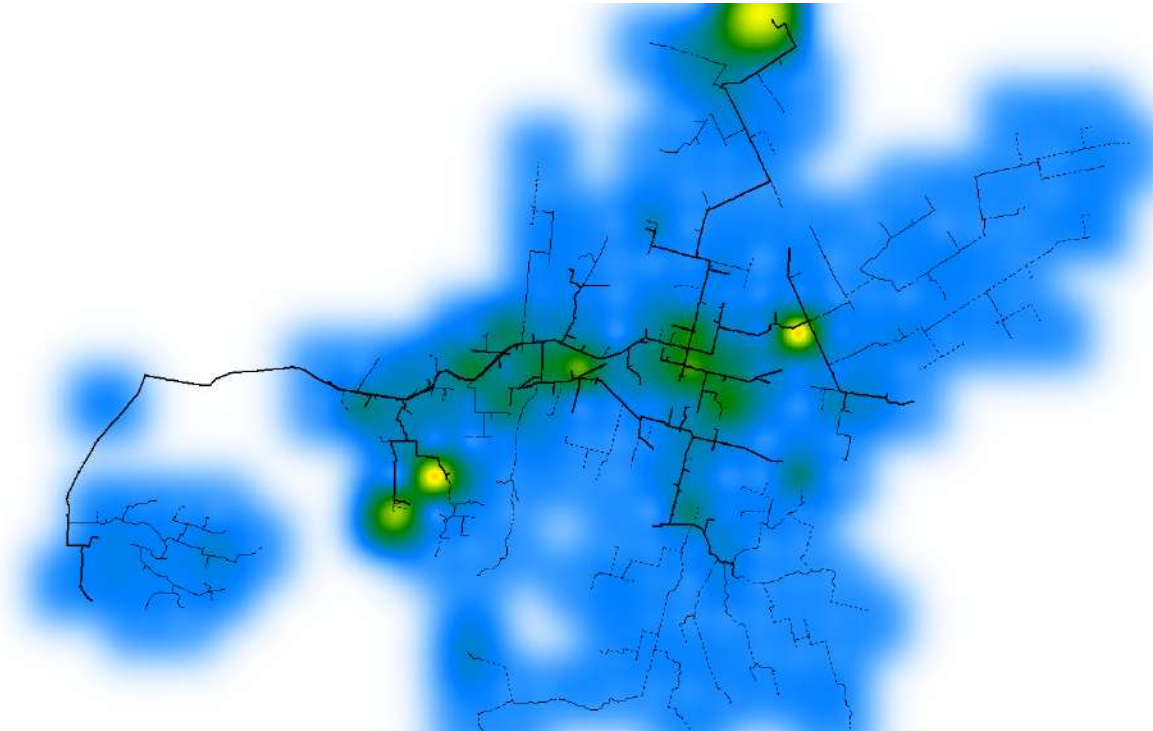


Figura 4: Densidad de carga instalada del alimentador

rutas para la distribución de energía o la segmentación de la red para permitir un control más granular.

- Mantenimiento y operaciones proactivas: Desarrollar un programa de mantenimiento y operaciones basado en la condición y la demanda real de carga, permitiendo una respuesta rápida a cualquier fluctuación o problema en la red.

Al enfocarse en estas áreas, se podría mejorar sustancialmente la eficiencia y la confiabilidad de la red eléctrica, asegurando que las necesidades de los clientes industriales y de las zonas urbanas densamente pobladas se satisfagan sin interrupciones y con la calidad esperada.

### 2.1.3. Análisis de eventos

El análisis de los datos correspondientes a los eventos registrados en este alimentador durante el año 2022 se efectuó mediante la recolección de información relacionada con maniobras y operaciones a partir de los sistemas de registro del centro de control de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE). Para la elaboración de este análisis, se empleó el lenguaje de programación Python, tal como se detalla en la sección A.1 de este documento.

En los párrafos subsiguientes, se describe detalladamente el análisis realizado. Inicialmente, se procedió con la carga y revisión de los archivos 'Equipos.bd.xlsx' y 'INDICADORES\_MESES\_2022.xlsx' (archivo obtenido del programa de indicadores del GIS) para comprender su estructura y contenido. Posteriormente, se efectuó una transformación en la columna 'Seccionador' de 'INDICADORES\_MESES\_2022.xlsx', convirtiéndola a formato numérico cuando fue posible, con el objetivo de facilitar su correlación con el archivo 'Equipos.bd.xlsx' (archivo obtenido de fuentes de datos de equipos).

Una vez preparados los datos, se procedió a cruzar la información contenida en ambos archivos, con el fin de incorporar el campo ID\_RED de 'Equipos.bd.xlsx' al archivo 'INDICADORES\_MESES\_2022.xlsx', basándose en la correspondencia entre los campos 'Seccionador' y 'ID\_EQUIPO'. En aquellos casos donde no fue posible encontrar una correspondencia directa, se optó por completar el campo ID\_RED con el valor original del campo 'Seccionador'.

Posteriormente, se filtró el conjunto de datos resultante para analizar específicamente los registros asociados al seccionador 'PPE5'. Se calculó la distribución porcentual de las observaciones relacionadas y se generó un gráfico de barras para ilustrar estos porcentajes.

Este proceso analítico proporciona una visión detallada y estructurada del manejo y operatividad del alimentador en cuestión.

Los resultados obtenidos en el análisis de los datos para el seccionador 'PPE5' (Figura 5) reflejan una distribución variada en las observaciones recopiladas. A continuación, se detallan los porcentajes específicos de las observaciones más destacadas obtenidas tras la actualización:

La categoría consolidada DESCONOCIDO representa un porcentaje significativo de las observaciones, lo que indica una frecuencia notable de registros sin información específica detallada.

Otras categorías, que corresponden a distintos tipos de observaciones y eventos registrados, se distribuyen en el gráfico con porcentajes menores. Cada una de estas representa diferentes aspectos o situaciones observadas en el seccionador 'PPE5' durante el período analizado.

Es importante destacar que estos resultados proporcionan una visión cuantitativa del tipo de eventos y observaciones más frecuentes para el seccionador en cuestión. La presencia de un alto porcentaje en la categoría DESCONOCIDO sugiere una posible área de mejora en la recopilación de datos o en los procesos de documentación y registro, enfatizando la necesidad de una mayor precisión y detalle en la información recabada para futuros

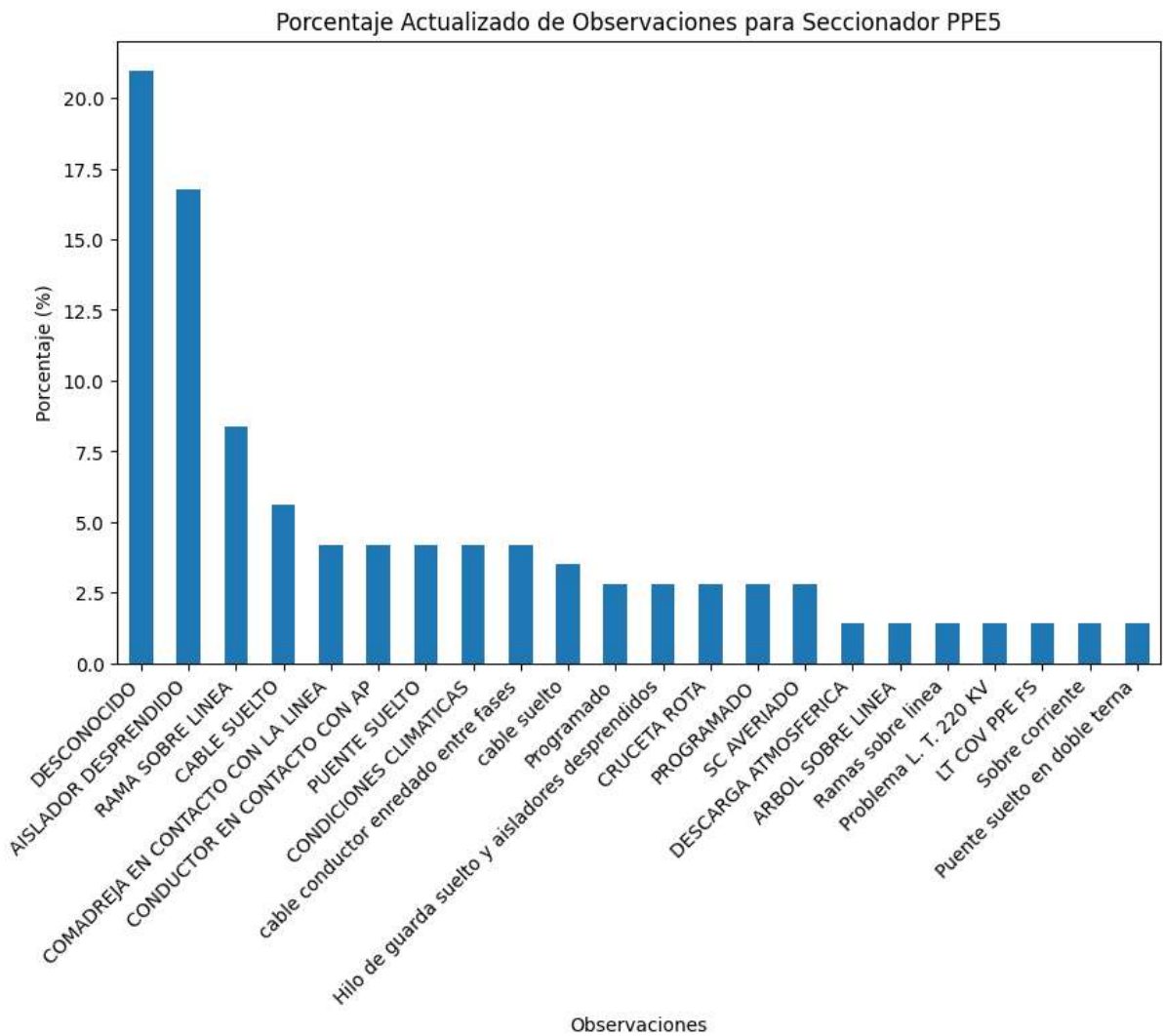


Figura 5: Porcentaje de eventos que afectan la cabecera del alimentador

análisis.

Este análisis cuantitativo brinda un fundamento crucial para interpretaciones adicionales y decisiones basadas en datos, resaltando la importancia de la gestión de la información y la analítica en el contexto de la operación y el mantenimiento de sistemas eléctricos.

Los resultados obtenidos en el análisis destaca aislador roto como segunda incidencia notable después de los registros agrupados como DESCONOCIDO. Esta categoría, aislador roto, indica situaciones en las que uno o más aisladores asociados al equipo han sufrido daños o deterioro, lo cual puede comprometer la eficacia del aislamiento eléctrico y, potencialmente, afectar la confiabilidad y seguridad del sistema eléctrico.

La identificación de aislador roto como uno de los eventos frecuentes resalta la importancia de los siguientes aspectos:

- **Mantenimiento y revisión:** La presencia recurrente de aisladores rotos subraya la necesidad de un programa de mantenimiento proactivo y revisiones regulares para identificar y mitigar este tipo de problemas antes de que resulten en fallas.
- **Impacto operativo:** Aunque un aislador roto puede parecer un incidente menor, tiene el potencial de provocar interrupciones significativas, especialmente si conduce a cortocircuitos o fallas de equipo.
- **Seguridad:** La integridad de los aisladores es crucial para mantener la separación eléctrica y prevenir incidentes que puedan poner en riesgo al personal o al público.
- **Análisis de causa raíz:** Es importante investigar las causas subyacentes de los aisladores rotos para determinar si son el resultado de factores ambientales, de envejecimiento del material, o de otros factores, y tomar medidas correctivas adecuadas.
- **Planificación de reemplazos:** Dado que aislador roto figura prominentemente entre las observaciones, se debe considerar la planificación estratégica de reemplazos y la adquisición de repuestos como parte de la gestión de activos.

El reconocimiento y análisis de aislador roto como un evento frecuente proporciona información valiosa para la mejora continua en la gestión y operación del sistema, enfatizando la importancia de abordar proactivamente estas incidencias para mantener la confiabilidad y seguridad del suministro eléctrico [1].

El evento rama sobre línea, indica una interferencia de la vegetación con las líneas eléctricas, lo cual es un indicativo directo de insuficiente mantenimiento en términos de poda. La

presencia frecuente de este tipo de eventos resalta la importancia de una gestión adecuada de la vegetación circundante a las infraestructuras eléctricas para prevenir interrupciones y asegurar la fiabilidad del suministro. La falta de poda adecuada puede aumentar el riesgo de fallas debido al contacto físico entre la vegetación y las líneas eléctricas, lo que podría llevar a cortocircuitos o incluso a la caída de líneas, con el consecuente riesgo para la seguridad pública y la estabilidad del sistema eléctrico.

El evento cable suelto en sistemas eléctricos puede tener graves consecuencias y es crucial abordarlo adecuadamente. Los cables sueltos pueden causar desde interrupciones intermitentes de energía hasta fallos completos del sistema y constituyen un riesgo significativo de incendios. Estos problemas se deben al aumento de la resistencia en el circuito cuando las conexiones están sueltas, lo que genera calor. Este calor excesivo puede dañar la aislación del cable, en los casos de cable protegido, en cuanto a los conductores desnudos estos generan grandes arcos, aumentan el riesgo de incendios y, en casos extremos, provocar explosiones.

