

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA



Sistema de gestión y monitoreo de carga de alimentadores en media tensión de la ANDE región centro en el año 2023

Rodrigo Daniel Garcete Portillo

Tutor: Ing. Monica Maria Rios Franco.

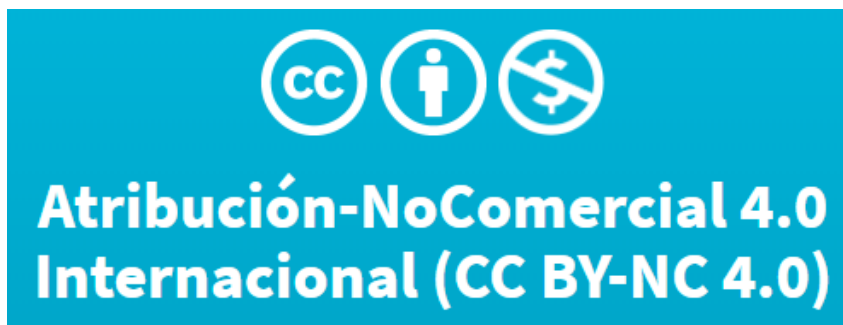
Co tutor: Ing. Moises Britez Iglesia.

CORONEL OVIEDO, ABRIL 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, Rodrigo Daniel Garcete Portillo autor del trabajo de investigación titulado «**Sistema de gestión y monitoreo de carga de alimentadores en media tensión de la ANDE región centro en el año 2023**», 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 Sistemas Informático 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

Dedico este trabajo a mis padres, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y apoyo en cada etapa de mi vida. A ellos, que me enseñaron el valor de la perseverancia y la importancia de seguir siempre adelante, sin importar los desafíos que se presenten.

A Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso del camino.



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

Quisiera expresar mi profunda gratitud a todas las personas que han hecho posible la realización de este proyecto, así como aquellas que han marcado significativamente mi trayectoria académica y personal.

Un especial reconocimiento a mi tutora, la Ing. Mónica, cuya experiencia ha sido una guía constante a lo largo de este proyecto. Su orientación experta y atención meticulosa en cada detalle han sido esenciales para mi progreso y éxito en este proyecto.

Igualmente, estoy agradecido con el Ing. Moisés, cuyo conocimiento en el campo y orientación técnica han enriquecido profundamente este trabajo. Su apoyo y guía han sido fundamentales para navegar los desafíos técnicos más complejos del proyecto.

Un agradecimiento especial al Ing. Nelson, por haberme abierto las puertas del centro de distribución de la ANDE, donde surgió y se desarrolló esta iniciativa.

También quiero agradecer a mis compañeros, con quienes he compartido desafíos y éxitos. Cada uno de ellos ha contribuido a este viaje, haciéndolo más enriquecedor y llevadero.

A todos ustedes, mi sincero agradecimiento por su apoyo, sabiduría y aliento. Han sido pilares fundamentales en mi desarrollo profesional y en la culminación de este proyecto.



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

El proyecto se centra en mejorar la gestión y monitoreo de la carga de alimentadores en media tensión en la región centro de la ANDE para el año 2023. Su propósito es la automatización de los procesos actuales para incrementar la precisión y eficiencia de la gestión de carga eléctrica.

Se emplearon técnicas de investigación aplicada con herramientas tecnológicas. Para la gestión de base de datos se utilizó MongoDB, Python para el desarrollo de una interfaz web y automatización de procesos y Node.js con técnicas de webscraping para la obtención de datos . El enfoque metodológico se orientó a la integración y análisis de datos en tiempo real, con el fin de responder a fluctuaciones y anomalías en la carga de manera eficaz.

El sistema implementado ha permitido una mejora significativa en la recolección y análisis de datos, con una reducción notable de errores manuales y un incremento en la rapidez de respuesta a eventos críticos. Se desarrollaron interfaces visuales que facilitan la interpretación de los datos recolectados y permiten una supervisión más eficiente.

La automatización del sistema de monitoreo y gestión de carga ha demostrado ser efectiva, proporcionando herramientas valiosas para la toma de decisiones y la gestión operativa en la ANDE. Se recomienda a la institución la expansión del sistema para incluir más regiones y la integración con otras plataformas tecnológicas para ampliar sus capacidades analíticas.

Palabras claves: Ingeniería de Software, Análisis de datos, Automatización de procesos, Web scraping.



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

The project focuses on improving the management and monitoring of medium voltage feeder loads in the central region of ANDE for the year 2023. Its purpose is to automate current processes to increase the accuracy and efficiency of electrical load management.

Applied research techniques were employed with technological tools. MongoDB was used for database management, Python for the development of a web interface and process automation, and Node.js with web scraping techniques for data retrieval. The methodological approach was oriented towards data integration and real-time analysis, in order to respond effectively to fluctuations and anomalies in the load.

The implemented system has allowed a significant improvement in data collection and analysis, with a notable reduction in manual errors and an increase in the speed of response to critical events. Visual interfaces were developed that facilitate the interpretation of the collected data and allow for more efficient supervision.

The automation of the load management and monitoring system has proven to be effective, providing valuable tools for decision-making and operational management at ANDE. The institution is recommended to expand the system to include more regions and integrate with other technological platforms to enhance its analytical capabilities.

Key words: Software Engineering, Data Analysis, Process Automation, Web Scraping.



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

Introducción	1
1. Objetivos	3
1.1. Objetivo General	3
1.2. Objetivo específico	3
2. Metodología	4
2.1. Recolección de Datos	6
2.2. Almacenamiento y procesamiento de Datos	7
2.3. Desarrollo del Backend	8
2.4. Desarrollo de la Interfaz de Usuario	12
3. Resultados y análisis	16
4. Conclusiones y recomendaciones	18
4.1. Recomendaciones	18
Referencias	19
Apéndices	20
A. Análisis de Factibilidad	20
B. Recolección de Datos	21
C. Almacenamiento y procesamiento de Datos	22
D. Desarrollo del Backend	24



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.

E. Interfaz de Usuario	25
F. Encuesta de Satisfacción	25



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.	Factibilidad Técnica - Hardware y Software	20
2.	Análisis de Factibilidad Operativa	20
3.	Estudio de Factibilidad Económica - Costo de Personal	20
4.	Costo de Factibilidad Económica de Hardware y Software	21



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.	Diagrama de la arquitectura del sistema.	5
2.	Extracto de los datos recolectados.	6
3.	Descomposición de la serie temporal de carga eléctrica que muestra tendencia, periodicidad y residuos.	9
4.	Gráfico del comportamiento diario de corriente para el alimentador COV 2, destacando variaciones horarias.	10
5.	Sistema de registro de alertas mostrando condiciones anormales en tiempo real.	10
6.	Reporte de alertas enviado por correo electrónico, indicando las condiciones de operación anormales detectadas.	11
7.	Informe automatizado enviado por correo electrónico.	12
8.	Gráfico interactivo en la interfaz de usuario que muestra las tendencias y valores máximos de corriente por fase en un alimentador.	12
9.	Visualización de los valores máximos y mínimos diarios expresados en porcentajes para cada alimentador.	13
10.	Visualización gráfica del desequilibrio porcentual de corrientes en los alimentadores.	14
11.	Gráfico interactivo en la interfaz de usuario que muestra las tendencias y valores máximos de corriente por fase en un alimentador.	15
12.	Interfaz del sistema SCADA durante una sesión de scraping.	21
13.	Ejecución del proceso de scraping en la consola de comandos.	22
14.	Interfaz de MongoDB con datos formateados.	22
15.	Recolección y almacenamiento trabajando en conjunto.	23
16.	Resumen de los máximos históricos de corriente observados en el alimentador COV 2.	24



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.

- 17. Gráfico de los valores máximos diarios de corriente para el alimentador COV en la posición ALO2, detallando las corrientes por fase y destacando las desviaciones de la carga habitual. 24
- 18. Comparación de graficas de máximas, mínimas y tendencias entre 2 alimentadores. 25

En el contexto actual de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) en Paraguay, la eficiencia en la gestión y el monitoreo de la carga en los alimentadores de media tensión es fundamental para garantizar la estabilidad y el rendimiento óptimo del sistema eléctrico.

Tradicionalmente, estos procesos han sido manejados mediante métodos manuales que, aunque funcionales hasta cierto punto, presentan varios inconvenientes significativos que afectan la operatividad y la seguridad del sistema eléctrico.

Los métodos manuales dependen en gran medida de la intervención humana para el registro y análisis de datos, lo que incrementa las probabilidades de errores debido a factores tales como la fatiga, la interpretación errónea de los datos y la introducción incorrecta de la información. Estos errores pueden llevar a decisiones basadas en datos incorrectos o incompletos, comprometiendo las operaciones y la seguridad.

La manipulación manual de grandes volúmenes de datos es lenta y propensa a retrasos. En un contexto donde las respuestas rápidas son esenciales, especialmente durante fluctuaciones imprevistas en la demanda o fallos del sistema, estos retrasos pueden ser críticos. La incapacidad para actuar de manera rápida y precisa ante tales eventos puede resultar en interrupciones del servicio, daños a la infraestructura y aumentos en los costos operativos.

Los sistemas manuales frecuentemente resultan en la creación de registros dispersos y poco accesibles. Esta situación complica significativamente la tarea de compartir información crucial y oportuna entre departamentos o con otras entidades colaboradoras. En situaciones de emergencia o para la planificación y coordinación a largo plazo, la falta de acceso inmediato a datos actualizados y organizados puede limitar severamente la capacidad de respuesta efectiva.

Esta problemática se evidencia en la necesidad crítica de la ANDE de obtener datos precisos y oportunos para una planificación efectiva y decisiones estratégicas ágiles.

