UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE ELÉCTRICIDAD

PROYECTO DE INVESTIGACION

“EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA IMPORTADORA FERRETERO CHIMG”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en electricidad

AUTOR:
Chisag Chisag Julio Aurelio

TUTOR:
Ing. Vásquez Teneda Franklin Hernán M.Sc.

LATACUNGA - ECUADOR

AGOSTO-2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Chisag Chisag Julio Aurelo, con cedula de ciudadanía No. 1804491445 declaro ser autor del presente **PROYECTO DE INVESTIGACION: "EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA IMPORTADORA MEGA FERRETERO CHIMG"**, siendo el Ing. Vásquez Teneda Franklin Hernán, M.Sc., Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto 17 del 2026

Julio Aurelio Chisag Chisag
CC. 180449144-5

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

"EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA IMPORTADORA MEGA FERRETERO CHIMG", de Chisag Chisag Julio Aurelio, de la carrera de Electricidad, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, agosto 17 del 2026

Ing. Vásquez Teneda Franklin Hernán, M.Sc.
CC. 1710434497
TUTOR

AVAL DE APROVACION DE TRIBUNAL DE TITULACION

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto el postulante: Chisag Chisag Julio Auelio, con el título de Proyecto de Investigación: **"EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA IMPORTADORA MEGA FERRETERO CHIMG",** ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 17 del 2026

Ing. Rueda Flores Walter Paul
CC: 0503689895
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Mullo Pallo Mauricio Eduardo
CC: 0503755183
LECTOR 2 (MIENBRO)

Ing. León Segovia Manuel Angel

CC: 0502041353
LECTOR 3 (MIENBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por regalarme la vida, la sabiduría e inteligencia necesaria para esta carrera profesional y permitirme culminar con éxito mis metas propuestas

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, a los señores docentes de la facultad de Ingeniería Eléctrica, quienes fueron el pilar fundamental, quienes compartieron sus conocimientos y me ayudaron en mi formación estudiantil.

A mi Tutor de titulación Ing. Franklin Vásquez, quien me supo brindar su guía y conocimiento.

A mis padres, hermana y hermano quienes con su apoyo, amor y fortaleza han logrado guiarme y brindarme el apoyo incondicional.

Julio Aurelio Chisag Chisag

DEDICATORIA

Con gran orgullo para mi dedicó la culminación de mi carrera Universitaria, en primer lugar a Dios por la sabiduría brindada para descubrir lo correcto para mi vida, a mi padre Aurelio Chisag y María Chisag Ruiz por su apoyo constante e incondicional, mismos que me han sabido formar y guiar mi vida para superar los obstáculos que se presentan en el camino, a mi hermana Mirian Chisag que siempre me ayudo y confió en mi para seguir adelante, a hermano Wilmer Chisag por su comprensión y apoyo; quienes supieron darme fortaleza para continuar y culminar con éxito una etapa importante de mi vida personal y profesional.

Julio Aurelio Chisag Chisag

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

FACULTDAD DE CIENCIAS DE LAINGENIERIA Y APLICADAS.

TITULO: “EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA IMPORTADORA MEGA FERRETERO CHIMG”

Autor:

Chisag Chisag Julio Aurelio

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad evaluar los criterios de eficiencia energética eléctrica en la empresa Importadora Mega Ferretero Chimg, ubicada en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua. Para ello, se plantea realizar un análisis de calidad de la energía con el propósito de determinar los principales parámetros eléctricos durante un periodo determinado de monitoreo, tomando como referencia los criterios establecidos en la Regulación ARCONEL009/2024.

Además, se propone identificar las posibles perturbaciones presentes en el sistema eléctrico de la empresa, evaluar el estado general de los equipos y detectar potenciales puntos de falla que pudieran afectar la confiabilidad y el desempeño energético de la instalación. Para alcanzar este objetivo, se considera el uso de un analizador de redes Fluke 435-II de alta precisión que permita registrar variables importantes como el voltaje, la corriente, la potencia activa, reactiva y aparente, el factor de potencia, la distorsión armónica, el flicker y el desequilibrio de voltaje.

Finalmente, se establece como propósito al obtener los resultados, sirvan como base para evaluar la condición energética de la instalación y formular una propuesta técnica orientada a la implementación de un modelo de gestión energética, basado en la Norma ISO 50001: 2018, con el fin de mejorar la eficiencia energética, optimizar el consumo de energía, fortalecer la confiabilidad del sistema eléctrico y promover la sostenibilidad de las instalaciones de la empresa Importadora Mega Ferretero Chimg.