La prevención y detección temprana son clave para evitar estos riesgos. Se recomienda realizar inspecciones visuales y pruebas eléctricas regulares para identificar y corregir conexiones sueltas. Además, la instalación adecuada y el mantenimiento preventivo pueden reducir significativamente la incidencia de estos problemas [2] [9].

La gráfica presentada en la Figura 6 es un histograma, que ilustra la cantidad de horas que el equipo PPE5 estuvo fuera de servicio, agrupado por distintas observaciones relacionadas con cada evento de fuera de servicio.

Las barras verticales representan la duración total del tiempo de inactividad asociado con cada tipo de observación. En el eje horizontal, tenemos las "observaciones", que corresponden a diferentes razones por las cuales el seccionador PPE5 estuvo fuera de servicio, como "DESCONOCIDO", "ÁRBOL SOBRE LÍNEA", "CLIMATICA", entre otros. El eje vertical indica las "Horas (h)", que cuantifican el tiempo de inactividad.

El valor mas alto corresponde a la categoría "DESCONOCIDO", indicando que esta es la observación más frecuente o de mayor duración acumulada de tiempo fuera de servicio. Otras categorías significativas por su duración son "ÁRBOL SOBRE LÍNEA" y "CLIMATICA". Este grafico presenta el tiempo que se tarda en reponer el servicio teniendo en cuenta la razón del mismo.

Se aprecia como una de las razones tanto en conteo como en tiempo de reposición mas frecuente es por culpa de la vegetación en la zona.

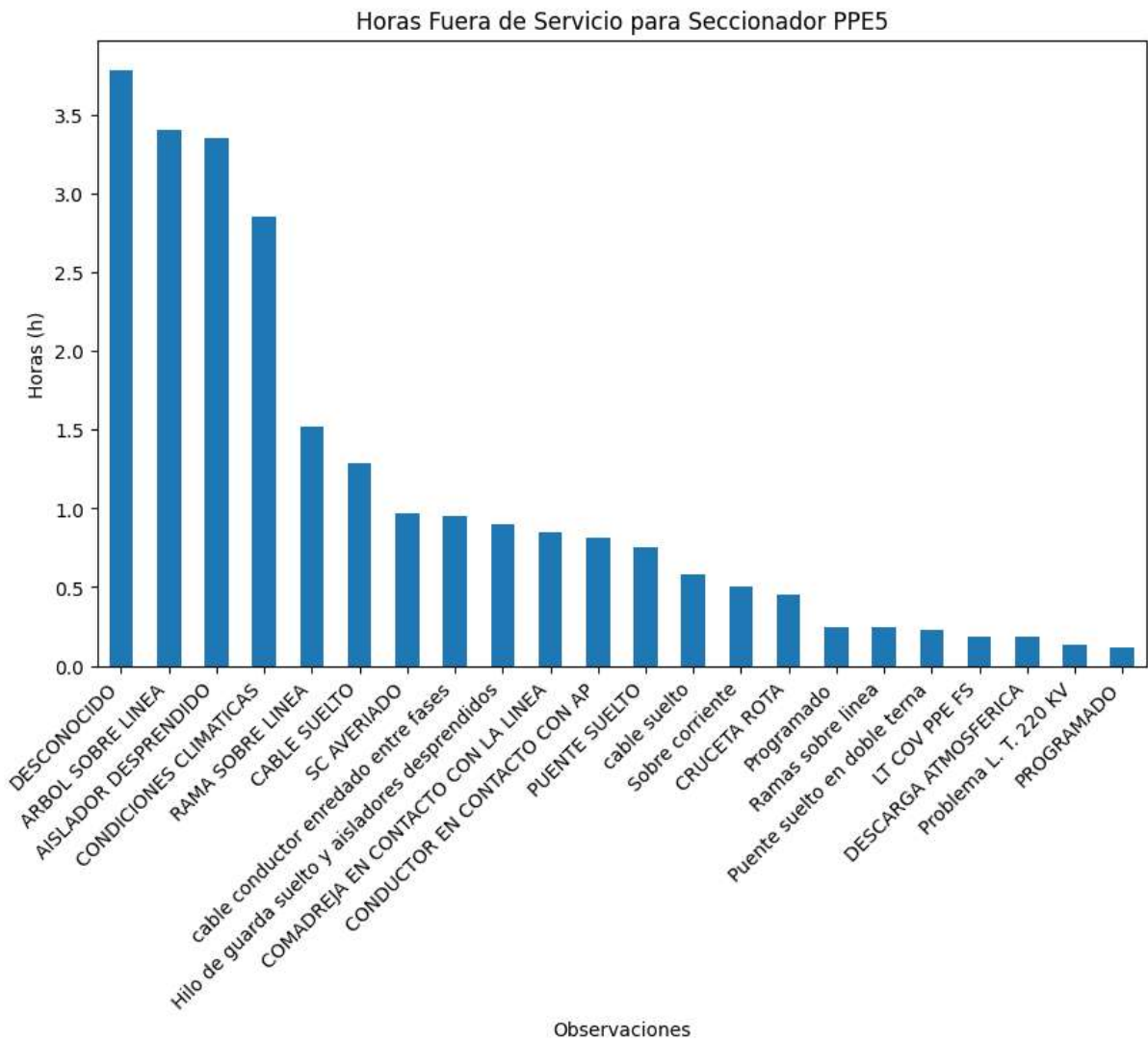


Figura 6: Suma de horas por tipo de avería

## 2.2. Indices abordados

Los factores que influyen en los índices de continuidad se clasifican en dos grupos principales:

Factores históricos o heredados: Estos se relacionan con el diseño histórico de la red eléctrica. Las redes de distribución tienen largos períodos de amortización, y muchas decisiones pasadas sobre su diseño se tomaron dentro de diferentes marcos regulatorios y con distintos criterios de diseño. Cambios significativos en el diseño, como modificar la tensión de la red, requieren inversiones sustanciales.

Factores intrínsecos o inherentes: Estos dependen de las características demográficas y geográficas de la zona de servicio de la red de distribución. Incluyen aspectos como la densidad de población, la topografía del terreno y las condiciones climáticas locales, todos los cuales afectan directamente a los índices de continuidad de la red[5].

La confiabilidad de un equipo se puede definir de diversas formas dependiendo del contexto específico y de los parámetros relevantes considerados. En contextos generales de ingeniería, la confiabilidad (R) a menudo se relaciona con la probabilidad de que un sistema o componente funcione sin fallos durante un periodo específico bajo condiciones normales de operación [3].

Para calcular la confiabilidad del equipo PPE5 basándose en la cantidad de eventos y las horas de operación, se consideró un enfoque simplificado donde la confiabilidad se asocia con la proporción del tiempo en que el equipo estuvo operando correctamente (sin eventos de falla) en relación con el tiempo total observado. No obstante, para un análisis más técnico y preciso, se necesitarían definiciones y metodologías específicas que pueden incluir tasas de fallo, mantenimiento, y otros factores operativos o ambientales.

Dado que se relevó datos sobre eventos específicos (aperturas y cierres, que podemos considerar como intervenciones o fallos), se realizó un cálculo básico asumiendo lo siguiente:

1. La duración total observada para el PPE5 sería el tiempo desde el primer registro hasta el último.
2. El tiempo de inactividad del PPE5 sería la suma de todas las duraciones entre aperturas y cierres (aunque estos podrían considerarse también como mantenimientos programados o respuestas a incidencias, no necesariamente fallos).

La fórmula de confiabilidad podría expresarse de la siguiente manera:

$$R = \frac{\text{Tiempo Total Operativo} - \text{Tiempo Total Inactivo}}{\text{Tiempo Total Operativo}} \quad (1)$$

Donde:

- El Tiempo Total Operativo sería el intervalo desde la primera hasta la última fecha de los registros.
- El Tiempo Total Inactivo sería la suma de las duraciones de todos los eventos (apertura-cierre).

Se procedió a calcular estos valores basándome en los datos proporcionados.

Dado:

1. Tiempo total observado ( $T_{\text{total}}$ ): Esta es la duración desde el primero hasta el último registro en su conjunto de datos. Puede calcularlo restando la marca de tiempo más antigua de la más reciente.
2. Tiempo de inactividad total ( $T_{\text{tiempo de inactividad}}$ ): Esta es la suma acumulativa de todas las duraciones en las que el PPE5 no estuvo operativo, que se calculó como la suma de todos los períodos de inactividad individuales. duración del evento entre la apertura y el cierre.

La fórmula de confiabilidad ( $R$ ) sería:

$$R = \frac{T_{\text{total}} - T_{\text{tiempo fuera}}}{T_{\text{total}}} \quad (2)$$

Como se observa en los análisis realizados en el apéndice A.2, el tiempo total evaluado es de 321 días, con un total de 24,08 horas fuera de servicio, lo que corresponde a **99.68499309** % de confiabilidad.

Tomando estos índices y los criterios evaluados, en este trabajo se proponen alternativas para mejorar dichos índices.

### 2.3. Ubicación óptima de equipos telecomandados

Según [6], los reconectores automáticos influyen significativamente en los índices SAIDI (duración promedio de las interrupciones por cliente) y SAIFI (frecuencia promedio de las interrupciones por cliente) mediante la mejora del aislamiento, automatización y la

reducción de contactos entre redes de media tensión y árboles. Por ejemplo, se identificó que un bajo nivel de aislamiento contribuye con el 38 % al indicador SAIFI y 34 % al indicador SAIDI. Además, el contacto entre las redes de media tensión con árboles contribuye con el 18 % al indicador SAIFI y 11 % al indicador SAIDI teniendo en cuenta un caso de estudio específico.

El SAIDI y la confiabilidad  $R$  están intrínsecamente relacionados en la medida que ambos reflejan aspectos de la duración de las interrupciones de servicio. Sin embargo, mientras un menor valor de SAIDI indica menos tiempo de interrupción y, por tanto, un servicio más confiable, un alto coeficiente de confiabilidad  $R$  sugiere una operatividad consistente y una menor frecuencia de fallos. De esta manera, un incremento en la confiabilidad  $R$ , se asocia típicamente con una reducción en el índice SAIDI.

Para los propósitos de este estudio, se considerará la bibliografía consultada, que sugiere una serie de beneficios potenciales derivados de la implementación de alternativas de mejora. A partir de 2023, la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) comenzó la instalación de equipos telecomandados, buscando optimizar la operación de las redes eléctricas de manera remota. En el contexto de alimentadores de tipo radial como el PPE5, estos equipos desempeñan una función crucial al seccionar la línea para aislamiento de fallas, evitando así la pérdida total de la carga y mejorando la fiabilidad del suministro. Con esta tecnología, los clientes situados en proximidad a la estación se verán especialmente beneficiados, ya que la capacidad de respuesta rápida ante incidentes garantiza una menor duración de las interrupciones del servicio eléctrico en esas áreas.

Efectivamente, la ubicación estratégica de equipos telecomandados es vital para maximizar la eficiencia operativa del sistema eléctrico. Un emplazamiento óptimo permite una respuesta más ágil y efectiva ante incidencias, lo que se traduce en una reducción significativa del tiempo de interrupción para los clientes y mejora la distribución de carga en la red. Los clientes, en particular, se benefician de una mayor continuidad del servicio debido a la capacidad de los equipos de realizar seccionamientos precisos y rápidos, mitigando así el impacto de las fallas. En consecuencia, una planificación detallada y un análisis exhaustivo son esenciales para determinar los puntos más beneficiosos para la instalación de estos equipos dentro de la infraestructura de la ANDE.