El estudio "Web Scraping, Visualización y Análisis Bases de Datos de la Operación del Sistema Eléctrico Chileno" de Laura Belén Figueroa Gallardo ilustra la aplicación exitosa de tecnologías avanzadas en un contexto similar, donde se utilizaron herramientas automatizadas para mejorar la recolección y el análisis de datos en la red eléctrica [2]. Inspirado por este antecedente, el presente proyecto busca implementar un sistema automatizado para la gestión y monitoreo de carga en la región centro de la ANDE durante el año 2023. La implementación de tecnologías de recopilación y análisis de datos automatizados como Node.js, Python, y MongoDB, junto con el uso de técnicas de web scraping, está diseñada para superar las limitaciones actuales, mejorando la eficiencia operativa y la calidad de la gestión de datos eléctricos.

Los objetivos de este proyecto abarcan desde el desarrollo de un procedimiento de recolección y almacenamiento de datos automáticos hasta la automatización de la generación y distribución de informes periódicos, facilitando así una toma de decisiones basada en información actualizada y precisa.

Optimizando de este modo los procedimientos mediante esta solución tecnológica de un área específica de la institución.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Automatizar el proceso de Gestión y Monitoreo de Carga de Alimentadores en Media Tensión en la Región Centro de la ANDE en el año 2023.

1.2. Objetivo específico

- Desarrollar un procedimiento de recolección y almacenamiento de datos automáticos.
- Elaborar una metodología de análisis de datos sincrónico al relevamiento y monitoreo de datos.
- Automatizar el proceso de generación y distribución de informes periódicos a través del sistema de monitoreo.

2. Metodología

Para el desarrollo del proyecto de un sistema de gestión y monitoreo de carga de alimentadores en media tensión se tuvo en cuenta aspectos metodológicos que se detallan a continuación. En cuanto al tipo de investigación, se realizó una investigación aplicada porque la misma se enfocó en resolver problemas específicos esta abordó directamente las necesidades operativas de la ANDE, por otra parte se encuadra dentro del tipo de investigación Tecnológica ya que se centró en la creación y mejora de tecnologías, este proyecto implementó herramientas tecnológicas para la recolección de datos, almacenamiento y visualización de los mismos [3], siendo este proyecto una solución tecnológica a una problemática de procedimientos de un área específica de la institución mencionada.

El enfoque de esta investigación fue de tipo mixto, con un visible predominio del enfoque cuantitativo, se incorporaron elementos cualitativos, especialmente en la fase de diseño y desarrollo de la interfaz de usuario [1].

La observación se empleó como una herramienta fundamental en este proceso. Durante tres meses se realizó una inspección in situ como herramienta clave de este proceso, permitiendo un examen minucioso y sistemático de los procesos actuales y la identificación de deficiencias. Esta observación detallada posibilitó una comprensión profunda de los problemas específicos a resolver. Antes de comenzar las fases de desarrollo del proyecto, se llevó a cabo un análisis de factibilidad para asegurar la viabilidad y la eficacia de la solución propuesta.

La metodología consistió en varias etapas. En primer lugar, se llevó a cabo la recolección y almacenamiento de datos de manera automática. Para ello, se utilizó Node.js y Puppeteer para extraer datos del sistema SCADA de la ANDE, y estos datos se almacenaron en una base de datos MongoDB.

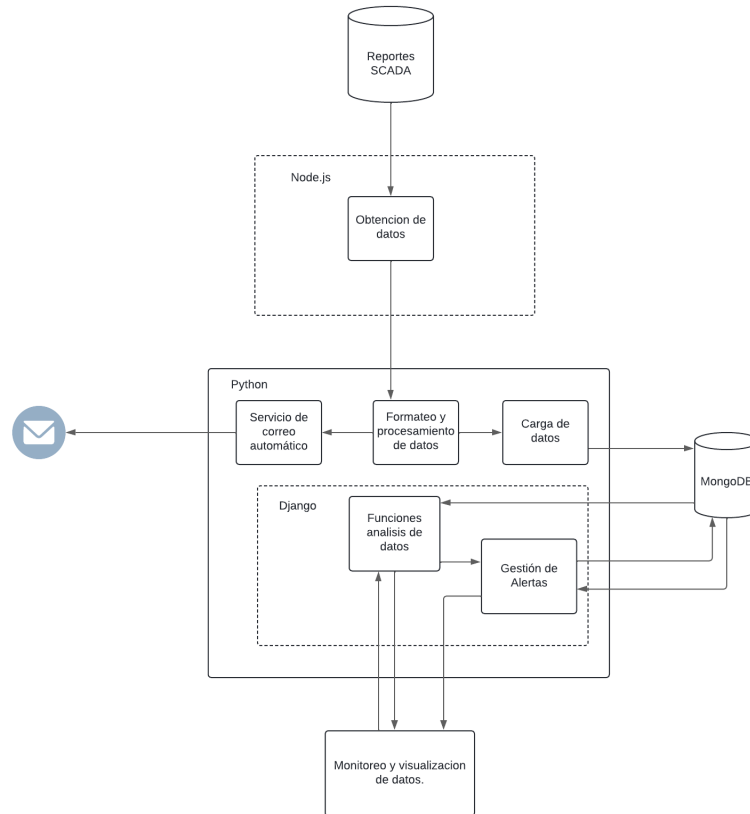


Figura 1: Diagrama de la arquitectura del sistema.

Como ilustra la Figura 1, la arquitectura del sistema se diseñó para ser escalable y robusta. Posteriormente, se desarrolló un Sistema Integral de Monitoreo de Carga de Alimentadores en Media Tensión. Esto implicó la integración del framework Django con la base de datos MongoDB para permitir el acceso en tiempo real a los datos de carga, y se desarrolló una interfaz web en Django para facilitar la interacción con los datos.

La metodología de análisis de datos se enfocó en el procesamiento y comprensión de la información almacenada. Se realizaron análisis de descomposición temporal del alimentador, análisis de datos históricos de demandas máximas y generación de gráficos para identificar patrones y tendencias. Además, se implementó un sistema de alertas para detectar comportamientos inusuales en tiempo real.

Finalmente, se estableció un proceso automatizado para la generación y distribución periódica de informes. Estos informes incluyeron datos relevantes, como desequilibrios de corriente entre fases, y se enviaron por correo electrónico para su revisión y toma de decisiones. La combinación de estos materiales y la metodología descrita permitió la automatización eficiente de la gestión y monitoreo de carga de alimentadores en media tensión en la ANDE.

2.1. Recolección de Datos

Para el monitoreo eficaz de la carga de los alimentadores en media tensión, se seleccionaron fuentes de datos específicas y relevantes. Las fuentes primarias utilizadas fueron el sistema de reportes del sistema SCADA, el cual se basa en una base de datos cerrada de la ANDE. Éstas almacenan registros históricos y datos operativos esenciales para el análisis y la supervisión de la red eléctrica.

Dada la naturaleza sensible de los datos y la infraestructura crítica implicada, el acceso al sistema SCADA se realiza exclusivamente a través de la red local de la ANDE, empleando conexiones seguras VPN y configuraciones de proxy para garantizar la integridad y seguridad de la transmisión de datos. Esta configuración limitada asegura que el sistema solo sea accesible dentro de la infraestructura de la ANDE.

Para acceder y recolectar datos que no estaban directamente disponibles a través de APIs, se utilizó Puppeteer, una biblioteca de Node.js especializada en el scraping de páginas web. Mediante código en JavaScript, se automatizó el acceso a las plataformas web de los servidores SCADA, logrando la descarga automática de los datos de demanda de la zona en formato CSV. La Figura 2 ilustra un extracto de los datos recolectados, mostrando variables clave como la fecha, la estación, la posición y las corrientes por fase, que son esenciales para evaluar la carga eléctrica y la distribución de la energía en la red.

1	ESTACION	POSICION	FechaGMT	CORRIENTE_R	CORRIENTE_S	CORRIENTE_T
32	BSP	E_AL02	01/11/2023 18:00	49,91	96,36	48,39
33	BSP	E_AL02	01/11/2023 19:00	52,23	102,64	52,21
34	BSP	E_AL02	01/11/2023 20:00	51,25	94,89	49,16
35	BSP	E_AL02	01/11/2023 22:00	45,97	73,73	36,9
36	BSP	E_AL02	01/11/2023 23:00	44,12	69,51	33,61
37	BSP	E_AL02	02/11/2023 00:00	43,67	67,32	32,19
38	BSP	E_AL03	01/11/2023 18:00	1,33	1,09	1,51
39	BSP	E_AL03	01/11/2023 19:00	1,39	1,25	1,65
40	BSP	E_AL03	01/11/2023 20:00	1,49	1,32	1,76
41	BSP	E_AL03	01/11/2023 22:00	1,34	1,27	1,68
42	BSP	E_AL03	01/11/2023 23:00	1,33	1,24	1,66
43	BSP	E_AL03	02/11/2023 00:00	1,4	1,25	1,68
44	BSP	E_AL04	01/11/2023 18:00	226,75	205,5	199,43
45	BSP	E_AL04	01/11/2023 19:00	243,15	221,23	219,46
46	BSP	E_AL04	01/11/2023 20:00	204,15	183,1	182,96
47	BSP	E_AL04	01/11/2023 22:00	174,55	151,41	147,12
48	BSP	E_AL04	01/11/2023 23:00	170,74	148,16	142,8
49	BSP	E_AL04	02/11/2023 00:00	168,6	145,35	140,13
50	BSP	E_AL05	01/11/2023 18:00	1,92	1,93	1,8
51	BSP	E_AL05	01/11/2023 19:00	1,95	1,98	1,86
52	BSP	E_AL05	01/11/2023 20:00	1,98	1,97	1,9
53	BSP	E_AL05	01/11/2023 22:00	1,93	1,94	1,92
54	BSP	E_AL05	01/11/2023 23:00	1,85	1,93	1,86
55	BSP	E_AL05	02/11/2023 00:00	1,74	1,92	1,86
56	BSP	E_AL06	01/11/2023 18:00	0	0	0
57	BSP	E_AL06	01/11/2023 19:00	0	0	0
58	BSP	E_AL06	01/11/2023 20:00	0	0	0
59	BSP	E_AL06	01/11/2023 22:00	0	0	0
60	BSP	E_AL06	01/11/2023 23:00	0	0	0
61	BSP	E_AL06	02/11/2023 00:00	0	0	0
62	BSP	E_AL07	01/11/2023 18:00	0	0	0

Figura 2: Extracto de los datos recolectados.

