



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA ELECTRICIDAD

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniera Eléctrica

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

**“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PARA MEJORAR
LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES DE
EPMAQA”**

AUTOR:

TAMARA MARITZA BRICIO ROJAS

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

ING. MILTON GEOVANNY CUENCA CABRERA, MSC.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **TAMARA MARITZA BRICIO ROJAS**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Tamara Bricio R.

TAMARA MARITZA BRICIO ROJAS

C.I: 125059344-7



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Milton Geovanny Cuenca Cabrera, MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Tamara Maritza Bricio Rojas**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Análisis de la calidad de energía eléctrica para mejorar la eficiencia energética en las instalaciones eléctricas de EPMAPAQ**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera Eléctrica**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Milton Cuenca C.

Ing. Milton Geovanny Cuenca Cabrera, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. Milton Geovanny Cuenca Cabrera, MSc.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “**Análisis de la calidad de energía eléctrica para mejorar la eficiencia energética en las instalaciones eléctricas de EPMAQA**”. Presentado por la estudiante **Tamara Maritza Bricio Rojas**, egresado de la Carrera Electricidad, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis del sistema COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 99% y similitud 1%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

**INFORME DE ANÁLISIS**
magister

UTEQ-ELECTRICIDAD-2025-PROYECTO DE INVESTIGACION- BRICIO TAMARA

< 1%
Textos sospechosos



< 1% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
3% Idiomas no reconocidos (ignorado)

Nombre del documento: UTEQ-ELECTRICIDAD-2025-PROYECTO DE INVESTIGACION- BRICIO TAMARA.pdf
ID del documento: 7aaee198c97d6385e35b1c6df2c6938b466a7223
Tamaño del documento original: 1,76 MB
Autores: []

Depositante: MILTON GEOVANNY CUENCA CABRERA
Fecha de depósito: 18/3/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 18/3/2025

Número de palabras: 26.649
Número de caracteres: 180.514

Milton Cuenca C.

Ing. Milton Geovanny Cuenca Cabrera, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA ELECTRICIDAD

PROYECTO DE INVESTIGACION

TÍTULO:

**“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PARA MEJORAR
LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES DE
EPMAPAQ”**

Presentado al Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería como requisito
previo a la obtención del título de Ingeniera Eléctrica

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Diego Patricio Peña Banegas, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Samantha Marlene Puente Bosquez, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Andrés Alexander De la Torre Macías, MSc.

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2025

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profunda gratitud a dos personas fundamentales en la realización de esta tesis.

A mi valiente mamá mi distinguida Ing. Maritza Rojas Fajardo, le dedico este logro con todo mi corazón. Esta tesis es el fruto de tu amor incondicional, tu apoyo inquebrantable y tus innumerables sacrificios a lo largo de mi viaje educativo. Tus palabras de aliento, tu perseverancia y tu ejemplo constante han sido mi fuente inagotable de inspiración. Cada día de trabajo incansable y cada muestra de cariño que me has brindado son tesoros que valoro profundamente. Tu presencia ha sido mi fortaleza en los momentos difíciles y tu fe en mí ha sido el motor que me ha impulsado a perseverar. Esta tesis es un modesto tributo a tu dedicación y amor, que han dejado una huella imborrable en mi vida.

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Milton Cuenca Cabrera, cuya guía y sabiduría han sido la columna vertebral de esta investigación. Su experiencia, paciencia y apoyo constante fueron esenciales para la culminación de este trabajo. Sus valiosos consejos y su incansable dedicación no solo enriquecieron esta tesis, sino que también contribuyeron significativamente a mi crecimiento académico y profesional. Su fe inquebrantable en mis capacidades me impulso a superar obstáculos y a alcanzar niveles que nunca imaginé posibles.

DEDICATORIA

A mis padres, faros incansables en mi travesía académica y manantiales eternos de amor incondicional. Cada palabra aquí plasmada es un homenaje a su sabiduría y a las invaluable lecciones que han sembrado en mi corazón.

A mi familia, por ser mi ancla en las tormentas y mi vela en los días de calma. Su paciencia ante mis ausencias, su comprensión en mis momentos de duda y su alegría compartida en cada pequeño triunfo han sido el aliento que ha impulsado mis sueños. En su amor he encontrado la fuerza para perseverar.

A mis maestros y mentores, arquitectos de mi conocimiento y escultores de mi pensamiento crítico. Su pasión por el saber, su generosidad al compartir experiencias y su guía certera han sido los cimientos sobre los que he construido esta investigación. Su huella perdurará en cada idea aquí expuesta.

A mis amigos y compañeros de viaje, por ser oasis de risas en los momentos de estrés y fuente de motivación en los instantes de duda. Su camaradería ha hecho este camino no solo más llevadero, sino también más enriquecedor.

Que este trabajo sea un tributo a la red de apoyo, conocimiento y amor que me ha sostenido y elevado hasta aquí. Esta tesis es tanto mía como de todos ustedes.

Con todo mi amor, Tamara Bricio Rojas.

RESUMEN

El análisis de la calidad de la energía eléctrica para mejorar la eficiencia energética en las instalaciones industriales de EPMAPAQ es un tema de investigación crucial en el ámbito de la ingeniería eléctrica y la gestión energética. Este estudio se enfoca en examinar minuciosamente los parámetros que definen la calidad del suministro eléctrico, como los niveles de tensión, la distorsión armónica, el factor de potencia y la continuidad del servicio. El objetivo principal es identificar áreas de mejora que permitan optimizar el rendimiento energético de las instalaciones, reduciendo costos operativos y minimizando el impacto ambiental.

La implementación de un análisis exhaustivo de la calidad de la energía puede revelar problemas ocultos que afectan negativamente la eficiencia de los procesos industriales. Mediante el uso de tecnologías avanzadas de monitoreo y análisis de redes eléctricas, es posible detectar anomalías como fluctuaciones de voltaje, desequilibrios de fase o presencia de armónicos que pueden causar daños a los equipos y reducir su vida útil. Al abordar estos problemas, EPMAPAQ puede lograr una significativa mejora en la confiabilidad de sus sistemas eléctricos, lo que se traduce en una mayor productividad y en la reducción de tiempos de inactividad no programados.

La optimización de la calidad de la energía eléctrica no solo beneficia a EPMAPAQ en términos de eficiencia operativa, sino que también contribuye a su compromiso con la sostenibilidad. Al mejorar la eficiencia energética, la empresa puede reducir su huella de carbono y alinearse con las metas globales de conservación de recursos. Además, este enfoque proactivo en la gestión de la energía puede resultar en ahorros sustanciales en costos energéticos, permitiendo a EPMAPAQ reinvertir estos recursos en innovación y mejora continua de sus procesos industriales.

Palabras clave: Calidad de energía eléctrica, eficiencia energética, instalaciones industriales, análisis de redes eléctricas, optimización energética.

ABSTRACT

The analysis of electrical power quality to improve energy efficiency in EPMAPAQ's industrial facilities is a crucial research topic in the field of electrical engineering and energy management. This study focuses on thoroughly examining the parameters that define the quality of electrical supply, such as voltage levels, harmonic distortion, power factor, and service continuity. The main objective is to identify areas for improvement that allow optimizing the energy performance of the facilities, reducing operational costs and minimizing environmental impact.

The implementation of a comprehensive power quality analysis can reveal hidden problems that negatively affect the efficiency of industrial processes. Through the use of advanced electrical network monitoring and analysis technologies, it is possible to detect anomalies such as voltage fluctuations, phase imbalances, or the presence of harmonics that can cause equipment damage and reduce their lifespan. By addressing these issues, EPMAPAQ can achieve a significant improvement in the reliability of its electrical systems, which translates into increased productivity and reduction of unscheduled downtime.

The optimization of electrical power quality not only benefits EPMAPAQ in terms of operational efficiency but also contributes to its commitment to sustainability. By improving energy efficiency, the company can reduce its carbon footprint and align with global resource conservation goals. Furthermore, this proactive approach to energy management can result in substantial savings in energy costs, allowing EPMAPAQ to reinvest these resources in innovation and continuous improvement of its industrial processes.

Keywords: Electrical power quality, energy efficiency, industrial facilities, electrical network analysis, energy optimization.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
CÓDIGO DUBLIN.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación.....	5
CAPITULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.1. Marco conceptual	8
2.1.1. Calidad de la energía eléctrica.....	8
2.1.1.1. Armónicos.	8
2.1.2. Voltaje	9
2.1.2.1. Corriente.....	9
2.1.2.2. Frecuencia.....	9
2.1.2.3. Demanda energética.	10

2.1.2.4.	Potencia activa.....	11
2.1.2.5.	Potencia reactiva.....	12
2.1.2.6.	Factor de potencia.....	12
2.1.2.7.	Distorsión armónica.....	13
2.1.2.8.	Flicker.....	14
2.1.3.	Relación entre Calidad de Energía y Eficiencia Energética	14
2.1.3.1.	Impacto de la calidad de energía en la eficiencia energética.....	14
2.1.3.2.	Impacto de la calidad de energía en la eficiencia energética.....	15
2.1.3.3.	Cómo la mejora de la calidad de energía aumenta la eficiencia energética. 15	
2.1.4.	Estrategias para mejorar la calidad de energía	16
2.1.4.1.	Corrección del factor de potencia.....	16
2.1.4.2.	Filtrado de armónicos.	16
2.1.4.3.	Estabilizadores de voltaje.	17
2.1.5.	Técnicas para aumentar la eficiencia energética	17
2.1.5.1.	Optimización de procesos industriales.	17
2.1.5.2.	Implementación de sistemas de gestión energética.	18
2.1.6.	Impacto económico.....	19
2.1.6.1.	Costos asociados a la baja calidad de energía.	19
2.1.6.2.	Beneficios económicos de la mejora de la calidad energía.	19
2.1.6.3.	Desafíos actuales en calidad de energía y eficiencia.	20
2.2.	Marco referencial.....	21
2.2.1.	Principios y fundamentos de la eficiencia energética.....	21
2.2.1.1.	Impacto de la mala calidad de energía en las instalaciones eléctricas.....	22
CAPITULO III.....		23
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		23
3.1.	Localización.....	24
3.2.	Tipo de investigación.....	24
3.2.1.	Investigación Experimental	24
3.2.2.	Investigación descriptiva	25
3.3.	Métodos de investigación	25
3.3.1.	Método analítico	25

3.3.2.	Método de observación.....	26
3.4.	Fuentes de recopilación	26
3.5.	Diseño de la investigación.....	26
3.5.1.	Dispositivos eléctricos que se encuentran en el EPMAPAQ	26
3.5.2.	Diagrama unifilar del sistema eléctrico del EPMAPAQ	31
3.5.3.	Factores críticos que afectan la eficiencia y calidad energética en el EPMAPAQ.....	32
3.5.4.	Propuesta de mejora en la calidad y eficiencia energética en el EPMAPAQ 33	
3.5.5.	Evaluación técnico-económica de la implementación de propuestas de mejora 34	
3.6.	Instrumento de investigación.....	34
3.6.1.	Observación.....	34
3.7.	Tratamiento de datos	34
3.8.	Recursos tecnológicos	34
CAPITULO IV		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1.	Análisis de los parámetros de calidad.....	36
4.1.1.	Variaciones de voltaje	36
4.1.2.	Variaciones de distorsión armónica de voltajes	37
4.1.3.	Variaciones del factor de potencia.....	38
4.1.4.	Identificación de los parámetros más afectados por la vida útil.....	40
4.1.4.1.	Afectaciones por el voltaje.	40
4.1.4.2.	Afectaciones por distorsión armónica de voltajes.	40
4.1.4.3.	Afectaciones por factor de potencia.	41
4.2.	Análisis de la fuente de ineficiencia energética.....	41
4.2.1.	Identificación de las principales fuentes.....	41
4.2.2.	Cuantificación de las pérdidas energéticas.....	42
4.2.3.	Frecuencia y duración de las perturbaciones.....	43
4.2.4.	Relación entre las fuentes de ineficiencia y las perturbaciones.....	44
4.2.5.	Efectos en la calidad del agua, la productividad y los costos.....	45
4.2.6.	Evaluación de la presencia de perturbaciones en la calidad de la energía ...	45

4.2.7.	Relación entre las perturbaciones y el funcionamiento de los equipos	47
4.2.7.1.	Impacto de las perturbaciones en el voltaje.....	47
4.2.7.2.	Efectos en el funcionamiento de los equipos.....	47
4.2.8.	Identificación de los puntos críticos donde las perturbaciones afectan negativamente la eficiencia	47
4.2.8.1.	Distorsión armónica total de voltaje (THD).	47
4.2.8.2.	Fluctuaciones de voltaje.	48
4.2.8.3.	Desbalance de voltaje.	49
4.3.	Propuesta de soluciones técnicas.....	50
4.3.1.	Regulación de voltaje	50
4.3.1.1.	Compensación de potencia reactiva.	50
4.3.1.2.	Filtrado de armónicos.	51
4.3.1.3.	Balanceo de cargas.	51
4.3.2.	Estrategias de gestión energética.....	51
4.3.2.1.	Implementación de un sistema de monitoreo continuo.	51
4.3.2.2.	Programa de mantenimiento preventivo.....	52
4.3.2.3.	Capacitación del personal técnico.	52
4.3.3.	Impacto esperado en la calidad y eficiencia del sistema eléctrico.....	52
4.3.3.1.	Mejora en los indicadores de calidad de energía.....	52
4.3.3.2.	Reducción de pérdidas y optimización del consumo.....	53
4.3.3.3.	Aumento de la vida útil de los equipos.....	53
4.4.	Evaluación de los beneficios técnicos	53
4.4.1.	Mejoras en la eficiencia operativa	53
4.4.1.1.	Incremento en la capacidad de producción.....	54
4.4.1.2.	Reducción de tiempos de proceso.	54
4.4.2.	Evaluación de los beneficios económicos	55
4.4.2.1.	Proforma para mejora de eficiencia.....	55
4.4.2.2.	Análisis costo-beneficio.	56
4.4.2.3.	Impacto en los costos operativos.....	56
4.4.2.4.	Retorno sobre la inversión (ROI).	56
4.4.3.	Discusión de los resultados.....	57

4.4.3.1.	Interpretación de los hallazgos principales.....	57
4.4.3.2.	Relación entre los beneficios técnicos y económicos.....	57
4.4.3.3.	Factores que contribuyeron al éxito de las propuestas.	58
4.4.3.4.	Desafíos encontrados durante la implementación.	58
4.4.4.	Simulación en el Software Excel.....	59
4.4.4.1.	Análisis de desbalance de cargas.....	59
4.4.4.2.	Comportamiento de la energía.....	60
4.4.4.3.	Cálculo de la compensación reactiva.....	62
4.4.4.4.	Cálculo del capacitor.	62
4.4.4.5.	Cálculo de la potencia aparente.	63
4.4.4.6.	Cálculo de número de pasos.	65
CAPITULO V.....		66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		66
5.1.	Conclusiones.....	67
5.2.	Recomendaciones	67
CAPITULO VI		69
BIBLIOGRAFÍA		69
CAPITULO VII		75
ANEXOS		75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de placa de las bombas en funcionamiento	27
Tabla 2. Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los lunes	27
Tabla 3. Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los martes	28
Tabla 4. Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los miércoles ..	28
Tabla 5. Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los jueves.....	29
Tabla 6. Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los viernes	29
Tabla 7. Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los sábados	30
Tabla 8. Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los domingos ..	30
Tabla 9. Datos obtenidos de factor de potencia	33
Tabla 10. Voltajes obtenidos	36
Tabla 11. Distorsión armónica total de voltaje (THD)	38
Tabla 12. Variaciones del factor de potencia	39
Tabla 13. Tabla comparativa de problemas y consecuencias	42
Tabla 14. Comparación de los valores actuales y los objetivos.....	43
Tabla 15. Comparaciones de la situación actual VS ARCONEL	44
Tabla 16. Valores observados en el FP y THD.....	45
Tabla 17. Datos principales de varios parámetros	46
Tabla 18. Distorsiones Armónicas Totales (THD)	48
Tabla 19. Eventos críticos de voltaje	49
Tabla 20. Desbalances Críticos Observados.....	50
Tabla 21. Proforma para la mejora de eficiencia en la EPMAPAQ	55
Tabla 22. Comparación con el Estado Inicial	57
Tabla 23. Análisis de desbalance de cargas	59
Tabla 24. Promedio del análisis de desbalance de cargas.....	60
Tabla 25. Comportamiento de las cargas.....	60
Tabla 26. Cálculo para la compensación reactiva.....	62
Tabla 27. Cálculo del capacitor	62
Tabla 28. Cálculo de la potencia aparente	63
Tabla 29. Cálculo del número de pasos	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Indicadores de Calidad de Servicio Técnico	8
Figura 2. Demanda energética	11
Figura 3. Ubicación de la EPMAPAQ.....	24
Figura 4. Circuito de fuerza del cuarto de control de la EPMAPAQ	31
Figura 5. Circuito conectado desde la RED de la CNEL hasta el cuarto de control de la EPMAPAQ	32
Figura 6. Variaciones de voltaje	37
Figura 7. Distorsión armónica total de voltaje (THD).....	38
Figura 8. Variaciones del Factor de Potencia	40
Figura 9. Comportamiento de las cargas	61
Figura 10. Corrección de la potencia aparente	64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos obtenidos del THD correspondientes a los voltajes	76
Anexo 2. Datos obtenidos de corrientes	85
Anexo 3. Datos obtenidos del factor de potencia	94
Anexo 4. Gráfica de los datos obtenidos en los voltajes	104
Anexo 5. Gráfica de los datos obtenidos en los voltajes	104
Anexo 6. Gráfica de los datos obtenidos en los THD correspondiente a los voltajes	105
Anexo 7. Gráfica de los datos obtenidos en los THD correspondiente a los voltajes	105
Anexo 8. Gráfica de los datos obtenidos en los THD correspondiente a los voltajes	106
Anexo 9. Gráfica de los datos obtenidos en los THD correspondiente a los voltajes	106

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Análisis de la calidad de energía eléctrica para mejorar la eficiencia energética en las instalaciones eléctricas de EPMAPAQ			
Autor:	Tamara Maritza Bricio Rojas			
Palabras claves:	Calidad de energía eléctrica	Eficiencia energética	Optimización energética	Análisis de redes eléctricas
Fecha de publicación:	JUNIO-2025			
Editorial:	Quevedo- UTEQ “La María”, 2024			
Resumen: (hasta 300 palabras)	El análisis de la calidad de la energía eléctrica en las instalaciones industriales de EPMAPAQ resulta fundamental para optimizar la eficiencia energética y la gestión de los recursos eléctricos, ya que permite identificar y corregir deficiencias en el suministro que pueden afectar tanto el rendimiento de los equipos como los costos operativos y el impacto ambiental. Este proceso implica la evaluación detallada de parámetros clave como los niveles de tensión, la distorsión armónica, el factor de potencia y la continuidad del servicio, los cuales son esenciales para garantizar la estabilidad y seguridad de la red eléctrica industrial. La medición y monitoreo constante de estos parámetros, mediante instrumentos especializados como analizadores de calidad de energía, posibilita detectar fluctuaciones de voltaje, presencia de armónicos, desequilibrios de fase y eventos transitorios, factores que pueden provocar sobrecalentamiento, fallos prematuros y desgaste acelerado de los equipos, además de pérdidas energéticas significativas y riesgos para la seguridad de las instalaciones. Una calidad deficiente de la energía se traduce en mayores costos por mantenimiento, tiempos de inactividad no planificados y reducción de la vida útil de los equipos industriales, lo que afecta directamente la productividad y la rentabilidad de la empresa. Por ello, el análisis de la calidad eléctrica no solo busca cumplir con normativas nacionales e internacionales, sino también implementar soluciones técnicas como la corrección del factor de potencia mediante bancos de capacitores o la mitigación de armónicos con filtros adecuados, contribuyendo así a un suministro eléctrico más confiable, eficiente y respetuoso con el medio ambiente. En definitiva, la gestión proactiva de la calidad de la energía eléctrica es una estrategia indispensable para las industrias modernas que aspiran a la sostenibilidad, la reducción de costos y la mejora continua de sus procesos productivos			
Abstract: (hasta 300 palabras)	Analyzing the quality of electrical power at EPMAPAQ's industrial facilities is essential for optimizing energy efficiency and managing electrical resources, as it allows for identifying and correcting supply deficiencies that can affect equipment performance, operating costs, and environmental impact. This process involves a detailed evaluation of key parameters such as voltage levels, harmonic distortion, power factor, and service continuity, which are essential for ensuring the stability and security of the industrial electrical grid. Constant measurement and monitoring of these parameters, using specialized instruments such as power quality analyzers, makes it possible to detect voltage fluctuations, harmonics, phase imbalances, and transient events. These factors can lead to overheating, premature failure, and accelerated equipment wear, as well as significant energy losses and risks to facility safety. Poor power quality translates into higher maintenance costs, unplanned downtime, and a reduced lifespan of industrial equipment, which directly impacts the company's productivity and profitability. Therefore, power quality analysis not only seeks to comply with national and international regulations, but also to implement technical solutions such as power factor correction using capacitor banks or harmonic mitigation with appropriate filters, thus contributing to a more reliable, efficient, and environmentally friendly power supply. Ultimately, proactive management of power quality is an essential strategy for modern industries that aspire to sustainability, cost reduction, and continuous improvement of their production processes.			
Descripción:	125 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

La calidad de la energía eléctrica se ha convertido en un aspecto crucial para el funcionamiento eficiente y confiable de los sistemas eléctricos modernos. En el contexto de las instalaciones eléctricas de EPMAPAQ, el análisis de la calidad de energía eléctrica representa una oportunidad significativa para mejorar la eficiencia energética y optimizar el rendimiento de los equipos y procesos [1].

El análisis de la calidad de la energía eléctrica incluye varios parámetros, como armónicos, fluctuaciones de voltaje, factor de potencia y evaluación del desequilibrio de carga [2]. En el ámbito industrial, estos factores pueden tener un impacto significativo en la eficiencia energética, ya que las distorsiones en las formas de onda eléctricas pueden causar pérdidas de energía y aumentar el consumo de los equipos [3].

Un análisis de la calidad energética en las instalaciones de EPMAPAQ ofrece una oportunidad única para identificar áreas de mejora críticas, implementar estrategias correctivas efectivas y optimizar el consumo eléctrico global. Este enfoque integral no solo promete una significativa reducción en los costos operativos, sino que también conlleva un aumento sustancial en la fiabilidad del sistema eléctrico y fomenta la adopción de prácticas operativas más sostenibles [4]. Al alinearse con los estándares contemporáneos de eficiencia energética y mejorar la gestión de recursos, EPMAPAQ puede posicionarse como líder en sostenibilidad en su sector. Esta aproximación holística sienta las bases para una transformación a largo plazo en la infraestructura eléctrica de la empresa, promoviendo una cultura de mejora continua y responsabilidad ambiental que no solo beneficia económicamente a la organización, sino que también contribuye significativamente a su compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia energética[5].

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La mala calidad de la energía eléctrica puede manifestarse a través de perturbaciones como caídas de tensión, armónicos, interrupciones de servicio y en fluctuaciones en la frecuencia, las perturbaciones afectan tanto el rendimiento de los equipos, sino también puede acortar la vida útil de los equipos y aumentar costos de mantenimiento. Sin embargo, la creciente de las instalaciones industriales y el aumento en el uso de dispositivos electrónicos han llevado a un deterioro en la calidad del suministro eléctrico, lo que puede resultar en pérdidas tanto económicas significativas y el aumento en los costos operativos [6].

Se ha demostrado que una mala calidad de energía eléctrica puede llevar a que el consumo eléctrico sea elevado debido a que trabaja de manera ineficiente. Esto también incrementa los costos operativos, sino que también afecta a la sostenibilidad ambiental al generar un mayor consumo de recursos energéticos[7].

Para poder solucionar estos problemas, se propone el monitoreo continuo de los parámetros eléctricos. Se requiere utilizar analizadores de energía para recopilar datos sobre voltaje, frecuencia, corrientes en tiempo real y en intervalos de 10 minutos [7]. Después de obtener datos reales, se deberá realizar el análisis para ver en que parámetros existen inconvenientes y así buscar soluciones técnicas.

Existe la regulación de calidad de energía, que establecen parámetros mínimos y máximos de parámetros de energía eléctrica. Sin embargo, existen empresas industriales que no cumplen con estos estándares debido a la falta de monitoreo y un debido análisis de calidad de energía eléctrica [8]

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los principales problemas de calidad de la energía eléctrica que afectan la eficiencia energética en las instalaciones industriales de EPMAPAQ y qué soluciones se pueden implementar para mejorarla?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuáles son los principales parámetros de calidad de la energía eléctrica que deben ser evaluados en las instalaciones de EPMAPAQ y cómo afectan la vida útil de los equipos eléctricos?

¿Cuáles son las principales fuentes que afectan la eficiencia energética y perturbaciones en la calidad de la energía en los procesos industriales de tratamiento y distribución de agua potable en EPMAPAQ?

¿Qué soluciones técnicas y de gestión pueden implementarse para mejorar la calidad de la energía y la eficiencia energética del sistema eléctrico en las instalaciones industriales de EPMAPAQ?

¿Cuáles son los beneficios técnicos y económicos esperados de las soluciones propuestas de mejora en la calidad de la energía y la eficiencia energética en las instalaciones industriales de EPMAPAQ?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Analizar la calidad de la energía eléctrica en las instalaciones industriales de EPMAPAQ para proponer mejoras que incrementen la eficiencia energética y optimicen el funcionamiento de los sistemas eléctricos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el impacto de la vida útil en los equipos eléctricos mediante la determinación de los parámetros que influyen en la calidad de energía.
- Analizar las principales fuentes que afectan la eficiencia energética y perturbaciones en la calidad de la energía dentro de los procesos industriales de tratamiento y distribución de agua potable.
- Proponer soluciones técnicas y de gestión para la mejora de la calidad y eficiencia energética del sistema eléctrico de la EPMAPAQ.
- Evaluar los beneficios técnicos y económicos de la implementación de las propuestas de mejora.

1.3. Justificación

El debilitamiento de la calidad en el suministro eléctrico se convirtió en uno de los problemas fundamentales que se debían resolver posteriormente, de forma consecuente al aumento de las cargas no lineales y las cargas densas sobre los dispositivos eléctricos en áreas de la industria. Publicaciones anteriores mostraron que varios de esos disturbios como saltos continuos en tensión, armónicos y frecuencia pudieron llegar a faltar en los equipos y resultar en la interrupción de la producción y daños financieros, se observó que incluso a pequeñas variaciones en los parámetros eléctricos, podía originarse la no eficiente o dañada operación de los sistemas de control y automatización. [8] .

El estudio de la calidad de la electricidad era importante porque tenía que cumplir con las normativas técnicas sobre la calidad del suministro eléctrico teniendo en cuenta los requerimientos sobre el proceso de suministro. La normativa técnica de la calidad de los servicios eléctricos establecía parámetros específicos que debían asegurar el suministro adecuado del servicio. Entre los parámetros más importantes analizados en el estudio se encontraban las variaciones de tensión, la frecuencia nominal, perturbaciones y factores de potencia. Comentaron que las variaciones de tensión no podrían ser superiores al $\pm 5\%$ del valor nominal, mientras que la frecuencia estaría limitada en 60 Hz con un margen de $\pm 0.6\%$. Las perturbaciones, armónicos y la perturbación del Flicker también se estudiaron en mínimos. Se llegó a determinar los máximos valores aceptables de distorsión total en armónicos y métodos para medir y controlar Flicker. Otro de los aspectos que pusieron de igual modo factibles fueron los factores de potencia, que funcionó como el indicador del nivel de eficiencia en la utilización de energía, se lo estableció en mínimo 0.96 para no pasar a la penalización que representa la energía eléctrica consumida de manera prohibitiva. [9].