### **2.3.1. Clientes en media tensión**

La red PPE5 se caracteriza por abastecer principalmente a clientes ubicados en el distrito de Colonia Independencia. En este marco, se solicitó al departamento comercial de ANDE información sobre clientes de media tensión, sin especificar sus identidades. Se obtuvieron

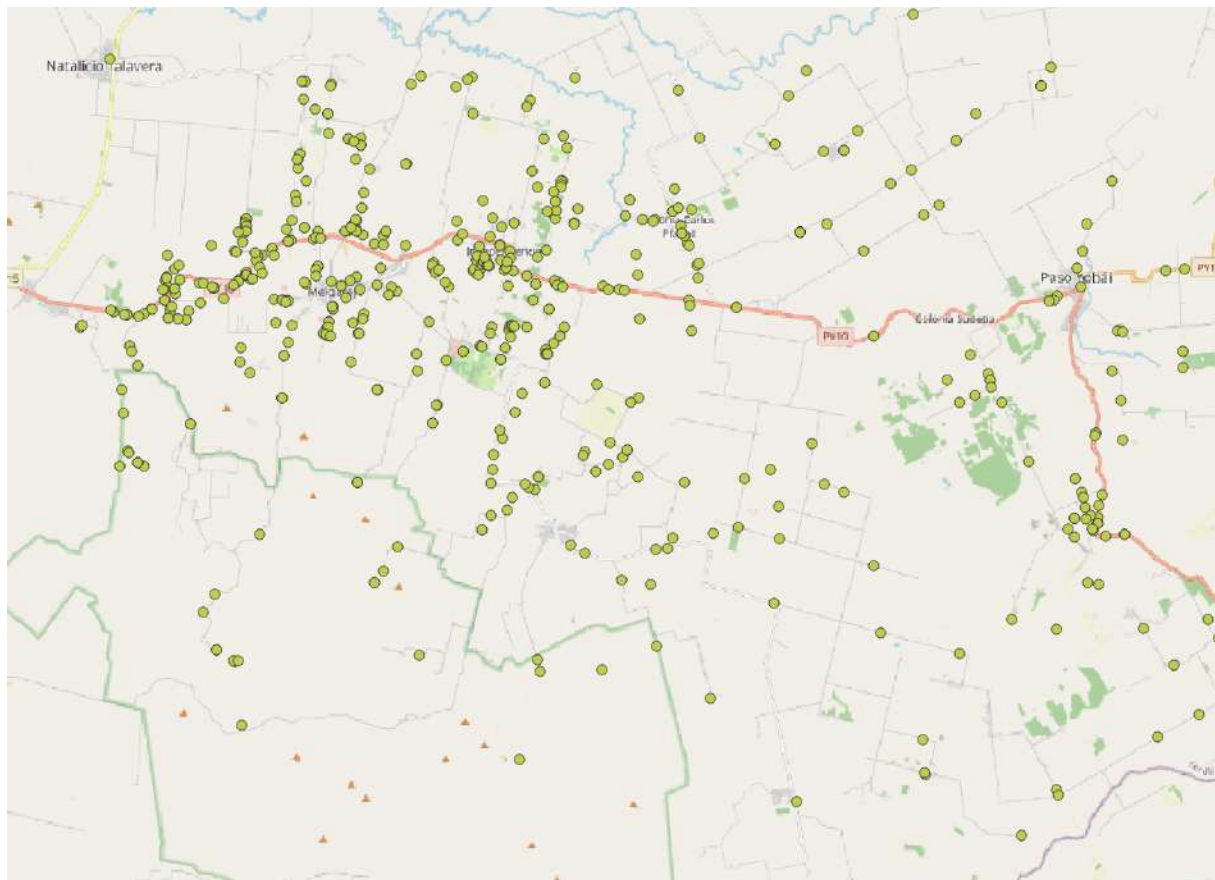


Figura 7: Clientes en media tensión del PPE5

datos referentes a la potencia contratada, la tarifa aplicable y su estado de actividad (como se muestra en la Figura 17).

En este contexto, se identificaron 773 clientes dentro del municipio de Colonia Independencia. De este total, 665 se encuentran en situación regular y han sido georreferenciados, tal como se ilustra en la Figura 7.

<b>Tipo de Tarifa</b>	<b>Cantidad</b>
OTROS 413	630
GUBERNAMENTAL 8033	22
OTROS 412	11
DIFERENCIAL 732	1
INDUSTRIAL 3073	1

Tabla 1: Tipos de tarifa de los clientes en situación correcta en el municipio de Independencia.

En cuanto a la distribución de tipos de clientes este se aprecia en la Tabla 1, destacando la tarifa 413 con 630 clientes.

### **2.3.2. Agrupación de clientes por ML**

Para agrupar clientes basándose en su ubicación, la potencia de contrato y la categoría, para finalmente ubicar los equipos, entre las técnicas de machine learning, una buena opción es el algoritmo de clustering, como K-Means. Este método fue utilizado en este trabajo para identificar grupos de clientes que tienen características similares en términos de ubicación geográfica y potencia contratada.

Se procedió de la siguiente manera:

#### **Preparación de los Datos.**

- Selección de características: Se utilizaron las coordenadas geográficas ('COORD\_X', 'COORD\_Y') y la potencia de contrato (POT) como características para el clustering.
- Limpieza de datos: Se limpiaron los datos, eliminando los puntos muy lejanos y los clientes sin georeferenciación.
- Normalización: Se normalizaron las características para asegurar que la escala de los datos no distorsione los resultados del clustering.

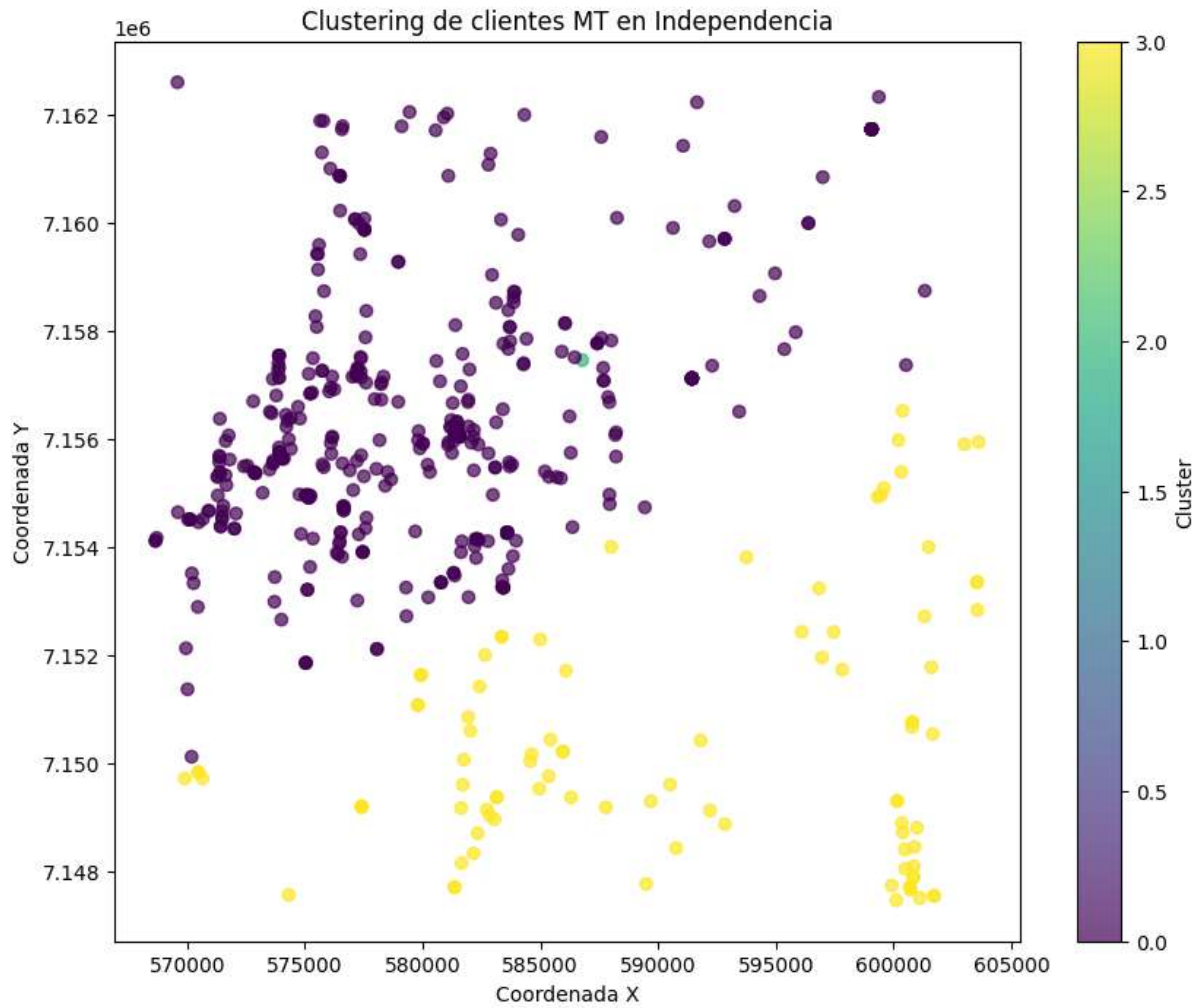


Figura 8: Agrupamiento de clientes por Kmeans

POT	COORD_X	COORD_Y	DIFERENCIAL 732	GUBERNAMENTAL 8033	INDUSTRIAL 3073	OTROS 412	OTROS 413	Cluster
4400	585911	7157624	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
16500	580307	7155395	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
13200	579807	7155985	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
21120	580209	7155531	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
4400	579826	7156151	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
52800	579787	7156068	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
13200	580238	7153074	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
33000	579684	7154295	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
3300	581315	7153527	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
3300	581315	7153527	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
4400	581360	7153479	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
6600	579949	7151641	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
11000	580777	7153351	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0
11000	580777	7153351	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE	0

Tabla 2: Preparación de datos, ejemplo

## Aplicación del Algoritmo K-Means

- Entrenamiento del modelo: Con el número de clusters decidido, se utilizó el algoritmo K-Means para agrupar los datos. Este proceso asignará cada cliente a un cluster basado en sus características.

Estos pasos se llevaron a cabo teniendo en cuenta las siguientes documentaciones [4], los algoritmos utilizados se pueden apreciar en el apéndice B.1.

En la Figura 8, se aprecia el agrupamiento de clientes obtenido en referencia a su ubicación, potencia y tipo de contrato, de esta manera se puede ubicar a lo largo de la línea equipos en los puntos límites de estos grupos, en total 2 equipos que mejoran la maniobrabilidad teniendo en cuenta las características de los clientes

### 2.3.3. Operación de equipos

Otra manera utilizada para determinar la ubicación óptima de los equipos telecomandados en la red PPE5, se ha considerado una estrategia que utiliza los datos históricos de maniobras realizadas en los distintos equipos. Como se ilustra en la Figura 9, el interruptor es el equipo que registra el mayor número de operaciones, lo cual indica su importancia en la red. Basándonos en esta información, se ha prestado especial atención a los cinco equipos que le siguen en términos de frecuencia de maniobras, identificados como 45805, 45790, 45730, y 45795. Este análisis es fundamental para guiar la instalación de equipos telecomandados.

Se definieron las ubicaciones de los equipos telecomandados basándose en dos análisis independientes, tal como se exhibe en la Figura 18. Al analizar la proximidad entre los equipos identificados por el método de agrupamiento, 45807, y aquel seleccionado mediante el análisis de frecuencia de operaciones, 45805, se determinó que el equipo 45807 representa la ubicación más estratégica para la instalación de un equipo telecomandado.

La Figura 10 muestra el resultado de la última revisión de las ubicaciones, las cuales fueron determinadas a partir de los análisis previos. Esta decisión tiene como finalidad optimizar la respuesta operativa de la red PPE5. Además, la Figura 19 proporciona una visualización del esquema unifilar, reflejando la disposición final de los equipos en la red tras la implementación de los cambios propuestos.