La autenticación en el servidor se manejó a través de credenciales seguras, y se utilizó un proxy para la conexión de red. Este proceso se ilustra en la Figura 12, que mues-

tra la interfaz de usuario del sistema SCADA durante una sesión de scraping. Se utilizaron librerías adicionales como `'time'`, `'fs'` para manejos de archivos, `'express'` y `'random-useragent'` para generar agentes de usuario aleatorios y evitar bloqueos, lo cual permitió abrir un navegador chromium de forma automática. Este se enlazó directamente al entorno de descarga de datos de alimentador por zona, actualizando la información cada 60 minutos durante el día.

Para asegurar la continuidad y actualización frecuente de los datos, se implementó `'cron'`, una librería de Node.js que permite la ejecución de scripts en intervalos programados. En este caso, el script se configuró para ejecutarse cada 15 minutos. Este intervalo fue elegido para manejar posibles interrupciones en la conexión debido a la baja latencia de los servidores SCADA. El uso de cron facilitó la descarga automática de datos por hora a lo largo del día, almacenando cada nuevo registro hasta el momento en archivos CSV para su posterior análisis. La Figura 13 captura la consola de comandos reportando la ejecución exitosa y el manejo de archivos durante una de estas sesiones programadas.

2.2. Almacenamiento y procesamiento de Datos

El enfoque de almacenamiento de datos adoptado para el proyecto implicó una minuciosa selección de tecnología que cumpliera con criterios tanto técnicos como estratégicos. Se eligió MongoDB Atlas, como la solución de almacenamiento de datos en la nube, primordialmente por su capacidad de escalabilidad y flexibilidad en términos de acceso remoto. Esta decisión estratégica no solo proporcionó una base sólida para el arranque y la operatividad inicial del sistema sino que también facilitó su potencial operación más allá de las instalaciones institucionales, permitiendo una transición fluida hacia un entorno de trabajo distribuido y la posibilidad de expandirse a otras áreas o regiones en función de futuras necesidades.

Se seleccionó MongoDB por varias razones técnicas que son fundamentales para el éxito de este proyecto. Primero, su esquema flexible y dinámico es ideal para manejar los datos heterogéneos generados por el sistema SCADA, lo que permite integraciones y modificaciones sin necesidad de rediseños estructurales. Además, MongoDB ofrece una escalabilidad horizontal eficiente mediante el uso de sharding, facilitando la gestión de grandes volúmenes de datos sin degradar el rendimiento, lo cual es crucial para el monitoreo en tiempo real de los alimentadores. La capacidad de MongoDB para manejar altas velocidades de escritura y consulta también soporta la naturaleza dinámica y en constante cambio de los datos de monitoreo de la red eléctrica

Una vez obtenidos los datos mediante los métodos descritos, se realizó un formateo de datos usando un script de python. Los datos descargados se procesaron en un bucle infinito, donde se realizaron análisis en periodos de tiempo predeterminados para asegurar actualizaciones constantes y precisas. Durante este formateo, se eliminaron los valores nulos y se descartaron las estaciones que no correspondían a la zona centro. Los datos fueron transformados en diccionarios del tipo clave:valor para facilitar su manejo y almacenamiento posterior en MongoDB.

La integración de los datos formateados en MongoDB se realizó mediante scripts de Python. Cada valor, tras ser formateado y verificado para evitar duplicidades, se cargó en la base de datos. Esta integración asegura que todos los datos recolectados y procesados estuvieran disponibles para consultas y análisis en tiempo real, manteniendo la coherencia y la accesibilidad de la información. Una representación visual de la interfaz de la base de datos se puede encontrar en la Figura 14.

2.3. Desarrollo del Backend

Se empleó el framework Django en el backend para manejar la interacción con la base de datos MongoDB, donde se almacenan los datos. La lógica implementada abarcó varios componentes críticos.

Se implementó la capacidad de descomponer series temporales de las cargas de los alimentadores en componentes interpretables. Esta descomposición es fundamental para comprender los elementos que constituyen el comportamiento de carga observado. Se genera una serie de gráficos que desglosan las series temporales en tendencia, periodicidad y residuos, proporcionando una visión detallada y comprensible de las fluctuaciones de carga.

En la Figura 3, se presenta la descomposición temporal de los datos de corriente para el alimentador COV 2, seleccionado como caso de estudio representativo. Esta descomposición se llevó a cabo utilizando técnicas de análisis de series temporales, lo que nos permitió desglosar la serie de tiempo en sus componentes esenciales: la tendencia, la periodicidad y el residuo. La línea superior muestra la serie de tiempo original con la variabilidad completa de los datos. La segunda línea refleja la tendencia que extrae las variaciones a largo plazo, mostrando las tendencias subyacentes que pueden estar asociadas con cambios estructurales o movimientos estacionales en la demanda de energía. La tercera línea evidencia los patrones periódicos o estacionales, permitiendo la identificación de fluctuaciones consistentes en el tiempo. Finalmente, el componente residual, mostrado en la línea inferior,

indica las anomalías y desviaciones temporales que podrían ser indicativos de eventos no programados o de interés para el análisis detallado y la toma de medidas correctivas.

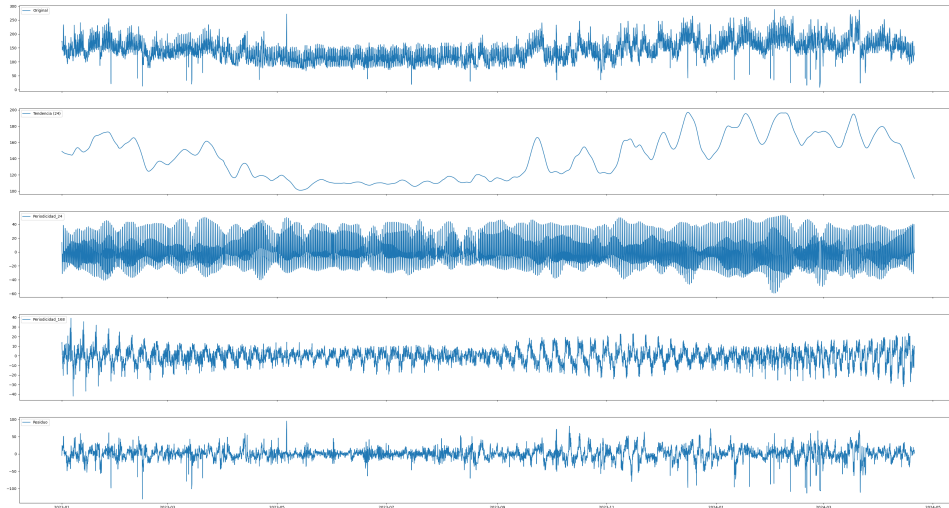


Figura 3: Descomposición de la serie temporal de carga eléctrica que muestra tendencia, periodicidad y residuos.

Además de la descomposición temporal de las cargas, se implementó una función para el análisis y la identificación de valores máximos de corriente históricos. Este proceso es crucial para entender las capacidades máximas de los alimentadores y para asegurar que las infraestructuras de la red estén dimensionadas adecuadamente para las cargas más exigentes que puedan presentarse.

Utilizando los datos recopilados y almacenados en MongoDB, el backend realiza un análisis estadístico para determinar los máximos históricos de cada alimentador. Como se muestra en la Figura 16 en el Apéndice, se presenta una tabla que resume los valores máximos de corriente alcanzados para el alimentador COV en la posición 2. Cada fila de la tabla muestra el máximo de corriente registrado en una fecha y hora específicas, proporcionando una visión clara de los picos de carga que han ocurrido históricamente.

Para complementar el análisis histórico de la carga de los alimentadores, se implementó la generación de gráficos diarios de máximos de corriente, los cuales son cruciales para detectar picos inusuales que podrían indicar eventos no previstos o cambios en la demanda de energía. Un ejemplo representativo de estos gráficos, que ilustra los máximos de corriente del alimentador, se incluye en la Figura 17 en el Apéndice.

La visualización detallada del comportamiento diario del alimentador ofrece una pers-

pectiva adicional crítica. A través de la función implementada, se genera un gráfico que muestra las variaciones de corriente a lo largo de un período de 24 horas, permitiendo a los operadores identificar tendencias dentro de un ciclo diario completo. Esto es particularmente útil para detectar desviaciones del comportamiento típico que podrían ser causadas por eventos inesperados o por cambios temporales en la demanda energética.

En la Figura 4, se visualiza este análisis de comportamiento diario para el alimentador COV 2. Los puntos de datos marcados en el gráfico representan la corriente medida en cada hora del día, ofreciendo una perspectiva granular de cómo varía la carga eléctrica en intervalos regulares. La línea roja conecta estos puntos, destacando el perfil de carga a lo largo del día y facilitando la identificación de cualquier irregularidad temporal o carga pico que merezca atención especial.