En el caso concreto de EPMAPAQ, la determinación y la oportunidad del problema de calidad de energía eléctrica en la identificación se presentó como una oportunidad importante de optimización de operaciones para la compañía. En consecuencia, la dirección de la empresa señaló que abordar estos problemas resultaría en una enorme cantidad de confiabilidad de sus sistemas eléctricos. La implementación de una correctiva sería aplicada en un ámbito que extendería un tiempo en los equipos utilizados para las instalaciones industriales de la compañía. Acuerdo que, al resolverse los problemas, la empresa no se verá

en la necesidad de operar sin una cantidad inacabada de procesos productivos costosas. En consecuencia, la estrategia para lograr los ambiciosos objetivos de la empresa se alineaba con la búsqueda de la eficiencia de operación y reducción de los costos de mantenimiento y reemplazo prematuro de equipos. Significaba para la EPMAPAQ que se completaban estas ideas no solo para el beneficio financiero de la empresa sino también para su sostenibilidad a largo plazo.

CAPITULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

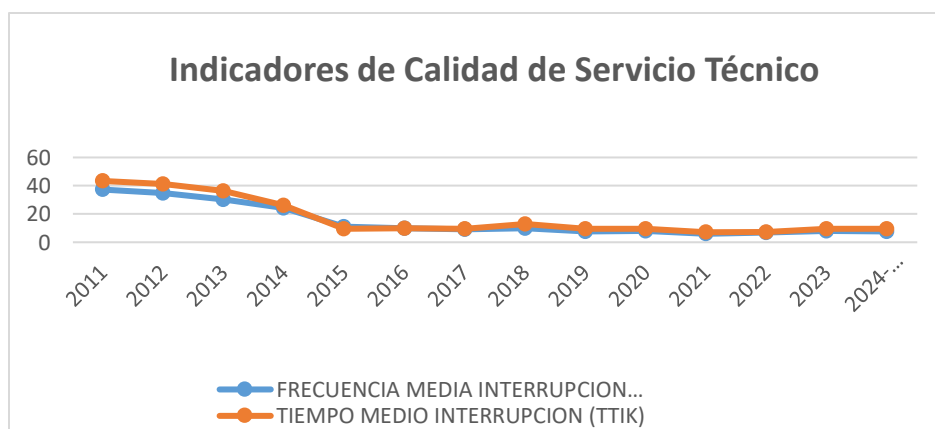
2.1.Marco conceptual

2.1.1. Calidad de la energía eléctrica

La calidad de la energía es otra característica esencial de los sistemas eléctricos modernos, que se refiere a las propiedades y condiciones de la energía distribuida para garantizar las actividades eficientes de los equipos correspondientes [10]. Estos parámetros incluyen estabilidad respecto al voltaje y la frecuencia; el tiempo de operación sin interrupciones. Una colección adecuada de la calidad de la energía es necesaria debido al hecho de que las desviaciones de estos parámetros pueden hacer que el equipo funcione mal o reducir su vida útil [11]. En la figura 1 podemos observar los indicadores de calidad de energía

Figura 1

Indicadores de Calidad de Servicio Técnico



Nota: Los datos obtenidos para esta grafica fueron tomados desde la página web de la CNEL E.P.

2.1.1.1. Armónicos.

Los componentes armónicos de los sistemas eléctricos pueden definirse como aquellas ondas de voltaje o de corriente que poseen como frecuencias aquellos múltiplos enteros de la frecuencia fundamental del sistema. Cuando una onda periódica no tiene esta forma sinusoidal se dice que tiene contenido armónico, lo cual puede alterar su valor pico y/o valor RMS causando alteraciones en el funcionamiento normal de los equipos que estén sometidos

a esta tensión[12]. La distorsión de armónicos ante los dispositivos conectados al sistema eléctrico provocó una disminución en eficiencia energética y vida según se refiere a las ondas fundamentales. La distorsión total por armónicos THD, como la clave de indicadores fue considerada en la ecuación para medir durante cuantificando de cuánto estaba distorsionando la onda fundamental en última instancia. En resumen, los problemas discutidos indicaron la necesidad de alguna mitigación y controles armónicos en el sistema eléctrico para asegurar la calidad del suministro de energía en sus máximos y proteger de daño todos los equipos afectados [13].

2.1.2. *Voltaje*

El voltaje es un concepto en electrónica y electricidad fundamental para el aprendizaje de cómo funcionan los dispositivos y sistemas eléctricos. Sintetizando se podría decir que la presión del voltaje es lo que mueve corriente eléctrica por un circuito, lo que tampoco es más que la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos; también se le llama tensión eléctrica o diferencia de potencial eléctrica. Un voltaje se mide en voltios (V). Un voltaje alto puede permitir que más electricidad fluya a través de un dispositivo electrónico. Se refiere al voltio en la unidad del Sistema Internacional como Julio dividido por Coulomb, lo cual relaciona la energía aplicada en mover una carga eléctrica con su medida [14].

2.1.2.1. *Corriente.*

La corriente eléctrica es un concepto importante en se parte del estudio del fenómeno eléctrico. La definición de está como el movimiento de electricidad a través de un material conductor, el movimiento de electrones. En términos matemáticos, la corriente eléctrica es la cantidad de carga que pasa por sí en un conductor en una unidad de tiempo. En el Sistema Internacional, la unidad de medida de la corriente es el amperio que es unidad que equivale a culombios por segundo: (C/s) [15].

2.1.2.2. *Frecuencia.*

La frecuencia eléctrica fue un concepto básico quizá fundamental para los sistemas eléctricos; se definía como la cantidad de ciclos completos que una onda de corriente alterna completaba en segundo. Se medía en hercios se convirtió en Hz, cuando un Hz era un ciclo

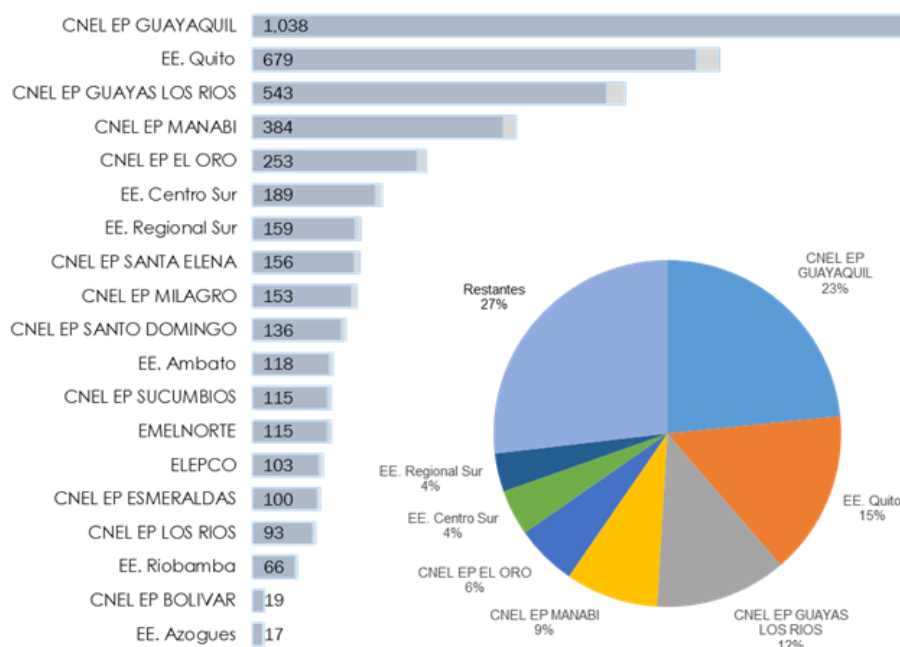
seguido por segundo doscientos de frecuencia son. Frecuencia eléctrica, por su parte es más técnico puede medirse. Este es la velocidad a la que la corriente alterna se invierte de sentido, u operación de polaridad en un tiempo dada. Cabe recoger desde entonces, que fue un valor esencial para el funcionamiento y la operación estable de las redes eléctricas [16]. Este parámetro se transformó en un componente esencial en el funcionamiento y la supervivencia de las redes eléctricas; a) los ingenieros y técnicos lo emplearon para asegurar la equivalencia de operación y rendimiento de los equipos eléctricos y electrónicos que operaban en un ramal en particular; b) la mayor parte de los países adoptó 50 Hz o 60 Hz como frecuencia estándar para sus redes comerciales e industriales, lo cual mejoró la posibilidad de estandarización y calidad en los sistemas eléctricos en general [17].

2.1.2.3. Demanda energética.

La demanda energética es un concepto central en el manejo y la planificación del sistema energético. Muy reducido, podría decirse que es simplemente la cantidad de energía que requieren los consumidores en una unidad de tiempo compartida general de electricidad, calefacción, transporte entre otros. La demanda energética se mantiene directamente vinculada con el desarrollo económico y social de un país o región en particular. La existencia de una sociedad mientras se desarrolla y crece el nivel de desarrollo económico, es probable que se necesite más energía [18]. Muchos factores explican este crecimiento como el incremento de la población, industrialización, urbanización, el incremento en los estándares de vida, lo cual quiere decir que se usa más aparatos eléctrico y tecnologías que consumen energía. La gestión de la demanda eléctrica es un aspecto esencial para operadores de redes y desarrolladores de planes, ya que la producción eléctrica debe ser capaz de abastecer de forma constante la demanda. Esto significa no solo de energía total consumida sino también de los tiempos de consumo a lo largo del día y las subidas estacionales [19]. En la figura 2 podemos observar el consumo de energía de las diferentes empresas distribuidoras.

Figura 2

Demanda energética



FUENTE: CENACE

2.1.2.4. Potencia activa.

La potencia activa resultó reconocida como concepto central en la ingeniería eléctrica. Según la ley, se le definió como lo que es la energía que cualquier sistema eléctrico puede utilizar para hacer trabajo útil. Los ingenieros reconocieron esta cantidad era el factor de la potencia eléctrica en sí que se obviamente convertía en forma de energía diferente, mecánico, luminosa o térmica. Como tal, se constituyó con base en la clave para entender y enunciar lo que sea eficiente de los sistemas eléctricos; los profesionales pudieron adquirir cuánta energía era aprovechada cada vez en un circuito empíricamente posible. La habilidad para comprender esto era central en el diseño y mejora de sistemas eléctricos electros informantes [20]. Con respecto al análisis de los flujos de potencia, la potencia activa fue una de las variables más críticas utilizadas para observar el comportamiento de los sistemas eléctricos en el estudio. Los autores mencionaron que, de no gestionadas adecuadamente, los sistemas eléctricos creados como parte del proyecto no tendrían la estabilidad y eficiencia. La

medición y control de potencia activa se necesitaban esenciales en lo que respecta a la operación de los sistemas eléctricos. Los ingenieros crearon cadenas de potencia activa, que era el nombre que se les dio a los instrumentos que permitían grabar y medir consumos energéticos en tiempo real. Las redes de ingeniero que se necesitaban monitorear y consecuentemente permitieron a los operadores obtener datos fidedignos sobre el flujo de la potencia activa mediante cual se presentaban en diferentes puntos de un sistema. Por lo que fue posible ajustar la distribución de energía, evitar sobrecargas, y mejorar su eficiencia por vistas. La obtención de estas tecnologías fue un paso gigante para la administración de sistemas eléctricos de manera complejo [21].

2.1.2.5. Potencia reactiva.

La potencia reactiva posee una relación muy estrecha con el factor de potencia de un sistema eléctrico. Un factor de potencia bajo refleja el consumo de mucha potencia reactiva, lo cual a su vez se traduce en consumo de energía mal aprovechada y eficiencia a nivel de red. En los sistemas de potencia, lo antedicho es que la gestión de la potencia reactiva se debe de realizar de manera adecuada con el fin de mantener la tensión en equilibrio y también en flujo de potencia, la potencia reactiva desbocada plantea problemas como pérdida de potencia, sobre calentamientos a cables y equipos y variabilidad de tensión [22]. Varias soluciones y dispositivos se implementaron para reemplazar la ausencia de potencias reactivas, con lo que se mejoró la eficiencia de los sistemas eléctricos. La mayoría de ellas se debían a las plantas de almacenamiento de condensadores, tanto fijas como automáticas; el uso de dichos sistemas para la compensación de factor de potencia, lo que reducía la demanda de potencia reactiva sobre la red. A través de ellos los operadores de sistemas eléctricos podían realizar sistemas de rendimiento óptimo para sus redes, disminuyendo las pérdidas energéticas en los niveles y ajustando voltaje en varios nodos de la infraestructura eléctrica; se ajustaba el voltaje [23]

2.1.2.6. Factor de potencia.

El factor de potencia resultó ser lo que se identificó como un concepto primordial de ingeniería eléctrica que describe la eficiencia de cómo energía se consume en un sistema. De acuerdo con la deficiencia del tópico, se expresaba como la relación de la potencia activa,

que es la parte de la potencia que se empleó para hacer trabajo ideal, entre la potencia aparente, que sigue siendo la entregada en su totalidad por la fuente. Los ingenieros representaron matemáticamente como el coseno del ángulo entre tensión y corriente en un circuito de corriente alterna. Este parámetro facilitaba la probada y optimización de la eficiencia en sistemas eléctricos, creando un componente esencial de evalúa la operación de instalaciones eléctricas comerciales e industriales [24].

La corrección del factor de potencia se convirtió en una parte normal de una instalación eléctrica industrial y comercial. Era posible gracias a la instalación de dispositivos de compensación, bancos de capacitores serían la potencia reactiva local requerida para reducir la demanda de esta parte de energía de la red. De esa manera, el uso efectivo de la energía, a través de mejorar la factibilidad de energía enseñando los costos se incrementa automáticamente. Sin embargo, para cargas no lineales, se requería corrección por métodos más avanzados, filtros pertenecientes a activos y pasivos de armónicos, entre otros; lo que permitía a las empresas ajustar la cantidad de energía que consumían para reducir sus costos operativos y mejorar la calidad general de energía en sus instalaciones [25].

2.1.2.7. Distorsión armónica.

La distorsión armónica fue el fenómeno que se dio con la calidad de energía eléctrica en los sistemas de potencia del siglo que más tarde podría ser identificado; se define los científicos. La definieron como la variación en la onda de voltaje o corriente de la señal con respecto a la onda sinusoidal sin planta eléctrica adecuada, y que se da en una frecuencia fundamental de señal de un sistema eléctrico [26]. Se encontró en la literatura que esta distorsión se manifiesta cuando la señal de salida difiere mínimamente de la entrada. Esto tiene como consecuencia modificar la forma de la señal por el armónico debido a la introducción de armónicos no presentes en la señal original. Existen múltiples estrategias y tecnologías que se emplean para reducir la distorsión armónica que afecta a uno; filtros de armónicos son utilizados una de las más ampliamente adoptadas siendo activos, pasivos, o híbridos [27].

2.1.2.8. *Flicker.*

El flicker o parpadeo eléctrico es el nombre común de un fenómeno visual de tipo cambio en la intensidad de la luz que es visiblemente perceptible, y en la que se manifiestan las fluctuaciones de voltaje de las redes eléctricas. En especial, este evento es muy visible en aquellos sistemas de iluminación que no cuentan con regulación de voltaje adecuada e, como el caso particular, son utilizados para servir a una fuente común de alimentación, que vienen de otra fuente conexas con una demanda variable y de forma periódica. En la esfera técnica, puede declararse que el flicker es una variación perceptible del ojo humano de la luminosidad que proviene de fluctuaciones o de vibraciones de tensión en la red eléctrica; no solamente tiene consecuencias en el evento visual de la iluminación, sino que también en cuanto a la salud y el bienestar de las personas afectadas [28].

2.1.3. Relación entre Calidad de Energía y Eficiencia Energética

2.1.3.1. *Impacto de la calidad de energía en la eficiencia energética.*

El impacto de la calidad de energía en la eficiencia energética es un hecho central dentro del ámbito actual de sistemas eléctricos, involucra retos inmediatos para la industria y el desempeño sustentable. La calidad del señalamiento eléctrico adjunta, que refiere a las cualidades y condiciones de la señal de suministro eléctrico que aseguran la normal marcha y elevado rendimiento de conectados dispositivos, es; señal de voltaje y frecuencia, suministro presente y forma de la onda de señalamiento de tensión y corriente [29]. La interferencia de la calidad de energía en la eficiencia energética se manifiesta en varias maneras. Como resultado, por ejemplo, las oscilaciones de voltaje, lo que puede dejar inoperativo los motores eléctricos que consuman más electricidad de la que deben. Mientras tanto, los armónicos pueden provocar una mayor cantidad de pérdidas entre los transformadores y los conductores, afectando la eficiencia general del sistema eléctrico. Adicionalmente, paro de producción e inicios de evento transitorio, dañan serios temporariamente también, representando así el consumo adicional de energía para el reinicio relativo [30].

2.1.3.2. Impacto de la calidad de energía en la eficiencia energética.

El impacto de la calidad de energía en la eficiencia energética como asunto fundamental fue comprendido en el contexto del sistema eléctrico moderno; de esta manera, influyó profundamente sobre las diversas esferas de la industria y el proceso de desarrollo sostenible. Conforme a lo anterior, se define la calidad de la energía eléctrica como las que son las prestaciones y condiciones de suministro eléctrico propio, el de poder tener el equipamiento de los equipos conectados operando de forma adecuada y eficiente. Los autores identificaron que dichas prestaciones fueron la regularidad de voltaje y frecuencia; disponibilidad del servicio, la modalidad de onda de señales de corriente y tensión. bajo estos criterios, asegura los expertos que se determina apropiadamente la energía que se haya realizado y la vida útil del equipo, lo que al final, se positiva a la eficiencia y eficiencia del proceso productivo [31]

Diversas organizaciones comenzaron a considerar la gestión energética, que aborda tanto la calidad de energía como la eficiencia energética, como una prioridad estratégica. Gracias a la implementación de sistemas de gestión energética, estas organizaciones establecen marcos integrales de responsabilidades y procedimientos con los procesos de mejora continua. Los sistemas de gestión energética siempre contienen elementos cruciales, tales como el personal de entrenamiento, comprobaciones internas de procedimientos y corrección preventiva y correctiva. El enfoque sistémico permitió a las organizaciones abordar los problemas asociados con la calidad de los sistemas de energía y eficiencia energética para las organizaciones de manera integral [32].

2.1.3.3. Cómo la mejora de la calidad de energía aumenta la eficiencia energética.

La mejoría de la calidad de la energía conlleva impacto directo sobre el incremento eficiencia energética, asentando un impacto, todos en cuanto en beneficios para las organizaciones y la sociedad como tal a nivel económico y ambiental. La calidad de la energía es la descripción de las propiedades del suministro eléctrico para el ejecutarse de forma adecuada y eficiente los equipos conectados. la misma contiene características como voltaje y frecuencia estables, el servicio continuo, forma de onda de las señales de tensión y corriente, si la calidad de la energía es baja ocurren problemas como

variaciones, saltos, armónicos y eventos transitorios, que condicionan el mal funcionamiento de los equipos e incrementan el calor generado [33].

2.1.4. Estrategias para mejorar la calidad de energía

2.1.4.1. Corrección del factor de potencia.

La corrección del factor de potencia es una táctica determinante para favorecer la eficacia de sistemas eléctricos en plantas industriales y sistemas comerciales. Consiste en “Corregir” la relación que hay entre la potencia activa y la potencia aparente en un circuito eléctrico, por consiguiente, esto trae beneficios para el mismo usuario y al sistema eléctrico. El factor de potencia tiene una razón expresada como: de la potencia activa en KVA de potencia. Un factor de potencia óptimo así logrado mediante un nivel igualmente óptimo de compensación de potencia reactiva permitirá que se pueda realizar una adecuada elección de los diferentes componentes del sistema eléctrico, evitando el sobre dimensión de los conductores y costos innecesarios en el mantenimiento de un sistema eléctrico energético [34]. El factor de potencia corregido se puede alcanzar fácilmente utilizando capacitores. Estos dispositivos reactivos están diseñados para compensar la energía reactiva, al hacerlo, mejoran el factor de potencia de la instalación y ajustan el rendimiento del sistema. Sabiendo la corriente total en una instalación de tres fases, se puede determinar cuánto potencia reactiva se genera en el edificio localmente para alcanzar la corrección deseada. Además, no se puede olvidar que los usuarios finales de la corrección del factor de potencia no son los únicos beneficiados ya que incluso la red eléctrica misma no solo lo es. Así, por un lado, la reducción de potencia reactiva demandada libera la capacidad en la red; esta puede usarse para evitar encarecer hasta después la red y en general asegurar la estabilidad [35].

2.1.4.2. Filtrado de armónicos.

El filtrado de armónicos es uno de los métodos fundamentales que se utiliza para aumentar la calidad de energía eléctrica en los sistemas de distribución por causas específicas el estado de las cargas no lineales. Su finalidad es prevenir los efectos perjudiciales de distorsión armónica sobre la red eléctrica. En general, los filtros de armónicos se meten en dos grupos: pasivos y activos. Los filtros pasivos son los filtros simples sintonizados y la simple pasa alto, dependiendo de la tecnología pasiva, utilizan simplemente el inductor y la condición

para eliminar unos determinados armónicos específicos o distancia de frecuencia [36]. Los filtros activos conciben dispositivos más avanzados que se basan en electrónica de potencia para compensar dinámicamente los armónicos con los que se conocen los mismos someten; en otras palabras, pueden ajustarse a nuevas condiciones en la red, y además son capaces de compensar de una parte múltiples de armónicos al mismo tiempo. Los filtros activos van configurados de forma serie o paralelo con la carga: si el propósito es compensar armónicos de voltaje, serie, armónicos de corriente, paralelo [37].

2.1.4.3. Estabilizadores de voltaje.

Los estabilizadores de voltaje son dispositivos de importancia crítica en los sistemas eléctricos de potencia, destinados a mantener el voltaje de salida inalterado mientras este sufre alteraciones en el voltaje de entrada. Su objetivo es principalmente mantener la calidad y el estado estable del suministro eléctrico, lo cual es fundamental para asegurar el funcionamiento adecuado de equipos y procesos industriales [38]. Los estabilizadores más usuales son Estabilizadores de Sistema de Potencia también conocidos como PSS – los acrónimos de su idioma de origen “Power System Stabilizers”. Los dispositivos se emplean para amortiguar oscilaciones de baja frecuencia, que es necesario que no exceden los 0.1 a 3 Hz del rango, porque pueden restringir la cantidad potencial que se transporta de un generador a la carga. En otras palabras, PSS funciona como un elemento de control del sistema de excitación en el generador que introduce una señal mayor en fase a las desviaciones de velocidad del regulador de voltaje [39].

2.1.5. Técnicas para aumentar la eficiencia energética

2.1.5.1. Optimización de procesos industriales.

La optimización de procesos industriales es un tema vital para la mejora eficiente y eficiente de la productividad en la industria manufacturera. Este enfoque cumple su función eliminando las insuficiencias, haciendo disminuir los costos y mejorar la calidad del producto terminado. Un enfoque robusto de un proceso de procesos de optimización con algoritmos genéticos (AG). Ya que algoritmos genéticos han demostrado su efectividad al contar con capacidad para encontrar, en general o si puede crear modelos, una buena solución a numerosos problemas de gran tamaño que involucran muchísimas restricciones y objetivos

simultáneos [40]. Otra metodología debe considerarse es la Teoría de Restricciones. Se trata de un kit conceptual que se centra en la identificación y gestión de limitaciones o “cuellos de botella” de procesos productivos. La TOC se deriva de cinco pasos que son: la restricción, la aplicación de la restricción, la subordinación a la restricción de todo lo demás, elevación de la restricción y reciclar, su aplicación ha resultado tener una efectividad proporcional en los sectores metalmecánicos ya que ha permitido acelerar el flujo de producción y aumentar la eficiencia productiva [41]

2.1.5.2. Implementación de sistemas de gestión energética.

Una de las herramientas de que disponen las organizaciones en su estrategia de optimización de consumo energético, reducción de costos y mejoramiento ambiental se encuentra en sistemas de gestión energética SGE y, gracias a eso, se ha convertido en una estrategia prioritaria. Se refiere a una estrategia sistemática y estructurada que se encarga de administrar eficazmente el uso de energía en una organización. Desde las acciones planificadas hasta la implementación y operación del SGE, ejecutar es descrita como realizar las acciones planificadas. Esto puede variar desde la subdivisión tecnológica de maquinaria en los procesos, optimización de procesos y de la capacitación del personal en tiempo eficacia energética. Es importante poner en marcha procesos de supervisión operativamente y aceptar criterios de eficiencia energética producen máquinas y servicios [42]. Auditoría interna y revisión de la dirección esencial del SGE. Estas prácticas son de versión para evaluar la eficacia del sistema, de donde es crucial determinar oportunidades de mejora procesal y planear seguir adelante constaten naturaleza para asegurar que el SGE no se ha caído fuera no hace cuando sigue siendo adecuado y adecuado, La mejora continua es una de las prácticas generales que manifiestan aportes de revolución y reanudación continua de la forma o proceso principal. Por lo tanto, el SGE sería seguido por un ensayo de mejora continua PHVA para análisis de mejora continua: Planear, Hacer, Verificar y Actuar. Enfoque al proceso asegurará que el sistema será dinámico y participativo constante de los cambios en local y la operación del tiempo [43].

2.1.6. Impacto económico

2.1.6.1. Costos asociados a la baja calidad de energía.

La calidad baja de la energía implica un importante impacto económico en términos de costos también. Para varios estudios de investigación en este tema, diferentes implicaciones económicas se pueden encontrar debido a que las investigaciones se han examinado desde varias perspectivas distintas. Como para que cualquier empresa que quiera ofrecer el servicio con una mejor calidad necesita determinar los costos totales de calidad, especialmente en el entorno industrial eléctrico. No obstante, sin importar a qué empresa del sector eléctrico hay que considerar en qué empresas el capital de calidad y la producción no siempre se diferencian claramente. Esto complica, por lo tanto, la especificación precisa de los costos de la calidad de la energía [44]. En Ecuador, la crisis energética ha desatado sufrimiento en muchos sectores. Según las estimaciones mencionadas, los recientes apagones causaron pérdidas de hasta entre 2,000 millones de dólares solo en las tres semanas en cuestión. La aparición no solo consumió grandes industrias, sino que también cada vez más empresas pequeñas y de mediana escala, ponen en peligro de miles empleos y estabilidad económica de nuestro país. La Cámara de Comercio de Quito cuyas pérdidas en el sector industrial asumieron unos 4,000 millones de dólares, los correspondientes al período, condenando el mismo periodo constante interrupción de la actividad [45]

2.1.6.2. Beneficios económicos de la mejora de la calidad energía.

Desde este enfoque, varios beneficios económicos en la calidad de energía eléctrica generan numerosas ganancias económicas para los consumidores, operadores de empresa y la sociedad en general. En otras palabras, se logran las mayores ganancias económicas que en la mayoría se basan en no solo bajar alguna pérdida también se torna necesaria la eficiencia, más la no baja de equipos y procesos. Por alto, se disminuyen las pérdidas económicas directas debido a la mala calidad de la energía. Estudios concluyen que perturbaciones en la calidad de electricidad suministrada pueden conllevar una cantidad significativa de pérdidas y restos de confiabilidad, incluidas paradas de sistema y producción dañada, y provocan perjuicio directo a la productividad y los rendimientos de operación de empresas [46].