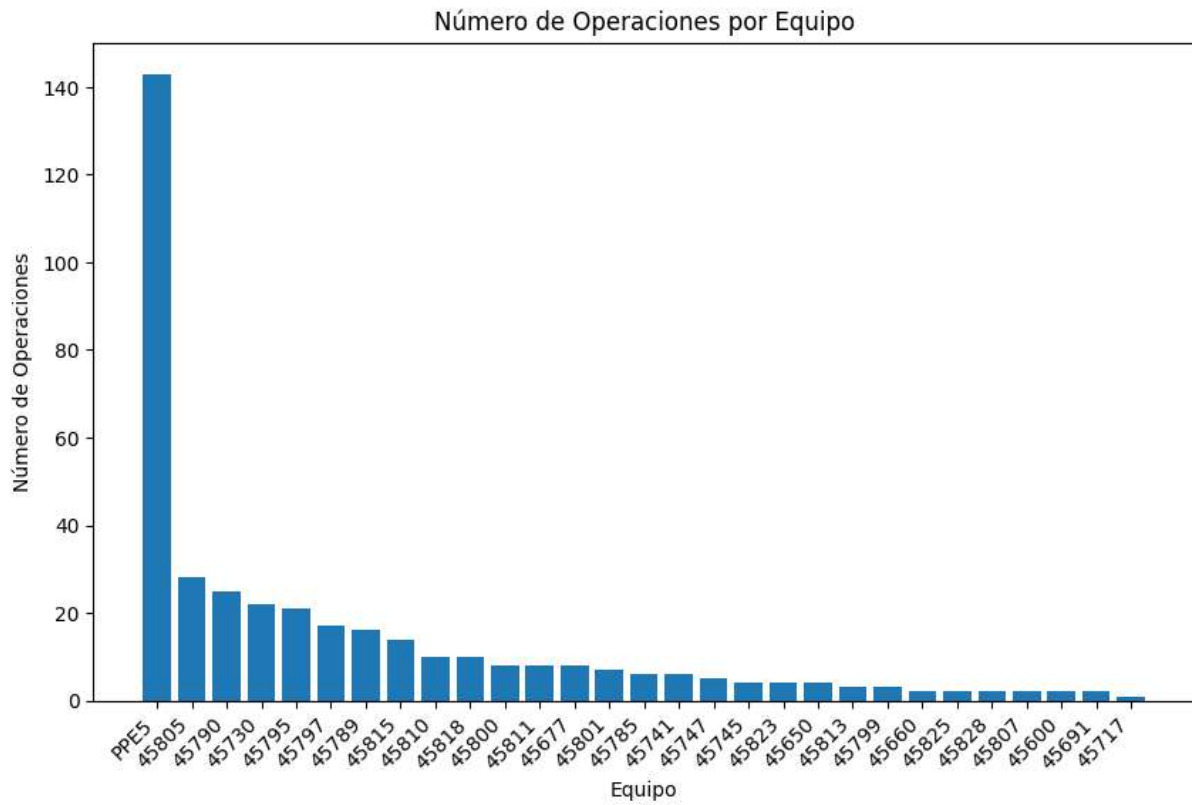


Figura 9: Operaciones de equipos sobre el PPE5

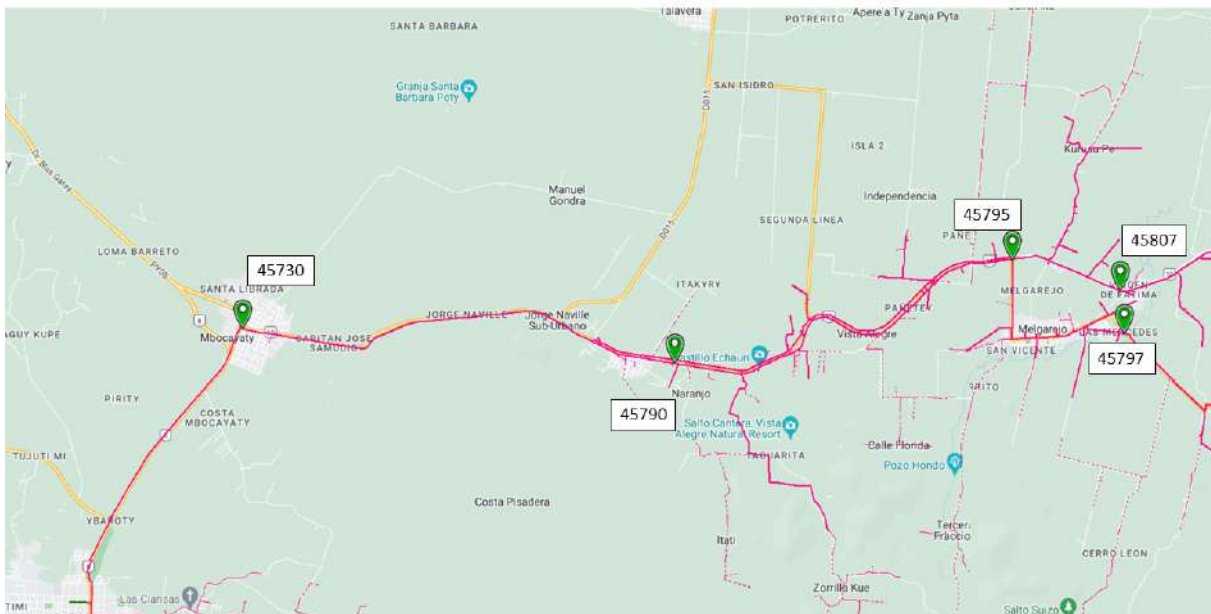


Figura 10: Ubicación óptima de equipos

## 2.4. Mantenimiento preventivo y correctivo

Primeramente se analizaron las observaciones de fuera de servicio del alimentador, el orden encontrado fue:

- Desconocido: Basado en encuestas, estos incidentes suelen atribuirse a fallos transitorios que se resuelven tras un primer intento de reconexión. Comúnmente, están relacionados con factores ambientales o climáticos, como el contacto de árboles con las líneas o las descargas atmosféricas.
- Aislador Desprendido: Parte de la línea, específicamente las estructuras en forma de bandera que superan los 35 años de antigüedad, presenta este problema. La edad avanzada de estos componentes provoca que los aisladores se debiliten y terminen desprendiéndose.
- Rama sobre línea: Este problema se debe a la proximidad de la vegetación a las líneas eléctricas. La poda de árboles es una de las estrategias para mitigar esta causa.
- Cable suelto y puente suelto: La antigüedad de las líneas, junto con la alta demanda de energía en la zona, suele resultar en estos problemas.

Respecto a la duración de las interrupciones, se observa un patrón similar en términos de las causas más comunes.

Atendiendo a estas principales averías se propone un programa de mantenimiento preventivo y correctivo del alimentador PPE5.

### 2.4.1. Relevamiento de averías

La identificación de fallos es fundamental para llevar a cabo eficazmente las labores de mantenimiento. En este ámbito, es importante resaltar una innovación implementada por la ANDE, a través de la División de Gestión Regional Sur: el desarrollo de una herramienta avanzada para el diagnóstico de fallos y su subsiguiente corrección, denominada SIM MT (Sistema de Mantenimiento Integral en Media Tensión).

El SIM MT facilita el registro de averías en alimentadores mediante el uso de aplicaciones de software libre, destacando entre ellas AppSheet. Esta plataforma permite una recopilación de datos eficiente y organizada directamente en una hoja de cálculo, ofreciendo una solución práctica y completa para el manejo de la información de mantenimiento.

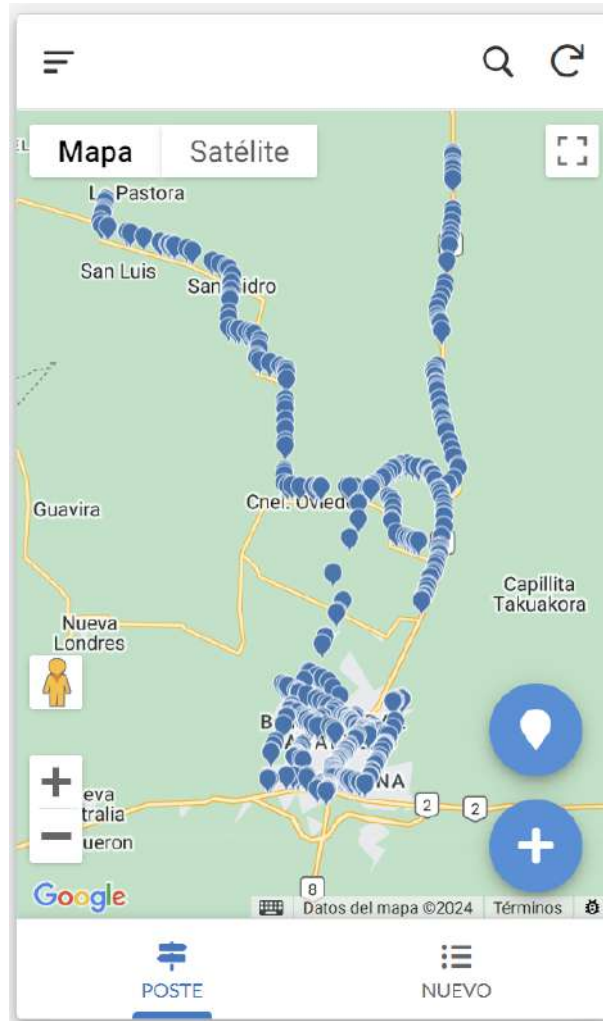


Figura 11: Entorno de AppSheet para relevamiento

La Figura 11 muestra el entorno de la aplicación, la cual permite registrar nuevas averías a partir de una lista predefinida de parámetros, incluyendo el tipo de avería y la estructura del poste. Estos registros se vinculan automáticamente a una ubicación georreferenciada, especificada por su latitud y longitud. Además, la aplicación ofrece la posibilidad de generar un informe consolidado en formato Excel con todos los datos recopilados.

Cada marcador presente en el mapa señala la ubicación exacta de un poste, permitiendo un relevamiento exhaustivo de los activos asociados a él. Este proceso es crucial para la creación y mantenimiento de una base de datos de activos integral. Dicha base de datos facilita la trazabilidad de materiales desde el depósito hasta su instalación, representando una herramienta esencial en la gestión de activos de la institución. Esta práctica no solo optimiza la asignación de recursos, sino que también mejora la eficiencia operativa, permitiendo una planificación más precisa y una respuesta más rápida a las necesidades de mantenimiento o reemplazo. Asimismo, fortalece la capacidad de la institución para

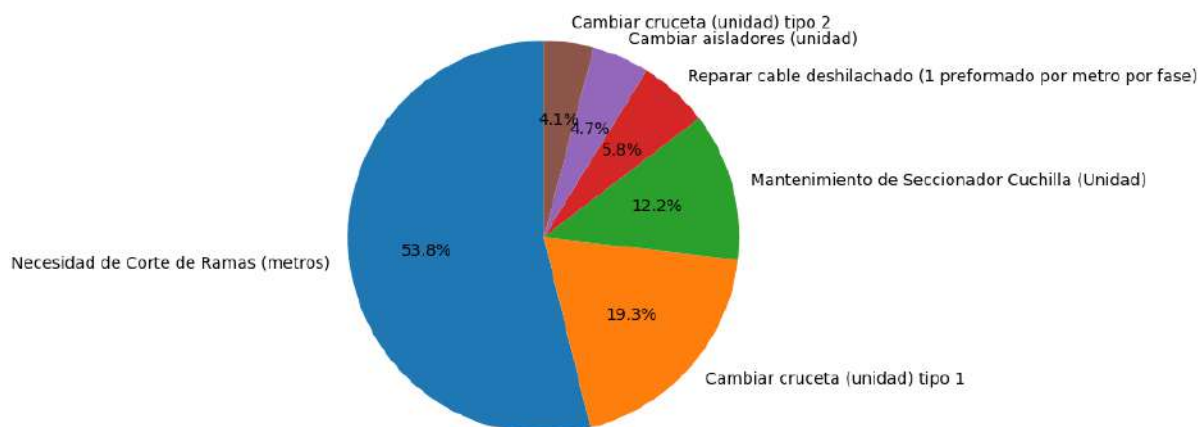


Figura 12: Averías relevadas %, obtenidas de la base de datos del SIM MT Centro

realizar un seguimiento detallado del uso y el estado de los activos a lo largo del tiempo, contribuyendo significativamente a la toma de decisiones informadas sobre inversiones futuras y estrategias de gestión de activos.

La Tabla 7 presenta las descripciones predeterminadas utilizadas para registrar una avería, las cuales están directamente vinculadas a los tipos de observaciones más comunes identificadas en los registros de operaciones, mencionadas previamente. Este enlace asegura una consistencia en la documentación de incidencias, facilitando el análisis y la comprensión de las tendencias operativas. Al establecer un conjunto estándar de categorías de averías, se mejora la eficiencia en el proceso de registro y seguimiento de incidencias, permitiendo una respuesta más rápida y efectiva a los problemas detectados. Además, esta estandarización<sup>2</sup> contribuye a una acumulación de datos más coherente, esencial para la evaluación del desempeño operativo y la planificación de mejoras futuras.

Se accedió a las bases de datos de los relevamientos realizados por el departamento de operaciones de distribución de la empresa, lo que permitió calcular el porcentaje promedio de averías por alimentador, teniendo en cuenta solamente los alimentadores desnudos, ya que los de tipo protegido suelen presentar otro tipo de averías relacionadas a esa estructura, se muestra en la Figura 12 estos datos. Utilizando los valores relativos obtenidos de la base de datos, se determinó una densidad de avería de 19 unidades por kilómetro. En consecuencia, para el tronco principal del alimentador PPE5, que tiene una extensión de 67 km, se estima encontrar aproximadamente 1273 averías. La Tabla 8 presenta la cantidad estimada de averías por tipo, calculada sobre la base de estos valores.

Es importante destacar que esta base de datos también incluye información sobre los

---

<sup>2</sup>Estandarización establecida por investigaciones, encuestas y seguimientos de mantenimientos de la ANDE

recursos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento, abarcando tanto los materiales como los tiempos requeridos para su ejecución.

#### **2.4.2. Ejecución de mantenimientos**

Una vez relevado estas averías, se propone herramientas para calculo de cuadrillas necesarias y tiempos necesarios para la realización de estos trabajos, ademas se puede asignar a trabajos de tipo precaución, donde no hace falta des-energizar la linea como lo son los trabajos de corte de rama.

Con referencia a la Tabla 7, se detalla el tiempo necesario para completar trabajos con y sin interrupción del suministro eléctrico, estandarizados por la empresa. Esto subraya la necesidad de una herramienta capaz de calcular el número de averías que se pueden asignar a una cuadrilla para su resolución eficaz. En este contexto, se ha desarrollado un algoritmo que agrupa los puntos de avería identificados, basándose en la suma total de los tiempos requeridos para las reparaciones, facilitando así la determinación del número óptimo de cuadrillas necesarias.

Respecto a las labores que implican cortes de suministro, el análisis de la Figura 3 indica que la ventana horaria con el menor impacto en términos de pérdida de servicio se sitúa entre las 5 a.m. y las 8 a.m. Esto sugiere que existe un período de 8 horas óptimo para realizar estas tareas, minimizando las afectaciones posibles a los usuarios.

Dentro de la empresa, se han establecido dos contratos nacionales clave para llevar a cabo mejoras y mantenimientos en la red de distribución eléctrica. Estos son: el contrato denominado HPP1<sup>3</sup>, y el contrato HPP Poda, específico para la ejecución de tareas de poda en áreas cercanas a las líneas de distribución. Es importante destacar que, según las condiciones del contrato HPP1, se requiere que el contratista disponga de cuadrillas especializadas en trabajos de línea viva cuando sea necesario. Con esta premisa, se utilizan estos contratos como referencia para calcular los costos asociados al mantenimiento integral de la línea PPE5. Esto conlleva a la realización de cortes solo en caso muy necesarios, acogiendo el horario calculado en el parrafo anterior.

En la Tabla 9, se presentan los costos vinculados a cada uno de los contratos mencionados anteriormente. Por otro lado, la Tabla 10 detalla, según el tiempo necesario para cada tipo de mantenimiento, el total de horas hombre estándar requeridas y el costo resultante.

---

<sup>3</sup>LP1692-21 Ejecución de Trabajos de Mejoras y Mantenimiento de los Componentes del Sistema de Distribución de Energía Eléctrica en el Territorio Nacional, bajo la Modalidad de Contrato Abierto (HHP1 y HHP4)

El tiempo necesario que se debe invertir en el mantenimiento total de la línea PPE5 estimado es de 58 días laborales, teniendo en cuenta una jornada de 8 horas diarias.