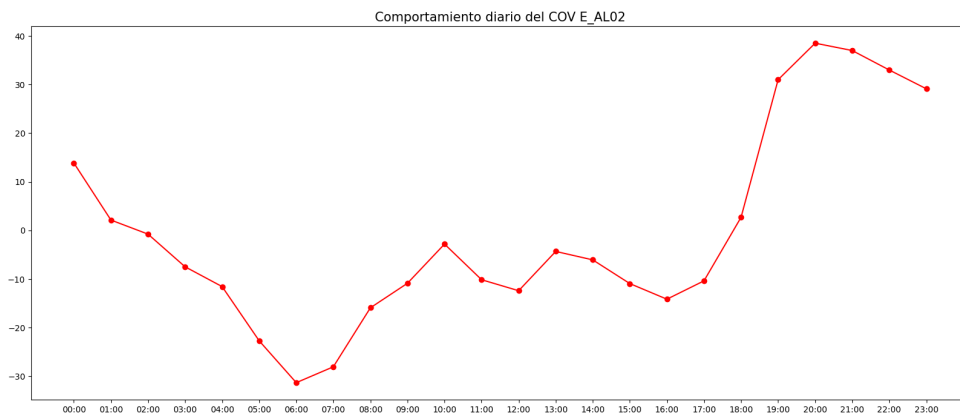


Figura 4: Gráfico del comportamiento diario de corriente para el alimentador COV 2, destacando variaciones horarias.

Se implementó además un sistema de alertas para identificar y notificar comportamientos inusuales en tiempo real. Este sistema utiliza algoritmos de detección de anomalías basados en los parámetros históricos y actuales de la red.

Logs alertas:

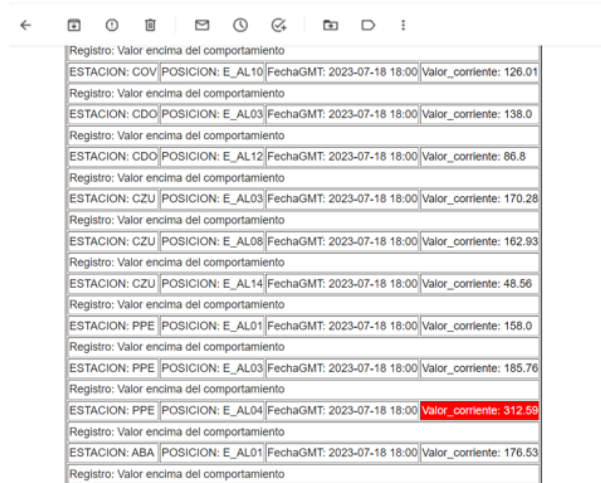
dd/mm/aaaa

ESTACION	POSICION	Registro	Valor Corriente	FechaGMT
CZU	E_AL14	Valor debajo del comportamiento	71.18	April 8, 2024, 3 p.m.
VIL	E_AL02	Valor encima del comportamiento	132.87	April 8, 2024, 3 p.m.
VIL	E_AL02	Valor encima del comportamiento	169.33	April 8, 2024, 4 p.m.
COV	E_AL14	Valor debajo del comportamiento	90.0	April 8, 2024, 6 p.m.

Figura 5: Sistema de registro de alertas mostrando condiciones anormales en tiempo real.

El sistema envía en un reporte las alertas por correo electrónico detallando cualquier

comportamiento inusual detectado por el sistema. En la Figura 6, se muestra un ejemplo de un reporte de alertas enviado a los ingenieros y gestores, que incluye la estación afectada, la posición exacta, la naturaleza de la alerta, y el valor de la corriente que ha generado la alerta.



Registro: Valor encima del comportamiento			
ESTACION: COV	POSICION: E_AL10	FechaGMT: 2023-07-18 18:00	Valor_corriente: 126.01
Registro: Valor encima del comportamiento			
ESTACION: CDO	POSICION: E_AL03	FechaGMT: 2023-07-18 18:00	Valor_corriente: 138.0
Registro: Valor encima del comportamiento			
ESTACION: CDO	POSICION: E_AL12	FechaGMT: 2023-07-18 18:00	Valor_corriente: 86.8
Registro: Valor encima del comportamiento			
ESTACION: CZU	POSICION: E_AL03	FechaGMT: 2023-07-18 18:00	Valor_corriente: 170.28
Registro: Valor encima del comportamiento			
ESTACION: CZU	POSICION: E_AL08	FechaGMT: 2023-07-18 18:00	Valor_corriente: 162.93
Registro: Valor encima del comportamiento			
ESTACION: CZU	POSICION: E_AL14	FechaGMT: 2023-07-18 18:00	Valor_corriente: 48.56
Registro: Valor encima del comportamiento			
ESTACION: PPE	POSICION: E_AL01	FechaGMT: 2023-07-18 18:00	Valor_corriente: 158.0
Registro: Valor encima del comportamiento			
ESTACION: PPE	POSICION: E_AL03	FechaGMT: 2023-07-18 18:00	Valor_corriente: 185.76
Registro: Valor encima del comportamiento			
ESTACION: PPE	POSICION: E_AL04	FechaGMT: 2023-07-18 18:00	Valor_corriente: 312.58
Registro: Valor encima del comportamiento			
ESTACION: ABA	POSICION: E_AL01	FechaGMT: 2023-07-18 18:00	Valor_corriente: 176.53
Registro: Valor encima del comportamiento			

Figura 6: Reporte de alertas enviado por correo electrónico, indicando las condiciones de operación anormales detectadas.

Este proceso de detección de anomalías se basa en comparar los valores actuales de corriente con una media móvil calculada y los límites definidos. El primer paso del proceso implica el cálculo de la media móvil actual (MA) de las últimas 24 horas y el valor actual de la corriente para cada estación y posición de alimentador. Estos valores se utilizan como puntos de referencia para evaluar la normalidad de la corriente en un momento dado. A continuación, se consultan los límites de alerta definidos previamente para determinar los umbrales superior e inferior que indican comportamientos anómalos.

Cuando se detecta una anomalía, se genera una alerta que contiene información detallada, como la estación, la posición, la fecha y la hora en que se produjo la anomalía, así como el valor de corriente que la provocó.

Para completar el ciclo de monitoreo y respuesta, se ha implementado un proceso automatizado en el backend que genera y distribuye informes periódicos. Estos informes contemplan los valores máximos de corriente diarios. En la Figura 7, se muestra un ejemplo de un informe diario enviado por correo electrónico. Este procedimiento automatizado asegura que los encargados designados por la institución estén constantemente informados sobre el estado actual de los alimentadores.

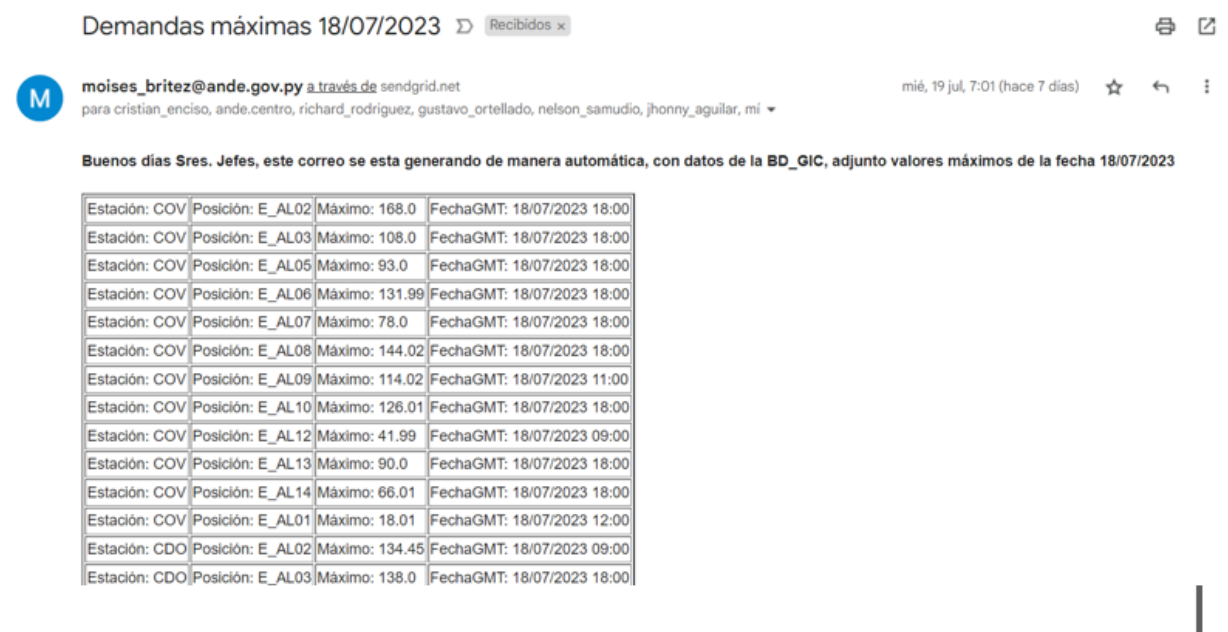


Figura 7: Informe automatizado enviado por correo electrónico.

2.4. Desarrollo de la Interfaz de Usuario

Se desarrolló una interfaz de usuario cuya finalidad es optimizar la presentación y el manejo de los datos. Esta plataforma permite acceder rápidamente a la información crucial y procesarla.