En general, aspectos en los que la calidad de energía es clave para mejorar la eficiencia de toda la cadena energética, desde una perspectiva aún más amplia. Los servicios de tecnologías inteligentes como la red inteligente, en el día a día, ofrecen oportunidades reales de ganancia en eficacia desde el punto de consumo del cliente hasta el punto de generación de energía. Es posible lograr ahorros económicos y utilizar objetivamente los recursos energéticos [47]. Las posibles mejoras no son solo una mejora en la calidad de energía, teniendo incluso un efecto positivo en la economía digital. Cabe recalcar que para que las tecnologías de la información y la comunicación funcionen adecuadamente es necesario que el suministro de energía de alta calidad; en otras palabras, el “corazón” de la economía digital actual. Así, aunque todos los diversos tipos de inversiones en la calidad de energía acompañen ideas percibidas acompañan a los bienes sensibles al consumo no son solo una mejora para la economía en general sino una mejoría de ella, toda vez que ahorra el hecho de digitalizar y, por lo que complica [48].

Las interrupciones y fluctuaciones en el suministro eléctrico estaban causando paradas no programadas del proceso de producción. Dichas interrupciones, por su parte, causaban insuficiencias y perjuicios económicos altísimos para las empresas. A pesar de todo, con la calidad de energía en la que se habían inicializado notoriamente dispararse, una total reducción de esos servicios interrumpidos, permitiendo hacer un funcionamiento con más continuidad y eficiencia. La acción sobre medidas para una mayor calidad del suministro eléctrico posibilitaba actualizar las tensiones voltajes y reducir anomalías interferencias, es decir, un fluido de trabajo. Por lo tanto, las empresas venían generando un incremento en los niveles de productividad y disminución de costos en parada de operación no planificado. Mejorar el suministro energético, en este caso, fue un requisito previo para asegurarse que los procesos industriales funcionaban sin inconvenientes; lo que hiciese un espacio de trabajo más eficiente.[49]

2.1.6.3. Desafíos actuales en calidad de energía y eficiencia.

Las fuentes de energía renovable integrada a los procesos industriales se convirtieron en tanto en un desafío significativo como en una oportunidad significativa. Por un lado, los sectores se comprometieron con la posibilidad de reducir sustancialmente la huella de carbono y los costos energéticos por largo plazo. En el mercado donde todo se había convertido en

“sostenible, muchas empresas locales consideraron a las energías renovables como una alternativa que les ayudaba a elevar su competitividad sostenible. Por otro lado, la intermitencia de algunas de estas nuevas fuentes, como la solar y la eólica, plantea verdaderos desafíos en lo que respecta a la estabilidad y calidad de la energía producida a lo largo del tiempo. La desintegración en la energía producida constantemente impuso la necesidad a las empresas de implementar sistemas nuevos de almacenamiento de energía y gestión. Asimismo, la variabilidad, que se refiere a la cantidad la energía productiva requerida en la producción industrial y la red eléctrica en general. Aunque prohibió retos, gran parte de la empresa llegar a superar estos desafíos a través de la aplicación de tecnologías avanzadas y el uso de nuevas estrategias de energía inteligente [50]. Las auditorías energéticas solicitadas como elementos clave para encontrar zonas de oportunidad en cuanto a oportunidades para mejorar la eficiencia energética en las empresas industrias; al hacer evaluaciones sistemáticas, las organizaciones comprendieron áreas de críticamente altos usos de energía a consumible, o antes de ser reconocido antes. La vez, la optimización de los procesos industriales se confirmó como una estrategia efectiva que contribuyó al ahorro significativo en la energía consumida. Partiendo por las empresas con mejoras significativas en cuanto a eficiencia energética tras implementar sistemas de control avanzado y automatización de procesos, dichos equipos promovieron un estado más específico y fundamental de la operación y gestión del uso de energía, garantizando una distribución y aprovechamiento responsable de su recurso. Además, la intensa auditoría energética y la modernización de los procesos no solo fueron acompañados de ahorros elevados del consumo de energía sino además de una mejora transversal en la productividad y competitividad de su industria receptora [51]

2.2. Marco referencial

2.2.1. Principios y fundamentos de la eficiencia energética

La eficiencia energética, se entiende como la habilidad de proporcionar el mismo nivel de servicio energético utilizando poca energía. Para que el concepto sea lo más expansivo posible, se quiere poder aplicar a la energía en todos los procesos y en todas las esferas, desde generación hasta consumo final [52]. La eficiencia energética, por un lado, recoge medidas en el proceso de oferta y, por otra, en la demanda sin enajenar la calidad de vida o de la

producción en general, de manera que se consiga una mayor seguridad de suministro y reducir los costos [53].

La implantación de medidas de eficiencia energética tiene implicaciones de gestión ante cerramientos, ocupación espacios, iluminación, uso equipos, aislamiento, calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, uso de energías renovables, etc. Para lograr mayores avances en la eficiencia energética, estos dos son, los caminos que se pueden seguir: uno es financieramente se va a manejar de mejor manera y no hacer ninguna inversión, es simplemente implementar el sistema de gestión energética; otro es en el cual se hacen inversiones, es decir, se cambia el equipo. Para abordar estos de con mejor forma se debe implementar en el sistema de gestión energía, tal vez la más importante, el sistema de gestión energía. Defina labor, procedimientos si es necesario, entrenamiento de verificación interna, acciones correctivas y preventivas, e incluso mejoramiento [54]. Además de la formación y capacitación en eficiencia energética que les da estas competencias técnicas para gestión, que permitan implementar y mantener medidas efectivas de ahorro y óptima en campos sectoriales de cualquier tipo [55].

2.2.1.1. Impacto de la mala calidad de energía en las instalaciones eléctricas.

Además, la mala calidad de la energía eléctrica afecta seriamente a las instalaciones eléctricas indistintamente de ser una empresa o hogar. Los interventores aseveran que el 80% de las perturbaciones eléctricas son verrugosas únicamente en la propia instalación del consumidor; el año sobrante provenían desde los sistemas generar-distribuir el 20%. Los síntomas de perturbación son desigualdad de navegación, interferencias aleatorias, frecuencia errónea; armónicos tensión y corriente en tal manera que degradan procesalmente procesales y pérdidas monetarias [56]. La calidad de energía inadecuada en el marco industrial promulga una disminución en la productividad, la pérdida de datos, las averías de máquinas y accidentes de trabajo. Debido a la incidencia de las cargas no lineales y la conmutación, no hay que considerar la calidad del sistema eléctrico que disminuye, es decir, no solo hay un gran costo de energía desperdiciada y tiempos de inactividad sin justificación; también hay riesgo de falla de los equipos [57]

CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Quevedo (EPMAPAQ), situado en la Av. Quito, Quevedo, así como se indica en la **Figura 3**. Las coordenadas geográficas del sitio son - 1.0148398382773987, -79.46601703758753.

Figura 3

Ubicación de la EPMAPAQ



FUENTE: Google Maps

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. *Investigación Experimental*

Se utilizará este método para analizar la calidad de la energía eléctrica y la eficiencia energética en las instalaciones industriales de EPMAPAQ incluye varios pasos: Primero, se debe realizar un monitoreo y medición de los parámetros clave de calidad de energía en las instalaciones. En efecto, debemos instalar analizadores de red eléctrica para que se vayan

registrando de forma continua, lo voltaje, corriente factor de potencia, distorsión armónica y otras variables cuantitativas delimitadas dentro de los parámetros técnicos nacionales e internacionales a que se conforme los criterios técnicos nacionales e internacionales que sean los más estrictos. Todo lo anterior para que se puedan recoger los datos observacionales del nivel de energía eléctrica proporcionada a la calidad debida para detectar faltantes o anomalías que impactan en la eficiencia de la energía. En cuarto lugar, se cocinarán las soluciones experimentales y las medidas correctivas en función de los descubrimientos del monitoreo. A esto sí podemos permitir la localización de instalaciones de enfriamiento y filtro, a la electricidad del sistema será eléctrico principalmente dependiendo el comportamiento de la máquina industrial en funcionamiento y de consumo después se buscó la forma. Por lo tanto, este paso pretende ver el efecto de estos términos en la calidad de energía, específicamente la eficiencia energética de instalaciones eléctricas para seleccionar el mecanismo de acuerdo.

3.2.2. *Investigación descriptiva*

La investigación descriptiva aborda la recopilación y análisis de datos que permiten identificar los problemas existentes en el sistema industrial eléctrico. Este enfoque se orienta en analizar su corriente, voltaje y frecuencia, para poder buscar soluciones.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. *Método analítico*

Se realizó un levantamiento técnico de todas las cargas conectadas en el sistema eléctrico. Luego, se instaló el analizador de energía DM-5 en el cuarto de control, midiendo el total de las cargas durante un periodo de 7 días con muestras cada 10 minutos. Se obtuvieron valores máximos, mínimos y promedios de voltaje, corriente, potencia activa, demanda y armónicos. Se analizaron los resultados para determinar regulación, perdidas de energía y estado de los circuitos. Se verifico el cumplimiento de normas vigentes como la REGULACIÓN Nro. ARCONEL 009/2024.

3.3.2. Método de observación

Se utilizó el analizador de energía para medir y registrar parámetros como voltaje, corriente, potencias, factor de potencia y armónicos. Se realizó inspecciones visuales de la infraestructura eléctrica, los datos recopilados se analizaron el software DM-5 para identificar anomalías en la calidad de energía, se compararon los resultados con la REGULACIÓN Nro. ARCONEL 009/2024 y así determinar áreas de mejora en la eficiencia energética.

3.4. Fuentes de recopilación

Se recopiló la información mediante el analizador de energía marca AMPROBE, modelo DM-5, para poder obtener los datos y graficas se utilizó el software DM- Downland Software.

3.5. Diseño de la investigación

A partir de estos resultados obtenidos, se propone un diseño de investigación estructurado en varias fases que permitirán cumplir con los objetivos planteados

3.5.1. Dispositivos eléctricos que se encuentran en el EPMAPAQ

- ✓ Contactores.
- ✓ Breaker industrial 240 V.
- ✓ Controles industriales.
- ✓ Autotransformador tipo seco 460 V.
- ✓ Generador 200 KW
- ✓ Bombas de agua, en la tabla 1 se encuentran los detalles de sus respectivas placas que se encuentra detallada en la **Tabla 1**.

Tabla 1*Datos de placa de las bombas en funcionamiento*

Variable	Bomba 1	Bomba 3	Bomba 4
V	220 / 380 / 440	230 / 460	230 / 460
A	99,2 / 57,4 / 49,6	94,9 / 47,4	94,9 / 47,4
Factor de Potencia	0,85	0,85	0,85
Hz	60	60	60

FUENTE: Cuarto de Control EPMAPAQ

ELABORADO: Tamara Bricio

3.1.1.1.Cronograma del funcionamiento de bombas**Tabla 2***Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los lunes*

HORA	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	BOMBA 4
5:00 a 5:30	ENCENDIDO		ENCENDIDO	APAGADA
5:30 a 5:45	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
5:45 a 9:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
9:00 a 11:00	ENCENDIDO	FUERA DE SERVICIO	APAGADA	ENCENDIDO
11:00 a 14:00	ENCENDIDO		APAGADA	ENCENDIDO
14:00 a 17:00	ENCENDIDO		APAGADA	ENCENDIDO
17:00 a 22:00	ENCENDIDO		APAGADA	ENCENDIDO
22:00 a 5:00	ENCENDIDO		APAGADA	APAGADA

FUENTE: Cuarto de Control EPMAPAQ

ELABORADO: Tamara Bricio

Tabla 3*Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los martes*

HORA	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	BOMBA 4
5:00 a 5:30	ENCENDIDO	FUERA DE SERVICIO	APAGADA	APAGADA
5:30 a 5:45	ENCENDIDO		APAGADA	ENCENDIDO
5:45 a 9:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
9:00 a 11:00	APAGADA		APAGADA	ENCENDIDO
11:00 a 14:00	APAGADA		ENCENDIDO	ENCENDIDO
14:00 a 17:00	APAGADA		APAGADA	ENCENDIDO
17:00 a 22:00	APAGADA		ENCENDIDO	ENCENDIDO
22:00 a 5:00	APAGADA		APAGADA	APAGADA

FUENTE: Cuarto de Control EPMAPAQ

ELABORADO: Tamara Bricio

Tabla 4*Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los miércoles*

HORA	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	BOMBA 4
5:00 a 5:30	APAGADA	FUERA DE SERVICIO	ENCENDIDO	APAGADA
5:30 a 5:45	ENCENDIDO		ENCENDIDO	APAGADA
5:45 a 9:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
9:00 a 11:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	APAGADA
11:00 a 14:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
14:00 a 17:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	APAGADA
17:00 a 22:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
22:00 a 5:00	APAGADA		ENCENDIDO	APAGADA

FUENTE: Cuarto de Control EPMAPAQ

ELABORADO: Tamara Bricio

Tabla 5*Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los jueves*

HORA	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	BOMBA 4
5:00 a 5:30	APAGADA	FUERA DE SERVICIO	ENCENDIDO	ENCENDIDO
5:30 a 5:45	APAGADA		ENCENDIDO	ENCENDIDO
5:45 a 9:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
9:00 a 11:00	APAGADA		APAGADA	ENCENDIDO
11:00 a 14:00	ENCENDIDO		APAGADA	ENCENDIDO
14:00 a 17:00	APAGADA		APAGADA	ENCENDIDO
17:00 a 22:00	ENCENDIDO		APAGADA	ENCENDIDO
22:00 a 5:00	APAGADA		APAGADA	ENCENDIDO

FUENTE: Cuarto de Control EPMAPAQ

ELABORADO: Tamara Bricio

Tabla 6*Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los viernes*

HORA	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	BOMBA 4
5:00 a 5:30	ENCENDIDO	FUERA DE SERVICIO	APAGADA	ENCENDIDO
5:30 a 5:45	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
5:45 a 9:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
9:00 a 11:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	APAGADA
11:00 a 14:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	APAGADA
14:00 a 17:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	APAGADA
17:00 a 22:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	APAGADA
22:00 a 5:00	ENCENDIDO		APAGADA	APAGADA

FUENTE: Cuarto de Control EPMAPAQ

ELABORADO: Tamara Bricio

Tabla 7*Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los sábados*

HORA	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	BOMBA 4
5:00 a 5:30	ENCENDIDO	FUERA DE SERVICIO	APAGADA	APAGADA
5:30 a 5:45	ENCENDIDO		APAGADA	ENCENDIDO
5:45 a 9:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
9:00 a 11:00	APAGADA		APAGADA	ENCENDIDO
11:00 a 14:00	APAGADA		ENCENDIDO	ENCENDIDO
14:00 a 17:00	APAGADA		APAGADA	ENCENDIDO
17:00 a 22:00	APAGADA		ENCENDIDO	ENCENDIDO
22:00 a 5:00	APAGADA		APAGADA	APAGADA

FUENTE: Cuarto de Control EPMAPAQ

ELABORADO: Tamara Bricio

Tabla 8*Cronograma de funcionamiento de las bombas correspondiente a los domingos*

HORA	BOMBA 1	BOMBA 2	BOMBA 3	BOMBA 4
5:00 a 5:30	APAGADA	FUERA DE SERVICIO	ENCENDIDO	APAGADA
5:30 a 5:45	ENCENDIDO		ENCENDIDO	APAGADA
5:45 a 9:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
9:00 a 11:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	APAGADA
11:00 a 14:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
14:00 a 17:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	APAGADA
17:00 a 22:00	ENCENDIDO		ENCENDIDO	ENCENDIDO
22:00 a 5:00	APAGADA		ENCENDIDO	APAGADA

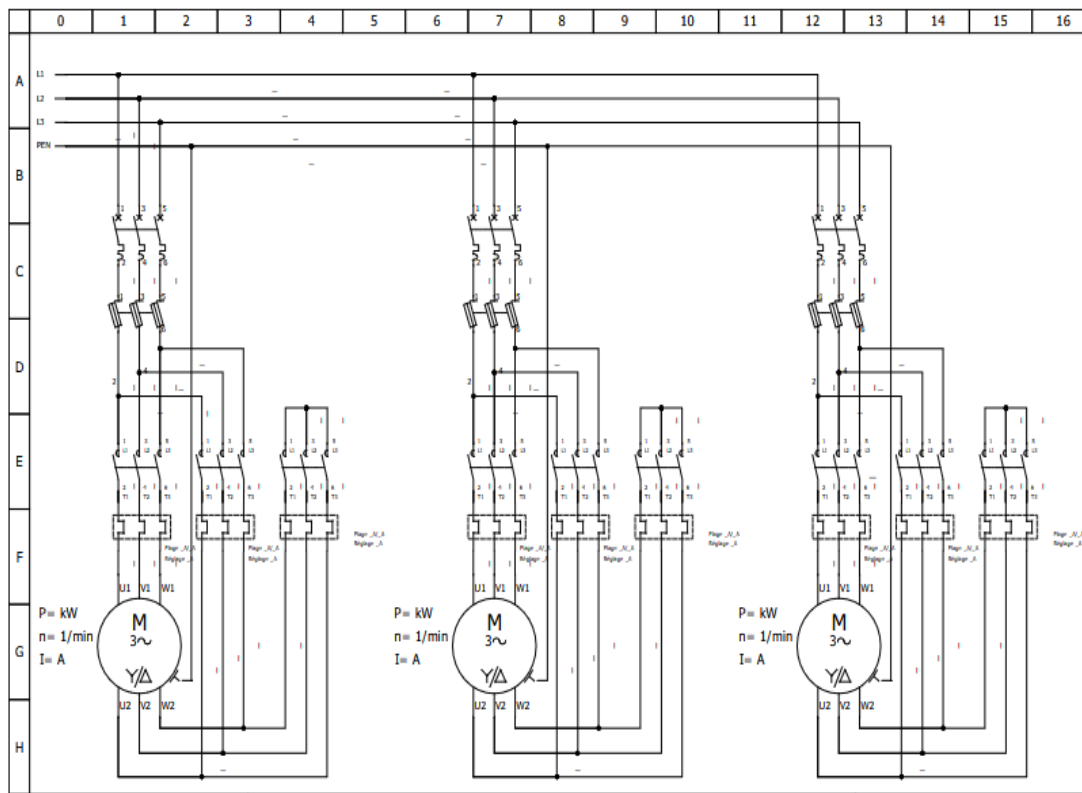
FUENTE: Cuarto de Control EPMAPAQ

ELABORADO: Tamara Bricio

3.5.2. Diagrama unifilar del sistema eléctrico del EPMAPAQ

Figura 4

Circuito de fuerza del cuarto de control de la EPMAPAQ

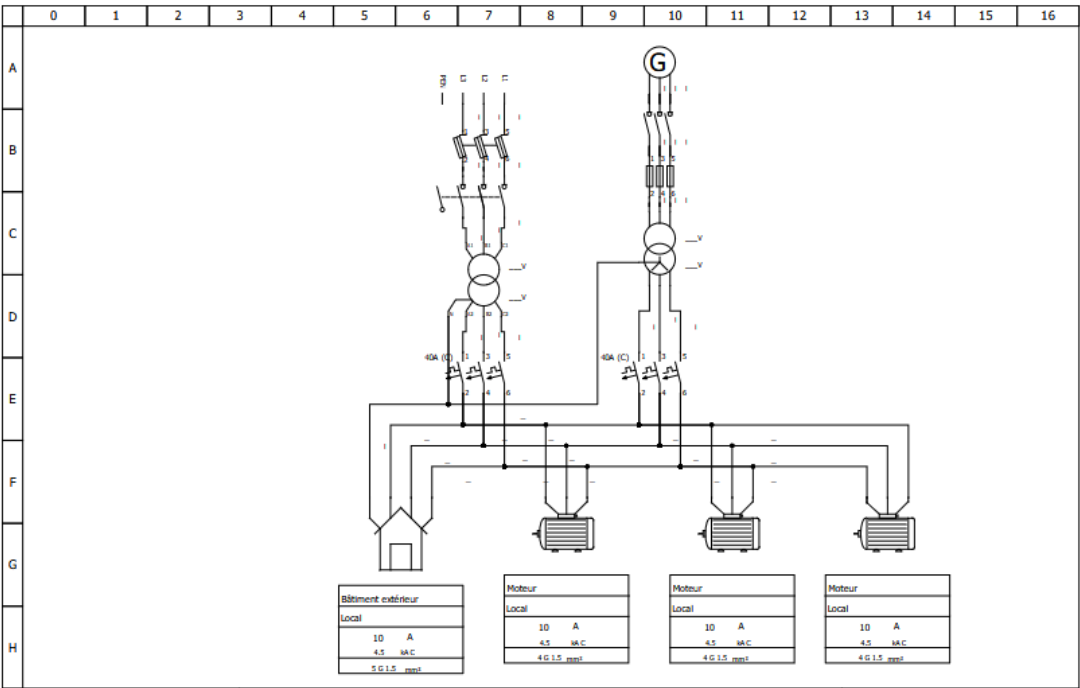


FUENTE: CADESIMU

ELABORADO: Tamara Bricio

Figura 5

Circuito conectado desde la RED de la CNEL hasta el cuarto de control de la EPMAPAQ



3.5.3. Factores críticos que afectan la eficiencia y calidad energética en el EPMAPAQ.

En este estudio, nos dio como resultado que el factor de potencia no cumple con lo estandarizado que es 0,92 para empresas industriales y esto puede generar penalizaciones y perdidas energéticas, en la **Tabla 9** podemos observar los datos obtenidos mediante el analizador de energía. En esta tabla encontraremos el factor de potencia máximo, mínimo y total de las tres líneas.

Tabla 9*Datos obtenidos de factor de potencia*

FECHA	AVG_P F1	MAX_P F1	MIN_P F1	AVG_P F2	MAX_P F2	MIN_P F2	AVG_P F3	MAX_P F3	MIN_P F3
7/11/2024	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,86	0,87	0,88	0,87
7/11/2024	0,87	0,89	0,87	0,87	0,88	0,86	0,87	0,88	0,87
7/11/2024	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,87	0,87	0,88	0,86
7/11/2024	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,86	0,87	0,88	0,87
7/11/2024	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,86	0,87	0,88	0,87
7/11/2024	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,87	0,87	0,88	0,87
7/11/2024	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,87	0,87	0,88	0,87
7/11/2024	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86	0,87	0,88	0,86
7/11/2024	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,86	0,87	0,88	0,86
7/11/2024	0,87	0,88	0,87	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87
7/11/2024	0,88	0,88	0,87	0,87	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86
7/11/2024	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86
7/11/2024	0,88	0,89	0,87	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87
7/11/2024	0,88	0,89	0,88	0,87	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86
7/11/2024	0,88	0,89	0,88	0,87	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86
7/11/2024	0,88	0,89	0,88	0,87	0,88	0,87	0,86	0,87	0,86
7/11/2024	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,86
7/11/2024	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86
7/11/2024	0,88	0,89	0,88	0,87	0,88	0,87	0,86	0,87	0,86
7/11/2024	0,87	0,89	0,87	0,87	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86
7/11/2024	0,87	0,89	0,87	0,88	0,88	0,87	0,86	0,87	0,86
7/11/2024	0,87	0,88	0,87	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86
7/11/2024	0,87	0,88	0,87	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86

FUENTE: DM-5 Software

ELABORADO: Tamara Bricio

3.5.4. Propuesta de mejora en la calidad y eficiencia energética en el EPMAPAQ

Una de las propuestas de mejora, es cambiar los equipos eléctricos que se encuentran en mal estado por unos nuevos, cambiar el cableado que se encuentran en pésimo estado, cambiar las bombas de agua ya que no se encuentran en óptimas condiciones para que su funcionamiento sea eficiente, realizar mantenimientos preventivos y así mismo añadir un banco de capacitores.

3.5.5. *Evaluación técnico-económica de la implementación de propuestas de mejora*

Una de las soluciones más económicas para corregir el factor de potencia es añadir un banco de capacitores, evitar el sobredimensionamiento de motores eléctricos, realizar una planificación adecuada de las cargas y siempre realizar inspecciones de mantenimiento de los sistemas eléctricos de la EPMAPAQ.

3.6. Instrumento de investigación

3.6.1. *Observación*

Las técnicas de observación fueron fundamentales para el análisis y las mejoras en la calidad de energía. A través de una observación meticulosa, se pudieron detectar los problemas existentes en el sistema eléctrico del EPMAPAQ. Esto permitió asegurar soluciones efectivas y, al mismo tiempo, garantizar que el sistema funcionara de una manera óptima, contribuyendo así a la mejora de la eficiencia energética. La implementación de estas técnicas de observación no solo facilitó la identificación de irregularidades, sino que también proporcionó una base sólida para la toma de decisiones informadas en cuanto a las medidas correctivas necesarias. Como resultado, se logró un sistema eléctrico más confiable y eficiente.

3.7. Tratamiento de datos

El uso del software DM-5 Downland ha sido fundamental para el análisis de la calidad de energía en la EPMAPAQ, se utiliza este software para la visualización de datos y gráficas en los días y horas en los que se encontró instalado el analizador de energía. También se utilizó Excel para obtener los datos de una forma más ordenada y así mismo de una forma más entendible.

3.8. Recursos tecnológicos

- Computadora
- Internet
- Celulares
- Analizador de energía DM-5

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de los parámetros de calidad

4.1.1. Variaciones de voltaje

El análisis de los datos de voltaje obtenidos para las fases 1, 2 y 3 reveló variaciones significativas que exceden los límites establecidos por la Regulación ARCONEL Nro. 009/2024. En la fase 1 tienen un rango de voltaje entre 255 V y 275 V, con fluctuaciones que van por debajo de 250 V y picos que superan los 275 V, estas fluctuaciones varían entre los -11.3% a +15.8%. Estas desviaciones superan considerablemente los márgenes de tolerancia estipulados en la normativa vigente. La fase 2 mantiene un rango operativo entre 250 V y 270 V, mostrando valores ligeramente inferiores a los observados en la fase 1.

Las fluctuaciones en esta fase oscilan entre -11.3% y +13.2% con respecto al voltaje nominal, excediendo los límites establecidos por la regulación. La fase 3 mantiene un rango operativo entre 250 V a 265V, esta fase es ligeramente inferior al de la fase 2 situándose alrededor de 260 V a 265 V. mantiene variaciones entre -11.3% a +13.2%, que está también excede los límites permitidos por la regulación. Se registraron múltiples interrupciones de suministro, evidenciadas por caídas de voltaje a 0 V. En la **Tabla 10** y en la **Figura 4**, podremos observar uno de los resultados y graficas obtenidos.