Palabras clave: Eficiencia energética, análisis, regulación, sistema eléctrico.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: "EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY CRITERIA IN THE IMPORTING COMPANY MEGA FERRETERO CHIMG"

Autor:

Chisag Chisag Julio Aurelio

ABSTRACT

The purpose of this research project is to evaluate the criteria for electrical energy efficiency at the company Importadora Mega Ferretero Chimg, located in the city of Ambato, Tungurahua province. Subsequently, an energy quality analysis is proposed of determining the main electrical parameters during a specified monitoring period, using the criteria established in Regulation ARCONEL009/2024 as a reference.

Furthermore, this paper aims to identify possible disturbances present in the company's electrical system, and assess the overall condition of the equipment, and detect potential points of failure that could affect the reliability and energy performance of the installation. To achieve this objective, the use of a high-precision Fluke 435-II power quality analyzer is considered to record key variables such as voltage, current, active, reactive, and apparent power, power factor, harmonic distortion, flicker, and voltage imbalance.

Ultimately, it is established that the obtained results will serve as a basis to assess the energy condition of the installation, and design a technical proposal aimed at implementing an energy management model based on the ISO 50001: 2018 Standard, in order to improve energy efficiency, optimize consumption, enhance electrical system reliability, and promote sustainability of the facilities of the company Importadora Mega Ferretero Chimg.

Keywords: Energy efficiency, analysis, regulation, electrical system.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD

Julio Aurelio Chisag Chisag

AVAL DE TRADUCCIÓN- Profesional Externo

Jorge Israel Rivadeneira Cepeda, con cédula de identidad número: 0503609752, Magister en pedagogía de los idiomas Nacionales y Extranjeros con mención en enseñanza de Inglés, con numero de registro de la SENESCYT: 1045-2025-3223340; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **"EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EMPRESA IMPORTADORA MEGA FERRETERO CHIMG"** de: **Julio Aurelio Chisag Chisag**, egresado de la carrera de **Electricidad**, perteneciente a la Facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, agosto, 2026

JORGE ISRAEL RIVADENEIRA CEPEDA

……

Mg. Jorge Israel Rivadeneira Cepeda
CI: 0503609752

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN vii

ABSTRACT viii

1. INFORMACIÓN GENERAL 1

2. INTRODUCCIÓN 2

2.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA 3

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 4

2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN 4

2.3.1. Objeto de investigación: Análisis de calidad de energía 4

2.3.2. Campo de acción: 4

2.4. BENEFICIARIOS 4

2.4.1. Beneficiarios directos 4

2.4.2. Beneficiarios Indirectos 4

2.5. JUSTIFICACIÓN 5

2.6. OBJETIVOS 6

2.6.1. Objetivo general 6

2.6.2. Objetivos específicos 6

2.7. SISTEMAS DE TAREAS 6

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 7

3.1. ENERGIA ELECTRICA 7

3.1.1. Características de la energía eléctrica 7

3.1.2. Ventajas de la energía eléctrica 8

3.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA 9

3.2.1. Definición de eficiencia energética 9

3.2.2. Factores que influyen en la eficiencia energética [5] 10

3.2.3. Beneficios empresariales de fomentar la eficiencia energética [5] 11

3.2.4. Los principios básicos de la eficiencia energética de los edificios 12

3.2.5. Importancia de la eficiencia energética en la industria 14

3.3. GESTIÓN DE LA ENERGÍA 14

3.3.1. Objetivos de la gestión energética 15

3.3.2. Beneficios de una buena gestión energética 15

3.3.3. En qué consiste un sistema de gestión energética 16

3.3.4. Modelo de gestión ISO 50001:2018. Normativa estándar para el establecimiento de un sistema de gestión de la energía (SGE) 16