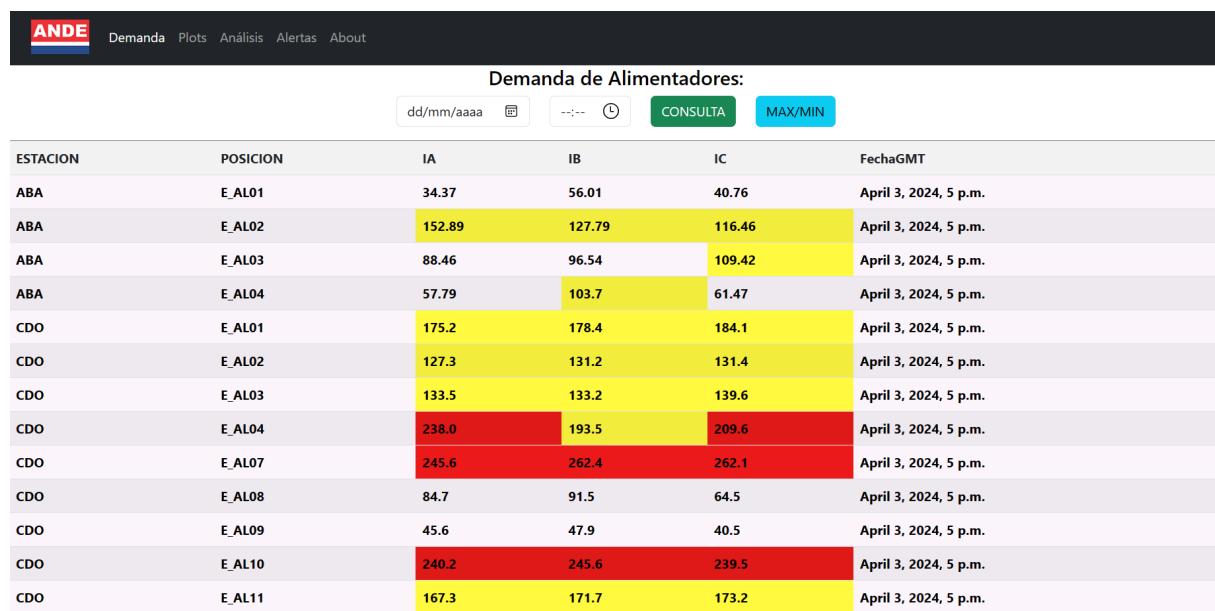


Figura 8: Gráfico interactivo en la interfaz de usuario que muestra las tendencias y valores máximos de corriente por fase en un alimentador.

Las tablas de datos son una de las características más importantes de la interfaz principal, diseñadas con un sistema de resaltado de celdas que permite a los usuarios identificar rápidamente condiciones que requieren atención. Por ejemplo, las celdas marcadas en rojo, como se ve en la Figura 8, señalan valores de corriente que exceden los parámetros normales de operación. Específicamente, valores que superan los 200 se consideran de carga alta y se resaltan en rojo. Aunque no necesariamente críticos, estos valores indican una carga alta y requieren monitoreo para prevenir posibles problemas.

La funcionalidad de filtrado, integrada en la interfaz, potencia la capacidad de los operadores de rastrear y analizar los patrones de consumo histórico. Mediante esta herramienta, se pueden seleccionar rangos de fecha y hora para investigar el comportamiento previo de las corrientes en cada alimentador. Este enfoque de filtrado resulta clave para la identificación de anomalías que podrían haber permanecido ocultas durante la inspección diaria. El acceso inmediato a los datos históricos concede a los operadores un medio para ejecutar una revisión meticulosa y comprehensiva de los patrones de demanda y sus fluctuaciones.

Además, para complementar la visualización de datos en tiempo real y el análisis histórico, se incorporó una interfaz de visualización que exhibe los valores máximos y mínimos registrados por los alimentadores durante el día. Mediante medidores circulares, tal como se visualiza en la Figura 9, los usuarios pueden apreciar en un vistazo el rendimiento relativo de cada alimentador en comparación con los ajustes de cabecera predeterminados.

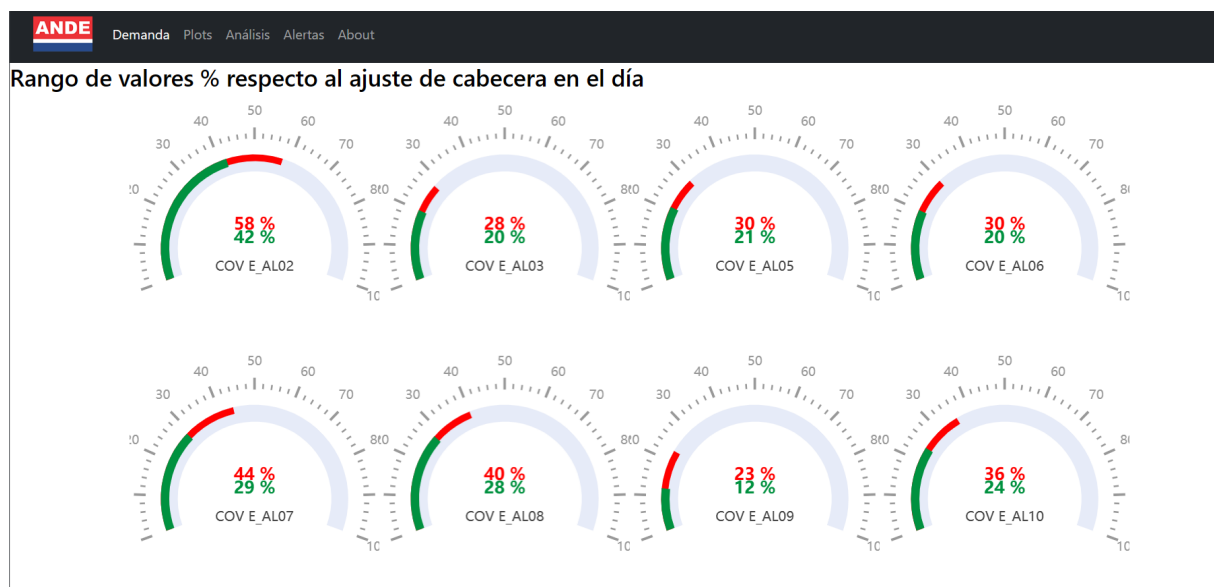


Figura 9: Visualización de los valores máximos y mínimos diarios expresados en porcentajes para cada alimentador.

Más allá de la monitorización diaria, la plataforma ofrece gráficos interactivos para una

descomposición detallada de la carga a lo largo del tiempo, como ilustra la Figura 11. Estos gráficos permiten una comprensión profunda de las tendencias y patrones de comportamiento de la carga, facilitando a los usuarios profundizar en el análisis de datos históricos. Al rastrear cambios en las corrientes de fase y el promedio móvil, se revela la dinámica operativa subyacente de los alimentadores.

Para complementar la visualización de datos y el análisis, se integró a la interfaz una visualización gráfica del desequilibrio porcentual de corrientes en los alimentadores. Esta representación es fundamental para identificar rápidamente condiciones que podrían indicar una carga desbalanceada.

Mediante medidores circulares, como los mostrados en la nueva Figura 10, los usuarios tienen la capacidad de visualizar el porcentaje de desequilibrio para cada alimentador, con un umbral establecido por encima del 10 %.

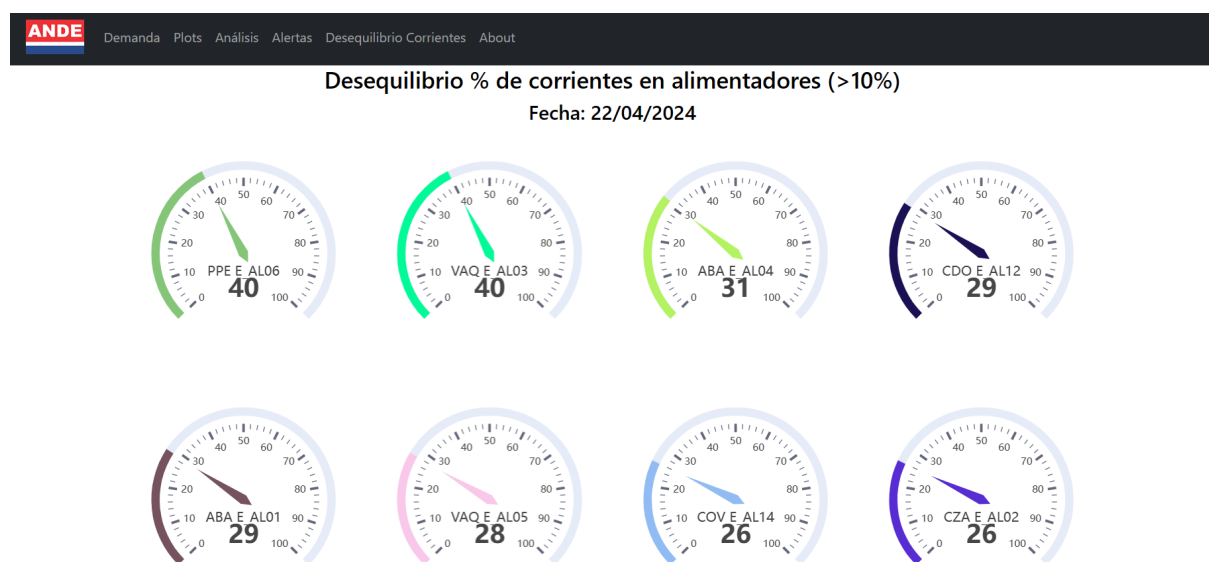


Figura 10: Visualización gráfica del desequilibrio porcentual de corrientes en los alimentadores.

La Figura 11 muestra un ejemplo de la interfaz de usuario diseñada para el análisis y comparación de la carga eléctrica en los alimentadores. Esta herramienta interactiva permite a los usuarios seleccionar estaciones y posiciones específicas y visualizar los datos de corriente para un rango de horas definido. El gráfico ilustra las corrientes por fase y el promedio móvil, proporcionando información detallada sobre las tendencias de carga. Además, se pueden visualizar gráficos de otros alimentadores simultáneamente para realizar comparaciones directas, como se indica en la Figura 18 del apéndice, lo que facilita la detección de patrones o anomalías en el comportamiento de los alimentadores.