Tabla 10

Voltajes obtenidos

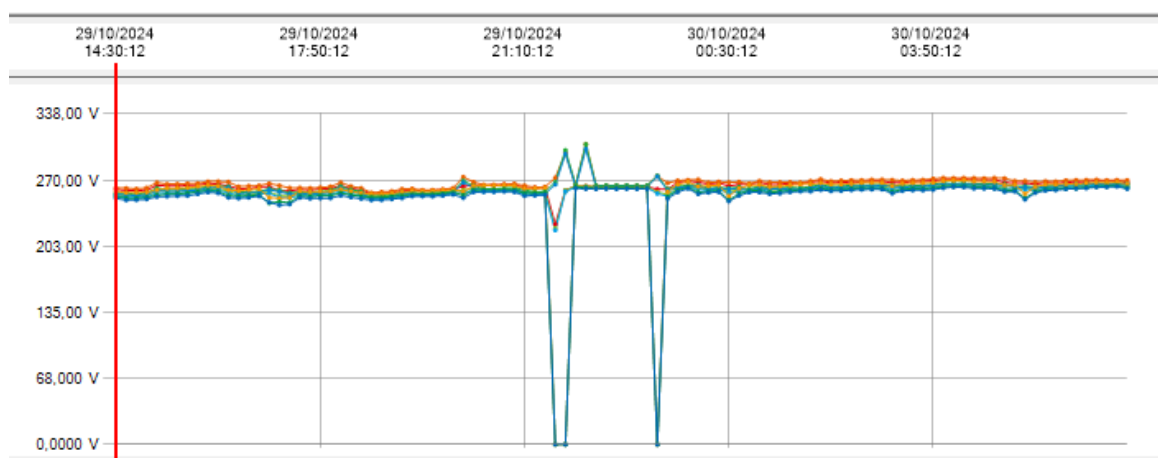
FECHA	AVG_V1	MAX_V1	MIN_V1	AVG_V2	MAX_V2	MIN_V2	AVG_V3	MAX_V3	MIN_V3
29/10/2024	261	262,4	258,9	255,6	257,1	253,4	254,1	255,8	251,7
29/10/2024	259,7	262,1	257,4	254,3	256,7	251,8	252,7	255,3	249,9
29/10/2024	259,5	261,4	257,6	254	255,8	251,8	252,3	254,5	250,1
29/10/2024	260,3	262,4	258,1	254,8	257,2	252,6	253,2	255,6	250,9
29/10/2024	264,8	267,7	260,3	259,2	262,2	254,9	257,2	260,1	253,2
29/10/2024	264,5	266,3	261,8	259,1	261	256	256,9	258,9	253,7
29/10/2024	264,2	266,4	262,1	258,8	261	256,2	256,6	258,8	254,2

FUENTE: DM-5 Software

ELABORADO: Tamara Bricio

Figura 6

Variaciones de voltaje



FUENTE: DM-5 Software

4.1.2. Variaciones de distorsión armónica de voltajes

En el análisis de las tres fases de distorsión armónica total de voltaje (THD), se observa el comportamiento de cada una. La fase 1 exhibe un rango predominante entre 0.2% y 2%, con una tendencia a incrementarse durante las horas pico de consumo eléctrico. La fase 2 presenta un rango ligeramente más amplio, oscilando entre 0.2% y 2.5%, mientras que la fase 3 muestra un rango similar al de la fase 2, pero con un límite inferior más elevado, situándose entre 0.3% y 2.5%. Es notable que las tres fases comparten una característica común: la presencia de picos significativos que superan el 90% en momentos específicos, lo cual podría presentar posibles anomalías en el sistema. En la **Tabla 11** y en la **Figura 5**, podremos observar uno de los resultados y graficas obtenidos

Tabla 11

Distorsión armónica total de voltaje (THD)

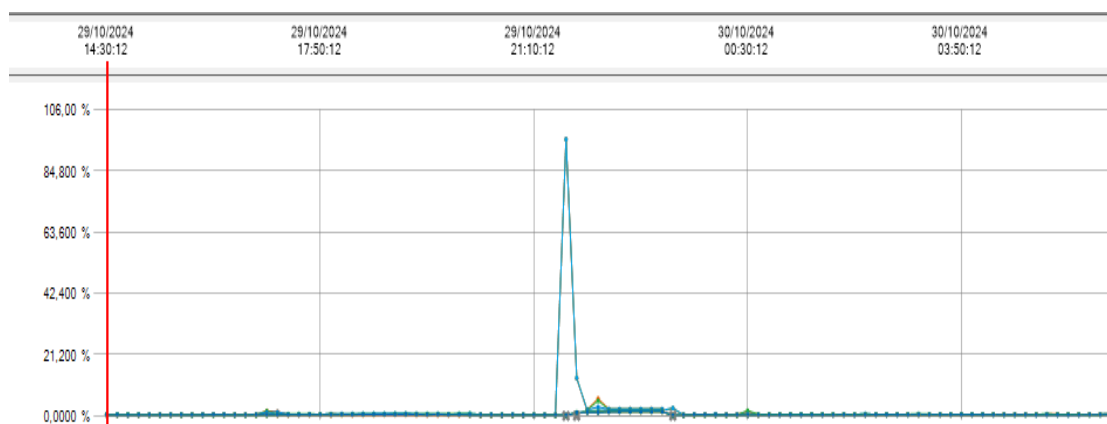
FECHA	AVG_Vt hd1[%]	MAX_Vt hd1[%]	MIN_Vth d1[%]	AVG_Vt hd2[%]	MAX_Vt hd2[%]	MIN_Vth d2[%]	AVG_Vt hd3[%]	MAX_Vt hd3[%]	MIN_Vth d3[%]
29/10/2024	0,3093	0,4	0,2	0,3877	0,48	0,27	0,3828	0,48	0,27
29/10/2024	0,3069	0,4	0,2	0,3884	0,55	0,27	0,3708	0,56	0,27
29/10/2024	0,3026	0,4	0,2	0,3666	0,55	0,27	0,3421	0,48	0,2
29/10/2024	0,3023	0,4	0,2	0,3626	0,48	0,27	0,3608	0,48	0,27
29/10/2024	0,3193	0,46	0,2	0,3023	0,41	0,2	0,3571	0,48	0,27
29/10/2024	0,3227	0,4	0,26	0,2863	0,41	0,2	0,3502	0,47	0,27

FUENTE: DM-5 Software

ELABORADO: Tamara Bricio

Figura 7

Distorsión armónica total de voltaje (THD)



FUENTE: DM-5 Software

4.1.3. Variaciones del factor de potencia

En el análisis de la Distorsión Armónica Total de Voltaje (THD) para las tres fases, se observaron patrones distintivos en cada una de ellas. La fase 1 mostró valores promedio que oscilaban entre 0.3% y 0.8%, con picos máximos ocasionales de hasta 2-3% y algunos picos extremos que alcanzaron el 7-8% en momentos específicos. Los valores mínimos de la fase 1 generalmente se mantuvieron alrededor del 0.2-0.3. La fase 2 presentó valores promedio

ligeramente más altos que Vthd1, generalmente entre 0.4% y 0.9%, con picos máximos similares a la fase 1 y valores mínimos comparables. La fase 3 mostró consistentemente los valores promedio más altos de las tres fases, oscilando entre 0.5% y 1%. Los picos máximos de la fase 3 fueron comparables a las otras fases, alcanzando ocasionalmente 2-3%, con algunos picos extremos de hasta 5-7%. Los valores mínimos de la fase 3 fueron ligeramente más altos que en las otras fases, generalmente no descendiendo por debajo del 0.3-0.4%. En la **Tabla 12** y en la **Figura 6**, podremos observar uno de los resultados y graficas obtenidos

Tabla 12

Variaciones del factor de potencia

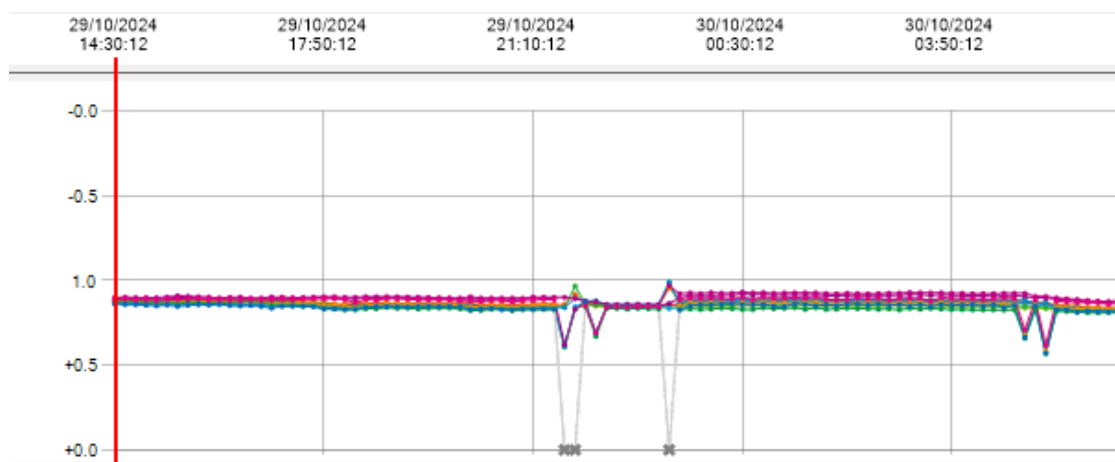
FECHA	AVG_P F1	MAX_P F1	MIN_P F1	AVG_P F2	MAX_P F2	MIN_P F2	AVG_P F3	MAX_P F3	MIN_P F3	AVG_P F	MAX_P F	MIN_P F
29/10/2024	0,88	0,88	0,88	0,87	0,87	0,86	0,89	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88
29/10/2024	0,88	0,89	0,87	0,86	0,87	0,86	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88
29/10/2024	0,88	0,89	0,88	0,86	0,87	0,86	0,89	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88
29/10/2024	0,88	0,89	0,87	0,86	0,87	0,86	0,89	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87
29/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,88	0,85	0,89	0,90	0,88	0,87	0,88	0,87
29/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,88	0,86	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87
29/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,85	0,90	0,91	0,89	0,88	0,88	0,87

FUENTE: DM-5 Software

ELABORADO: Tamara Bricio

Figura 8

Variaciones del Factor de Potencia



FUENTE: DM-5 Software

4.1.4. Identificación de los parámetros más afectados por la vida útil

4.1.4.1. Afectaciones por el voltaje.

Los datos obtenidos mostraron las mediciones de voltaje promedio, máximo y mínimo para tres líneas eléctricas a lo largo del tiempo. Un voltaje adecuado fue crucial para el funcionamiento eficiente de los equipos eléctricos. Las fluctuaciones significativas indicaron problemas que podrían haber reducido la vida útil de los equipos. cuando los voltajes se encontraron frecuentemente fuera de los niveles recomendados, esto pudo haber causado un sobrecalentamiento y fallos en los motores eléctricos utilizados en el bombeo de agua.

4.1.4.2. Afectaciones por distorsión armónica de voltajes.

La distorsión armónica alta afectó negativamente el rendimiento de los equipos eléctricos, provocando un aumento en las pérdidas energéticas y un desgaste prematuro. Un THD superior al 5% resultó perjudicial para la vida útil de los motores y otros dispositivos eléctricos. Este análisis reveló la importancia crítica de mantener niveles bajos de distorsión armónica para preservar la eficiencia y longevidad de la infraestructura eléctrica en la empresa de agua potable. Al comparar estos resultados con la Regulación ARCONEL Nro. 009/2024, se observó que los niveles de THD superaron los límites establecidos.

La regulación estipulaba que, para voltajes menores a 40 kV, el THD máximo permitido era del 8% para puntos de conexión comunes, y del 5% para usuarios individuales. Los valores

registrados en el estudio excedieron estos límites en varios puntos, lo que indicó la necesidad urgente de implementar medidas correctivas para cumplir con la normativa y proteger la integridad de los equipos eléctricos a largo plazo.

4.1.4.3. Afectaciones por factor de potencia.

Los resultados obtenidos del factor de potencia, una medida crítica de la eficiencia en el uso de la energía eléctrica. Un factor de potencia bajo (inferior a 0.9) podía resultar en penalizaciones por parte de las compañías eléctricas y también sugería que los equipos operaban de manera ineficiente, lo que potencialmente reducía su vida útil. Este parámetro demostró ser fundamental para evaluar el rendimiento y la longevidad de los equipos eléctricos en la empresa de agua potable.

Al comparar estos resultados con la Regulación ARCONEL Nro. 009/2024, se evidenció la importancia de mantener un factor de potencia adecuado. La regulación establecía un valor mínimo de 0.92 para el factor de potencia, siendo más estricta que el umbral de 0.9 mencionado. Esta diferencia señalaba la necesidad de que la empresa de agua potable implementara medidas correctivas para mejorar su eficiencia energética y cumplir con los estándares regulatorios, evitando así posibles sanciones y optimizando la operación de sus equipos eléctricos.

4.2. Análisis de la fuente de ineficiencia energética

4.2.1. Identificación de las principales fuentes

El análisis del sistema de bombeo y distribución de energía reveló múltiples ineficiencias. En las bombas y motores, se detectaron variaciones significativas en las corrientes, sugiriendo posibles sobredimensionamientos o funcionamiento a carga parcial, así como un potencial desequilibrio en la carga. Los transformadores mostraron fluctuaciones en el factor de potencia, indicando operación con poca carga y fuera del punto óptimo de eficiencia. En cuanto a la calidad de energía, se observaron picos ocasionales en la distorsión armónica total (THD), con algunos valores superando el 1% y alcanzando extremos de más del 90%, lo que señala perturbaciones significativas en la calidad energética del sistema. En la **Tabla 13** tenemos una tabla comparativa de los problemas y consecuencias.

Tabla 13*Tabla comparativa de problemas y consecuencias*

PROBLEMA	CONSECUENCIA
Variaciones de corriente en bombas	Consumo energético subóptimo
Picos en THD	Perturbaciones en la calidad de la energía
Fluctuaciones en factor de potencia	Pérdidas adicionales en el sistema eléctrico
Desequilibrio en carga de motores	Desgaste prematuro de equipos

ELABORADO: Tamara Bricio

4.2.2. Cuantificación de las pérdidas energéticas

El análisis del sistema eléctrico reveló un factor de potencia promedio (0.85-0.89) inferior al umbral regulatorio de 0.92 y desequilibrios notables en las corrientes entre fases, lo que resulta en ineficiencia operativa, posibles penalizaciones económicas y reducción de la vida útil de los equipos. Para abordar estos problemas, se propone la instalación de bancos de capacitores y la redistribución de cargas eléctricas. Estas soluciones prometen alinear las operaciones con los estándares regulatorios, mejorar sustancialmente la eficiencia energética, generar ahorros significativos en costos operativos y prolongar la vida útil de la infraestructura eléctrica, demostrando un compromiso con la optimización y sostenibilidad en la gestión de recursos energéticos industriales. En la **Tabla 14** tenemos una tabla comparativa de los valores actuales y valores objetivos.

Tabla 14*Comparaciones de los valores actuales y los objetivos*

Parámetro	Valor Actual	Valor Objetivo
Factor de potencia	0.85 - 0.89	0.95
Desequilibrio de corrientes	Notable	Minimizado
Cumplimiento normativo	No conforme	Conforme
Eficiencia energética	Baja	Mejorada

ELABORADO: Tamara Bricio

4.2.3. Frecuencia y duración de las perturbaciones

El análisis de los datos históricos reveló que el THD promedio varió entre 0.3% y 0.8% para las tres fases, con picos ocasionales que superaron el 1%, llegando en algunos casos a valores extremos de más del 90%. Estos resultados, al ser comparados con la Regulación Nro. ARCONEL 009/2024, mostraron discrepancias significativas con los nuevos parámetros establecidos para la operación técnica y comercial de grupos electrógenos de emergencia en condiciones de déficit de generación y racionamientos de energía eléctrica en el Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.). Aunque la regulación no especificó límites exactos para el THD, su énfasis en la calidad y continuidad del servicio eléctrico sugirió que los valores extremos observados fueron motivo de preocupación.

La normativa de ARCONEL subrayó la importancia de mantener la eficiencia y la calidad en la prestación del servicio público de energía eléctrica, lo que implicó que las fluctuaciones significativas en el THD, especialmente aquellas que superaron el 90%, probablemente no cumplieron con los estándares de calidad establecidos. Estos hallazgos indicaron la necesidad de implementar medidas correctivas urgentes para mejorar la calidad de la energía en el sistema de tratamiento y distribución de agua potable.

La regulación ARCONEL 009/2024, al abordar aspectos cruciales relacionados con la operación en condiciones de emergencia, proporcionó un marco normativo para evaluar y mejorar las condiciones operativas del sistema eléctrico. Las discrepancias observadas entre los datos históricos y los nuevos estándares subrayaron la importancia de realizar una revisión exhaustiva de los equipos y procesos para garantizar el cumplimiento de la nueva regulación y, por ende, mejorar la eficiencia energética y la calidad del servicio.

4.2.4. Relación entre las fuentes de ineficiencia y las perturbaciones

El sistema de tratamiento y distribución de agua potable enfrenta múltiples problemas de eficiencia energética y calidad de energía. Los motores y bombas ineficientes causan caídas de voltaje y sufren fluctuaciones que afectan su rendimiento, mientras que los sistemas de iluminación con balastos electromagnéticos y los transformadores con poca carga contribuyen a la distorsión armónica y al bajo factor de potencia. Estas ineficiencias resultan en un mayor consumo de energía, desgaste acelerado de los equipos, posible impacto en la calidad del agua, paradas no programadas, reducción de la productividad, aumento del tiempo de inactividad por mantenimiento e incremento de costos asociados.

La situación actual no cumple con los estándares establecidos por la regulación ARCONEL 009/2024, lo que subraya la urgente necesidad de implementar medidas correctivas para mejorar la eficiencia y confiabilidad del sistema. En la **Tabla 15** observamos las comparaciones.

Tabla 15

Comparaciones de la situación actual VS ARCONEL

Aspecto	Situación Actual	Requisito ARCONEL
Factor de potencia	Bajo	Adecuado
Distorsión armónica	Alta	Limitada
Calidad de energía	Comprometida	Estándares establecidos
Eficiencia energética	Baja	Mejorada

ELABORADO: Tamara Bricio

4.2.5. Efectos en la calidad del agua, la productividad y los costos

El análisis del sistema de tratamiento y distribución de agua potable reveló múltiples desafíos interconectados. Las perturbaciones eléctricas causaron fluctuaciones en las bombas, afectando la calidad del agua y la eficiencia operativa, mientras que las paradas no programadas y el desgaste acelerado de equipos aumentaron el tiempo de inactividad. Los costos operativos se incrementaron debido a un bajo factor de potencia, presencia de armónicos, desequilibrio de corrientes y mayores gastos de mantenimiento. Además, se identificó un incumplimiento de la normativa vigente en cuanto a factor de potencia y distorsión armónica total (THD), subrayando la necesidad urgente de implementar medidas correctivas para mejorar la eficiencia y confiabilidad del sistema como se puede observar en la **Tabla 16**.

Tabla 16

Valores observados en el FP y THD

Parámetro	Valor Observado	Valor Normativo
Factor de Potencia	0.85 - 0.89	Mínimo 0.92
THD (Distorsión Armónica Total)	Picos > 1%, casos extremos > 90%	Máximo 8% (media tensión)

ELABORADO: Tamara Bricio

4.2.6. Evaluación de la presencia de perturbaciones en la calidad de la energía

Los niveles de distorsión armónica total (THD) y las variaciones de voltaje en un sistema eléctrico trifásico. El sistema eléctrico muestra fluctuaciones en los niveles de THD y voltaje, generalmente dentro de rangos aceptables. Los THD promedio se mantienen por debajo del límite recomendado del 5%, pero se observan picos ocasionales cercanos al 2%. Las variaciones de voltaje se encuentran dentro de un rango de $\pm 10\%$ respecto al voltaje nominal, lo cual se ajusta a los estándares de calidad energética. El sistema eléctrico muestra una

estabilidad general razonable, pero presenta desafíos que requieren atención. Los picos ocasionales de THD indican la presencia intermitente de cargas no lineales o eventos transitorios, mientras que las caídas de voltaje, aunque breves, podrían poner en riesgo equipos sensibles.

Para abordar estos problemas y mejorar la calidad del suministro eléctrico, se recomienda implementar un monitoreo continuo que permita identificar tendencias a largo plazo y eventos anómalos. Aunque el sistema funciona dentro de parámetros aceptables, la aplicación de medidas correctivas podría optimizar significativamente su rendimiento y confiabilidad. En la **Tabla 17** encontramos varios resultados de parámetros.

Tabla 17

Datos principales de varios parámetros

Parámetro	Fase 1	Fase 2	Fase 3
THD promedio	0.3% - 0.7%	0.4% - 0.8%	0.3% - 0.8%
THD máximo	1.7%	1.8%	1.9%
Rango de voltaje	258V - 274V	254V - 271V	252V - 272V
Caídas de voltaje mínimas	240V - 250V	240V - 250V	240V - 250V
Caídas de voltaje extremas	220V - 230V	220V - 230V	220V - 230V

ELABORADO: Tamara Bricio

4.2.7. Relación entre las perturbaciones y el funcionamiento de los equipos

4.2.7.1. Impacto de las perturbaciones en el voltaje.

Las perturbaciones en la red eléctrica, como fluctuaciones de voltaje y distorsión armónica, afectan significativamente el funcionamiento de los equipos. Un ejemplo concreto se registró el 29 de octubre de 2024, con caídas de voltaje hasta 219.2V y picos de distorsión armónica (THD) de hasta 13.12%. Estas anomalías pueden causar mal funcionamiento, daños en equipos sensibles, sobrecalentamiento en transformadores y motores, e interferencias en equipos electrónicos. Como consecuencia, se reduce la eficiencia, el rendimiento y la vida útil de los equipos, aumentando los costos operativos. Para mitigar estos problemas, es crucial implementar una monitorización continua y medidas correctivas que mantengan la calidad de la energía y protejan la integridad de los sistemas eléctricos y electrónicos.

4.2.7.2. Efectos en el funcionamiento de los equipos.

Las perturbaciones eléctricas, como fluctuaciones de voltaje y distorsión armónica, tienen un impacto significativo en los equipos, reduciendo su eficiencia, vida útil y confiabilidad. Estas alteraciones pueden causar sobrecalentamiento en motores y transformadores, errores en sistemas de control, y acelerar el envejecimiento de componentes. En casos extremos, pueden generar resonancia en los sistemas eléctricos, amplificando problemas y potencialmente dañando los equipos. Como consecuencia, se incrementan los costos operativos, la frecuencia de mantenimiento y la necesidad de reemplazo de equipos. Estos efectos combinados no solo comprometen el funcionamiento óptimo de la infraestructura eléctrica, sino que también pueden afectar la seguridad de los sistemas eléctricos en su conjunto, subrayando la importancia de una monitorización continua y la implementación de medidas correctivas para mantener la calidad de la energía.

4.2.8. Identificación de los puntos críticos donde las perturbaciones afectan negativamente la eficiencia

4.2.8.1. Distorsión armónica total de voltaje (THD).

Los elevados niveles de distorsión armónica detectados en la red eléctrica representan un grave problema que puede tener consecuencias de amplio alcance. Estas severas perturbaciones no solo amenazan con sobrecalentar transformadores y motores, sino que

también pueden provocar interferencias significativas en sistemas de comunicación críticos. Además, el riesgo de mal funcionamiento en dispositivos electrónicos sensibles aumenta considerablemente, lo que podría afectar a una amplia gama de equipos, desde instrumentos médicos hasta sistemas de control industrial. Quizás lo más preocupante sea el incremento general en las pérdidas de energía, que no solo implica una reducción en la eficiencia del sistema eléctrico, sino que también puede traducirse en mayores costos operativos y un impacto ambiental negativo.

Esta situación subraya la urgente necesidad de implementar medidas correctivas robustas y realizar un monitoreo continuo para garantizar la estabilidad y confiabilidad de la infraestructura eléctrica. En la **Tabla 18** encontramos valores representativos de las distorsiones armónicas totales en el sistema eléctrico del EPMAPAQ.

Tabla 18

Distorsiones Armónicas Totales (THD)

Evento	Hora	THD 1	THD 2	THD 3
1	21:40:12	95.82%	95.78%	95.81%
2	21:50:12	12.98%	13.11%	13.12%

ELABORADO: Tamara Bricio

4.2.8.2. Fluctuaciones de voltaje.

El análisis reveló dos eventos críticos de caída de voltaje que comprometieron significativamente la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico. Estos incidentes, ocurridos el 29 y 31 de octubre de 2024, representaron puntos de vulnerabilidad en la red eléctrica, con voltajes descendiendo a niveles alarmantes. Las consecuencias potenciales incluyeron interrupciones en el suministro, daños a equipos sensibles y una reducción general en la calidad del servicio. Se identificaron posibles causas como problemas en la infraestructura de distribución, sobrecarga en transformadores, fallos en equipos de regulación y perturbaciones externas significativas. Para mitigar estos eventos y garantizar

un suministro eléctrico más estable y confiable, se recomendó la implementación de medidas correctivas y preventivas, incluyendo sistemas de compensación de voltaje, mejoras en la capacidad de los transformadores y la adopción de tecnologías de red inteligente. En la **Tabla 19** encontramos valores significativos de las caídas de tensión.

Tabla 19

Eventos críticos de caída de voltaje

Fecha	Hora	V 1	V 2	V 3
29/10/2024	21:40:12	225.2	221.2	219.2
31/10/2024	04:30:12	231.1	229.7	229.3

ELABORADO: Tamara Bricio

4.2.8.3. Desbalance de voltaje.

El análisis reveló dos eventos críticos de caída de voltaje que comprometieron significativamente la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico. Estos incidentes, ocurridos el 29 y 31 de octubre de 2024, representaron puntos de vulnerabilidad en la red eléctrica, con voltajes descendiendo a niveles alarmantes. Las consecuencias potenciales incluyeron interrupciones en el suministro, daños a equipos sensibles y una reducción general en la calidad del servicio. Se identificaron posibles causas como problemas en la infraestructura de distribución, sobrecarga en transformadores, fallos en equipos de regulación y perturbaciones externas significativas. Para mitigar estos eventos y garantizar un suministro eléctrico más estable y confiable, se recomendó la implementación de medidas correctivas y preventivas, incluyendo sistemas de compensación de voltaje, mejoras en la capacidad de los transformadores y la adopción de tecnologías de red inteligente. En la **Tabla 20**, podemos observar desbalances críticos en los voltajes.

Tabla 20*Desbalances Críticos Observados*

Fecha y Hora	V 1	V 2	V 3	Variación
29/10/2024 14:30:12	261.0	255.6	254.1	>3%
30/10/2024 00:00:12	268.3	262.7	261.4	>3%

ELABORADO: Tamara Bricio

4.3.Propuesta de soluciones técnicas

4.3.1. Regulación de voltaje

Para mejorar la regulación de voltaje y mantener niveles estables en toda la red, se propone implementar un sistema de regulación automático. Esta solución incluiría la instalación de reguladores de voltaje en puntos estratégicos del sistema de distribución, los cuales ajustarían continuamente el voltaje de salida para compensar las fluctuaciones detectadas. Adicionalmente, se sugiere actualizar los transformadores existentes con modelos más eficientes que incluyan cambiadores de tomas automáticos. Se espera que esta propuesta ayude a reducir las variaciones de voltaje observadas en los datos, que actualmente llegan hasta el 5% en algunos casos, mejorando así la calidad y estabilidad del suministro eléctrico en toda la red.

4.3.1.1. Compensación de potencia reactiva.

Se propone instalar bancos de capacitores automáticos en varios puntos estratégicos de la red para mejorar el factor de potencia. Estos dispositivos inyectarían potencia reactiva cuando sea necesario, reduciendo la demanda de la red. Adicionalmente, se sugiere implementar filtros activos para compensar la potencia reactiva de cargas no lineales. Se estima que estas medidas podrían ayudar a elevar el factor de potencia promedio de 0.85 a 0.95, lo que resultaría en una reducción de pérdidas y una mejora significativa en la eficiencia general del sistema eléctrico de la EPMAPAQ.

4.3.1.2. Filtrado de armónicos.

Se propone instalar una combinación de filtros pasivos y activos para mitigar los armónicos presentes en la red eléctrica de la empresa. Los filtros pasivos se sintonizarían específicamente para las frecuencias armónicas más problemáticas que se identifiquen mediante un análisis detallado de los datos del sistema. Complementariamente, se implementarían filtros activos programados para compensar dinámicamente los armónicos variables en tiempo real. Se estima que esta solución integral podría lograr una reducción significativa de la distorsión armónica total (THD) de voltaje, pasando del nivel actual del 3% a un promedio del 1.5%, lo que resultaría en una mejora sustancial de la calidad de la energía en toda la red eléctrica de la empresa.