## 2.5. Análisis financiero

[7] destaca cómo el mantenimiento predictivo, específicamente a través de la termografía, es fundamental para identificar oportunidades de ahorro energético en sistemas eléctricos, lo que subraya la importancia crítica del mantenimiento en la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas energéticos.

[8] analiza la importancia del mantenimiento en el sistema eléctrico, especialmente en lo que respecta a las líneas de distribución, que son particularmente vulnerables a factores externos debido a su ubicación dentro de los centros de consumo. Se enfatiza que un adecuado mantenimiento debe considerar ajustes que contribuyan significativamente al aumento de la confiabilidad de los componentes del sistema, protegiendo al mismo tiempo los intereses económicos de la distribuidora y de sus clientes.

En respuesta a la necesidad de adoptar tecnologías emergentes y el uso inevitable de sistemas inteligentes, la institución ha realizado licitaciones para adquirir equipos de control remoto y sus sistemas de comunicación. En este contexto, se ha propuesto una solución para optimizar la ubicación de estos equipos, buscando maximizar la satisfacción de los clientes y la eficiencia empresarial y operacional. Sin embargo, se ha identificado que implementar esta solución de automatización y protección sin llevar a cabo los mantenimientos necesarios sería ineficaz. Por ello, se han evaluado ambas propuestas —la optimización de la ubicación de los equipos y la realización de mantenimientos— como estrategias clave a corto plazo. Estas son consideradas viables para mejorar los índices de calidad del servicio en este alimentador.

### 2.5.1. Costos

Sobre los costos que conllevan las alternativas propuestas se estipula en la LPN 1227 los costos asociados a la instalación de equipos telecomandados, siendo en promedio de 13,250 dólares (usd) por equipo.

En relación al mantenimiento, se estima inicialmente que el tiempo necesario para realizar un relevamiento con la herramienta sugerida sería de aproximadamente 2 semanas. Esto implicaría un costo operativo asociado. Considerando la participación de 2 técnicos trabajando 8 horas al día, con un costo de 28,750 Gs por hora, se calcularía el costo total

correspondiente a 4,600,000 Gs.

En la Tabla 10, se aprecia una suma de 561,302,500 Gs, que corresponde a los trabajos a realizar sobre el alimentador PPE5, en general se pudo calcular todos los costos en la Tabla 3.

Conceptos	Costo (Gs)
Instalación de equipos telecomandados	493,562,500
Relevamiento de averías	4,600,000
Ejecución de mantenimientos	561,302,500
<b>TOTAL</b>	<b>1,059,465,000</b>

Tabla 3: Costo total de las propuestas

### 2.5.2. Beneficios

Un sistema con una confiabilidad igual a 100% es imposible, entonces en este trabajo se recurren a los antecedentes, [6] propone disminución del índice SAIDI del 34%, inversamente proporcional a la confiabilidad  $R$ , realizando los mantenimientos respectivos donde se evitan en el mayor de los casos los contactos con ramas.

Por otra parte los equipos telecomandados recuperan parte de la energía no suministrada, en las ubicaciones propuestas en este trabajo se considera una recuperación de 55.55% según la Tabla 11.

Otro beneficio directo se manifiesta en la reducción de los costos asociados al mantenimiento de equipos. Los dispositivos controlados a distancia, al estar diseñados con tecnología de botellas de vacío, minimizan la necesidad de intervenciones de mantenimiento rutinario. Adicionalmente, se contempla un ahorro significativo en el consumo de combustible de los vehículos empleados para inspeccionar y manipular manualmente los seccionadores de la red. Esta ventaja se debe a que, con la implementación de esta propuesta, la mayoría de estas operaciones se realizarían de manera remota, disminuyendo la frecuencia de desplazamientos y, por ende, el consumo de combustible. El desglose de estos beneficios se aprecian en la Tabla 12.

### 2.5.3. VAN, TIR y Retorno de la inversión

La Tabla 4 muestra el flujo de efectivo neto para la inversión propuesta a lo largo de 6 años y los valores acumulados para cada uno de esos años. En donde se aprecia que el

Tabla 4: Add caption

Año	Flujo neto	Acumulado
0	-1,059,465,000	
1	219,309,779	-840,155,221
2	273,419,557	-566,735,664
3	327,529,336	-239,206,328
4	381,639,115	142,432,787
5	435,748,893	578,181,680

periodo de recuperación de la inversión es de 4 años.

Para evaluar el proyecto se pueden calcular varios indicadores financieros, en este proyecto se opto por dos de los más comunes el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

El VAN se calcula descontando los flujos de efectivo futuros al presente usando una tasa de descuento que refleje el costo de capital del proyecto. Se formula como:

$$VAN = \sum \frac{Flujo\ neto\ de\ efectivo_t}{(1 + k)^t}$$

donde  $t$  es el año y  $k$  es la tasa de descuento.

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero y se encuentra resolviendo la ecuación del VAN igual a cero. Es la tasa de rendimiento que se espera obtener del proyecto.

En la sección D se explyta el calculo del VAN y TIR utilizando herramientas de analisis de datos, en donde se obtiene un valor de VAN, utilizando una tasa de descuento del 10 %, es aproximadamente Gs. 143,182,170.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) de la inversión es aproximadamente 14.58 %. Estos resultados indican que, dada la tasa de descuento, el proyecto generaría un valor positivo y que la tasa de retorno esperada es mayor que el costo de capital asumido del 10 %.

### 3. Resultados y análisis

En primera instancia en este trabajo se realizó relevamiento de datos característicos del alimentador PPE5, se logró obtener una base de datos de carga y clientes del alimentador, como así también se obtuvieron datos de demanda del alimentador revelando una media de 6.8 MW. Por otra parte se obtuvieron datos de los eventos del alimentador, estos se analizaron posteriormente en el contexto de confiabilidad.

Los resultados obtenidos de la implementación de alternativas para mejorar la continuidad del suministro eléctrico en el alimentador Paso Pé 5 revelan impactos significativos en varios aspectos críticos del sistema eléctrico. Este análisis se centra en interpretar los hallazgos en términos de confiabilidad, eficiencia operativa, y beneficios económicos, alineados con los objetivos planteados en el estudio. En un escenario inicial se encontró una indisponibilidad de 0.31500691 %, lo cual es un valor pequeño pero en términos económicos representa una suma considerable.

La aplicación de tecnologías de equipos telecomandados ha demostrado ser fundamental para la mejora de la confiabilidad del suministro eléctrico. La capacidad de monitorear y controlar el sistema en tiempo real permite una respuesta rápida ante fallos, minimizando así el tiempo de interrupción. Comparando los datos de interrupciones antes y después de la implementación, se observa una reducción significativa en la frecuencia y duración de las mismas, lo que indica una mejora sustancial en la confiabilidad del alimentador. Este estudio se centró en la ubicación óptima de estos equipos por lo que el primer paso consistió en identificar las necesidades específicas del alimentador Paso Pé 5 y establecer los objetivos del proyecto. Estos incluyeron la mejora de la confiabilidad del suministro, la reducción de tiempos de respuesta ante interrupciones, y la optimización de la gestión y operación del sistema eléctrico. Con los datos obtenidos de clientes, cargas, demandas se utilizaron herramientas de exploración de datos y se emplearon técnicas de machine learning, específicamente el algoritmo de clustering K-Means, para agrupar clientes y demandas en función de su proximidad geográfica y características eléctricas. Este enfoque facilitó la identificación de puntos estratégicos donde la instalación de equipos telecomandados tendría el mayor impacto en la mejora de la confiabilidad y eficiencia, el algoritmo K-Means proporciono pesos a cada característica de clientes siendo mayor al 50 % en el caso de georeferenciación.

Por otra lado, se considero la implementación de mantenimiento integral del alimentador, utilizando software para el relevamiento de las averías, este ya es conocido por los funcionarios de la empresa, se encontró que el costo total asociado a la corrección de las averías rondaría los 565 millones de guaraníes. Se seleccionan ambas alternativas como necesarias

para la disminución inmediata de los fueros de servicios del alimentador mejorando así los índices abordados, los cuales se utilizan para obtener los beneficios de este proyecto.

Desde una perspectiva económica, las alternativas implementadas ofrecen beneficios tanto para la empresa de servicios públicos como para los usuarios finales. La reducción en la frecuencia y duración de las interrupciones se traduce en una menor pérdida de ingresos por parte de la empresa y una disminución en los inconvenientes para los consumidores. Adicionalmente, la optimización del mantenimiento reduce los costos a largo plazo, lo que puede reflejarse en una tarifa eléctrica más estable para los usuarios. En cuanto al TIR se obtuvo un valor encima del 12% por lo que aplicar estas alternativas es viable y plausible.

El análisis de los resultados demuestra que las alternativas implementadas para mejorar la continuidad del suministro eléctrico en el alimentador Paso Pé 5 han sido efectivas. La integración de tecnologías de control remoto, junto con un enfoque proactivo en el mantenimiento del sistema, ha resultado en mejoras significativas en la confiabilidad, eficiencia operativa, y beneficios económicos. Estos hallazgos contribuyen al cuerpo de conocimiento existente, ofreciendo insights valiosos para futuras implementaciones en sistemas similares.

## 4. Conclusiones y recomendaciones

Se recopilaron los datos del alimentador PPE5, información de las características técnicas de la red, demanda del alimentador y eventos de fuera de servicio de los diferentes equipos del mismo.

Se determinaron las causas mas comunes de los fueros de servicios de los alimentadores, en cuanto a frecuencia y duración de los mismos.

Se abordaron indices de confiabilidad por su facilidad de utilización en cuanto al reconocimiento de las falencias de la continuidad del suministro.

Se propusieron dos alternativas y se evaluaron en un marco tecnico y economico, a partir de los datos recogidos.

Finalmente se elaboró un presupuesto y se evaluaron bajo indices financieros de VAN y TIR, como tambien de retorno de la inversión.

### 4.1. Recomendaciones

- Realizar los relevamientos propuestos utilizando el aplicativo del SIM MT como organizador de datos y ejecución de los mantenimientos del alimentador PPE5
- Aplicar estas técnicas utilizadas en este proyecto en todos los alimentadores del departamento.
- Considerar los beneficios que obtendrán los clientes como parte de los estudios. Buscando una forma de cuantificar dichos beneficios.
- Continuar con la investigación abordando alternativas a largo plazo.

## Referencias

- [1] C. Chen, B. Wang, y H. Wu, “Reliability analysis of nuclear power plant electrical system considering common cause failure based on go-flow,” *Sustainability*, vol. 15, no. 19, p. 14071, 2023. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/19/14071>
- [2] Electrician Philippines, “The dangers of loose connections in electrical systems,” <https://electricianphilippines.com/the-dangers-of-loose-connections-in-electrical-systems/>, 2023.
- [3] T. Gonen, *Electrical Power Transmission System Engineering*. Apple Academic Press, 2014.
- [4] T. Hastie, R. Tibshirani, y J. Friedman, *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, 2nd ed., ser. Springer Series in Statistics. New York, NY, USA: Springer, 2009.
- [5] IEEE Power Engineering Society, “IEEE Trial-Use Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices,” IEEE, New York, Tech. Rep., April 1999.
- [6] Y. E. Milian Guerrero, “Mejoramiento de indicadores saidi y saifi en el alimentador a1096 en media tensión electro noroeste piura,” 2020, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.
- [7] S. J. M. Montoya y E. Sánchez, “Estudio y análisis del sistema de mantenimiento predictivo (termografía) para la detección de índices de ahorro energético en el sistema eléctrico de las aulas del bloque k de la universidad estatal de milagro.” 2015. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/a7a6b9c5538cde0c876e128dc9ef8ee52df37e47>
- [8] D. Ríos, M. Arevalo, y W. Causarano, “Electrical service quality improvement in asuncion and metropolitan area through an analysis of reliability indexes,” in *ARGENCON 2016*. Asunción, Paraguay: IEEE, 2016. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7585340>
- [9] SafetyFrenzy, “Loose connections: The hidden danger of heat in electrical systems,” <https://www.safetyfrenzy.com/loose-connections-heat/>, 2023.
- [10] G. Schweickardt y C. Casanova, “Optimización de la confiabilidad en sistemas de distribución eléctrica de media tensión,” *Investigación Operativa*, vol. 25, no. 42, pp. 3–22, Nov 2017.