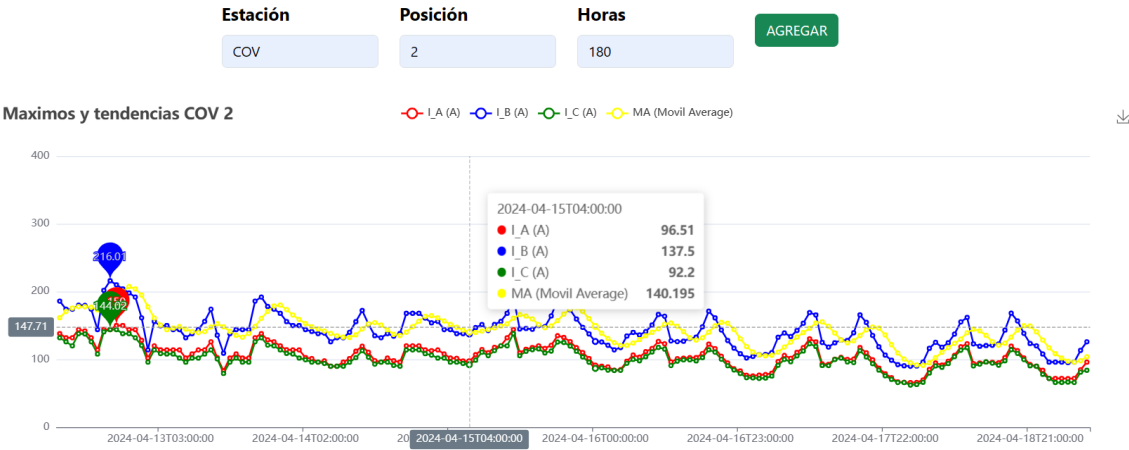


Figura 11: Gráfico interactivo en la interfaz de usuario que muestra las tendencias y valores máximos de corriente por fase en un alimentador.

3. Resultados y análisis

Se implementó con éxito el sistema automático para la recolección de datos, el cual extrajo información del sistema de reportes SCADA de la ANDE y la almacenó en una base de datos MongoDB. Como resultados principales se obtuvieron:

La automatización ha mejorado considerablemente la eficiencia en la recolección de datos. Anteriormente, los operadores registraban manualmente los valores de cada alimentador en hojas de cálculo. Este proceso no solo era laborioso sino también susceptible a errores humanos como entradas incorrectas o retrasos. Con la implementación del sistema automático, este método manual se ha eliminado, resultando en ahorros significativos de tiempo y una notable reducción en los errores de registro. Ahora, los datos se capturan y actualizan en tiempo real, proporcionando una fuente de información continua sin la intervención manual.

Se desarrolló una metodología de análisis de datos que incluyó la descomposición temporal y el análisis de demandas máximas históricas. Utilizando Python y Django, se creó una interfaz web para facilitar tanto el análisis como la visualización de los datos. Los gráficos generados proporcionaron una comprensión más clara de los patrones de demanda, y se optimizó la capacidad para detectar anomalías.

El sistema permitió el monitoreo constante de los parámetros de corriente de las estaciones desde diferentes dispositivos, ofreciendo una herramienta valiosa para el departamento de operación. Cuando se detectaron anomalías y no se llevó a cabo una transferencia, se reportaron los eventos a los departamentos de Comercial y Pérdidas. De esta manera, se llevaron a cabo las verificaciones pertinentes de las líneas y de los clientes involucrados, asegurando una gestión efectiva y una pronta respuesta ante cualquier irregularidad observada.

Además, el sistema fue capaz de identificar y alertar sobre comportamientos inusuales en los alimentadores. Estas alertas, basadas en desviaciones respecto a los patrones normales, ayudaron a prevenir posibles fallos o ineficiencias en el sistema.

Finalmente, se estableció un proceso automatizado para la generación y distribución de informes, los cuales fueron enviados automáticamente por correo electrónico a los interesados, facilitando la toma de decisiones rápida y basada en datos.

Aunque el sistema automático de gestión y monitoreo ha introducido mejoras en la operación de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), enfrenta un desafío crítico que afecta su rendimiento óptimo: la alta dependencia del servidor del sistema de reportes

SCADA. Este servidor es esencial para la recolección y el análisis de datos, siendo crucial para el funcionamiento continuo y efectivo del sistema de monitoreo.

La estabilidad y rendimiento del servidor del sistema de reportes SCADA son vitales, ya que cualquier interrupción o deterioro en su funcionamiento puede provocar retrasos significativos en la obtención de datos en tiempo real. Estos retrasos no solo impactan la capacidad del sistema para monitorear las cargas de los alimentadores de manera eficiente, sino que también afectan la toma de decisiones operativas y estratégicas dentro de la ANDE. La frecuencia con la que estos problemas ocurren resalta la necesidad urgente de desarrollar soluciones alternativas o sistemas redundantes. Estas mejoras podrían asegurar una recolección de datos continua y confiable, incluso durante las fallas del servidor, garantizando así la integridad operacional.

4. Conclusiones y recomendaciones

El sistema ha demostrado una notable mejora en la eficiencia de recolección y procesamiento de datos, reduciendo significativamente tanto el tiempo requerido como los errores comunes en los métodos manuales anteriores.

La automatización ha facilitado la generación y distribución periódica de informes, mejorando la toma de decisiones basada en datos en tiempo real y la capacidad de respuesta ante eventos no planificados.

La metodología de análisis de datos ha facilitado una correlación directa entre la recopilación de datos y su posterior análisis. Esto ha resultado en una mayor agilidad para detectar variaciones en las corrientes de los alimentadores.

Se han desarrollado interfaces de usuario junto con gráficos interactivos que permiten una visualización clara y detallada de los datos

El sistema ha demostrado ser eficaz en identificar y alertar sobre comportamientos inusuales en los alimentadores, contribuyendo a la prevención de fallos y a la mejora en la gestión de respuestas a incidencias.

4.1. Recomendaciones

Se recomienda continuar optimizando la capacidad del sistema para integrarse con otras plataformas y bases de datos, lo que mejorará el acceso y manejo de información crucial.

Es crucial desarrollar funcionalidades adicionales que permitan un análisis más avanzado y detallado de los datos recogidos, fortaleciendo así la capacidad analítica del sistema.

Se sugiere explorar la posibilidad de adaptar y expandir el sistema para su uso en otras áreas geográficas o distintas unidades de negocio dentro de la organización, maximizando el aprovechamiento de la tecnología implementada.

Dada la posibilidad de que el sistema de gestión y monitoreo de carga sea accesible fuera de la organización, es crucial implementar medidas de seguridad avanzadas para proteger la integridad y la confidencialidad de los datos

Referencias

- [1] J. W. Creswell y J. D. Creswell, *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications, 2017.
- [2] L. B. Figueroa Gallardo, “Web scraping, visualización y análisis bases de datos de la operación del sistema eléctrico chileno,” 2021.
- [3] E. Nieto, “Tipos de investigación,” *Universidad Santo Domingo de Guzmán*, vol. 2, pp. 1–2, 2018.
- [4] R. D. Ramos Barba y P. A. Vera Meiggs, “Aplicación web integrado con rpa utilizando técnicas de web scraping que permita obtener información de manifiestos de carga de las exportaciones aéreas para una agencia de carga internacional.”

Apéndices

A. Análisis de Factibilidad

Tabla 1: Factibilidad Técnica - Hardware y Software

Equipo / Software	Modelo / Versión	Cantidad
Servidor	Dell PowerEdge T30	1
Sistema Operativo (Servidor)	Windows Server 2019 Standard	1
Sistema Operativo (Estaciones)	Windows 11	2
Base de Datos	MongoDB	1
Entorno de Desarrollo	Node.js	En servidor y estaciones
Framework Web	Django	En servidor y estaciones
Herramienta de Scraping	Puppeteer	En servidor

Tabla 2: Análisis de Factibilidad Operativa

Criterio	Evaluación
Adecuación del Personal	Personal técnico con experiencia en sistemas de monitoreo y bases de datos necesarios para el proyecto.
Integración con Procesos	Alta compatibilidad con procesos de operación existentes en ANDE, permitiendo una integración sin fricciones.
Capacitación Necesaria	Capacitación para el uso de nuevas herramientas y plataformas.
Soporte Técnico	Soporte técnico continuo necesario para mantenimiento y resolución de problemas.
Disponibilidad de Recursos	Recursos humanos y tecnológicos necesarios para la operación y mantenimiento están disponibles.
Adaptabilidad	Alta capacidad para integrarse con tecnología existente y futura.

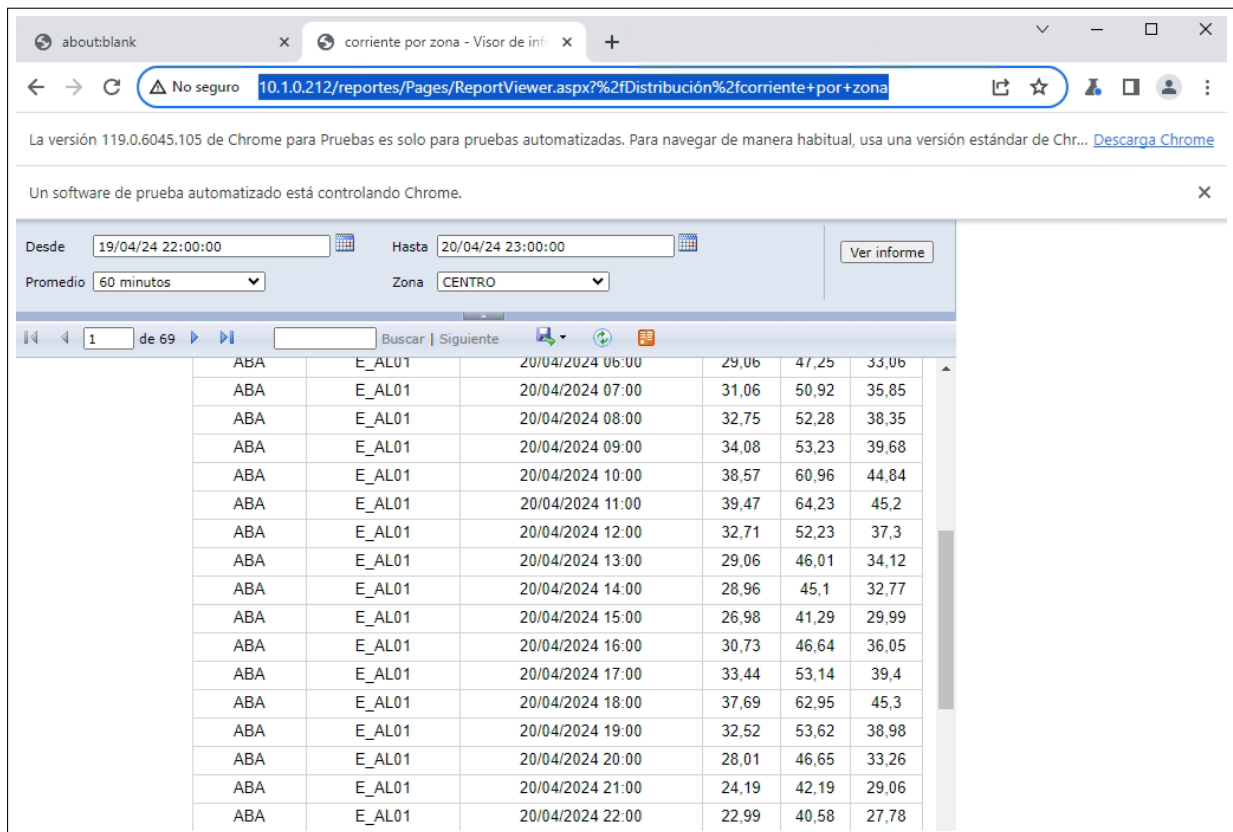
Tabla 3: Estudio de Factibilidad Económica - Costo de Personal