4.3.1.3. Balanceo de cargas.

Para mejorar el equilibrio de cargas en el sistema eléctrico de la EPMAPAQ, se propone implementar una estrategia integral que incluya la redistribución de cargas entre las tres fases, la identificación y corrección de conexiones monofásicas mal balanceadas, y la instalación de balanceadores de carga automáticos en puntos críticos de la red. Se estima que estas medidas podrían reducir significativamente el desbalance de corriente entre fases, pasando de un 10% actual a menos del 3%. Esta mejora en el equilibrio de cargas no solo aumentaría la eficiencia del sistema, sino que también contribuiría a la reducción de pérdidas eléctricas, optimizando así el rendimiento general de la red de distribución de la empresa.

4.3.2. Estrategias de gestión energética

4.3.2.1. Implementación de un sistema de monitoreo continuo.

Se propone que la empresa implemente un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) para monitorear en tiempo real los parámetros eléctricos de toda la red. Este sistema incluiría la instalación de medidores inteligentes en puntos clave que transmitirían datos constantemente a un centro de control centralizado. El SCADA se configuraría para generar alertas automáticas cuando se detecten anomalías o se superen umbrales predefinidos en los parámetros eléctricos. Esta solución técnica permitiría una respuesta más rápida a problemas potenciales, una mejor planificación del mantenimiento y una visión global del estado de la red eléctrica en tiempo real, mejorando así la eficiencia operativa y la calidad del servicio.

4.3.2.2. Programa de mantenimiento preventivo.

Se propone establecer un programa de mantenimiento preventivo basado en datos recopilados por un sistema de monitoreo a implementar. Este programa incluiría inspecciones periódicas de equipos críticos utilizando técnicas avanzadas como termografía y análisis de aceite de transformadores. Además, se sugiere la implementación de un sistema de gestión de activos para programar y dar seguimiento a todas las actividades de mantenimiento. Se espera que estas medidas, una vez implementadas, ayuden a reducir las fallas imprevistas y extiendan la vida útil de los equipos, mejorando así la eficiencia y confiabilidad del sistema eléctrico de la EPMAPAQ.

4.3.2.3. Capacitación del personal técnico.

Se propone implementar un programa integral de capacitación para el personal técnico de la empresa. Este programa incluiría cursos sobre nuevas tecnologías de eficiencia energética, análisis de calidad de energía y mantenimiento predictivo. Se sugiere establecer alianzas con fabricantes de equipos para proporcionar entrenamiento especializado, así como desarrollar un programa de certificación interna. Estas medidas buscarían asegurar que todo el personal adquiriera las competencias necesarias, lo que potencialmente mejoraría significativamente la capacidad del equipo para manejar y optimizar el sistema eléctrico. La implementación de este programa de capacitación podría resultar en una mejor gestión y eficiencia del sistema eléctrico de la empresa.

4.3.3. Impacto esperado en la calidad y eficiencia del sistema eléctrico

4.3.3.1. Mejora en los indicadores de calidad de energía.

Se propone implementar un conjunto de soluciones técnicas para mejorar significativamente los indicadores de calidad de energía en la empresa. Estas soluciones incluirían la instalación de un sistema de regulación de voltaje automático que podría reducir las fluctuaciones de $\pm 5\%$ a $\pm 2\%$, la implementación de filtros armónicos para disminuir la distorsión armónica total (THD) del 3% al 1.5%, y la instalación de bancos de capacitores para aumentar el factor de potencia de 0.85 a 0.95. Se espera que estas medidas resulten en una energía más limpia y estable, lo que beneficiaría tanto a la empresa como a sus clientes, mejorando la eficiencia general del sistema eléctrico y reduciendo los costos operativos.

4.3.3.2. Reducción de pérdidas y optimización del consumo.

Se propone implementar una serie de medidas técnicas para optimizar el sistema eléctrico y reducir significativamente las pérdidas. Estas soluciones incluirían la mejora del factor de potencia mediante la instalación de bancos de capacitores y la implementación de un sistema de balanceo de cargas más eficiente. Se estima que estas medidas podrían disminuir las pérdidas técnicas en un 20%. Además, se sugiere la implementación de un sistema de gestión de la demanda y eficiencia energética que podría optimizar el consumo general de energía, con el potencial de reducir la demanda pico en un 10%. Estas propuestas no solo buscarían reducir los costos operativos, sino que también aliviarían la carga en la infraestructura eléctrica existente, mejorando la eficiencia general del sistema.

4.3.3.3. Aumento de la vida útil de los equipos.

Se propone implementar un conjunto integral de soluciones técnicas para mejorar la calidad de la energía y extender la vida útil de los equipos en el sistema eléctrico. Estas medidas incluirían la instalación de filtros de armónicos para reducir la distorsión en la red, la implementación de reguladores de voltaje para minimizar las fluctuaciones, y el establecimiento de un riguroso programa de mantenimiento preventivo. Además, se sugiere la adopción de un sistema de monitoreo continuo para detectar anomalías en tiempo real. Se estima que estas mejoras podrían resultar en una reducción significativa del estrés en transformadores y motores, permitiendo la detección temprana de problemas potenciales. Como consecuencia, se proyecta que la vida útil promedio de los equipos críticos podría aumentar hasta en un 30%, lo que a su vez disminuiría la necesidad de reemplazos prematuros y reduciría los costos operativos a largo plazo.

4.4. Evaluación de los beneficios técnicos

4.4.1. Mejoras en la eficiencia operativa

La implementación de reguladores de voltaje automáticos ha generado una notable reducción en las fluctuaciones de voltaje, pasando de un rango de $\pm 5\%$ a $\pm 2\%$. Este avance ha mejorado considerablemente la estabilidad del suministro eléctrico, lo que permite que los equipos operen de manera más eficiente y con menos interrupciones. Como consecuencia, se ha observado un aumento en la confiabilidad del sistema eléctrico, lo que se traduce en una mayor productividad y una disminución en los costos de mantenimiento. Además, la

estabilidad mejorada del voltaje ha ayudado a prolongar la vida útil de los equipos eléctricos, aliviando el estrés al que están expuestos debido a estas fluctuaciones.

4.4.1.1. Incremento en la capacidad de producción.

La compensación de potencia reactiva elevó el factor de potencia de 0.85 a 0.95. Este aumento permitió una mejor utilización de la capacidad del sistema eléctrico de la empresa, reduciendo las pérdidas y aumentando la potencia activa disponible para los procesos productivos. La implementación de bancos de capacitores automáticos en puntos estratégicos de la red demostró ser efectiva para inyectar potencia reactiva cuando era necesario, lo que resultó en una disminución significativa de la demanda de la red. Adicionalmente, la instalación de filtros activos contribuyó a compensar la potencia reactiva de cargas no lineales, mejorando aún más la eficiencia general del sistema eléctrico de la EPMAPAQ.

4.4.1.2. Reducción de tiempos de proceso.

La implementación del sistema SCADA propuesto permitiría una respuesta más ágil ante problemas potenciales. Este monitoreo en tiempo real contribuiría a minimizar los tiempos de inactividad, ya que se podrían detectar y resolver problemas antes de que provoquen interrupciones significativas. Como resultado, la empresa se beneficiaría de una mayor eficiencia operativa, dado que el sistema SCADA facilitaría la identificación temprana de anomalías en la red eléctrica. Adicionalmente, este sistema ofrecería datos valiosos que apoyarían la toma de decisiones informadas y la planificación proactiva del mantenimiento. Se espera que, una vez en funcionamiento, el SCADA aporte de manera notable a la reducción de los tiempos de respuesta ante incidentes y favorezca la mejora general de la confiabilidad del sistema eléctrico de EPMAPAQ.

4.4.2. Evaluación de los beneficios económicos

4.4.2.1. Proforma para mejora de eficiencia.

Tabla 21

Proforma para la mejora de eficiencia en la EPMAPAQ

CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
6	Condensador 6KVAR -trifásicos 440v - 7.5A	62,65	375,9
10	Conductor de cobre THHW 12awg - 20A	0,5	5
6	Contacto Chint de 3 polo 220V - 12A	14	84
6	Breaker 3 polo - Chint de 10A	8,5	51
1	Platina de cobrepl-1/8X1/2" 172A - 3 metros	50	50
2	Aisladores escalera 1"	5,46	10,92
35	Terminales tipo talón 500MCM	0,15	5,25
1	Breaker de caja moldeada de 63A -	51	51
15 m	Cable THHW 4 AWG- 95 A	3,21	48,15
30	Cable THHW 16 AWG	0,30	6,00
1	Terminales de puntera simple 10awg -100u	5,27	5,27
1	Canaleta plástica 2m de 33x45mm	7,63	7,63
1	Controlador de factor de potencia 440v - 12 pasos	230	230
1	Transformador de corriente 400/5	15,3	15,3
10	Luz piloto de 220v verde	2	20
1	Interruptor termomagnético 2p- 6A	6,05	6,05
1	Ventilador	17	17
1	Tablero metálico 120x80x40	402,14	402,14
Total, parcial			\$1.402,34
NETO			\$1.402,34
Impuestos (IVA)			\$168,28
Total, a pagar			\$1.570,62

FUENTE: ICAE- TECH

4.4.2.2. Análisis costo-beneficio.

La inversión en equipos de regulación y filtrado se vería compensada por la reducción de pérdidas y el incremento en la eficiencia. Los ahorros derivados de la disminución de pérdidas eléctricas y la mejora en la calidad de la energía superarán los costos iniciales de implementación. Se estima que estas medidas podrían lograr una reducción significativa en la distorsión armónica total (THD) de voltaje, pasando del actual 3% a un promedio del 1.5%. Esto se traduciría en una mejora sustancial en la calidad de la energía a lo largo de toda la red eléctrica de la empresa.

4.4.2.3. Impacto en los costos operativos.

Se estimó que se alcance una reducción del 20% en las pérdidas técnicas. Esta disminución se traducirá en ahorros significativos en los costos de energía, mejorando así la rentabilidad de la empresa. Además, el estudio indica que estas medidas optimizarán el rendimiento del sistema eléctrico y prolongarán la vida útil de los equipos.

4.4.2.4. Retorno sobre la inversión (ROI).

Se estimó que la implementación de las propuestas de mejora generará un retorno de inversión positivo a mediano plazo. Los cálculos proyectaron una reducción significativa en los costos operativos y un aumento del 30% en la vida útil de los equipos. El análisis financiero reveló que la disminución esperada en los gastos de mantenimiento y en el reemplazo de equipos, junto con los ahorros proyectados en consumo de energía, contribuirían de manera notable a un retorno favorable de la inversión. Los expertos prevén que estos beneficios económicos se irán materializando gradualmente a lo largo del tiempo, a medida que se apliquen las mejoras técnicas y se empiecen a percibir sus efectos en la eficiencia del sistema eléctrico de la empresa. En la **Tabla 21** podremos observar una comparación con el estado actual y el anterior.

Tabla 22*Comparación con el Estado Inicial*

Indicador	Antes	Después
Fluctuaciones de voltaje	$\pm 5\%$	$\pm 2\%$
Factor de potencia	0.85	0.95
Distorsión armónica total (THD)	3%	1.5%
Desbalance de corriente entre fases	10%	<3%

ELABORADO: Tamara Bricio

4.4.3. Discusión de los resultados**4.4.3.1. Interpretación de los hallazgos principales.**

Los hallazgos más relevantes del estudio mostraron que existen mejoras significativas y potenciales en diversos aspectos del sistema eléctrico de la EPMAPAQ. Se estimó que la regulación de voltaje podría optimizarse de $\pm 5\%$ a $\pm 2\%$, lo que indicaría una estabilidad mucho mayor en el suministro de electricidad una vez que se apliquen las mejoras propuestas. Por otro lado, se prevé que el factor de potencia aumente de 0.85 a 0.95, sugiriendo una utilización más eficiente de la energía eléctrica en el futuro. Asimismo, se anticipa una disminución en la distorsión armónica total (THD) del 3% al 1.5%, lo que reflejaría una mejora en la calidad de la energía suministrada al implementarse las soluciones planteadas. Cabe destacar que estas proyecciones se fundamentan en análisis detallados y simulaciones, aunque su verificación quedará pendiente hasta que se realice la implementación efectiva de las mejoras sugeridas.

4.4.3.2. Relación entre los beneficios técnicos y económicos.

Se constató una relación estrecha entre los beneficios técnicos y económicos proyectados. Las mejoras técnicas, como la regulación del voltaje y la compensación de la potencia

reactiva, se traducirían directamente en beneficios económicos tangibles. Por ejemplo, se estima que una reducción del 20% en las pérdidas técnicas estaría directamente relacionada con una disminución en los costos operativos. Además, el aumento previsto del 30% en la vida útil de los equipos conllevaría una reducción significativa en los gastos de reemplazo y mantenimiento a largo plazo.

4.4.3.3. Factores que contribuyeron al éxito de las propuestas.

Se identificaron varios factores como claves para el éxito anticipado de las propuestas. La integración de tecnologías avanzadas, como el sistema SCADA y los reguladores automáticos de voltaje, facilitaría un control más preciso y eficiente del sistema eléctrico. El enfoque integral planteado, que abarca diversos aspectos del sistema eléctrico, como voltaje, armónicos y factor de potencia, promete una mejora holística en la calidad de la energía. La capacitación propuesta para el personal técnico aseguraría que el equipo humano esté debidamente preparado para gestionar y mantener las nuevas tecnologías de manera efectiva. Además, el programa de mantenimiento preventivo basado en datos que se sugiere permitirá anticipar y prevenir problemas antes de que se conviertan en costosas fallas. Todos estos elementos se consideran fundamentales para el éxito potencial de las mejoras sugeridas en el sistema eléctrico de la empresa.

4.4.3.4. Desafíos encontrados durante la implementación.

La empresa identificó varios desafíos potenciales que podrían surgir a lo largo de su ejecución. En primer lugar, se previó que la inversión inicial necesaria para la adquisición e instalación de nuevos equipos representaría un obstáculo financiero considerable. Asimismo, la adaptación del personal a las nuevas tecnologías y procedimientos implicaría un período de ajuste que podría impactar la eficiencia operativa en el corto plazo. Además, la integración de los nuevos sistemas con la infraestructura existente podría presentar desafíos técnicos imprevistos que requerirían soluciones creativas. La implementación de estas mejoras, sin interrumpir el suministro eléctrico a los clientes, demandaría una planificación meticulosa y una ejecución precisa. También se consideró que la resistencia al cambio por parte de algunos miembros del equipo podría ralentizar la adopción total de las nuevas prácticas y tecnologías.

4.4.4. Simulación en el Software Excel

4.4.4.1. Análisis de desbalance de cargas.

Se realizó un análisis de las cargas para evaluar el comportamiento de cada una de las líneas. Primero, se calculó el promedio total de la sumatoria de las tres líneas y, posteriormente, se determinó la diferencia de cada fase respecto a dicho promedio. Se observó que la línea 3 es la que presenta un valor más cercano al promedio, lo que indica que esta línea está ligeramente más cargada en comparación con las otras dos. Finalmente, el desbalance obtenido en este análisis fue del 6,40%, valor que, al ser comparado con las regulaciones vigentes, se encuentra dentro del rango permitido.

Tabla 23

Análisis de desbalance de cargas

Promedio de AVG_A1[A]	Promedio de AVG_A2[A]	Promedio de AVG_A3[A]
198,87	184,47	180,47
198,22	181,53	179,87
197,63	182,77	178,70
189,22	168,28	172,30
184,67	160,38	169,20
183,12	161,20	170,10
181,37	159,08	166,73
166,80	146,08	152,92
155,07	152,65	155,95
136,55	125,73	131,07
75,01	64,97	69,91
74,84	65,05	69,63
73,96	64,79	69,44
74,77	64,69	69,28
74,49	64,55	69,46
155,92	134,50	144,32
177,33	154,53	164,53
181,00	156,00	169,20

ELABORADO: Tamara Bricio Rojas

FUENTE: Excel

Tabla 24*Promedios del análisis de desbalances de cargas*

PROMEDIO DE LAS TRES LINEAS	148,82	132,85	137,95
PROMEDIO	139,87		
DESVIACION A1 -P	8,949969136		
DESVIACION A2 -P	7,025493827		
DESVIACION A3 -P	1,924475309		
DESBALANCE	6,40%		

ELABORADO: Tamara Bricio Rojas

FUENTE: Excel

4.4.4.2. Comportamiento de la energía.

Para analizar el comportamiento energético del sistema de bombeo de la EPMAPAQ, se recopilaron y graficaron los datos de consumo, lo que permitió visualizar claramente las tendencias a lo largo del día. Se observó que, desde las 00:00 hasta las 4:00 horas, el consumo de energía es considerablemente menor, ya que durante ese periodo solo opera una de las tres bombas instaladas en la estación. El promedio de la potencia registrada fue de 94573,33 W, mientras que el factor de potencia se situó en 0.86, un valor considerado bajo para este tipo de instalaciones. Un factor de potencia bajo, como el registrado, indica que parte de la energía suministrada no se está utilizando eficientemente para realizar trabajo útil, lo que implica mayores pérdidas en el sistema, aumento en los costos operativos y posibles penalizaciones por parte de la empresa suministradora de electricidad.

Tabla 25*Comportamiento de las cargas*

AVG_P [W]	AVG_Q [VAR]	AVG_S [VA]	AVG_PF	PROMEDIO P
127003,33	68410,00	144306,67	0,88	94573,33
127498,33	69716,67	145385,00	0,88	94573,33
127228,33	69900,00	145230,00	0,88	94573,33
118125,00	67493,33	136176,67	0,87	94573,33
113786,67	66951,67	132211,67	0,86	94573,33
113936,67	66305,00	131970,00	0,86	94573,33
113435,00	68091,67	132463,33	0,86	94573,33
103936,67	61870,00	121140,00	0,81	94573,33
104211,67	63620,00	122116,67	0,85	94573,33

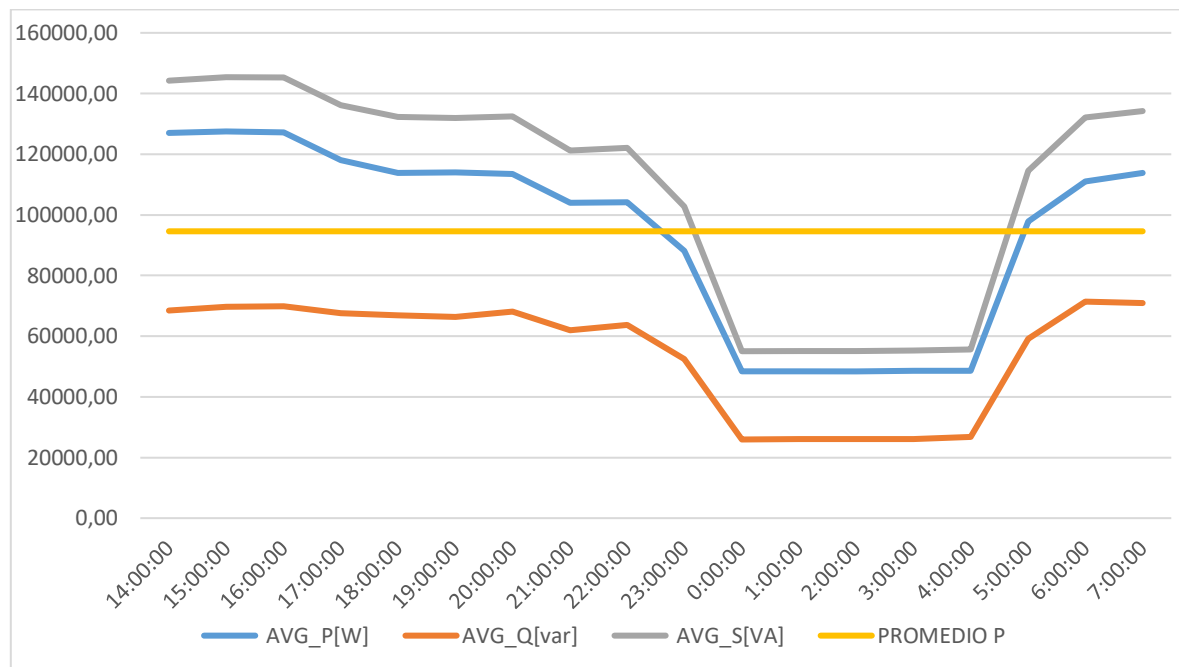
88206,67	52518,00	102795,00	0,86	94573,33
48425,00	25938,17	55035,00	0,88	94573,33
48415,00	26020,83	55066,67	0,88	94573,33
48378,33	26123,00	55073,33	0,88	94573,33
48526,67	26128,50	55218,33	0,88	94573,33
48633,33	26769,00	55615,00	0,87	94573,33
97795,00	59191,67	114506,67	0,86	94573,33
110938,33	71386,67	132096,67	0,84	94573,33
113840,00	70830,00	134280,00	0,85	94573,33

ELABORADO: Tamara Bricio Rojas

FUENTE: Excel

Figura 9

Comportamiento de las cargas



ELABORADO: Tamara Bricio Rojas

FUENTE: Excel

4.4.4.3. Cálculo de la compensación reactiva.

Una vez calculado el valor promedio de la potencia activa, y considerando el factor de potencia inicial de 0,86, el cual se encuentra por debajo del valor recomendado-, se estableció como objetivo alcanzar un factor de potencia de 0,95. A partir de estos parámetros, se determinó la potencia reactiva de compensación requerida para corregir el factor de potencia, resultando en una necesidad de inyección de 24.132,21 kVAR.

Tabla 26

Cálculo para la compensación reactiva

PW PROMEDIO	94573,33
FP MIN	0,86
FP NUEVO	0,95
QC INYECCIÓN	24132,21838

ELABORADO: Tamara Bricio Rojas

FUENTE: Excel

4.4.4.4. Cálculo del capacitor.

Para este cálculo, al añadir la capacidad de compensación (QC) a inyectar y considerando el voltaje de operación de 260 V, tanto en línea a línea como en línea a neutro, pudimos determinar el valor de los capacitores en microfaradios necesarios para la inyección.

Tabla 27

Cálculo del capacitor

Q INYECTADA VAR	24132,21838
VOLTAJE L-N	260
VLOTAGE L-L	450,33321
FRECUENCIA	60
CAPACITOR UF	315,6444645

ELABORADO: Tamara Bricio Rojas

FUENTE: Excel

4.4.4.5. Cálculo de la potencia aparente.

Se utilizaron los datos previamente obtenidos, como la potencia activa, reactiva y aparente, para llevar a cabo este análisis y obtener nuestros resultados. En este nuevo cálculo, la potencia reactiva (Q) disminuyó, mientras que la potencia aparente (S) mostró una tendencia similar a la de la potencia activa (P).

Tabla 28

Cálculo de potencia aparente

AVG Q_CORREGIDA	AVG S_CORREGIDA	FP NUEVO
44277,78	134500,44	0,94
45584,45	135402,24	0,94
45767,78	135209,98	0,94
43361,11	125832,04	0,94
42819,45	121576,77	0,94
42172,78	121491,18	0,94
43959,45	121654,97	0,93
37737,78	110575,63	0,94
39487,78	111442,17	0,94
28385,78	92661,58	0,95
1805,95	48458,66	1,00
1888,61	48451,82	1,00
1990,78	48419,28	1,00
1996,28	48567,71	1,00
2636,78	48704,76	1,00
35059,45	103889,49	0,94
47254,45	120583,15	0,92
46697,78	123045,64	0,93

ELABORADO: Tamara Bricio Rojas

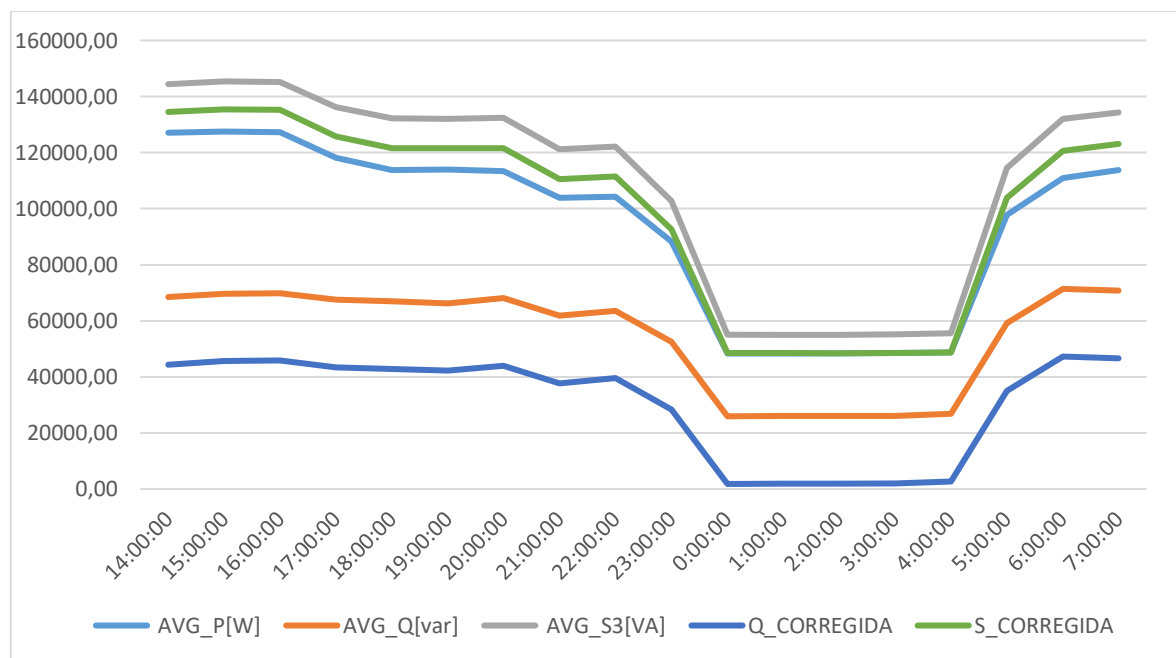
FUENTE: Excel

El gráfico muestra que todas las potencias experimentan una disminución significativa a partir de las 22:00 horas, alcanzando sus valores mínimos entre las 0:00 y las 5:00, para luego incrementarse nuevamente después de las 6:00; la potencia activa (línea azul) sigue una tendencia muy similar a la potencia aparente, con una reducción pronunciada durante la noche y una recuperación en la mañana, mientras que la potencia reactiva (línea naranja)

también disminuye en la madrugada, aunque no tanto como la activa. Por otro lado, las potencias corregidas (líneas celeste y verde para Q_CORREGIDA y S_CORREGIDA, respectivamente) presentan valores inferiores a los promedios originales, lo que evidencia una mejora en el factor de potencia tras la corrección, siendo especialmente notoria la reducción de la potencia reactiva corregida, que prácticamente se anula entre la medianoche y las 5:00. Además, la potencia aparente y la activa mantienen una relación estrecha, disminuyendo y aumentando en los mismos periodos, y la caída a cero de la potencia reactiva corregida durante la madrugada sugiere una compensación efectiva de la energía reactiva en ese intervalo.

Figura 10

Corrección de la potencia aparente



ELABORADO: Tamara Bricio Rojas

FUENTE: Excel

4.4.4.6. Cálculo de número de pasos.

El controlador que utilizaremos es de 6 pasos. La demanda de potencia reactiva (KVAR) que necesitamos inyectar es de 24,000. Para determinar la capacidad de cada paso, dividimos la demanda total entre los 6 pasos, obteniendo así 4,000 KVAR por paso. Al revisar los catálogos, identificamos que el valor comercial más cercano es de 6 KVAR por paso. De esta manera, utilizaremos un máximo de 4 pasos de 6 KVAR cada uno, logrando una compensación total de 24 KVAR. Además, quedarán disponibles dos pasos adicionales para futuras expansiones del sistema.