## Apéndices

### A. Relevamiento de datos

#### A.1. Análisis de eventos

```
# %%
import pandas as pd
import datetime

# Reload the corrected data from the updated Excel file after the reset
file_path = 'INDICADORES_MESES_2022.xlsx'
indicadores = pd.read_excel(file_path) # Load all sheets to examine them

# %%
{type(x) for x in excel_data['Seccionador']}
from pymongo import MongoClient
client = MongoClient("mongodb+srv://moises:mBritez92@mb.f6a2tjo.mongodb.net/?retryWri
coleccion= client.Equipos.Maniobras
df_eq = pd.DataFrame(coleccion.find({}))

# %%
df_eq

# %%
# Convertir a string y luego intentar convertir a int los valores del campo Seccionador
# Esto se hace para normalizar los datos y poder cruzarlos adecuadamente.
indicadores['Seccionador_str'] = indicadores['Seccionador'].apply(lambda x: str(x).strip())
indicadores['Seccionador_int'] = pd.to_numeric(indicadores['Seccionador_str'], errors='coerce')

# Preparar la unión basada en ID_EQUIPO de df_eq y Seccionador_int o Seccionador_str
# Primero, comprobar si existe una relación directa entre ID_EQUIPO y Seccionador_int
# Como los formatos de identificación pueden variar, se probarán ambas vías (con y sin guión)
# Se asumirá que ID_EQUIPO en df_eq podría relacionarse directamente con Seccionador_int

# Intentar encontrar un cruce directo de equivalencias.
```

```
# Dado que no hay una instrucción explícita sobre cuál campo exactamente en df_eq rel
# primero verificamos la conexión lógica posible, considerando que el enfoque inicial

# Preparar una columna de ID_EQUIPO limpio en df_eq para facilitar la unión:
df_eq['ID_EQUIPO_str'] = df_eq['ID_EQUIPO'].apply(lambda x: str(x).strip())
# Realizar la unión (merge) en base a ID_EQUIPO_str y Seccionador_str para mantener la
merged_data = indicadores.merge(df_eq[['ID_EQUIPO_str', 'ID_RED', 'Estado']], left_on=
# Para los lugares donde ID_RED es NaN en merged_data, reemplazar con el valor de Sec
merged_data['ID_RED'].fillna(merged_data['Seccionador_str'], inplace=True)
merged_data['Estado'].fillna('Cerrado', inplace=True)
# Mostrar el resultado de la unión para verificar que el campo ID_RED se ha incorpora
merged_data.head()

# %%
merged_data[merged_data['ID_RED']=="PPE5"].to_excel('ppe5_maniobras_2022.xlsx')

# %%
merged_data[merged_data['Seccionador']=='PPE5']

# %%
import matplotlib.pyplot as plt

# Filtrar merged_data por el valor 'PPE5' en la columna Seccionador
ppe5_data = merged_data[merged_data['Seccionador_str'] == 'PPE5']

# Calcular el porcentaje de cada valor único en la columna 'Observaciones'
observation_counts = ppe5_data['Observaciones'].value_counts(normalize=True) * 100

# Crear un gráfico de barras para mostrar los porcentajes de 'Observaciones'
plt.figure(figsize=(10, 6))
observation_counts.plot(kind='bar')
plt.title('Porcentaje de Observaciones para Seccionador PPE5')
plt.ylabel('Porcentaje (%)')
plt.xlabel('Observaciones')
plt.xticks(rotation=45, ha='right')
plt.show()
```

## A.2. Calculo de confiabilidad

```
pppe5_events=pppe5_data[['Fecha_datetime', 'Acción', 'Observaciones']].sort_values(by=
)
durations=pd.DataFrame(columns=['Start_Time', 'End_Time', 'Duration', 'Observations'])
)
open_time=None
open_observation=None
for index, row in pppe5_events.iterrows():
    if row['Acción'] == 'Abierto':
        open_time=row['Fecha_datetime']
        open_observation=row['Observaciones']
    elif row['Acción'] == 'Cerrado' and open_time:
        close_time=row['Fecha_datetime']
        duration=close_time-open_time
        new_row={
            'Start_Time': open_time,
            'End_Time': close_time,
            'Duration': duration,
            'Observations': open_observation
        }
        durations=durations._append(new_row, ignore_index=True)

)
open_time=None
open_observation=None
)
from datetime import timedelta

total_time=pppe5_data['Fecha_datetime'].max()-pppe5_data['Fecha_datetime'].min()

total_downtime=durations['Duration'].sum()

reliability=(total_time-total_downtime)/total_time
```

total\_time, □total\_downtime, □reliability

<b>Tipo de evento</b>	<b>Seccionador</b>	<b>Acción</b>	<b>Fecha de generación</b>
Accidental	PPE5	Abierto	04/02/2022 09:38:00
Accidental	PPE5	Cerrado	04/02/2022 09:59:00
Accidental	PPE5	Abierto	04/02/2022 20:06:00
Accidental	PPE5	Cerrado	04/02/2022 20:31:00
Accidental	PPE5	Abierto	04/02/2022 20:32:00
Accidental	PPE5	Cerrado	04/02/2022 21:07:00
Accidental	PPE5	Abierto	04/02/2022 21:10:00
Accidental	PPE5	Cerrado	04/02/2022 21:14:00
Accidental	PPE5	Abierto	04/02/2022 21:18:00
Accidental	PPE5	Cerrado	04/02/2022 21:22:00
Accidental	PPE5	Abierto	05/02/2022 00:30:00
Accidental	PPE5	Cerrado	05/02/2022 00:40:00
Accidental	PPE5	Abierto	05/02/2022 01:01:00
Accidental	PPE5	Cerrado	05/02/2022 01:14:00
Accidental	PPE5	Abierto	05/02/2022 06:52:00
Accidental	PPE5	Cerrado	05/02/2022 07:02:00
Accidental	PPE5	Abierto	05/02/2022 15:14:00
Accidental	PPE5	Cerrado	05/02/2022 15:24:00
Accidental	PPE5	Abierto	14/02/2022 06:01:00
Accidental	PPE5	Cerrado	14/02/2022 06:09:00
Accidental	PPE5	Abierto	20/02/2022 15:40:00
Accidental	PPE5	Cerrado	20/02/2022 15:55:00
Accidental	PPE5	Abierto	20/02/2022 15:55:00
Accidental	PPE5	Cerrado	20/02/2022 16:52:00
Accidental	PPE5	Abierto	20/02/2022 16:57:00
Accidental	PPE5	Abierto	20/02/2022 17:00:00
Accidental	PPE5	Cerrado	20/02/2022 17:00:00
Accidental	PPE5	Cerrado	20/02/2022 17:05:00
Accidental	PPE5	Abierto	20/02/2022 21:03:00
Accidental	PPE5	Cerrado	20/02/2022 21:11:00
Accidental	PPE5	Abierto	20/02/2022 21:11:00
Accidental	PPE5	Cerrado	20/02/2022 21:26:00
Accidental	PPE5	Abierto	20/02/2022 22:50:00
Accidental	PPE5	Cerrado	20/02/2022 22:52:00

Accidental	PPE5	Abierto	21/02/2022 00:28:00
Accidental	PPE5	Cerrado	21/02/2022 00:31:00
Accidental	PPE5	Abierto	21/02/2022 07:48:00
Accidental	PPE5	Cerrado	21/02/2022 07:54:00
Accidental	PPE5	Abierto	21/02/2022 14:48:00
Accidental	PPE5	Cerrado	21/02/2022 14:59:00
Accidental	PPE5	Abierto	21/02/2022 15:07:00
Accidental	PPE5	Cerrado	21/02/2022 15:21:00
Accidental	PPE5	Abierto	21/02/2022 15:21:00
Accidental	PPE5	Cerrado	21/02/2022 16:35:00
Accidental	PPE5	Abierto	23/02/2022 12:00:00
Accidental	PPE5	Cerrado	23/02/2022 12:06:00
Accidental	PPE5	Abierto	23/02/2022 18:59:00
Accidental	PPE5	Cerrado	23/02/2022 19:05:00
Accidental	PPE5	Abierto	23/02/2022 19:34:00
Accidental	PPE5	Cerrado	23/02/2022 19:49:00
Accidental	PPE5	Abierto	23/02/2022 20:14:00
Accidental	PPE5	Cerrado	23/02/2022 20:42:00
Accidental	PPE5	Abierto	10/03/2022 15:38:00
Accidental	PPE5	Cerrado	10/03/2022 16:19:00
Accidental	PPE5	Abierto	10/03/2022 17:33:00
Accidental	PPE5	Cerrado	10/03/2022 17:35:00
Accidental	PPE5	Abierto	13/03/2022 14:33:00
Accidental	PPE5	Cerrado	13/03/2022 14:43:00
Accidental	PPE5	Abierto	22/03/2022 20:12:00
Accidental	PPE5	Cerrado	22/03/2022 20:17:00
Accidental	PPE5	Abierto	22/03/2022 20:17:00
Accidental	PPE5	Cerrado	22/03/2022 21:10:00
Accidental	PPE5	Abierto	23/03/2022 10:26:00
Accidental	PPE5	Cerrado	23/03/2022 10:28:00
Accidental	PPE5	Abierto	24/03/2022 10:10:00
Accidental	PPE5	Cerrado	24/03/2022 10:19:00
Accidental	PPE5	Abierto	24/03/2022 10:19:00
Accidental	PPE5	Cerrado	24/03/2022 11:05:00
Accidental	PPE5	Abierto	24/03/2022 11:41:00
Accidental	PPE5	Cerrado	24/03/2022 11:51:00
Accidental	PPE5	Abierto	24/03/2022 12:40:00
Accidental	PPE5	Cerrado	24/03/2022 12:43:00

Programado	PPE5	Abierto	30/03/2022 15:49:00
Programado	PPE5	Cerrado	30/03/2022 15:54:00
Accidental	PPE5	Abierto	30/03/2022 17:42:00
Accidental	PPE5	Cerrado	30/03/2022 17:47:00
Accidental	PPE5	Abierto	30/03/2022 18:49:00
Accidental	PPE5	Cerrado	30/03/2022 18:58:00
Accidental	PPE5	Abierto	30/03/2022 20:27:00
Accidental	PPE5	Cerrado	30/03/2022 20:28:00
Accidental	PPE5	Abierto	30/03/2022 22:50:00
Accidental	PPE5	Cerrado	30/03/2022 22:54:00
Programado	PPE5	Abierto	02/04/2022 12:07:00
Programado	PPE5	Cerrado	02/04/2022 12:09:00
Accidental	PPE5	Abierto	04/04/2022 02:42:00
Accidental	PPE5	Cerrado	04/04/2022 02:50:00
Accidental	PPE5	Abierto	09/04/2022 13:56:00
Accidental	PPE5	Cerrado	09/04/2022 14:07:00
Accidental	PPE5	Abierto	11/04/2022 00:56:00
Accidental	PPE5	Cerrado	11/04/2022 01:06:00
Accidental	PPE5	Abierto	11/04/2022 03:03:00
Accidental	PPE5	Cerrado	11/04/2022 05:36:00
Accidental	PPE5	Abierto	22/04/2022 21:48:00
Accidental	PPE5	Cerrado	23/04/2022 01:12:00
Accidental	PPE5	Abierto	10/05/2022 22:47:00
Accidental	PPE5	Cerrado	10/05/2022 22:54:00
Accidental	PPE5	Abierto	10/05/2022 22:54:00
Accidental	PPE5	Cerrado	10/05/2022 23:20:00
Accidental	PPE5	Abierto	11/05/2022 02:05:00
Accidental	PPE5	Cerrado	11/05/2022 02:23:00
Accidental	PPE5	Abierto	27/05/2022 01:15:00
Accidental	PPE5	Cerrado	27/05/2022 01:26:00
Accidental	PPE5	Abierto	11/07/2022 12:07:00
Accidental	PPE5	Cerrado	11/07/2022 12:17:00
Programado	PPE5	Abierto	13/07/2022 06:42:00
Programado	PPE5	Cerrado	13/07/2022 06:54:00
Programado	PPE5	Abierto	13/07/2022 07:21:00
Programado	PPE5	Cerrado	13/07/2022 07:24:00
Accidental	PPE5	Abierto	15/08/2022 10:42:00
Accidental	PPE5	Cerrado	15/08/2022 10:56:00

Accidental	PPE5	Abierto	15/08/2022 11:50:00
Accidental	PPE5	Cerrado	15/08/2022 12:09:00
Accidental	PPE5	Abierto	15/08/2022 12:26:00
Accidental	PPE5	Cerrado	15/08/2022 12:50:00
Accidental	PPE5	Abierto	01/09/2022 23:11:00
Accidental	PPE5	Abierto	01/09/2022 23:20:00
Accidental	PPE5	Cerrado	01/09/2022 23:52:00
Accidental	PPE5	Abierto	02/09/2022 01:01:00
Accidental	PPE5	Cerrado	02/09/2022 01:04:00
Accidental	PPE5	Abierto	03/10/2022 08:13:00
Accidental	PPE5	Cerrado	03/10/2022 08:56:00
Accidental	PPE5	Abierto	03/10/2022 10:42:00
Accidental	PPE5	Cerrado	03/10/2022 10:53:00
Accidental	PPE5	Abierto	05/10/2022 22:12:00
Accidental	PPE5	Cerrado	05/10/2022 22:27:00
Accidental	PPE5	Abierto	19/10/2022 17:30:00
Accidental	PPE5	Cerrado	19/10/2022 17:38:00
Accidental	PPE5	Abierto	21/10/2022 12:56:00
Accidental	PPE5	Cerrado	21/10/2022 13:06:00
Accidental	PPE5	Abierto	21/10/2022 13:09:00
Accidental	PPE5	Cerrado	21/10/2022 13:26:00
Accidental	PPE5	Abierto	21/10/2022 13:38:00
Accidental	PPE5	Cerrado	21/10/2022 13:45:00
Accidental	PPE5	Abierto	26/10/2022 18:02:00
Accidental	PPE5	Cerrado	26/10/2022 19:43:00
Accidental	PPE5	Abierto	26/10/2022 19:45:00
Accidental	PPE5	Cerrado	26/10/2022 19:59:00
Producción	PPE5	Abierto	02/11/2022 05:05:00
Producción	PPE5	Cerrado	02/11/2022 05:16:00
Accidental	PPE5	Abierto	08/11/2022 02:00:00
Accidental	PPE5	Cerrado	08/11/2022 02:30:00
Accidental	PPE5	Abierto	22/12/2022 19:31:00
Accidental	PPE5	Cerrado	22/12/2022 19:45:00