Recurso Humano	Cantidad	Salario Mensual (Bs.F)
Ing. en Sistemas	1	3.000.000
Total x 3 meses	1	9.000.000

Tabla 4: Costo de Factibilidad Económica de Hardware y Software

Equipo / Software	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total (Gs.)
Base de Datos	422.000 (mensual)	1	422.000
Servidor	0	Propio	0
Entorno de Desarrollo	0	1	0
Framework Web	0	En equipos	0
Herramienta de Scraping	0	En servidor	0
Total			422.000

B. Recolección de Datos



The screenshot shows a web-based interface for a SCADA system. At the top, there is a browser window with the URL `10.1.0.212/reportes/Pages/ReportViewer.aspx?%2fDistribución%2fcorriente+por+zona`. Below the browser, there is a notification: "Un software de prueba automatizado está controlando Chrome." The main interface features a control panel with the following elements:

- Desde:** 19/04/24 22:00:00
- Hasta:** 20/04/24 23:00:00
- Promedio:** 60 minutos
- Zona:** CENTRO
- Ver informe** button

Below the control panel is a data table with 18 rows. The table has 7 columns: ID, Location, Time, and three numerical values. The data is as follows:

ID	Location	Time	Value 1	Value 2	Value 3
ABA	E_AL01	20/04/2024 06:00	29,06	47,25	33,06
ABA	E_AL01	20/04/2024 07:00	31,06	50,92	35,85
ABA	E_AL01	20/04/2024 08:00	32,75	52,28	38,35
ABA	E_AL01	20/04/2024 09:00	34,08	53,23	39,68
ABA	E_AL01	20/04/2024 10:00	38,57	60,96	44,84
ABA	E_AL01	20/04/2024 11:00	39,47	64,23	45,2
ABA	E_AL01	20/04/2024 12:00	32,71	52,23	37,3
ABA	E_AL01	20/04/2024 13:00	29,06	46,01	34,12
ABA	E_AL01	20/04/2024 14:00	28,96	45,1	32,77
ABA	E_AL01	20/04/2024 15:00	26,98	41,29	29,99
ABA	E_AL01	20/04/2024 16:00	30,73	46,64	36,05
ABA	E_AL01	20/04/2024 17:00	33,44	53,14	39,4
ABA	E_AL01	20/04/2024 18:00	37,69	62,95	45,3
ABA	E_AL01	20/04/2024 19:00	32,52	53,62	38,98
ABA	E_AL01	20/04/2024 20:00	28,01	46,65	33,26
ABA	E_AL01	20/04/2024 21:00	24,19	42,19	29,06
ABA	E_AL01	20/04/2024 22:00	22,99	40,58	27,78

Figura 12: Interfaz del sistema SCADA durante una sesión de scraping.

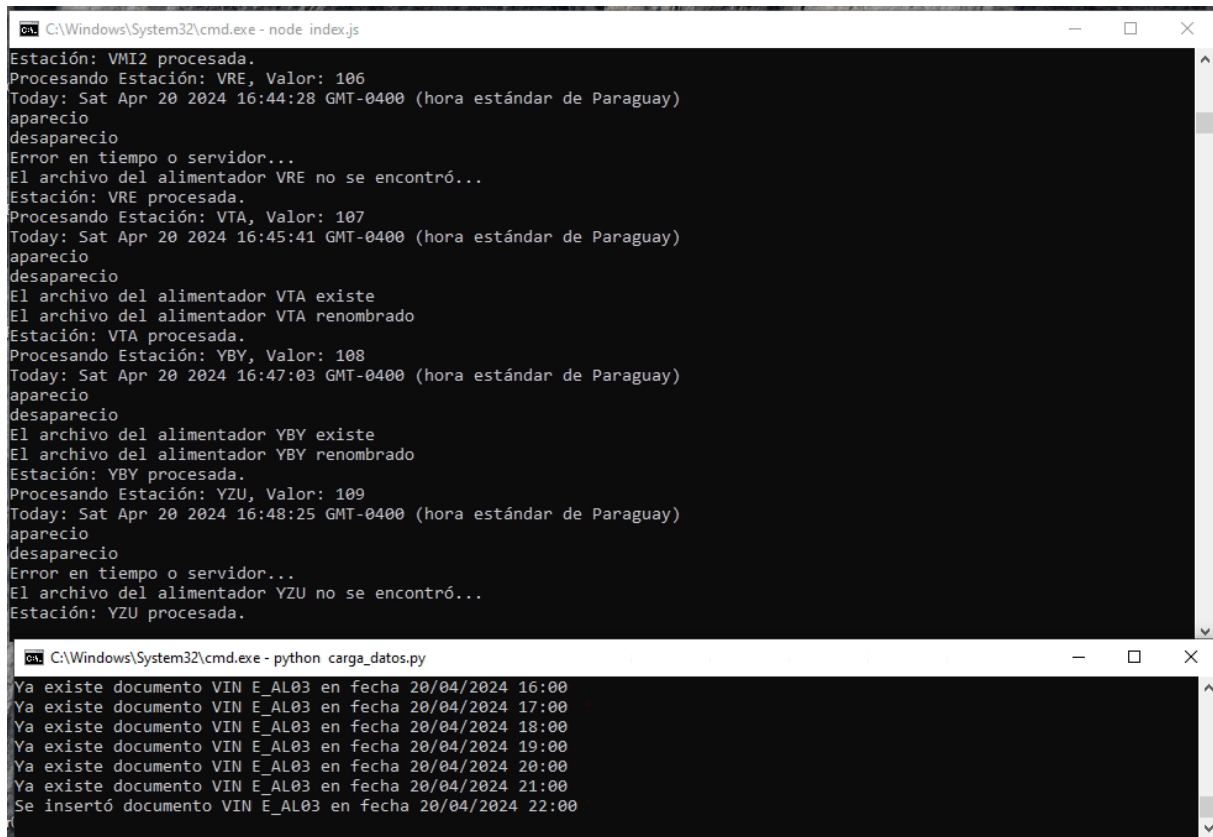
```
Seleccionar C:\Windows\System32\cmd.exe - node inde...
Ahora se ejecutara el scraping
Today: Sun Apr 21 2024 10:00:00 GMT-0400 (hora estándar de Paraguay)
aparecio
desaparecio
aparecio
desaparecio
aparecio
desaparecio
El archivo de centro existe
El archivo del este existe
El archivo del sur existe
Archivo de centro renombrado
Ya existe documento VTN_E_AL03 en fecha 21/04/2024 05:0
```

Figura 13: Ejecución del proceso de scraping en la consola de comandos.

C. Almacenamiento y procesamiento de Datos

_id	ObjectID	ESTACION	POSICION	FechaGMT	CORRIENTE_R	CORRIENTE_S	CORRIENTE_T
841	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"26/01/2023 02:00"	118.39	120.67	126.88
842	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"26/01/2023 05:00"	113.82	112.16	115.52
843	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"26/01/2023 08:00"	130.55	134.31	142.24
844	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"27/01/2023 13:00"	148.43	156.18	164.82
845	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"27/01/2023 17:00"	131.34	137.48	144.37
846	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"27/01/2023 19:00"	138.99	144.61	157.55
847	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"27/01/2023 23:00"	132.78	143.83	149.67
848	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"28/01/2023 01:00"	118.79	127.76	133.82
849	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"28/01/2023 02:00"	112.33	121.85	127.29
850	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"28/01/2023 07:00"	128	131.36	144.19
851	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"28/01/2023 08:00"	124.05	130.43	138.69
852	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"28/01/2023 17:00"	131.84	136.61	143.45
853	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"28/01/2023 19:00"	141.38	145.68	158.43
854	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"28/01/2023 20:00"	167.62	176.22	191.21
855	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"28/01/2023 23:00"	130.19	142.95	149.99
856	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"29/01/2023 06:00"	116.63	120.68	128.48
857	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"29/01/2023 07:00"	122.9	128.08	135.01
858	ObjectId("649b244f0836d7...")	"ABA"	"E_AL01"	"29/01/2023 11:00"	157.06	161.1	176.01

Figura 14: Interfaz de MongoDB con datos formateados.