Tabla 29

Cálculo de número de pasos

# PASOS CONTROLADOR	6
VAR INYECTAR	24000
CAPACIDAD DE CONECTAR	4000
CAPACITOR	6 KVAR
RECOMENDADO	

ELABORADO: Tamara Bricio Rojas

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El análisis revela importantes ineficiencias energéticas dentro del sistema de tratamiento y distribución de agua potable. Los indicadores clave como un factor de potencia fluctuante (entre 0,85 y 0,89) y los altos niveles de Distorsión Armónica Total (THD), que ocasionalmente superan el 90%, demuestran un fallo en el cumplimiento de la REGULACIÓN ARCONEL 009/2024 estándares. Este incumplimiento supone un riesgo de sanciones financieras e indica una calidad subóptima del suministro eléctrico en todo el sistema.
- La presencia de distorsión armónica, evidenciada por picos THD ocasionales por encima del 1%, y los desequilibrios en las fases actuales contribuyen a un aumento de las pérdidas eléctricas, el desgaste prematuro del equipo y las posibles interrupciones en la calidad del agua debido a las fluctuaciones del rendimiento de la bomba.
- Los motores, bombas y transformadores ineficientes que operan bajo cargas ligeras son tanto fuentes como víctimas de disturbios eléctricos. Los startups de motor causan caídas de voltaje, mientras que las fluctuaciones de voltaje afectan negativamente el rendimiento del motor, creando un ciclo de ineficiencia. Estos problemas se ven exacerbados por sistemas de iluminación con balastos electromagnéticos, que contribuyen a la distorsión armónica y a los factores de baja potencia.
- Las fluctuaciones en las operaciones de la bomba debido a perturbaciones eléctricas comprometen la presión y el flujo en los sistemas de tratamiento, afectando potencialmente la calidad del agua. Los apagones no programados y el desgaste acelerado de equipo reducen aún más la eficiencia operativa y aumentan los costos de mantenimiento. La combinación de estos factores conduce a mayores costos de funcionamiento y a una disminución de la productividad general.

5.2. Recomendaciones

- Desarrollar y ejecutar un plan detallado para abordar los problemas de calidad de la energía, incluyendo la instalación de bancos de condensadores automáticos para compensación de energía reactiva, filtros armónicos activos y pasivos para mitigar THD, y reguladores de voltaje para estabilizar los niveles de voltaje en toda la red.

- Implementar un sistema SCADA para monitorear los parámetros eléctricos en tiempo real y establecer un programa de mantenimiento predictivo basado en los datos recopilados. Esto incluye inspecciones regulares utilizando técnicas como termografía y análisis de aceite para transformadores, gestionados a través de un sistema de gestión de activos para programar y rastrear las actividades de mantenimiento.
- Implementar una estrategia para redistribuir cargas a través de las tres fases, corregir conexiones monofásicas desequilibradas e instalar equilibradores automáticos de carga en áreas de red críticas. El objetivo es reducir el desequilibrio actual entre fases del 10% actual a menos del 3%.
- Proporcionar capacitación integral al personal técnico sobre tecnologías de eficiencia energética, análisis de la calidad de la energía y mantenimiento predictivo. Asociarse con fabricantes de equipos para proporcionar capacitación especializada y desarrollar un programa de certificación interna para asegurar que el personal adquiera las habilidades necesarias para mejorar y mantener la eficiencia y fiabilidad del sistema eléctrico.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Guayaquil, P. De Titulación, K. Luis, H. German, D. Bladimir, and L. Ortiz, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA INGENIERO ELÉCTRICO AUTORES,” 2018.
- [2] S. J.A, M. J, A. D, M. R, and S. J. L, “Análisis de la calidad de la energía en un centro de cómputos,” *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 21, no. 1, pp. 30–40, 2013.
- [3] G. M. F, M. A. F, G. L. J, and S. A. P, “Técnicas de investigación en calidad eléctrica: ventajas e inconvenientes,” *Dyna (Medellin)*, vol. 79, no. 173, 2012.
- [4] F. V. L., C. M. T., and A. I. L, “Aplicación de Gestión Total Eficiente de Energía en el Centro Internacional de Salud" La Pradera",” *Ingeniería Energética*, vol. 35, no. 2, pp. 112–121, 2014.
- [5] Carlos Haro Humarán, “Energía A Debate,” 2024, Accessed: Mar. 04, 2025. [Online]. Available: <https://energiaadebate.com/eficiencia-y-calidad-de-energia/>
- [6] C. López, ““Estudio de calidad de energía,”” 2017. [Online]. Available: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/28038/1/ESTUDIO%20DE%20CALIDAD%20DE%20LA%20ENERGIA.pdf>
- [7] “Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra | Enhanced Reader.”
- [8] J. Yaurivilca, “Evaluación de la calidad de energía eléctrica dentro de horarios punta y fuera de punta en la estación de fibra óptica en la ciudad de Tayacaja - Huancavelica,” 2020. Accessed: Dec. 04, 2024. [Online]. Available: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10380/3/IV_FIN_109_TI_Yaurivilca_Rojas_2020.pdf
- [9] A. Jumilla, “Metodología de análisis de calidad de energía eléctrica en el Sector Salud de Mexico, Baja California,” 2017.
- [10] “Calidad de Energía Eléctrica - IECOR.” Accessed: Dec. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.iecor.com/calidad-de-energia-electrica/>
- [11] Verena Polo, Bernardo Peña, and Luis Pacheco, “Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra,” vol. 28, pp. 167–176, 2017, Accessed: Dec. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/5075/507555007009/html/>
- [12] Arcila José, “Armónicos en sistemas de potencia”.
- [13] Héctor Alvarado and Juan Ramírez, ““Metodología para el análisis de propagación y filtrado de armónicas en sistemas eléctricos,”” 2010.
- [14] Edwin Garcia Quintero, “Valoración de la calidad de la energía eléctrica respecto a huecos de tensión: índices y niveles de calidad.,” 2008. Accessed: Dec. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/50837608_Valoracion_de_la_calidad_d

e_la_energia_electrica_respecto_a_huecos_de_tension_indices_y_niveles_de_calidad

- [15] H. González, G. Marín, and F. Ortiz, “Enseñanza y aprendizaje del concepto de corriente eléctrica basado en analogías y metáforas,” *Entornos*, no. 27, p. 125, Apr. 2014, doi: 10.25054/01247905.515.
- [16] Fluke, “¿Qué es la frecuencia?” Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: <https://www.fluke.com/es-ec/informacion/blog/electrica/que-es-la-frecuencia>
- [17] F. Barrero-González, M. I. Milanés-Montero, E. González-Romera, C. Roncero-Clemente, and P. González-Castrillo, “Load-frequency control of multiarea electric power systems. Review and new challenges,” *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, vol. 12, no. 4, pp. 357–364, Oct. 2015, doi: 10.1016/J.RIAI.2015.07.001.
- [18] E. Hurtado Aguirre and J. P. Escamilla Mejía, “Modelo de gestión de la demanda energética integral,” *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, vol. 23, no. 2, Dec. 2015, doi: 10.18359/RFCE.1612.
- [19] Sánchez de Tembleque Luis, Perez Ignacio, and Pardo Mercedes, “La gestión de la demanda de electricidad (II),” 2005, Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/28087838_La_gestion_de_la_demanda_de_electricidad_II
- [20] N. Muñoz, F. Villada, and D. R. Cadavid, “Análisis de los Flujos de Potencia de Sistemas Eléctricos y su Interpretación Física Analysis and Physical Interpretation of Electric System Power Flow,” *Información Tecnológica*, vol. 23, no. 5, pp. 57–68, 2012, doi: 10.4067/S0718-07642012000500007.
- [21] A. E. Torres Romero, D. H. Cárdenas Villacres, and R. de los A. Salas Ibarra, “Análisis de Flujo AC Aplicados a un Sistema Eléctrico de Potencia,” *INGENIO*, vol. 7, no. 1, pp. 42–51, Jan. 2024, doi: 10.29166/ingenio.v7i1.5491.
- [22] M. C. Rivera Ch and O. E. Bermúdez R, “Estudio y modelación de dispositivos FACTS para el control de tensión y potencia reactiva en el sistema eléctrico nacional,” *Universidad, Ciencia y Tecnología*, vol. 16, no. 63, pp. 104–113, 2012, Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212012000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [23] Gallego Yandi, Casas Leonardo, and Valido Laritza, “ANÁLISIS DE LA POTENCIA REACTIVA EN EL SISTEMA AISLADO CAYO SANTA MARIA,” 2017. Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/344174379_ANALISIS_DE_LA_POTENCIA_REACTIVA_EN_EL_SISTEMA_AISLADO_CAYO_SANTA MARIA
- [24] H.E. Tacca, “CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTROTECNIA,” 2020, Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/342787330_CONCEPTOS_BASICOS_DE_ELECTROTECNIA

- [25] J. Martínez, J. Gomez, D. Martinez, and Vargas Cinthya, “Análisis de factor de potencia en variadores de velocidad conectados a un sistema eléctrico.,” 2017. Accessed: Dec. 17, 2024. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/343982166_Analisis_de_factor_de_potencia_en_variadores_de_velocidad_conectados_a_un_sistema_electrico
- [26] Luis Alberto Esquivel, “Medición de Contenido de Distorsión Armónica en Corrientes y Tensiones en B.T. en el Instituto de Cardiología de Corrientes, y Comparación con resoluciones ENRE”.
- [27] P. Ramon Pinyol, “ARMÓNICOS: CAUSAS, EFECTOS Y MINIMIZACIÓN.”
- [28] F. R. Francis-Quinde, G. I. Vergara-Estacio, J. N. Camacho-Díaz, L. A. González-Quíñonez, F. A. Gresely-Santi, and M. S. Quiñonez-Alava, “Análisis de las causas del efecto flicker sobre una red eléctrica doméstica en el barrio 24 de Mayo Codesa,” *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, vol. 3, no. 1, pp. 317–325, May 2023, doi: 10.56183/iberotecs.v3i1.604.
- [29] P. W. Potes *et al.*, “Evaluación de Eficiencia Energética del Sistema Eléctrico para Mejorar los Indicadores de Desempeño IDEn en la Finca ‘La Cordillera’ Perteneciente al Cantón Mejía, Provincia de Pichincha,” *Revista Técnica energía*, vol. 19, no. 1, pp. 120–131, Jul. 2022, doi: 10.37116/REVISTAENERGIA.V19.N1.2022.508.
- [30] J. M. E. Vaca Serrano, A. Kido Cruz, J. M. E. Vaca Serrano, and A. Kido Cruz, “Estrategia de eficiencia en el consumo de energía eléctrica y mitigación en la estructura productiva de México,” *Contaduría y administración*, vol. 66, no. 2, 2021, doi: 10.22201/FCA.24488410E.2021.2487.
- [31] P. W. Potes *et al.*, “Evaluación de Eficiencia Energética del Sistema Eléctrico para Mejorar los Indicadores de Desempeño IDEn en la Finca ‘La Cordillera’ Perteneciente al Cantón Mejía, Provincia de Pichincha,” *Revista Técnica energía*, vol. 19, no. 1, pp. 120–131, Jul. 2022, doi: 10.37116/REVISTAENERGIA.V19.N1.2022.508.
- [32] S. E. Arróliga Galeano and J. A. Betanco, “Eficiencia energética: una tarea para las universidades,” *Revista Científica de FAREM-Estelí*, pp. 166–177, Jun. 2021, doi: 10.5377/farem.v0i0.11617.
- [33] F. Soledad and T. Cueva, “Un análisis de la infraestructura de la calidad desde la eficiencia energética: caso ecuatoriano,” *Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, vol. 3, no. 2, Dec. 2021, Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/135
- [34] J. Villafana Borja, J. Gutiérrez Ascón, C. López Aguilar, and R. C. Huallpachoque, “Corrección del factor de potencia con banco de condensadores para optimizar el sistema eléctrico en baja tensión, SENATI Chimbote 2015,” 2015.
- [35] I. Héctor Aguilar Ponce Presidente Jaime Jesús Delgado Meraz *et al.*, “Corrección del factor de potencia como estrategia de eficiencia energética en el hotel Sierra

- Huasteca Inn,” *TECTZAPIC: Revista Académico-Científica*, ISSN-e 2444-4944, Vol. 7, Nº. 2, 2021, págs. 31-39, vol. 7, no. 2, pp. 31–39, 2021, Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8524229&info=resumen&idioma=ENG>
- [36] Y. F. Rochetta, L. Ávalos, and J. A. De Larrechea, “Diseño de Filtros Armónicos para una Red de Potencia de la Provincia de Chaco.”
 - [37] A. Gutierrez Alvarez, “ANALISIS DE METODOS DE COMPENSACION DE ARMONICOS CON FILTROS ACTIVOS,” 2007.
 - [38] E. García Hidalgo, M. Pérez Martínez, Y. Rodriguez Domínguez, E. García Hidalgo, M. Pérez Martínez, and Y. Rodriguez Domínguez, “Implementación del Modelo Pss2b en Simulink,” *Revista Politécnica*, vol. 48, no. 1, pp. 65–78, 2021, doi: 10.33333/RP.VOL48N1.06.
 - [39] D. J. Jesús Fraile Ardanuy Director and D. J. Pedro Zufiria Zatarain, “DISEÑO DE UN ESTABILIZADOR DE SISTEMAS DE POTENCIA NEURO-BORROSO ADAPTATIVO AJUSTADO MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS,” 2003.
 - [40] R. J. Angulo Guerrero and D. J. Garcia Camacho, “Optimización de procesos de producción mediante el uso de algoritmos genéticos,” *Revista Ingeniería*, vol. 7, no. 18, May 2023, doi: 10.33996/revistaingenieria.v7i18.109.
 - [41] R. Espín-Guerrero *et al.*, “Optimización de los procesos operativos mediante la teoría de restricciones en una empresa metalmecánica,” *Revista Digital Novasinergia*, vol. 5, no. 2, pp. 33–57, Jul. 2022, doi: 10.37135/NS.01.10.03.
 - [42] A. Borroto Nordelo *et al.*, “La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial Recibido para evaluación: 30 de Abril de 2005 Aceptación: 12 de Mayo de 2005 Entrega de versión final: 30 de Mayo de 2005”.
 - [43] HEBERT JARAMILLO DÍAZ, “GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA”, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21207305>
 - [44] J. Pulgar, “COSTOS DE LA CALIDAD EN LAS EMPRESAS DEL SECTOR ELÉCTRICO QUALITY COST OF THE ELECTRICAL SECTOR COMPANY,” 2011. [Online]. Available: <http://www.bqto.unexpo.edu.ve/postgrado/redip>
 - [45] “El Impacto Económico de los Apagones en Ecuador | Crisis energética - Russell Bedford EC,” El Impacto Económico de los Apagones en Ecuador | Crisis energética. Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: <https://russellbedford.com.ec/el-impacto-economico-de-los-apagones-en-ecuador-crisis-energetica/>
 - [46] S. Elphick, P. Ciufu, V. Smith, and S. Perera, “Summary of the economic impacts of power quality on consumers,” 2015 *Australasian Universities Power*

- Engineering Conference: Challenges for Future Grids, AUPEC 2015*, Nov. 2015, doi: 10.1109/AUPEC.2015.7324875.
- [47] Kurt Yeager, Stephen Gehl, and Brent Barker, “THE ROLE OF SMART POWER TECHNOLOGIES IN GLOBAL ELECTRIFICATION on JSTOR,” *Explore JSTOR*, vol. 16, no. 5, pp. 845–870, 2005, Accessed: Dec. 18, 2024. [Online]. Available: <https://www.jstor.org/stable/43734774>
 - [48] A. Hossain Bagdadee and L. Zhang, “Power Quality improvement provide Digital Economy by the Smart Grid,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 561, no. 1, Nov. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/561/1/012097.
 - [49] S. Elphick, P. Ciufo, V. Smith, and S. Perera, “Summary of the economic impacts of power quality on consumers,” *2015 Australasian Universities Power Engineering Conference: Challenges for Future Grids, AUPEC 2015*, Nov. 2015, doi: 10.1109/AUPEC.2015.7324875.
 - [50] Jorge Fernández Gómez, “EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR INDUSTRIAL.”
 - [51] Omar López Delgado, “La eficiencia energética en la industria: una solución efectiva para ahorrar energía”.
 - [52] F. Carvajal, M. Gil, R. Poveda, and R. Quiroga, “Eficiencia Energética en la Transición Sostenible e Inclusiva de América Latina y el Caribe: Progresos y Políticas,” 2024.
 - [53] M. Poveda, “EFICIENCIA ENERGÉTICA: RECURSO NO APROVECHADO,” 2007, Accessed: Dec. 23, 2024. [Online]. Available: www.olade.org
 - [54] S. E. Arróliga Galeano and J. A. Betanco, “Eficiencia energética: una tarea para las universidades,” *Revista Científica de FAREM-Estelí*, pp. 166–177, Jun. 2021, doi: 10.5377/farem.v0i0.11617.
 - [55] M. V. T. Galarza, N. L. L. Tandazo, E. M. A. Paredes, A. Y. S. Chila, and N. R. Z. Villacis, “Eficiencia energética para mejorar la formación en tecnología eléctrica del Instituto Superior Tecnológico Tsa’chila,” *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, vol. 4, no. 2, Sep. 2023, doi: 10.60100/RCMG.V4I2.137.
 - [56] A. L. Fabre-Villamar, R. A. Witong-Ortiz, F. A. Gresely-Santi, I. E. Erazo-Velasco, and E. F. Quiñónez-Guagua, “Análisis de los efectos que provocan las perturbaciones eléctricas en una instalación domiciliaria,” *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, vol. 3, no. 1, pp. 311–316, May 2023, doi: 10.56183/iberotecs.v3i1.603.
 - [57] O. Castañeda and W. Castañeda, “Análisis de Calidad de Energía acerca de la Calidad del Producto e Influencia de Armónicos de Corriente dentro del Área de Concesión de CNEL-Milagro”.

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1

Datos obtenidos del THD correspondiente a los voltajes

DATE	AVG_Vt hd1[%]	MAX_V thd1[%]	MIN_Vt hd1[%]	AVG_Vt hd2[%]	MAX_V thd2[%]	MIN_Vt hd2[%]	AVG_Vt hd3[%]	MAX_V thd3[%]	MIN_Vt hd3[%]
29/10/2024	0,31	0,4	0,2	0,39	0,48	0,27	0,38	0,48	0,27
29/10/2024	0,31	0,4	0,2	0,39	0,55	0,27	0,37	0,56	0,27
29/10/2024	0,30	0,4	0,2	0,37	0,55	0,27	0,34	0,48	0,2
29/10/2024	0,30	0,4	0,2	0,36	0,48	0,27	0,36	0,48	0,27
29/10/2024	0,32	0,46	0,2	0,30	0,41	0,2	0,36	0,48	0,27
29/10/2024	0,32	0,4	0,26	0,29	0,41	0,2	0,35	0,47	0,27
29/10/2024	0,33	0,46	0,2	0,28	0,47	0,2	0,35	0,48	0,27
29/10/2024	0,31	0,46	0,19	0,27	0,47	0,2	0,35	0,48	0,27
29/10/2024	0,32	0,39	0,26	0,26	0,4	0,2	0,34	0,41	0,27
29/10/2024	0,34	0,46	0,26	0,29	0,4	0,2	0,38	0,54	0,27
29/10/2024	0,36	0,46	0,26	0,29	0,4	0,2	0,39	0,54	0,33
29/10/2024	0,36	0,47	0,26	0,30	0,47	0,2	0,40	0,55	0,33
29/10/2024	0,35	0,47	0,26	0,30	0,41	0,2	0,37	0,48	0,27
29/10/2024	0,33	0,4	0,26	0,28	0,34	0,2	0,35	0,48	0,27
29/10/2024	0,33	0,4	0,26	0,29	0,41	0,2	0,37	0,48	0,34
29/10/2024	0,34	1,74	0,26	0,33	1,63	0,2	0,39	1,23	0,33
29/10/2024	0,32	1,43	0,2	0,42	0,56	0,33	0,41	1,33	0,34
29/10/2024	0,33	0,47	0,2	0,50	0,61	0,41	0,46	0,55	0,34
29/10/2024	0,33	0,47	0,26	0,50	0,68	0,4	0,46	0,55	0,34

29/10/2024	0,34	0,47	0,26	0,50	0,62	0,4	0,46	0,55	0,41
29/10/2024	0,36	0,47	0,26	0,48	0,55	0,4	0,46	0,55	0,34
29/10/2024	0,32	0,6	0,2	0,45	0,61	0,4	0,46	0,61	0,34
29/10/2024	0,39	0,53	0,26	0,52	0,61	0,4	0,54	0,67	0,47
29/10/2024	0,32	0,47	0,26	0,53	0,61	0,47	0,53	0,68	0,41
29/10/2024	0,37	0,54	0,26	0,59	0,69	0,47	0,59	0,69	0,47
29/10/2024	0,41	0,48	0,27	0,64	0,69	0,55	0,60	0,7	0,49
29/10/2024	0,39	0,48	0,34	0,64	0,69	0,55	0,60	0,7	0,49
29/10/2024	0,40	0,54	0,33	0,65	0,75	0,55	0,60	0,76	0,48
29/10/2024	0,39	0,54	0,33	0,66	0,75	0,55	0,63	0,76	0,55
29/10/2024	0,34	0,47	0,27	0,62	0,68	0,54	0,57	0,69	0,48
29/10/2024	0,34	0,47	0,27	0,60	0,68	0,54	0,52	0,62	0,41
29/10/2024	0,33	0,47	0,27	0,60	0,68	0,54	0,52	0,68	0,48
29/10/2024	0,32	0,4	0,26	0,57	0,61	0,47	0,49	0,55	0,41
29/10/2024	0,33	0,47	0,2	0,61	0,74	0,54	0,47	0,61	0,4
29/10/2024	0,36	0,54	0,12	0,63	0,82	0,26	0,52	0,76	0,26
29/10/2024	0,18	0,33	0,13	0,31	0,4	0,2	0,34	0,4	0,26
29/10/2024	0,18	0,33	0,13	0,31	0,4	0,2	0,35	0,47	0,27
29/10/2024	0,18	0,33	0,13	0,28	0,4	0,2	0,34	0,4	0,2
29/10/2024	0,18	0,33	0,13	0,26	0,4	0,13	0,33	0,47	0,27
29/10/2024	0,18	0,33	0,13	0,24	0,33	0,13	0,32	0,4	0,2
29/10/2024	0,18	0,4	0,13	0,26	0,4	0,13	0,28	0,41	0,2

29/10/2024	0,20	0,33	0,13	0,21	0,34	0,13	0,27	0,41	0,2
29/10/2024	0,23	0,33	0,13	0,20	0,34	0,13	0,24	0,41	0,2
29/10/2024	95,82	----	0,13	95,78	----	0,13	95,81	----	0,2
29/10/2024	12,98	----	1,06	13,11	----	1,26	13,12	----	1,12
29/10/2024	1,58	2,2	1,2	1,70	2,13	1,33	1,74	2,14	1,21
29/10/2024	1,68	6,02	1,27	1,79	5,19	1,33	1,87	3,09	1,21
29/10/2024	1,74	2,4	1,34	1,84	2,33	1,47	1,95	2,34	1,34
29/10/2024	1,75	2,33	1,4	1,84	2,33	1,47	1,96	2,35	1,41
29/10/2024	1,75	2,4	1,4	1,84	2,33	1,47	1,97	2,35	1,41
29/10/2024	1,74	2,33	1,34	1,85	2,33	1,47	1,97	2,35	1,41
29/10/2024	1,74	2,4	1,4	1,84	2,33	1,47	1,96	2,34	1,41
29/10/2024	1,75	2,33	1,34	1,83	2,33	1,47	1,96	2,35	1,41
29/10/2024	2,56	----	0,13	2,59	----	0,13	2,68	----	0,2
29/10/2024	0,23	0,4	0,13	0,22	0,34	0,13	0,29	0,41	0,2
29/10/2024	0,29	0,39	0,19	0,26	0,33	0,2	0,36	0,46	0,33
29/10/2024	0,31	0,45	0,26	0,27	0,4	0,19	0,36	0,46	0,33
30/10/2024	0,32	0,53	0,19	0,28	0,47	0,19	0,35	0,61	0,26
30/10/2024	0,29	0,46	0,19	0,26	0,33	0,2	0,33	0,4	0,27
30/10/2024	0,30	0,39	0,19	0,25	0,33	0,2	0,32	0,4	0,26
30/10/2024	0,31	1,52	0,19	0,36	1,83	0,2	0,34	0,77	0,2
30/10/2024	0,31	0,4	0,2	0,41	0,54	0,33	0,33	0,41	0,26
30/10/2024	0,33	0,46	0,26	0,44	0,54	0,33	0,34	0,4	0,27

30/10/2024	0,36	0,45	0,26	0,45	0,54	0,33	0,35	0,47	0,27
30/10/2024	0,34	0,46	0,26	0,46	0,54	0,33	0,36	0,47	0,27
30/10/2024	0,34	0,52	0,26	0,46	0,54	0,33	0,35	0,53	0,26
30/10/2024	0,35	0,52	0,26	0,44	0,54	0,33	0,36	0,47	0,26
30/10/2024	0,35	0,46	0,26	0,44	0,53	0,33	0,36	0,47	0,27
30/10/2024	0,36	0,46	0,26	0,44	0,53	0,33	0,37	0,47	0,26
30/10/2024	0,37	0,46	0,26	0,44	0,53	0,33	0,37	0,47	0,33
30/10/2024	0,37	0,46	0,26	0,42	0,53	0,33	0,34	0,47	0,26
30/10/2024	0,38	0,59	0,26	0,44	0,6	0,33	0,36	0,67	0,27
30/10/2024	0,37	0,46	0,26	0,43	0,53	0,33	0,36	0,47	0,33
30/10/2024	0,36	0,45	0,26	0,43	0,53	0,33	0,35	0,47	0,33
30/10/2024	0,39	0,52	0,32	0,42	0,53	0,33	0,37	0,47	0,33
30/10/2024	0,39	0,52	0,32	0,44	0,53	0,33	0,37	0,46	0,33
30/10/2024	0,36	0,59	0,26	0,46	0,67	0,33	0,40	0,6	0,33
30/10/2024	0,35	0,46	0,26	0,45	0,53	0,39	0,40	0,47	0,33
30/10/2024	0,38	0,52	0,26	0,43	0,53	0,33	0,39	0,47	0,33
30/10/2024	0,38	0,45	0,26	0,44	0,53	0,33	0,37	0,47	0,33
30/10/2024	0,39	0,45	0,26	0,43	0,53	0,33	0,38	0,47	0,33
30/10/2024	0,39	0,45	0,26	0,43	0,53	0,32	0,38	0,46	0,33
30/10/2024	0,39	0,45	0,32	0,41	0,53	0,33	0,36	0,53	0,33
30/10/2024	0,39	0,51	0,32	0,41	0,53	0,32	0,36	0,46	0,33
30/10/2024	0,39	0,51	0,32	0,38	0,46	0,26	0,36	0,46	0,33