Tabla 5: Operaciones del interruptor principal PPE5

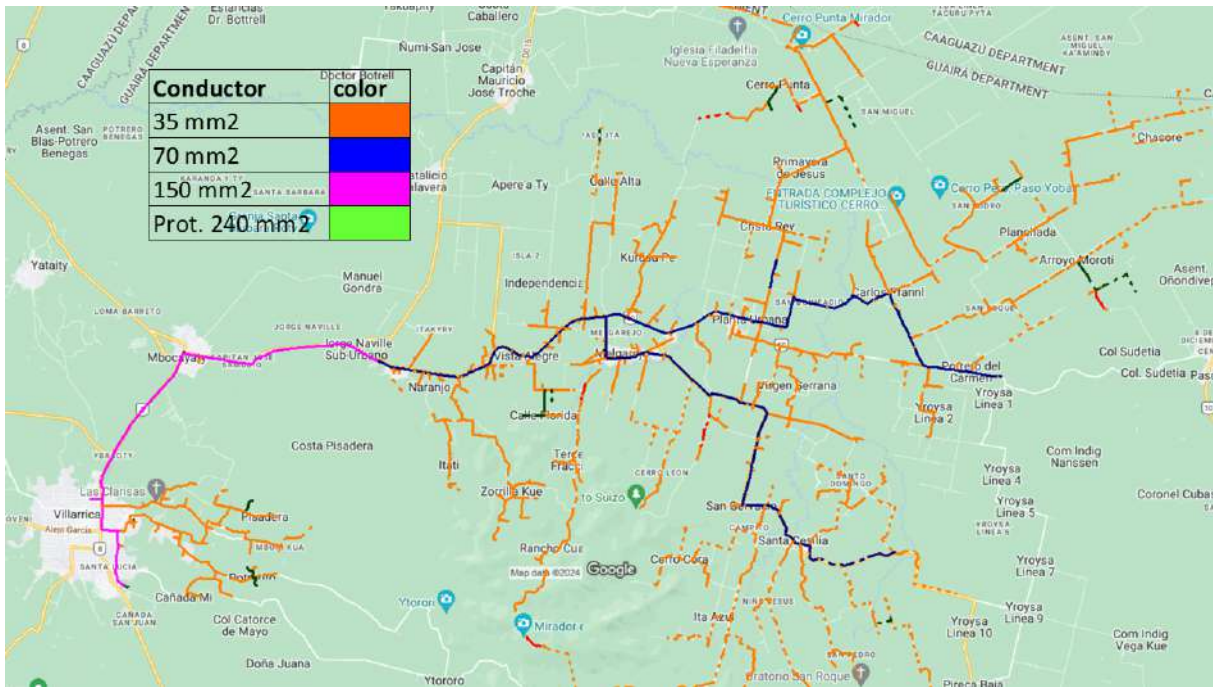


Figura 13: PPE-05 capacidad del conductor

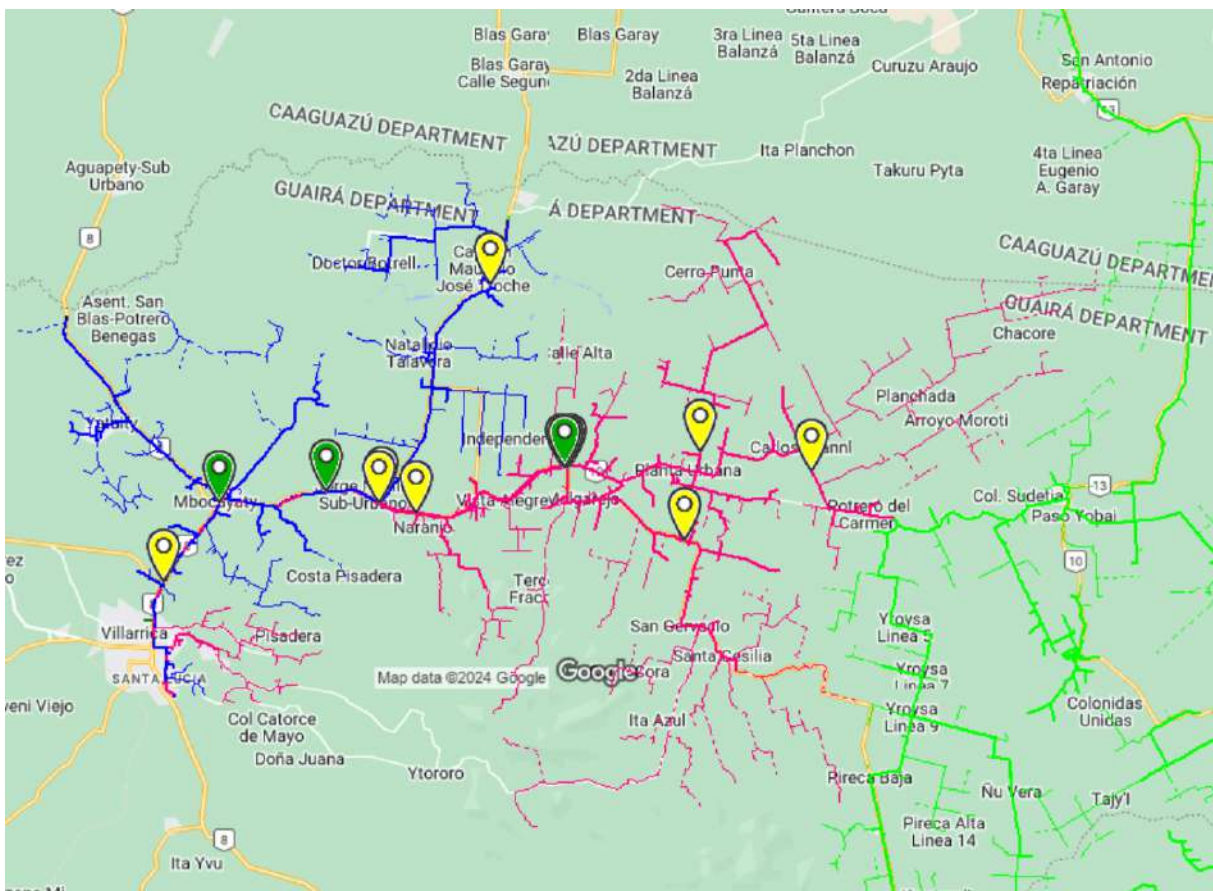


Figura 14: Alimentadores lindantes y equipos

### A.3. Análisis de demandas

df  
✓ 0.0s

	ESTACION	POSICION	FechaGMT	CORRIENTE_R	CORRIENTE_S	CORRIENTE_T	Maximo	Promedio
0	PPE	E_AL05	31/12/2023 23:00	156.11	136.01	171.58	171.58	154.566667
1	PPE	E_AL05	31/12/2023 22:00	172.80	156.95	199.42	199.42	176.390000
2	PPE	E_AL05	31/12/2023 21:00	209.63	192.12	238.02	238.02	213.256667
3	PPE	E_AL05	31/12/2023 20:00	230.13	202.05	257.85	257.85	230.010000
4	PPE	E_AL05	31/12/2023 19:00	205.79	178.47	221.50	221.50	201.920000
...	...	...	...	...	...	...	...	...
10299	PPE	E_AL05	01/01/2023 05:00	169.41	189.21	160.87	189.21	173.163333
10300	PPE	E_AL05	01/01/2023 04:00	179.34	196.73	167.48	196.73	181.183333
10301	PPE	E_AL05	01/01/2023 03:00	181.60	200.67	170.34	200.67	184.203333
10302	PPE	E_AL05	01/01/2023 02:00	186.41	207.36	176.17	207.36	189.980000
10303	PPE	E_AL05	01/01/2023 01:00	183.25	207.88	173.58	207.88	188.236667

10304 rows × 8 columns

Figura 15: Toma de datos de demanda del alimentador PPE-05

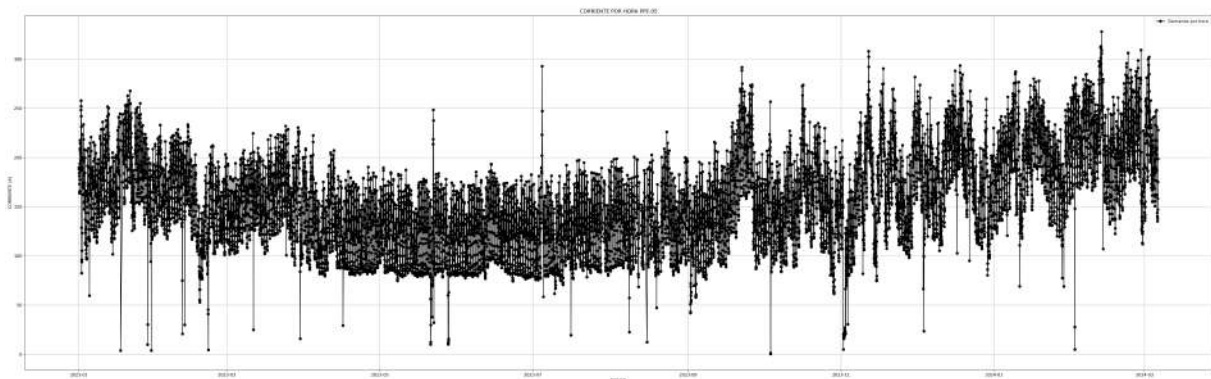


Figura 16: Demanda total del alimentador PPE-05

## B. Ubicación optima de ETC

W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ
ESTADO	DESC_CAR	POT	CLIENTE	DOC_ID	COO_LINCOM	NOM_MUN	HUN	NOM_LOCAL	COORD_X	COORD_Y	NUM_MOVIL	RUTA	HUM	ITIN	NUM_APA	DESC_COO	DESC_TPO			
Situación correcta	OTROS 413	38000	DE SAN JOSE DE LOS ARROYOS COMISION DE FOMENTO	80012010	0111	ITACURUBI DE LA CORDILLERA	ITACURUBI DE LA CORD.	521706.0000	7178902.0000	1	13	5978720	AMPY	Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	28400	SA MARTINAX CORPORATION	80027203-0	0111	ITACURUBI DE LA CORDILLERA	ITACURUBI DE LA CORD.	522324.0000	7178474.0000	1	13	9427075	CLOU	Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	90000	BUTAS DEL ESTE SOCIEDAD ANONIMA	80090808-8	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	529567.0000	7178864.0000	1	17	4020888	EL GAMMA	Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	33000	SAN FERNANDO SIE. TABALERA	80002069-5	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	527965.0000	7178200.0000	1	10	517980	HEXING	Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	13800	DEEGO GUSTAVO VILLAERA	80519730	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	518638.0000	7168702.0000	1	14	5301133	CLOU I Ltd.	Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	39600	DMID SORBI	80815190	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	518673.0000	7168703.0000	1	11	8020887	EL GAMMA	Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	39600	DMID SORBI	80815190	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	518673.0000	7168703.0000	11	8	5020887	EL GAMMA	Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	39600	DMID SORBI	80815190	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	518673.0000	7168703.0000	11	8	5020887	EL GAMMA	Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	7040	JOSE LEON ARABACHO	8033770	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	520667.0000	7168537.0000	1	14	8113739	CLOU	Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	31000	AGROGAMADERIA I F. YHAGA	80078313-1	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	532174.0000	7167596.0000	8	33	5924047	CLOU	Media Tension	Monofasica					
Baja voluntaria	INDUSTRIAL 3073	7040	JUSTO TORRES	723179	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160			1	14			Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	11405	PETROBURSA S.A	80006519-6	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	534845.2044	7179490.6334	13	6	4020887	EL GAMMA	Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	13800	NICOLEO S.A	80536203	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	528100.0000	7175819.0000	1	3	5243879	CLOU I Ltd.	Media Tension	Monofasica					
Baja voluntaria	INDUSTRIAL 3073	29700	VIAL CONSORCIO	80090899-7	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160			1	3			Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	13800	NICOLEO S.A	80017413-2	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	537021.0000	7179218.0000	8	39	5010143	SANNING	Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	13800	NICOLEO S.A	80057413-2	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	537021.0000	7179218.0000	8	39	5010143	SANNING	Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	60000	JOSE DE AROYO LTDA. COOP MULT. AH.CRED.	80018762-8	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	527163.0000	7176195.0000	982180049	1	2	5234945	IKRKA	Media Tension	Trifasica 23				
Baja Forzada	OTROS 413	26400	FREDI BARRIENTOS	8080795	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	530071.0000	7177413.0000	1	7			Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	41580	ANTONIO SAGUAN LOMAGUIS	8058642	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	539995.0000	7177020.0000	1	7	4020887	EL GAMMA	Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	52920	NICOLEO	80999998044	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	530699.0000	7177191.0000	1	6	212920	IKRKA	Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	8800	ASOCIACION	8099999973570	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	529745.0000	7176864.0000	1	6	0501805	LAMDIS + GYR	Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	4400	SA MARTINAX CORPORATION	80027203-0	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	522752.0000	7177776.0000	1	13	7312730	LAMDIS + GYR	Media Tension	Monofasica					
Baja Forzada	OTROS 413	23100	SA MARTINAX CORPORATION	80027203-0	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	523327.0000	7179471.0000	1	13			Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	18500	ANTONIO PLATE	8099999973548	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	530035.0000	7177010.0000	1	6	527198	CLOU	Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	21120	COPECO S.A. COMPAÑIA PYA DE	80023541-0	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	531628.0000	7177176.0000	1	6	5046760	CLOU	Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	49500	COOPERATIVA 8 DE MARZO	80015192-1	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	527996.0000	7176235.0000	980540900	11	7	242104	EL GAMMA	Media Tension	Trifasica 23				
Situación correcta	OTROS 413	15405	MELISA MARTICADORA	809999996958	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	538892.0000	7178097.0000	994481777	1	15	256925	EL GAMMA	Media Tension	Monofasica				
Situación correcta	OTROS 413	50800	COPECO S.A. COMPAÑIA PYA DE	80023541-0	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	527928.0000	7176203.0000	1	3	5929460	IKRKA	Media Tension	Trifasica 23					
Baja voluntaria	INDUSTRIAL 3073	41580	EDUARDO MANUEL CAMPOS LOPEZ	80324982	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160			1	4			Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	19800	SEBASTIAN A BURRO	807004	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	530031.0000	7169848.0000	1	4	5553305	HEXING	Media Tension	Trifasica 23					
Baja por litigio	OTROS 413	35405	BIBERI	8099999970338	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160			1	7			Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	7040	ETERNA S.A. AGROGAMADERIA	80024105-7	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	530674.0000	7176190.0000	1	1	5389091	CLOU I Ltd.	Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	3300	MARTA MANUELA OJEDA	8059643	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	526203.0000	7176232.0000	1	1	5082974	SANNING	Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	20000	GABRIELERA MBUTUY JM	80012022-1	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	523891.0000	7166280.0000	1	16	5833500	CLOU	Media Tension	Monofasica					
Baja Forzada	INDUSTRIAL 3073	1500	SA ENERGO	80006519-1	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160			1	1			Media Tension	Monofasica					
Situación correcta	OTROS 413	25000	SA ENERGO	80006519-1	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	533646.0000	7179791.0000	981279656	1	6	243317	ZIV	Media Tension	Monofasica				
Situación correcta	OTROS 413	25000	SA ENERGO	80006519-1	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	533646.0000	7179791.0000	981418017	1	6	243317	ZIV	Media Tension	Monofasica				
Situación correcta	OTROS 413	20000	SA ENERGO	80006519-1	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	533646.0000	7179791.0000	981418017	1	6	243317	ZIV	Media Tension	Monofasica				
Situación correcta	OTROS 413	15405	S.A. ECONOMIA	80002947-8	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	527995.0413	7177102.0444	1	1	6028260	EL GAMMA	Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	90000	J.B. EMPRENDEMIENTOS S.A.	80067947-7	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	529070.0000	7176073.0000	1	6	243444	EL GAMMA	Media Tension	Trifasica 23					
Situación correcta	OTROS 413	8800	NELLY JUSTINA CANO	80267162	0111	SAN JOSE DE LOS ARROYOS	SAN JOSE - 160	535065.0000	7177293.0000	983241683	1	6	5354723	CLOU I Ltd.	Media Tension	Monofasica				