The image shows two terminal windows. The top window, titled 'C:\Windows\System32\cmd.exe - node index.js', displays a series of logs for processing stations VMI2, VRE, VTA, YBY, and YZU. Each station's log includes its name, value, and the current date and time. It also shows the status of the station (e.g., 'procesada') and the presence or absence of its corresponding file. For VRE and YZU, an error message 'Error en tiempo o servidor...' and 'El archivo del alimentador... no se encontró...' is displayed. The bottom window, titled 'C:\Windows\System32\cmd.exe - python carga_datos.py', shows a list of documents with their VIN, station ID (E_AL03), and timestamps from 16:00 to 22:00 on 20/04/2024. The final line indicates that a document was successfully inserted at 22:00.

```
C:\Windows\System32\cmd.exe - node index.js
Estación: VMI2 procesada.
Procesando Estación: VRE, Valor: 106
Today: Sat Apr 20 2024 16:44:28 GMT-0400 (hora estándar de Paraguay)
aparecio
desaparecio
Error en tiempo o servidor...
El archivo del alimentador VRE no se encontró...
Estación: VRE procesada.
Procesando Estación: VTA, Valor: 107
Today: Sat Apr 20 2024 16:45:41 GMT-0400 (hora estándar de Paraguay)
aparecio
desaparecio
El archivo del alimentador VTA existe
El archivo del alimentador VTA renombrado
Estación: VTA procesada.
Procesando Estación: YBY, Valor: 108
Today: Sat Apr 20 2024 16:47:03 GMT-0400 (hora estándar de Paraguay)
aparecio
desaparecio
El archivo del alimentador YBY existe
El archivo del alimentador YBY renombrado
Estación: YBY procesada.
Procesando Estación: YZU, Valor: 109
Today: Sat Apr 20 2024 16:48:25 GMT-0400 (hora estándar de Paraguay)
aparecio
desaparecio
Error en tiempo o servidor...
El archivo del alimentador YZU no se encontró...
Estación: YZU procesada.

C:\Windows\System32\cmd.exe - python carga_datos.py
Ya existe documento VIN E_AL03 en fecha 20/04/2024 16:00
Ya existe documento VIN E_AL03 en fecha 20/04/2024 17:00
Ya existe documento VIN E_AL03 en fecha 20/04/2024 18:00
Ya existe documento VIN E_AL03 en fecha 20/04/2024 19:00
Ya existe documento VIN E_AL03 en fecha 20/04/2024 20:00
Ya existe documento VIN E_AL03 en fecha 20/04/2024 21:00
Se insertó documento VIN E_AL03 en fecha 20/04/2024 22:00
```

Figura 15: Recolección y almacenamiento trabajando en conjunto.

D. Desarrollo del Backend

Máximos

ESTACION	POSICION	Fecha Hora	IA	IB	IC
COV	E_AL02	02/02/2024 14:00	204.01	288.0	210.0
COV	E_AL02	20/03/2024 22:00	203.11	286.01	196.4
COV	E_AL02	20/03/2024 21:00	204.01	282.02	191.99
COV	E_AL02	20/03/2024 23:00	198.0	282.02	191.99
COV	E_AL02	02/02/2024 15:00	204.01	276.01	210.0
COV	E_AL02	06/05/2023 11:00	191.4	271.2	185.9
COV	E_AL02	15/03/2024 22:00	204.11	269.9	184.81
COV	E_AL02	15/03/2024 23:00	203.61	269.4	184.6
COV	E_AL02	21/03/2024 00:00	187.2	268.2	180.0
COV	E_AL02	15/03/2024 21:00	200.91	264.71	181.6

Figura 16: Resumen de los máximos históricos de corriente observados en el alimentador COV 2.

Gráficos de máximos por día

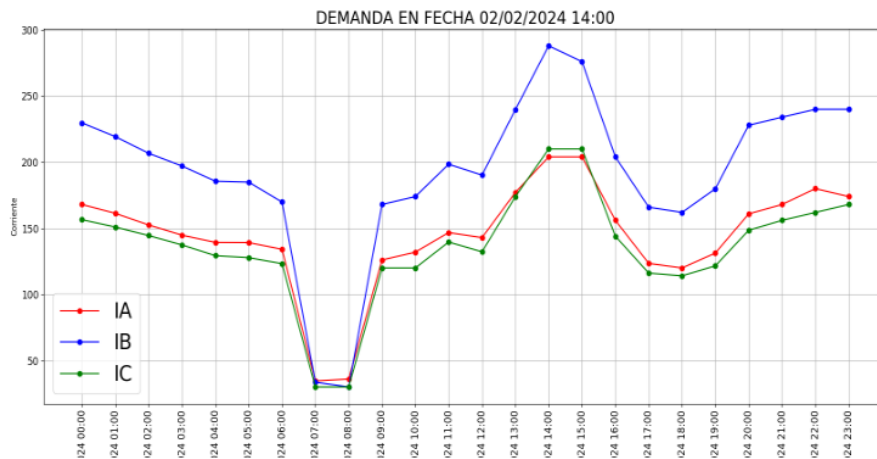


Figura 17: Gráfico de los valores máximos diarios de corriente para el alimentador COV en la posición ALO2, detallando las corrientes por fase y destacando las desviaciones de la carga habitual.

E. Interfaz de Usuario

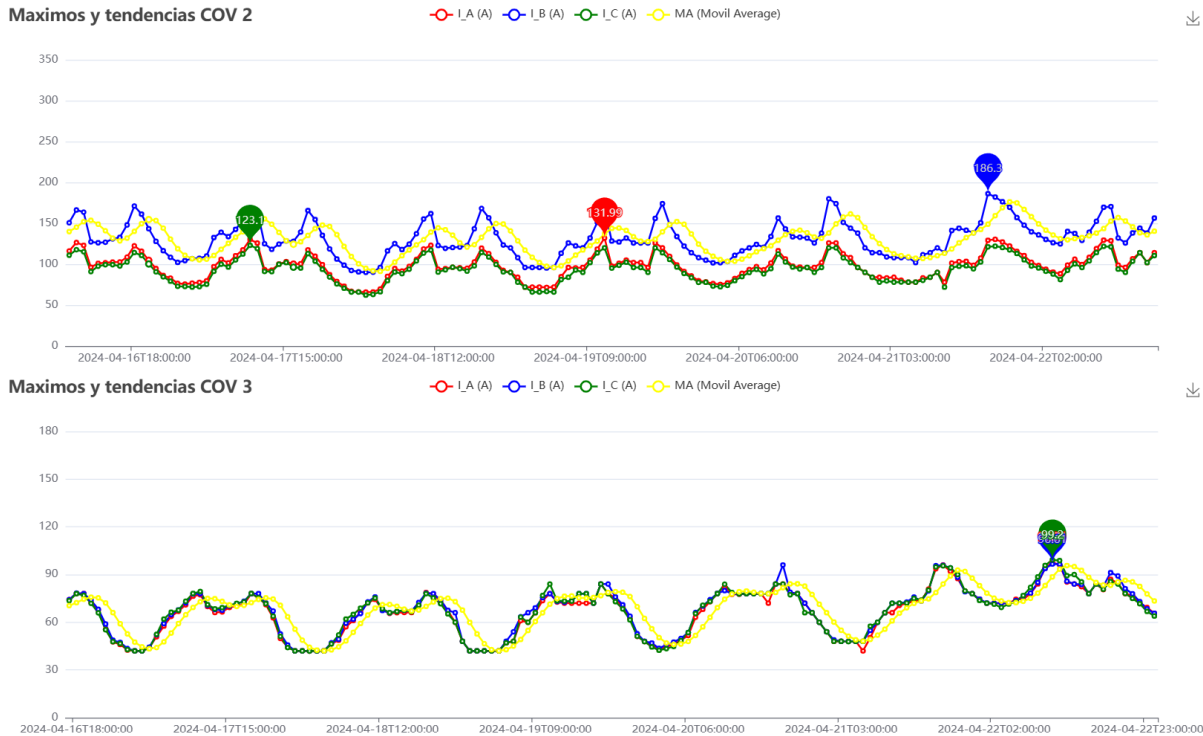
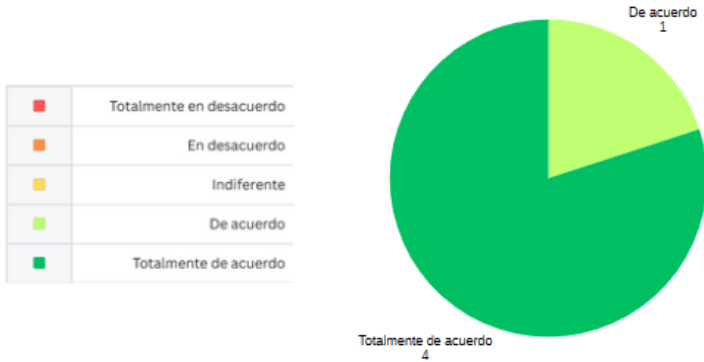


Figura 18: Comparación de graficas de máximas, mínimas y tendencias entre 2 alimentadores.

F. Encuesta de Satisfacción

La encuesta de satisfacción con respecto a la funcionalidad del sistema de gestión fue aplicada a 5 usuarios que interactúan directamente con el sistema, cuyos resultados se detallan a continuación:

1. ¿El sistema de gestión y monitoreo ha reducido el tiempo que usted toma para recopilar la información de los datos de carga de los alimentadores en media tensión?



2. ¿El sistema ha disminuido el tiempo necesario para realizar los análisis de carga?



3. ¿Está satisfecho con las funcionalidades que ofrece el sistema para la recolección automática de datos?



4. ¿Usted quedó conforme con la experiencia de navegación y uso general de la interfaz de usuario del sistema de monitoreo?



5. ¿Considera que el sistema de gestión y monitoreo contribuye positivamente a la operatividad y toma de decisiones?