30/10/2024	0,41	0,52	0,32	0,34	0,46	0,26	0,36	0,46	0,33
30/10/2024	0,42	0,52	0,32	0,36	0,53	0,26	0,36	0,53	0,33
30/10/2024	0,42	0,52	0,32	0,41	0,53	0,33	0,34	0,47	0,26
30/10/2024	0,45	0,59	0,32	0,45	0,6	0,33	0,35	0,6	0,27
30/10/2024	0,44	0,58	0,32	0,42	0,54	0,33	0,36	0,47	0,26
30/10/2024	0,42	0,53	0,33	0,44	0,54	0,33	0,34	0,4	0,26
30/10/2024	0,44	0,52	0,32	0,46	0,53	0,33	0,38	0,47	0,26
30/10/2024	0,43	0,58	0,33	0,40	0,53	0,26	0,39	0,53	0,33
30/10/2024	0,43	0,52	0,32	0,39	0,52	0,26	0,42	0,53	0,33
30/10/2024	0,49	0,65	0,39	0,52	0,79	0,39	0,52	0,67	0,39
30/10/2024	0,65	0,78	0,52	0,70	0,86	0,59	0,65	0,73	0,59
30/10/2024	0,69	0,78	0,58	0,74	0,86	0,65	0,66	0,79	0,59
30/10/2024	0,69	0,98	0,58	0,78	1,13	0,66	0,68	1,13	0,59
30/10/2024	0,71	0,85	0,58	0,82	0,99	0,72	0,71	0,85	0,59
30/10/2024	0,71	0,85	0,59	0,82	0,93	0,73	0,71	0,87	0,59
30/10/2024	0,66	0,79	0,52	0,77	0,87	0,67	0,66	0,8	0,6
30/10/2024	0,63	0,79	0,52	0,73	0,81	0,66	0,64	0,74	0,54
30/10/2024	0,62	0,73	0,53	0,74	0,87	0,67	0,63	0,74	0,54
30/10/2024	0,60	0,73	0,53	0,70	0,87	0,6	0,63	0,74	0,54
30/10/2024	0,58	0,66	0,46	0,68	0,75	0,54	0,62	0,69	0,54
30/10/2024	0,53	0,67	0,46	0,68	0,82	0,54	0,59	0,69	0,47
30/10/2024	0,55	0,73	0,46	0,68	0,82	0,54	0,60	0,75	0,54

30/10/2024	0,57	0,67	0,46	0,71	0,82	0,61	0,61	0,75	0,47
30/10/2024	0,55	0,6	0,47	0,70	0,82	0,61	0,60	0,69	0,48
30/10/2024	0,56	0,67	0,4	0,69	0,83	0,55	0,62	0,69	0,54
30/10/2024	0,55	0,73	0,46	0,69	0,82	0,6	0,59	0,69	0,47
30/10/2024	0,55	0,66	0,46	0,68	0,81	0,6	0,59	0,75	0,47
30/10/2024	0,57	0,66	0,46	0,67	0,81	0,6	0,60	0,68	0,53
30/10/2024	0,57	0,66	0,45	0,69	0,81	0,6	0,62	0,74	0,53
30/10/2024	0,58	0,66	0,46	0,71	0,81	0,6	0,62	0,68	0,53
30/10/2024	0,56	0,66	0,46	0,69	0,81	0,6	0,62	0,68	0,53
30/10/2024	0,55	0,66	0,45	0,67	0,81	0,53	0,60	0,68	0,47
30/10/2024	0,52	0,66	0,39	0,62	0,74	0,53	0,57	0,61	0,47
30/10/2024	0,66	0,85	0,45	0,71	0,99	0,51	0,62	0,79	0,47
30/10/2024	0,75	0,85	0,65	0,77	0,86	0,66	0,63	0,79	0,52
30/10/2024	0,75	0,85	0,65	0,77	0,92	0,66	0,63	0,79	0,53
30/10/2024	0,73	0,85	0,65	0,76	0,86	0,66	0,62	0,73	0,53
30/10/2024	0,72	0,79	0,59	0,75	0,86	0,66	0,60	0,73	0,53
30/10/2024	0,71	0,85	0,65	0,74	0,86	0,66	0,60	0,73	0,53
30/10/2024	0,69	0,8	0,59	0,73	0,87	0,6	0,59	0,74	0,47
30/10/2024	0,69	0,86	0,59	0,72	0,88	0,6	0,59	0,8	0,47
30/10/2024	0,68	0,79	0,53	0,71	0,81	0,6	0,57	0,67	0,47
30/10/2024	0,68	0,79	0,53	0,70	0,87	0,6	0,57	0,67	0,47
30/10/2024	0,69	0,79	0,59	0,69	0,81	0,6	0,57	0,74	0,46

30/10/2024	0,69	0,79	0,59	0,72	0,87	0,6	0,60	0,73	0,46
30/10/2024	0,63	0,79	0,52	0,69	0,8	0,6	0,59	0,73	0,46
30/10/2024	0,67	0,86	0,52	0,74	0,88	0,53	0,64	0,8	0,46
30/10/2024	46,26	----	0,58	46,25	----	0,59	46,22	----	0,46
30/10/2024	1,64	2,13	1,32	1,50	2,34	1,2	1,81	2,28	1,41
30/10/2024	1,69	2,33	1,34	1,56	2,07	1,2	1,90	2,28	1,41
30/10/2024	1,72	2,26	1,34	1,60	2,2	1,2	1,95	2,35	1,48
30/10/2024	1,75	2,4	1,33	1,62	2,41	1,21	1,99	2,43	1,48
30/10/2024	1,77	2,4	1,4	1,62	2,27	1,21	2,00	2,35	1,42
30/10/2024	1,76	2,4	1,4	1,63	2,21	1,21	2,00	2,42	1,42
30/10/2024	1,78	2,4	1,4	1,63	2,34	1,21	2,02	2,42	1,41
30/10/2024	1,78	2,33	1,4	1,63	2,34	1,2	2,02	2,48	1,48
30/10/2024	1,77	2,4	1,4	1,63	2,27	1,21	2,02	2,35	1,48
30/10/2024	1,78	2,4	1,4	1,62	2,21	1,21	2,02	2,35	1,47
30/10/2024	----	----	1,11	----	----	0,92	----	----	1,05
30/10/2024	1,77	4,19	1,2	1,67	8,06	1,2	2,04	5,41	1,33
30/10/2024	1,77	2,39	1,4	1,67	2,34	1,27	2,05	2,49	1,48
30/10/2024	1,78	2,33	1,4	1,65	2,34	1,27	2,05	2,48	1,48
30/10/2024	1,76	2,33	1,4	1,65	2,34	1,27	2,04	2,41	1,48
30/10/2024	1,77	2,33	1,4	1,65	2,34	1,21	2,03	2,56	1,48
30/10/2024	1,77	2,33	1,4	1,65	2,48	1,27	2,03	2,48	1,48
30/10/2024	1,77	2,46	1,4	1,65	2,34	1,2	2,03	2,42	1,48

30/10/2024	1,78	2,33	1,4	1,65	2,34	1,2	2,03	2,55	1,48
30/10/2024	1,78	2,4	1,4	1,64	2,34	1,21	2,02	2,55	1,41
30/10/2024	1,78	2,46	1,4	1,63	2,27	1,2	2,02	2,49	1,42
30/10/2024	1,78	2,33	1,4	1,64	2,35	1,2	2,02	2,49	1,48
30/10/2024	1,77	2,47	1,34	1,64	2,27	1,2	1,99	2,41	1,41
30/10/2024	1,77	2,4	1,34	1,65	2,47	1,2	2,00	2,42	1,34
30/10/2024	1,76	2,46	1,4	1,66	2,33	1,27	2,00	2,41	1,41
30/10/2024	1,75	2,47	1,34	1,65	2,26	1,27	1,99	2,41	1,41
30/10/2024	1,74	2,33	1,34	1,66	2,33	1,2	2,00	2,41	1,41
30/10/2024	2,69	----	0,46	2,69	----	0,46	2,94	----	0,53
30/10/2024	0,37	0,66	0,2	0,44	0,67	0,34	0,39	0,67	0,27
30/10/2024	0,30	0,48	0,2	0,44	0,56	0,34	0,31	0,49	0,2
30/10/2024	0,37	0,54	0,27	0,49	0,61	0,35	0,36	0,47	0,2
30/10/2024	0,38	0,47	0,27	0,51	0,61	0,41	0,40	0,48	0,27
30/10/2024	0,37	0,47	0,27	0,51	0,61	0,41	0,39	0,54	0,34
30/10/2024	0,41	0,6	0,27	0,57	0,68	0,47	0,45	0,6	0,33
30/10/2024	0,35	0,48	0,27	0,57	0,62	0,48	0,45	0,55	0,34
30/10/2024	0,38	0,48	0,34	0,64	0,76	0,48	0,52	0,62	0,41
30/10/2024	0,42	0,62	0,34	0,68	0,76	0,62	0,54	0,62	0,48
30/10/2024	0,44	0,55	0,34	0,69	0,76	0,62	0,54	0,69	0,48
30/10/2024	0,43	0,55	0,34	0,68	0,76	0,62	0,53	0,62	0,48
30/10/2024	0,46	0,61	0,34	0,72	0,83	0,62	0,59	0,77	0,48

30/10/2024	0,50	0,62	0,41	0,74	0,83	0,69	0,59	0,69	0,48
30/10/2024	0,48	0,62	0,41	0,73	0,83	0,62	0,57	0,62	0,48
30/10/2024	0,51	0,61	0,41	0,74	0,83	0,69	0,59	0,69	0,48
30/10/2024	0,50	0,61	0,41	0,73	0,76	0,62	0,58	0,62	0,48
30/10/2024	0,47	0,61	0,33	0,70	0,76	0,61	0,57	0,68	0,47
30/10/2024	62,69	----	0,26	62,85	----	0,45	62,73	----	0,32
30/10/2024	----	----	1,06	----	----	1,2	----	----	1,12
30/10/2024	1,61	7,92	1,13	1,68	4,05	1,2	1,77	5,91	1,14
30/10/2024	1,70	2,33	1,34	1,78	2,33	1,4	1,89	2,28	1,41
30/10/2024	1,71	2,33	1,34	1,80	2,33	1,4	1,92	2,28	1,34
30/10/2024	1,72	2,34	1,34	1,81	2,33	1,47	1,93	2,28	1,41
30/10/2024	2,49	----	0,32	2,03	----	0	2,65	----	0,33
30/10/2024	0,31	0,59	0,19	0,42	0,59	0,33	0,33	0,6	0,19
30/10/2024	0,29	0,46	0,19	0,41	0,53	0,33	0,30	0,46	0,2
30/10/2024	0,31	0,39	0,19	0,42	0,53	0,33	0,30	0,4	0,2
30/10/2024	0,31	0,39	0,19	0,42	0,53	0,33	0,31	0,4	0,26
30/10/2024	0,32	0,59	0,19	0,43	0,6	0,33	0,31	0,6	0,19
30/10/2024	0,31	0,59	0,19	0,41	0,6	0,26	0,28	0,47	0,2
30/10/2024	0,29	0,46	0,19	0,37	0,53	0,2	0,26	0,46	0,19
30/10/2024	0,30	0,46	0,19	0,35	0,53	0,26	0,26	0,4	0,19
30/10/2024	0,30	0,46	0,19	0,33	0,46	0,26	0,27	0,4	0,19
30/10/2024	0,30	0,46	0,19	0,32	0,46	0,19	0,29	0,4	0,2

30/10/2024	0,32	0,39	0,26	0,33	0,46	0,26	0,31	0,39	0,26
30/10/2024	0,32	0,46	0,19	0,33	0,46	0,19	0,30	0,46	0,26
30/10/2024	0,32	0,46	0,26	0,31	0,4	0,2	0,31	0,46	0,26
30/10/2024	0,38	0,51	0,26	0,34	0,45	0,26	0,38	0,45	0,26

Anexo 2

Datos obtenidos de corrientes

DATE	AVG_A 1[A]	MAX_A 1[A]	MIN_A1 [A]	AVG_A 2[A]	MAX_A 2[A]	MIN_A2 [A]	AVG_A 3[A]	MAX_A 3[A]	MIN_A3 [A]
29/10/2024	199	201	197	185	187	182	181	183	180
29/10/2024	199	202	196	184	188	182	181	184	178
29/10/2024	199	202	197	185	192	182	180	182	178
29/10/2024	198	202	192	184	189	179	179	181	176
29/10/2024	194	199	191	180	186	176	178	187	174
29/10/2024	198	201	195	180	185	177	181	186	177
29/10/2024	200	215	193	181	187	176	180	189	176
29/10/2024	200	205	196	182	187	179	181	184	177
29/10/2024	200	203	197	183	187	180	181	184	179
29/10/2024	197	202	194	181	187	179	180	182	178
29/10/2024	197	200	194	183	188	180	181	183	179
29/10/2024	198	203	194	183	189	179	180	183	177
29/10/2024	199	204	197	184	191	180	178	182	175
29/10/2024	199	201	195	184	189	181	177	179	176

29/10/2024	197	199	195	182	187	178	176	179	174
29/10/2024	194	200	185	173	187	167	173	182	169
29/10/2024	191	195	186	172	178	168	175	177	173
29/10/2024	189	194	187	171	178	168	173	177	171
29/10/2024	188	192	187	168	172	167	173	179	171
29/10/2024	189	193	187	167	172	164	172	175	170
29/10/2024	185	191	183	159	169	156	168	172	166
29/10/2024	185	189	183	158	162	157	167	169	166
29/10/2024	183	186	181	158	162	156	167	168	165
29/10/2024	185	189	182	161	172	157	170	175	167
29/10/2024	185	188	182	161	165	159	170	174	168
29/10/2024	186	187	184	163	167	161	171	177	169
29/10/2024	186	187	184	162	165	160	171	173	169
29/10/2024	185	187	184	161	163	159	171	175	169
29/10/2024	185	186	183	161	164	159	170	173	169
29/10/2024	183	185	182	161	164	159	171	174	169
29/10/2024	183	185	181	161	164	160	170	174	168
29/10/2024	182	184	181	162	164	160	170	173	168
29/10/2024	182	183	181	162	164	159	170	172	168
29/10/2024	181	182	180	161	164	159	169	172	167
29/10/2024	182	185	177	160	164	155	167	171	163
29/10/2024	181	184	179	159	162	157	166	171	165

29/10/2024	181	184	180	158	162	157	166	169	165
29/10/2024	182	185	181	159	162	156	166	169	165
29/10/2024	182	184	181	158	163	157	166	172	164
29/10/2024	181	183	180	158	161	156	166	169	165
29/10/2024	184	187	182	158	161	156	167	170	165
29/10/2024	185	187	184	158	161	157	167	170	165
29/10/2024	185	187	183	159	161	157	167	169	165
29/10/2024	158	187	2	135	161	2	142	170	2
29/10/2024	108	155	2	108	165	2	109	167	3
29/10/2024	120	123	119	120	124	118	123	126	121
29/10/2024	145	186	119	143	181	118	146	185	121
29/10/2024	166	169	165	163	167	161	166	170	164
29/10/2024	166	169	165	164	166	161	167	169	165
29/10/2024	166	168	165	163	167	161	167	171	165
29/10/2024	166	168	165	164	166	161	167	170	165
29/10/2024	166	168	165	164	166	162	167	170	165
29/10/2024	166	168	165	164	167	161	167	171	165
29/10/2024	158	406	2	144	371	3	150	368	3
29/10/2024	180	189	75	154	165	65	163	173	68
29/10/2024	75	77	74	65	67	63	70	72	68
29/10/2024	74	76	73	65	68	63	70	74	68
30/10/2024	75	76	73	65	67	63	70	73	68

30/10/2024	75	77	74	65	67	63	70	73	69
30/10/2024	75	77	74	65	68	63	70	73	68
30/10/2024	75	77	74	65	68	63	70	74	68
30/10/2024	75	77	74	65	68	63	70	74	68
30/10/2024	75	77	74	65	68	63	70	72	68
30/10/2024	75	77	74	65	68	63	70	73	68
30/10/2024	75	77	73	65	68	63	69	72	66
30/10/2024	75	77	74	65	68	63	70	72	68
30/10/2024	75	77	74	65	67	63	70	74	68
30/10/2024	75	77	74	65	67	63	70	72	68
30/10/2024	74	77	73	65	68	63	70	73	68
30/10/2024	74	76	72	65	68	63	69	72	66
30/10/2024	74	76	72	65	69	63	70	72	68
30/10/2024	74	76	73	65	67	63	70	72	68
30/10/2024	74	76	73	65	67	63	70	72	68
30/10/2024	74	76	73	65	67	63	70	73	68
30/10/2024	74	76	72	65	67	63	69	72	66
30/10/2024	75	77	73	65	68	63	69	73	68
30/10/2024	75	78	74	65	67	63	69	72	68
30/10/2024	75	77	74	65	68	63	69	73	68
30/10/2024	74	77	72	65	69	63	69	71	66
30/10/2024	75	77	73	64	67	63	69	72	68

30/10/2024	75	77	74	65	69	63	70	72	68
30/10/2024	75	76	73	65	67	63	70	73	68
30/10/2024	74	76	72	65	68	63	69	73	66
30/10/2024	74	76	73	65	68	63	70	73	68
30/10/2024	75	76	74	64	67	63	70	73	68
30/10/2024	75	76	73	65	67	63	69	72	66
30/10/2024	75	77	74	64	68	62	70	72	68
30/10/2024	116	177	74	100	159	62	109	166	68
30/10/2024	132	135	129	115	118	113	123	127	120
30/10/2024	146	356	130	126	317	112	136	322	121
30/10/2024	183	186	181	157	161	154	168	173	166
30/10/2024	181	183	178	156	158	154	167	171	164
30/10/2024	178	180	176	154	158	152	163	168	160
30/10/2024	177	179	175	153	154	152	163	164	162
30/10/2024	176	177	174	154	156	152	162	164	161
30/10/2024	175	177	173	154	157	153	161	164	159
30/10/2024	176	180	174	154	155	152	163	167	160
30/10/2024	181	182	178	156	158	153	169	171	167
30/10/2024	180	181	179	156	157	155	169	170	168
30/10/2024	181	183	179	156	158	154	169	171	168
30/10/2024	182	184	179	156	157	155	169	171	168
30/10/2024	183	185	180	156	159	155	169	171	167

30/10/2024	184	187	183	159	165	156	171	172	169
30/10/2024	183	185	182	159	160	158	171	172	170
30/10/2024	183	188	181	161	162	159	172	175	170
30/10/2024	186	189	183	161	167	158	172	175	169
30/10/2024	189	208	184	173	219	164	173	183	165
30/10/2024	194	196	192	182	188	180	180	182	178
30/10/2024	193	195	191	180	183	178	179	181	177
30/10/2024	191	195	189	181	187	178	178	181	175
30/10/2024	194	198	190	182	187	177	178	180	175
30/10/2024	193	196	190	179	183	176	177	180	175
30/10/2024	176	194	133	164	181	126	160	179	118
30/10/2024	134	137	130	127	132	124	120	122	117
30/10/2024	130	135	128	125	133	123	119	123	116
30/10/2024	130	136	128	125	135	122	119	123	117
30/10/2024	131	134	129	125	130	123	121	123	118
30/10/2024	131	135	127	125	131	115	119	122	114
30/10/2024	125	132	121	117	122	115	116	118	115
30/10/2024	123	127	121	118	124	115	117	121	115
30/10/2024	124	127	123	119	124	116	119	120	116
30/10/2024	124	128	122	119	127	116	118	121	115
30/10/2024	125	144	121	119	126	116	117	123	113
30/10/2024	129	132	127	120	125	117	119	122	117

30/10/2024	183	207	129	177	232	120	175	189	120
30/10/2024	185	189	183	180	187	177	178	181	175
30/10/2024	184	187	182	181	186	175	176	180	173
30/10/2024	185	188	183	181	186	179	177	180	174
30/10/2024	185	188	183	180	186	178	178	179	175
30/10/2024	184	188	182	180	186	178	176	179	174
30/10/2024	185	189	183	180	185	177	177	180	174
30/10/2024	186	189	184	181	186	178	177	179	175
30/10/2024	146	316	2	143	317	2	139	316	3
30/10/2024	176	180	164	183	193	163	176	178	162
30/10/2024	176	178	174	182	185	180	175	176	173
30/10/2024	176	178	174	183	186	180	176	178	173
30/10/2024	175	179	171	182	187	178	177	182	172
30/10/2024	173	176	171	180	184	178	175	177	174
30/10/2024	171	174	170	177	181	175	174	176	172
30/10/2024	171	174	170	178	181	174	174	176	171
30/10/2024	173	175	170	178	182	175	175	177	172
30/10/2024	174	176	172	179	184	178	176	179	174
30/10/2024	173	178	172	180	185	178	176	178	174
30/10/2024	134	208	2	139	213	2	134	217	3
30/10/2024	166	241	63	172	236	64	166	245	61
30/10/2024	180	183	179	187	192	185	178	180	177

30/10/2024	180	183	178	187	192	185	178	180	176
30/10/2024	179	182	177	186	190	184	177	179	175
30/10/2024	180	184	177	187	192	184	178	181	176
30/10/2024	182	185	180	188	192	185	181	183	179
30/10/2024	181	183	179	187	191	185	181	183	179
30/10/2024	181	183	179	187	191	185	181	183	179
30/10/2024	178	183	175	185	190	182	180	183	178
30/10/2024	176	179	175	184	189	182	180	181	178
30/10/2024	176	179	172	182	189	173	179	182	174
30/10/2024	173	175	170	174	179	169	175	177	171
30/10/2024	173	178	170	174	178	169	175	177	171
30/10/2024	177	180	175	176	180	173	176	178	173
30/10/2024	176	179	174	175	181	172	173	176	170
30/10/2024	175	177	173	174	176	172	171	173	170
30/10/2024	160	175	2	156	175	2	155	172	3
30/10/2024	113	298	65	101	281	59	107	289	61
30/10/2024	175	344	120	160	336	107	169	344	114
30/10/2024	177	180	175	161	166	160	171	174	170
30/10/2024	175	178	174	160	164	159	169	171	168
30/10/2024	175	177	174	158	164	157	167	169	166
30/10/2024	175	179	173	158	162	156	167	171	165
30/10/2024	176	181	175	160	171	158	168	176	167

30/10/2024	179	181	178	164	171	162	174	177	172
30/10/2024	178	182	176	164	168	162	173	176	171
30/10/2024	178	180	177	164	167	162	173	177	171
30/10/2024	178	181	176	164	168	162	173	176	171
30/10/2024	178	181	177	164	168	162	173	175	170
30/10/2024	180	181	177	164	166	162	174	177	171
30/10/2024	180	182	179	164	166	162	174	178	172
30/10/2024	180	182	178	164	167	162	174	177	173
30/10/2024	179	182	178	163	167	161	174	178	173
30/10/2024	179	181	176	162	164	159	174	177	171
30/10/2024	159	179	2	145	168	2	154	175	2
30/10/2024	65	185	2	64	174	2	64	169	2
30/10/2024	139	300	112	135	293	108	139	304	111
30/10/2024	167	170	165	164	167	162	168	172	166
30/10/2024	167	169	165	164	167	162	168	170	165
30/10/2024	167	169	165	164	167	162	167	170	165
30/10/2024	150	262	2	145	247	2	149	247	3
30/10/2024	175	178	174	161	164	159	167	171	165
30/10/2024	176	178	174	162	164	160	168	172	167
30/10/2024	175	178	174	162	164	160	169	171	167
30/10/2024	175	176	173	162	164	160	169	171	167
30/10/2024	175	177	173	162	164	160	168	171	167

30/10/2024	176	180	174	162	168	160	169	174	166
30/10/2024	175	177	173	162	164	159	169	173	167
30/10/2024	175	177	174	162	165	159	169	173	167
30/10/2024	175	177	174	162	164	159	169	172	167
30/10/2024	175	177	173	161	164	159	169	172	167
30/10/2024	174	177	172	161	163	159	168	172	165
30/10/2024	175	177	173	161	165	159	169	174	167
30/10/2024	175	177	173	161	164	158	169	173	167
30/10/2024	79	176	67	73	162	62	78	172	67
30/10/2024	69	70	67	63	66	62	69	73	66
30/10/2024	69	71	67	63	67	62	69	74	66

Anexo 3

Datos obtenidos del factor de potencia

DATE	AVG_PF1	MAX_PF1	MIN_PF1	AVG_PF2	MAX_PF2	MIN_PF2	AVG_PF3	MAX_PF3	MIN_PF3	AVG_PF	MAX_PF	MIN_PF
29/10/2024	0,88	0,88	0,88	0,87	0,87	0,86	0,89	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88
29/10/2024	0,88	0,89	0,87	0,86	0,87	0,86	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88
29/10/2024	0,88	0,89	0,88	0,86	0,87	0,86	0,89	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88
29/10/2024	0,88	0,89	0,87	0,86	0,87	0,86	0,89	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87
29/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,88	0,85	0,89	0,90	0,88	0,87	0,88	0,87
29/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,88	0,86	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87

29/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,85	0,90	0,91	0,89	0,88	0,88	0,87
29/10/2024	0,87	0,89	0,87	0,86	0,87	0,85	0,90	0,91	0,89	0,88	0,88	0,87
29/10/2024	0,87	0,88	0,87	0,86	0,87	0,86	0,90	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88
29/10/2024	0,87	0,88	0,87	0,86	0,86	0,86	0,89	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87
29/10/2024	0,87	0,88	0,87	0,86	0,87	0,86	0,89	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87
29/10/2024	0,88	0,89	0,87	0,86	0,87	0,85	0,89	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87
29/10/2024	0,88	0,89	0,87	0,86	0,86	0,85	0,89	0,90	0,88	0,88	0,88	0,87
29/10/2024	0,88	0,89	0,88	0,86	0,86	0,85	0,89	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87
29/10/2024	0,88	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85	0,89	0,90	0,89	0,87	0,88	0,87
29/10/2024	0,86	0,89	0,86	0,85	0,87	0,84	0,90	0,90	0,89	0,87	0,88	0,86
29/10/2024	0,86	0,87	0,85	0,86	0,86	0,85	0,89	0,90	0,89	0,87	0,88	0,86
29/10/2024	0,86	0,87	0,85	0,85	0,86	0,85	0,89	0,90	0,89	0,87	0,88	0,87
29/10/2024	0,86	0,86	0,85	0,85	0,86	0,85	0,89	0,90	0,89	0,87	0,87	0,87
29/10/2024	0,85	0,86	0,85	0,85	0,86	0,85	0,90	0,90	0,89	0,87	0,87	0,86
29/10/2024	0,84	0,86	0,83	0,84	0,85	0,84	0,90	0,90	0,89	0,86	0,87	0,85
29/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,84	0,84	0,83	0,90	0,90	0,89	0,86	0,86	0,85
29/10/2024	0,83	0,85	0,83	0,84	0,84	0,83	0,89	0,90	0,89	0,85	0,86	0,85
29/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,84	0,86	0,83	0,89	0,90	0,87	0,86	0,87	0,84
29/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,85	0,86	0,84	0,90	0,90	0,89	0,86	0,87	0,86
29/10/2024	0,85	0,85	0,83	0,85	0,86	0,85	0,90	0,90	0,88	0,87	0,87	0,86
29/10/2024	0,85	0,85	0,84	0,85	0,86	0,85	0,90	0,91	0,90	0,87	0,87	0,86
29/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,85	0,85	0,85	0,90	0,90	0,89	0,86	0,87	0,86