Figura 17: Clientes en media tensión de la ANDE

### B.1. Utilización de agrupamiento

```

import pandas as pd

file_path = '/Suministros MT DR-RC al 13-02-24.xlsx'
df = pd.read_excel(file_path)

independencia_clients_count = df[df['NOM_MUNIC'] == 'INDEPENDENCIA'].shape[0]

independencia_clients_count

import numpy as np

def remove_outliers(df, column_names):
    for column in column_names:
        Q1 = df[column].quantile(0.25)
        Q3 = df[column].quantile(0.75)
        IQR = Q3 - Q1
        lower_bound = Q1 - 1.5 * IQR
        upper_bound = Q3 + 1.5 * IQR
        df = df[(df[column] >= lower_bound) & (df[column] <= upper_bound)]
    
```

```
return df

columns_to_check = ['POT', 'COORD_X', 'COORD_Y']

features_df_no_outliers = remove_outliers(features_df_encoded, columns_to_check)

features_normalized_no_outliers = scaler.transform(features_df_no_outliers.drop('Cluster', axis=1))

clusters_no_outliers = kmeans.fit_predict(features_normalized_no_outliers)

features_df_no_outliers['Cluster'] = clusters_no_outliers

plt.figure(figsize=(10, 8))

plt.scatter(features_df_no_outliers['COORD_X'], features_df_no_outliers['COORD_Y'], c=features_df_no_outliers['Cluster'])
plt.title('Clustering de clientes MT en Independencia')
plt.xlabel('Coordenada X')
plt.ylabel('Coordenada Y')
plt.colorbar(label='Cluster')

plt.show()
```

---

ID_RED	Estado	Fase	ID_EQUIPO	CoordX	CoordY	KVA_AA
PPE5	Cerrado	ABC	PPE5_INT	557129	7146003	22553
PPE5	Cerrado	ABC	45650	556163	7149530	21415
PPE5	Abierto	ABC	45739	567061	7155189	0
PPE5	Cerrado	ABC	45743	570701	7154648	95
PPE5	Cerrado	ABC	45745	572159	7155692	17198
PPE5	Cerrado	ABC	45807	578507	7156215	9673
PPE5	Cerrado	ABC	45810	580478	7157051	9344
PPE5	Cerrado	ABC	45813	582415	7156620	3612
PPE5	Cerrado	ABC	45818	582267	7155883	1330

PPE5	Cerrado	ABC	45794	576133	7156936	5877
PPE5	Cerrado	ABC	45801	581889	7150573	2570
PPE5	Cerrado	ABC	45798	580322	7153519	75
PPE5	Cerrado	ABC	45691	573575	7155516	225
PPE5	Cerrado	ABC	45785	567144	7155132	21352
PPE5	Cerrado	ABC	45789	568722	7154711	21179
PPE5	Cerrado	ABC	45746	574384	7156349	17198
PPE5	Cerrado	ABC	45814	582361	7156665	3163
PPE5	Cerrado	ABC	45796	578273	7155327	4205
PPE5	Cerrado	ABC	45797	578594	7155286	3955
PPE5	Cerrado	ABC	45803	583257	7147994	1193
PPE5	Cerrado	ABC	45792	572699	7155363	643
PPE5	Cerrado	ABC	45675	556166	7149649	21415
PPE5	Cerrado	ABC	45791	570898	7154712	18426
PPE5	Cerrado	ABC	45744	571640	7155288	17548
PPE5	Abierto	ABC	45748	576056	7156925	0
PPE5	Cerrado	ABC	45815	582453	7156626	3612
PPE5	Cerrado	ABC	45692	556992	7146101	22553
PPE5	Cerrado	ABC	45600	556633	7146636	22490
PPE5	Abierto	ABC	45717	559408	7155546	0
PPE5	Cerrado	ABC	45730	559566	7155465	21352
PPE5	Cerrado	ABC	45793	574563	7156477	303
PPE5	Cerrado	ABC	45823	583682	7157543	3359
PPE5	Cerrado	ABC	45800	582536	7152856	2758
PPE5	Abierto	ABC	45660	556051	7149586	0
PPE5	Cerrado	ABC	45795	576190	7156881	5877
PPE5	Cerrado	ABC	45747	575883	7156875	17198
PPE5	Cerrado	ABC	45805	576309	7156932	10173
PPE5	Cerrado	C	45825	587539	7157839	750
PPE5	Cerrado	ABC	45799	581829	7153303	3519
PPE5	Cerrado	ABC	45677	556619	7151455	21415
PPE5	Cerrado	ABC	45790	568859	7154688	21104
PPE5	Abierto	ABC	45741	567065	7155207	0
PPE5	Cerrado	ABC	45828	587949	7156599	1056
PPE5	Cerrado	ABC	45811	582583	7157580	2773

Tabla 6: Lista de equipos del alimentador PPE5



Figura 18: Ubicación por análisis desarrollados



Figura 19: Esquema unifilar de equipos telecomandados sugeridos

## C. Mantenimientos de línea MT

Descripcion_item	Tiempo_L.M.	Tiempo_L.V.
Cambiar aisladores (unidad)	10	30
Cambiar Conductor (metros)	30	45
Cambiar cruceta (unidad) tipo 1	30	50
Cambiar cruceta (unidad) tipo 2	50	150
Cambiar cruceta (unidad) tipo 3	120	240
Cambiar cruceta (unidad) tipo 4	180	360
Cambiar cruceta (unidad) tipo 5	90	180
Cambiar cruceta (unidad) tipo 6	120	240
Cambiar cruceta (unidad) tipo 7	120	240
Cambiar Seccionador Fusible (unidad)	30	45
Cambiar sostenes (unidad) tipo 1 (unicamente LV)	180	240
Cambio de descargadores (unidad)	30	60
Cambio de mufa	120	0
Cambio de Seccionador cuchilla (Unidad)	40	90
Colocacion Mano Francesa	20	40
Colocacion sistema de puesta a tierra (Unidad)	180	180
Colocar prensa Estribo (unidad)	10	20
Colocar Rienda (unidad)	90	90
Colocar Seccionador Fusible en derivacion	15	20
Efectuar aplomado de sostén (unidad)	90	90
Excavacion H° A° (Unidad)	120	120
Hilo de guardia desprendido de la bayoneta	10	15
Mantenimiento de Seccionador Cuchilla (Unidad)	30	60
Mantenimiento de Seccionador de Linea	15	30
Mantenimiento de Seccionador Fusible (Unidad)	20	40
Necesidad de Corte de Ramas (metros)	0,5	0,5
Nivelacion de Estructura	20	40
Rama Trepadora	10	10
Punto Critico	0	0
Reflechado de Linea MT (x Vano)	20	30
Reparación de mufa	90	0
Reparar cable deshilachado (1 preformado por metro por fase)	15	15
Reponer bayoneta	10	50
Reponer cable de puesta a tierra (Unidad)	60	60
Reponer hilo de guardia / Tensar (x Vano)	40	120

Reponer Rienda (unidad)	30	30
Retiro de nido de aves (Unidad)	5	5
Reponer mordaza	10	50
Recolocación de percha separadora	10	40
Cambiar percha separadora	20	30
Termografía	30	50
Colocar antibalanceo	10	50
Seccionador Cuchilla - Tension en punta	0	0
Recolocar protector para cabo mensajero	10	40

Tabla 7: Parámetros del SIM MT

Avería a relevar	Porcentaje estimado	Relevamiento esperado
Corte de rama	0.528	673
Cambio de cruceta tipo 1	0.193	246
Mantenimiento de seccionador cuchilla	0.122	156
Reparación de cable deshilachado	0.058	74
Cambio de aislador triple campana	0.047	60
Cambio de cruceta tipo 2	0.041	53

Tabla 8: Averías estimadas sobre el alimentador PPE5

Costo HHP1	945,000
Costo HHP poda	365,000

Tabla 9: Costos asociados a mantenimientos de líneas según contratos

Avería a relevar	Tiempo L.M. (min)	Tiempo L.V. (min)	Horas Hombre Padrón	Total HHP	Costo total
Corte de rama por metro lineal	30	30	0.5	336.5	122,822,500
Cambio de cruceta tipo 1	30	50	0.833333333	205	193,725,000
Mantenimiento de seccionador cuchilla	15	30	0.5	78	73,710,000
Reparación de cable deshilachado	10	15	0.25	18.5	17,482,500
Cambio de aislador triple campana	10	30	0.5	30	28,350,000
Cambio de cruceta tipo 2	50	150	2.5	132.5	125,212,500
					<b>561,302,500</b>

Tabla 10: Cálculos de trabajos y costos asociados a los mantenimientos requeridos

## D. Análisis financiero

Equipo	KVA Ag. Abajo	Recuperación	Recuperación Promedio
Cabecera	24100	1	
Primer RC	21472	0.890954357	0.55533195
Ultimo RC	5295	0.219709544	

Tabla 11: Recuperación promedio de la carga utilizando equipos Telecomandados

### Calculo de ENF

```

pot_media = media_corr * 40 * 0.95
energia_year = pot_media * 24 * 365
energia_year_sales = energia_year * reliability
ENS = energia_year - energia_year_sales
ENF = ENS * 320
ENF

```

```
out: 56718846.91911936
```

```
#Recuperación por ENF mantenimiento
ENF*0.35
```

```
out: 19851596
```

```
#Recuperación por ENF colocación de ETC
ENF*0.55
```

```
out: 31195365
```

Concepto	Beneficio Gs.
Recuperación por mantenimientos	19,851,596
Recuperación por colocación de ETC	31,195,365
Disminución de mantenimientos	49,560,000
Costos de combustible	115,640,000

Tabla 12: Desglose de los beneficios de las alternativas

```
import numpy_financial as npf
flujos_netos = np.array([-1059465000, 219309779, 273419557, 327529336, 381639115, 435
tasa_descuento = 0.1

# Calculando el Valor Actual Neto (VAN)
van = np.npv(tasa_descuento, flujos_netos)

# Calculando la Tasa Interna de Retorno (TIR)
tir = np.irr(flujos_netos)

van, tir

out: (143182170.06469977, 0.1457993946509708)
```

Para el Valor Actual Neto (VAN):

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde: -  $t$  es el tiempo en años, -  $n$  es la vida del proyecto, -  $F_t$  es el flujo neto de efectivo en el tiempo  $t$ , -  $k$  es la tasa de descuento.

Para la Tasa Interna de Retorno (TIR):

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t}$$

La TIR se encuentra iterativamente ya que no hay una fórmula cerrada para resolverla directamente.