29/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,85	0,85	0,84	0,90	0,90	0,89	0,86	0,87	0,86
29/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,85	0,86	0,85	0,89	0,90	0,89	0,86	0,87	0,86
29/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,85	0,86	0,85	0,89	0,90	0,89	0,86	0,87	0,86
29/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,85	0,86	0,85	0,89	0,90	0,89	0,86	0,87	0,86
29/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,85	0,86	0,85	0,89	0,90	0,89	0,86	0,87	0,86
29/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,85	0,86	0,85	0,89	0,90	0,88	0,86	0,86	0,86
29/10/2024	0,84	0,85	0,82	0,84	0,85	0,83	0,89	0,90	0,88	0,86	0,87	0,84
29/10/2024	0,84	0,84	0,82	0,84	0,85	0,83	0,89	0,90	0,88	0,85	0,86	0,85
29/10/2024	0,84	0,84	0,83	0,84	0,84	0,84	0,89	0,90	0,88	0,86	0,86	0,85
29/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,84	0,84	0,83	0,89	0,90	0,88	0,86	0,86	0,85
29/10/2024	0,84	0,84	0,82	0,84	0,84	0,83	0,89	0,90	0,87	0,85	0,86	0,84
29/10/2024	0,84	0,84	0,83	0,84	0,84	0,83	0,89	0,90	0,88	0,85	0,86	0,85
29/10/2024	0,84	0,84	0,83	0,84	0,85	0,83	0,90	0,90	0,88	0,86	0,86	0,85
29/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,84	0,84	0,83	0,90	0,90	0,89	0,86	0,86	0,85
29/10/2024	0,84	0,84	0,83	0,84	0,84	0,83	0,90	0,90	0,89	0,86	0,86	0,85
29/10/2024	0,61	0,84	----	0,61	0,84	----	0,62	0,90	----	0,61	0,86	----
29/10/2024	0,83	0,97	----	0,84	0,90	----	0,83	0,89	----	0,84	0,92	----
29/10/2024	0,86	0,86	0,85	0,88	0,88	0,87	0,87	0,88	0,85	0,87	0,87	0,86
29/10/2024	0,85	0,86	0,67	0,86	0,88	0,69	0,86	0,87	0,69	0,86	0,87	0,68
29/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,85	0,86	0,85	0,85	0,86	0,84	0,85	0,85	0,84
29/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,85	0,86	0,85	0,85	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85
29/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,85	0,86	0,85	0,85	0,86	0,84	0,85	0,85	0,84

29/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,85	0,86	0,84	0,85	0,86	0,84	0,85	0,85	0,85
29/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,85	0,86	0,85	0,85	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85
29/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,85	0,86	0,85	0,85	0,86	0,84	0,85	0,85	0,85
29/10/2024	0,84	0,99	----	0,84	0,99	----	0,87	0,97	----	0,86	0,96	----
29/10/2024	0,84	0,86	0,83	0,84	0,87	0,83	0,90	0,92	0,89	0,86	0,88	0,85
29/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,87	0,88	0,85	0,91	0,93	0,90	0,88	0,88	0,87
29/10/2024	0,85	0,85	0,83	0,87	0,88	0,86	0,91	0,92	0,89	0,88	0,88	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,88	0,88	0,86	0,91	0,93	0,90	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,84	0,88	0,89	0,86	0,91	0,93	0,90	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,88	0,89	0,87	0,91	0,93	0,89	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,87	0,83	0,88	0,89	0,86	0,92	0,93	0,90	0,88	0,90	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,87	0,89	0,86	0,92	0,93	0,89	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,84	0,87	0,88	0,86	0,92	0,93	0,90	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,87	0,88	0,85	0,91	0,93	0,90	0,88	0,88	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,84	0,87	0,89	0,85	0,91	0,93	0,90	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,84	0,88	0,89	0,87	0,92	0,93	0,90	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,88	0,89	0,86	0,91	0,93	0,90	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,84	0,88	0,89	0,85	0,92	0,93	0,91	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,88	0,88	0,86	0,91	0,92	0,89	0,88	0,88	0,86
30/10/2024	0,85	0,85	0,83	0,87	0,89	0,85	0,91	0,92	0,89	0,88	0,88	0,86
30/10/2024	0,85	0,86	0,84	0,88	0,89	0,86	0,91	0,93	0,89	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,88	0,89	0,87	0,91	0,92	0,90	0,88	0,88	0,87

30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,88	0,89	0,86	0,91	0,92	0,89	0,88	0,88	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,88	0,89	0,86	0,91	0,92	0,90	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,87	0,89	0,85	0,91	0,93	0,89	0,88	0,89	0,86
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,88	0,89	0,86	0,92	0,93	0,90	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,84	0,87	0,88	0,85	0,92	0,93	0,90	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,87	0,89	0,86	0,92	0,93	0,90	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,85	0,86	0,84	0,87	0,88	0,85	0,91	0,93	0,88	0,88	0,88	0,86
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,87	0,88	0,86	0,92	0,93	0,90	0,88	0,89	0,87
30/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,87	0,88	0,86	0,91	0,93	0,89	0,88	0,88	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,87	0,89	0,86	0,91	0,93	0,89	0,88	0,88	0,87
30/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,87	0,88	0,86	0,91	0,92	0,89	0,87	0,88	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,87	0,88	0,85	0,91	0,92	0,89	0,87	0,88	0,86
30/10/2024	0,84	0,86	0,83	0,87	0,88	0,86	0,91	0,92	0,89	0,88	0,88	0,87
30/10/2024	0,84	0,86	0,83	0,87	0,88	0,84	0,91	0,93	0,90	0,87	0,88	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,87	0,88	0,86	0,91	0,93	0,89	0,88	0,88	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,66	0,87	0,88	0,67	0,90	0,93	0,71	0,87	0,88	0,68
30/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,86	0,87	0,85	0,90	0,91	0,89	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,83	0,84	0,57	0,85	0,87	0,57	0,90	0,91	0,62	0,86	0,87	0,59
30/10/2024	0,83	0,83	0,82	0,84	0,84	0,83	0,89	0,90	0,88	0,85	0,86	0,84
30/10/2024	0,82	0,83	0,82	0,84	0,84	0,83	0,89	0,89	0,88	0,85	0,85	0,84
30/10/2024	0,82	0,83	0,81	0,82	0,84	0,81	0,88	0,89	0,87	0,84	0,85	0,83
30/10/2024	0,82	0,82	0,81	0,82	0,83	0,82	0,88	0,88	0,87	0,84	0,84	0,83

30/10/2024	0,82	0,82	0,81	0,82	0,83	0,82	0,87	0,88	0,87	0,84	0,84	0,83
30/10/2024	0,82	0,82	0,81	0,82	0,83	0,82	0,87	0,88	0,86	0,83	0,84	0,83
30/10/2024	0,81	0,82	0,81	0,82	0,83	0,82	0,87	0,88	0,87	0,84	0,84	0,83
30/10/2024	0,82	0,82	0,81	0,84	0,84	0,83	0,88	0,89	0,88	0,85	0,85	0,84
30/10/2024	0,82	0,82	0,81	0,84	0,84	0,84	0,88	0,89	0,88	0,85	0,85	0,84
30/10/2024	0,82	0,82	0,82	0,84	0,85	0,83	0,89	0,89	0,88	0,85	0,85	0,84
30/10/2024	0,82	0,83	0,82	0,84	0,84	0,84	0,89	0,90	0,88	0,85	0,85	0,85
30/10/2024	0,82	0,83	0,82	0,84	0,84	0,83	0,89	0,90	0,88	0,85	0,85	0,85
30/10/2024	0,83	0,84	0,82	0,84	0,85	0,84	0,89	0,90	0,89	0,86	0,86	0,85
30/10/2024	0,83	0,83	0,83	0,85	0,85	0,84	0,89	0,90	0,89	0,86	0,86	0,85
30/10/2024	0,83	0,84	0,83	0,85	0,86	0,84	0,89	0,90	0,89	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,85	0,86	0,84	0,90	0,90	0,89	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,86	0,89	0,85	0,85	0,87	0,82	0,89	0,90	0,82	0,87	0,88	0,85
30/10/2024	0,87	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,87
30/10/2024	0,87	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,87
30/10/2024	0,87	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86	0,88	0,89	0,88	0,88	0,88	0,87
30/10/2024	0,87	0,89	0,87	0,86	0,87	0,86	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,87
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,86	0,89	0,90	0,88	0,87	0,88	0,87
30/10/2024	0,87	0,89	0,86	0,85	0,86	0,85	0,88	0,89	0,88	0,87	0,88	0,87
30/10/2024	0,88	0,89	0,87	0,85	0,87	0,85	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,87
30/10/2024	0,87	0,89	0,86	0,86	0,87	0,85	0,87	0,88	0,86	0,87	0,88	0,86
30/10/2024	0,87	0,89	0,86	0,86	0,87	0,85	0,87	0,88	0,86	0,87	0,88	0,86

30/10/2024	0,87	0,89	0,86	0,86	0,87	0,85	0,88	0,89	0,87	0,87	0,88	0,86
30/10/2024	0,88	0,89	0,86	0,86	0,87	0,84	0,88	0,90	0,86	0,87	0,88	0,86
30/10/2024	0,85	0,87	0,84	0,85	0,86	0,84	0,87	0,90	0,86	0,86	0,87	0,85
30/10/2024	0,85	0,87	0,84	0,86	0,87	0,85	0,87	0,88	0,85	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,85	0,87	0,84	0,86	0,87	0,85	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,85
30/10/2024	0,86	0,87	0,84	0,86	0,87	0,85	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,85
30/10/2024	0,86	0,88	0,85	0,85	0,87	0,80	0,87	0,89	0,86	0,86	0,87	0,85
30/10/2024	0,86	0,88	0,86	0,85	0,87	0,85	0,88	0,89	0,88	0,87	0,88	0,86
30/10/2024	0,86	0,91	0,80	0,86	0,87	0,80	0,87	0,89	0,80	0,87	0,87	0,81
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,87	0,87	0,86	0,87	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,86	0,87	0,88	0,86	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,86	0,87	0,88	0,86	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,87	0,87	0,86	0,87	0,88	0,86	0,87	0,87	0,87
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,86	0,87	0,87	0,86	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,85	0,87	0,88	0,86	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,86	0,87	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87
30/10/2024	0,77	0,97	----	0,75	0,87	----	0,74	0,89	----	0,75	0,89	----
30/10/2024	0,88	0,89	0,84	0,87	0,87	0,83	0,85	0,85	0,81	0,87	0,87	0,84
30/10/2024	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86	0,85	0,85	0,85	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,87	0,88	0,86	0,85	0,86	0,84	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,87	0,87	0,86	0,84	0,85	0,84	0,86	0,86	0,85

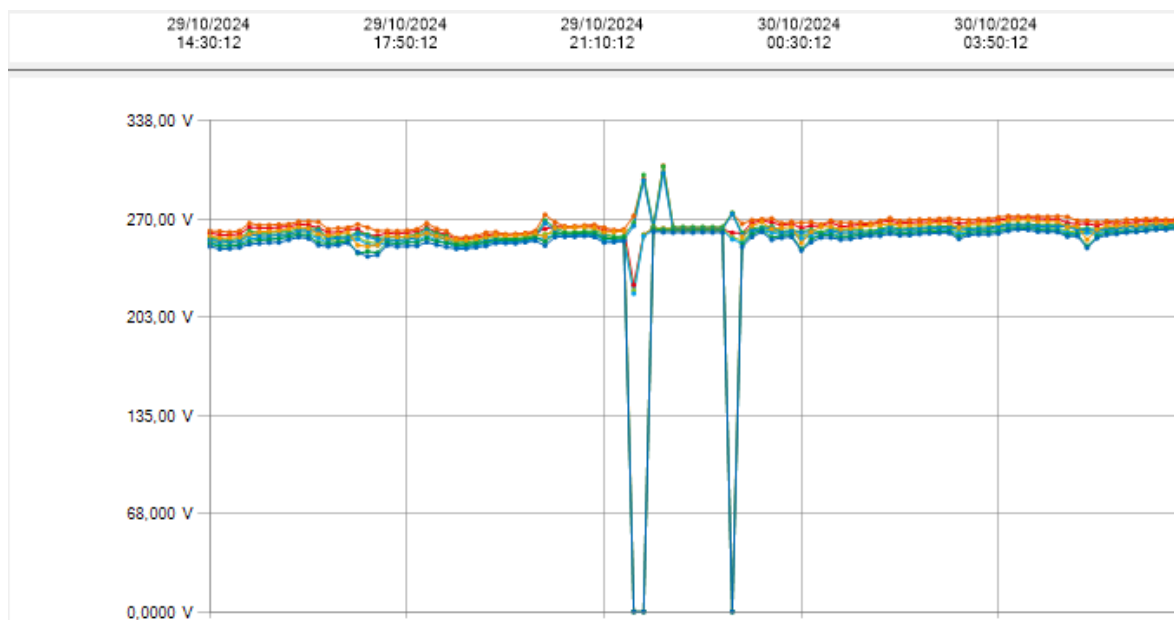
30/10/2024	0,86	0,87	0,86	0,87	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,86	0,86	0,86
30/10/2024	0,86	0,87	0,86	0,87	0,87	0,86	0,84	0,85	0,84	0,86	0,86	0,86
30/10/2024	0,86	0,87	0,86	0,87	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,86	0,86	0,86
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,87	0,88	0,87	0,85	0,85	0,84	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,87	0,87	0,86	0,85	0,86	0,84	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,53	0,99	----	0,53	0,96	----	0,46	0,91	----	0,51	0,96	----
30/10/2024	0,87	0,89	0,60	0,86	0,87	0,60	0,85	0,87	0,59	0,86	0,87	0,60
30/10/2024	0,88	0,89	0,88	0,87	0,87	0,87	0,85	0,86	0,85	0,87	0,87	0,87
30/10/2024	0,88	0,89	0,88	0,87	0,87	0,87	0,85	0,86	0,85	0,87	0,87	0,87
30/10/2024	0,88	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86	0,85	0,86	0,85	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,88	0,89	0,88	0,87	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85	0,87	0,87	0,87
30/10/2024	0,88	0,89	0,88	0,87	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,87	0,88	0,87
30/10/2024	0,88	0,89	0,88	0,87	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,87	0,87	0,87
30/10/2024	0,88	0,89	0,88	0,87	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85	0,87	0,87	0,87
30/10/2024	0,87	0,89	0,87	0,88	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85	0,87	0,87	0,87
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,87	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,86	0,87	0,85	0,87	0,88	0,86	0,86	0,86	0,85	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,86	0,87	0,85	0,87	0,88	0,86	0,86	0,87	0,85	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,87	0,88	0,86	0,87	0,87	0,86	0,87	0,87	0,86	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,86	0,87	0,86	0,86	0,87	0,85	0,86	0,87	0,86	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,86	0,87	0,86	0,86	0,86	0,85	0,86	0,86	0,85	0,86	0,86	0,86

30/10/2024	0,85	0,96	----	0,84	0,89	----	0,84	0,94	----	0,85	0,95	----
30/10/2024	0,83	0,87	0,52	0,85	0,86	0,50	0,89	0,90	0,54	0,86	0,87	0,52
30/10/2024	0,84	0,85	0,59	0,86	0,86	0,60	0,88	0,89	0,61	0,86	0,86	0,60
30/10/2024	0,83	0,85	0,83	0,85	0,86	0,85	0,88	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85
30/10/2024	0,83	0,84	0,83	0,85	0,85	0,85	0,87	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,83	0,84	0,83	0,84	0,85	0,84	0,87	0,88	0,87	0,85	0,85	0,85
30/10/2024	0,83	0,84	0,82	0,84	0,85	0,84	0,88	0,88	0,87	0,85	0,86	0,84
30/10/2024	0,83	0,84	0,83	0,85	0,85	0,84	0,88	0,88	0,85	0,85	0,86	0,84
30/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,86	0,87	0,84	0,88	0,89	0,85	0,86	0,87	0,84
30/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,87	0,87	0,86	0,88	0,89	0,87	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,86	0,87	0,86	0,88	0,89	0,88	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,86	0,87	0,86	0,88	0,89	0,88	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,86	0,87	0,85	0,88	0,89	0,88	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,87	0,87	0,86	0,89	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,87	0,87	0,86	0,89	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,87	0,87	0,86	0,89	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86
30/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,87	0,88	0,86	0,89	0,89	0,88	0,86	0,87	0,86
30/10/2024	0,69	0,84	----	0,70	0,87	----	0,70	0,89	----	0,70	0,87	----
30/10/2024	0,34	0,99	----	0,28	0,94	----	0,21	0,88	----	0,28	0,95	----
30/10/2024	0,85	0,85	0,62	0,86	0,87	0,64	0,86	0,88	0,62	0,86	0,87	0,63
30/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,86	0,86	0,85	0,86	0,87	0,85	0,85	0,86	0,85

30/10/2024	0,84	0,85	0,84	0,85	0,86	0,85	0,85	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85
30/10/2024	0,84	0,85	0,83	0,85	0,86	0,85	0,85	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85
30/10/2024	0,84	0,99	-0,61	0,85	0,98	-0,91	0,86	0,99	-1,00	0,85	0,97	-0,81
30/10/2024	0,84	0,84	0,83	0,85	0,85	0,84	0,88	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,84	0,84	0,83	0,85	0,86	0,84	0,88	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,84	0,84	0,83	0,85	0,86	0,84	0,88	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,83	0,84	0,83	0,85	0,86	0,84	0,87	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,84	0,84	0,83	0,85	0,86	0,84	0,87	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,84	0,84	0,83	0,85	0,86	0,84	0,88	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85
30/10/2024	0,84	0,84	0,83	0,85	0,86	0,84	0,87	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,84	0,84	0,82	0,85	0,86	0,85	0,87	0,88	0,86	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,84	0,84	0,83	0,85	0,86	0,85	0,87	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,83	0,84	0,83	0,85	0,86	0,85	0,88	0,88	0,87	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,83	0,84	0,82	0,85	0,86	0,84	0,87	0,88	0,86	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,83	0,84	0,82	0,85	0,86	0,85	0,88	0,88	0,86	0,85	0,86	0,85
30/10/2024	0,83	0,84	0,83	0,85	0,86	0,85	0,88	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85
30/10/2024	0,85	0,87	0,83	0,90	0,91	0,85	0,91	0,92	0,87	0,89	0,90	0,85
30/10/2024	0,85	0,86	0,83	0,90	0,91	0,89	0,91	0,92	0,89	0,89	0,90	0,87
30/10/2024	0,85	0,87	0,82	0,90	0,91	0,88	0,91	0,92	0,88	0,89	0,90	0,87

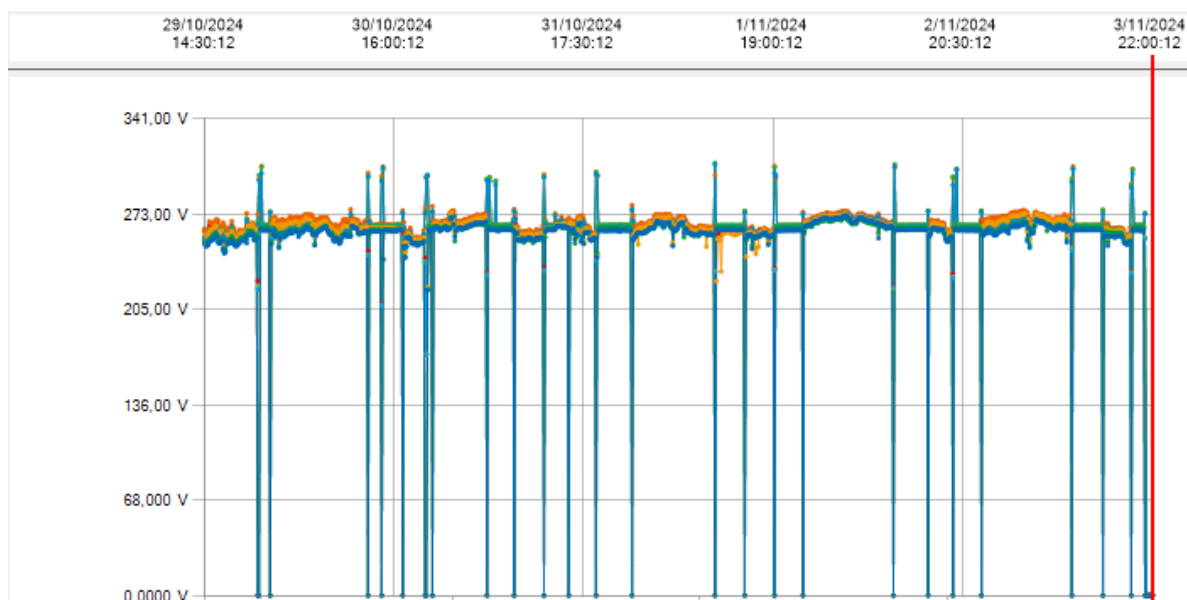
Anexo 4

Gráfica de los datos obtenidos en los voltajes



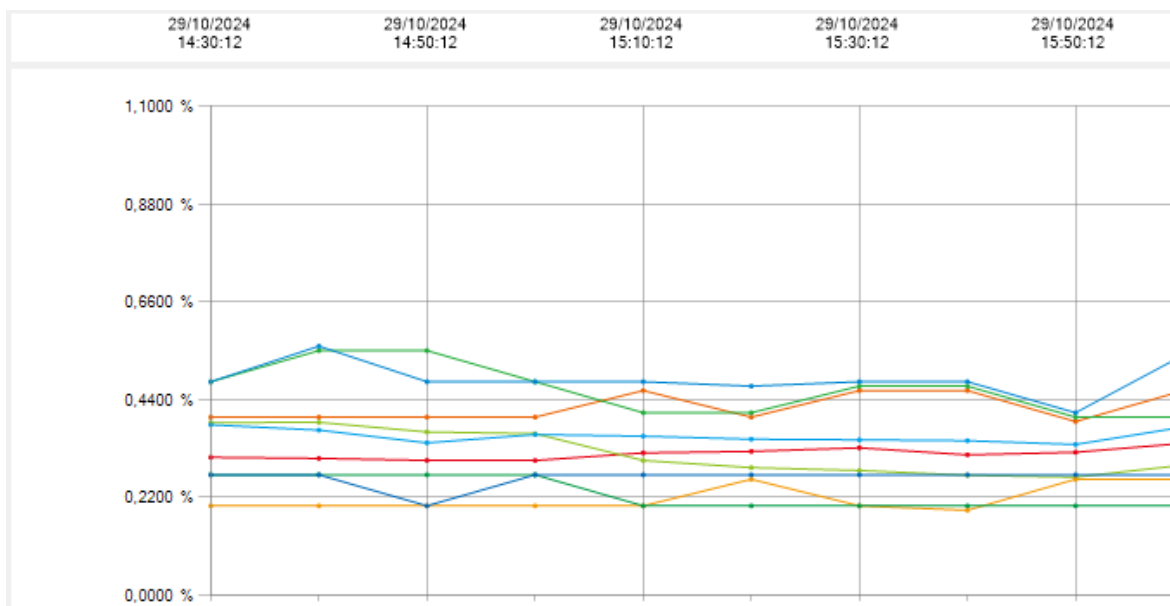
Anexo 5

Gráfica de los datos obtenidos en los voltajes



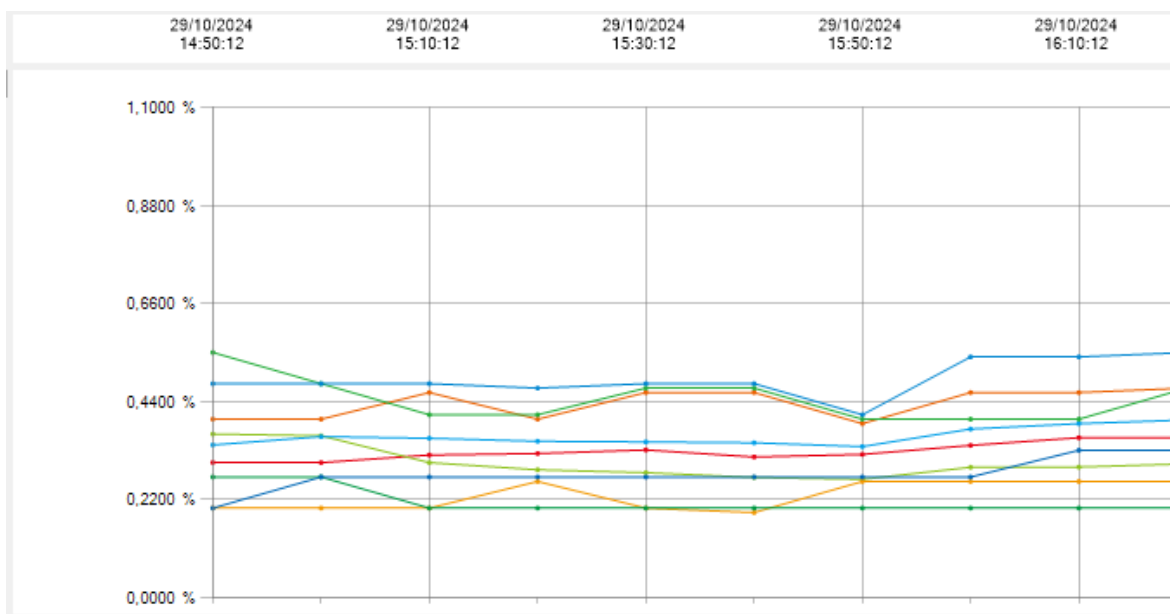
Anexo 6

Gráfica de los datos obtenidos en los THD correspondiente a los voltajes



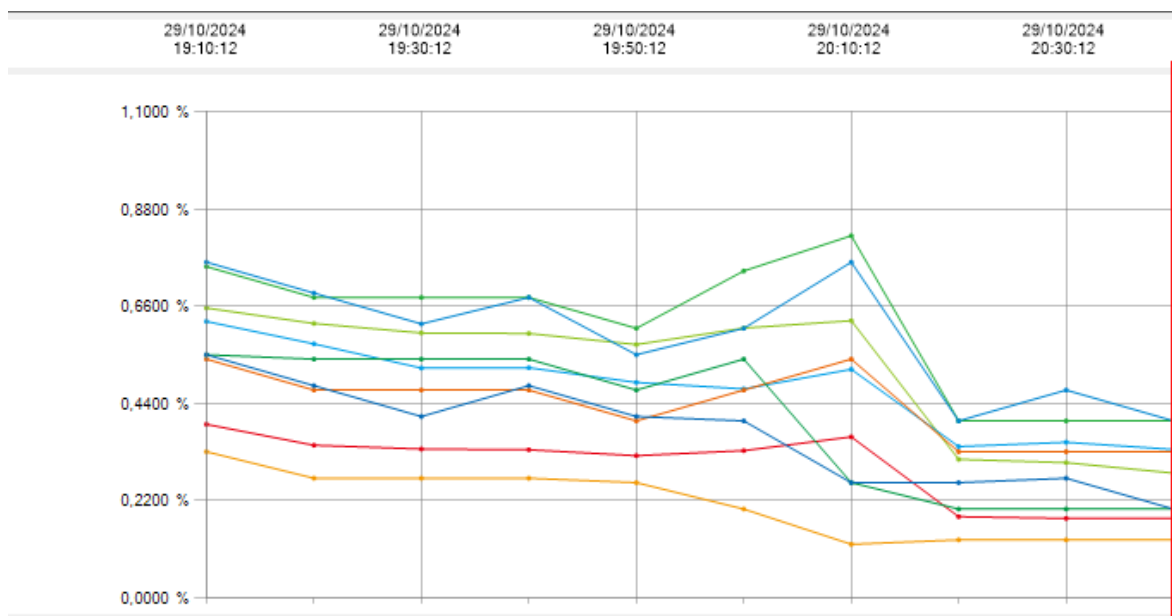
Anexo 7

Gráfica de los datos obtenidos en los THD correspondiente a los voltajes



Anexo 8

Gráfica de los datos obtenidos en los THD correspondiente a los voltajes



Anexo 9

Gráfica de los datos obtenidos en los THD correspondiente a los voltajes