3.3.4.1. La norma abarca lo siguiente: 17

3.3.4.2. Estructura basada en el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar 17

3.3.5. 10 claves en un sistema de gestión de energía (SGE) 18

3.4. CALIDAD DE ENERGÍA 19

3.4.1. Problemas de calidad de energía más comunes 20

3.4.2. Regulación No. ARCONEL 009/24 denominada, calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica 20

3.4.2.1. Atributos de calidad 20

3.4.2.2. Calidad del producto 21

3.4.2.3. Medición de la calidad de producto Implementación 24

3.4.2.4. Distorsión armónica de corriente 26

3.4.3. Analizador de calidad Fluke 435 S-II 28

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS 29

4.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN 29

4.1.1. Método descriptivo 29

4.1.2. Método analítico 29

4.1.3. Método inductivo–deductivo 29

4.1.4. Método de investigación de campo 29

4.2. PROCEDIMIENTOS 30

4.2.1. Diagrama de flujo 30

5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 31
5.1. FASE 1: PLANIFICAR..... 31
5.1.1. Levantamiento de información de las instalaciones eléctricas: 31
5.1.2. Diseño del diagrama unifilar de cargas 33
5.1.3. Revisión de la facturación del consumo eléctrico mensual y anual 36
5.1.4. Medición de parámetros eléctricos..... 38
5.1.4.1. Análisis de nivel de voltaje nominal Fase – Neutro..... 38
5.1.4.2. Análisis de nivel de Voltaje Fase – Fase, (A, B, C) 39
5.1.5. Flicker - Perturbación rápida de voltaje 40
5.1.6. Análisis de distorsión armónica de voltaje 41
5.1.6.1. Análisis de armónicos de voltaje individuales 42
5.1.7. Análisis de las corrientes 43
5.1.8. Análisis de desequilibrio de voltaje 44
5.1.9. Análisis de potencia activa 45
5.1.10. Análisis de potencia reactiva 46
5.1.11. Análisis de potencia aparente..... 47
5.1.12. Análisis de factor de potencia 48
5.1.13. Simulación del estado actual del sistema eléctrico 49
5.2. FASE 2: HACER 50
5.2.1. Optimización de la distribución y balance de cargas eléctricas..... 50
5.2.2. Corrección del factor de potencia, si corresponde 51
5.2.2.1. Dimensionamiento de un banco de capacitores automático 51
5.2.2.2. modelo del banco de capacitores automático..... 52
5.2.3. Implementación de programas de mantenimiento preventivo 53
5.2.4. Plan de mantenimiento preventivo del sistema eléctrico 54
5.3. FASE 3. VERIFICAR 55
5.3.1. Acciones del plan de eficiencia energética 55

5.3.2. Implementación física del banco de capacitores 55

5.4. ETAPA 4. ACTUAR 56

5.4.1. Establecimiento de la línea base energética 56

5.4.2. Gestión operativa del banco de capacitores 57

5.4.3. Simulación del estado corregido del sistema eléctrico 57

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 59

6.1. CONCLUSIONES 59

6.2. RECOMENDACIONES 60

7. BIBLIOGRAFÍA 61

8. ANEXOS 63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de eficiencia energética [2]. 9

Figura 2. Diagrama de certificación ISO 50001 [9] 16

Figura 3. ISO 50001:2018 Estructura basada en el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar [3] 18

Figura 4. Analizador de calidad eléctrica y energía Fluke435-II [14]**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 5. Diagrama de flujo 30

Figura 6. Diagrama unifilar de carga 34

Figura 7. Plano tablero principal y secundario 35

Figura 8. Plano TD bodega 35

Figura 9. Plano TD subsuelo 35

Figura 10. Plano TD planta baja 36

Figura 11. Plano TD piso 1 36

Figura 12. Plano TD piso 2 36

Figura 13. Plano TD piso 3 36

Figura 14. Historial de consumo 37

Figura 15 Simulación estado actual 49

Figura 16 Simulación con correcion 58

Figura 17. Plano con banco de capacitores 59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de tareas 6

Tabla 2. Límites para el índice de nivel de voltaje 21

Tabla 3. Límites máximos de armónicos de voltaje (% del voltaje nominal) 23

Tabla 4. Selección de puntos para evaluar la calidad de producto 24

Tabla 5: Puntos de medición para calidad de producto 26

Tabla 6. Niveles máximos de distorsión armónica de corriente 27

Tabla 7. Detalle de la instalación electica de la empresa 31

Tabla 8. Tablero eléctrico principal 31

Tabla 9. Tableros eléctricos subsuelo 32

Tabla 10. Tableros eléctricos planta baja 32

Tabla 11. Tableros eléctricos piso 1 32

Tabla 12. Tableros eléctricos piso 2 32

Tabla 13. Tableros eléctricos piso 3 32

Tabla 14. Tableros eléctricos bodega 33

Tabla 15. Lecturas y consumos históricos 37

Tabla 16. Cuadros resumen de los valores de fase-neutro (V) del Fluke 435II 38

Tabla 17. Resumen de los valores máximos y mínimos de tensión (V) 39

Tabla 18. Cuadros resumen de los valores de fase-fase (V) del Fluke 435II 39

Tabla 19. Resumen de los valores máximos y mínimos de tensión (V) 40

Tabla 20. Cuadros resumen de los valores de perturbación de voltaje (V) del Fluke 435II 40

Tabla 21. Resumen de los valores de perturbación de voltaje 41

Tabla 22. Cuadros resumen de los valores de distorsión armónica voltaje (V) del Fluke 435II 41

Tabla 23. Valores de THD de voltaje 42

Tabla 24. Valores de THD de voltaje individual 42

Tabla 25. Cuadros resumen de los valores de corriente (A) del Fluke 435II 43

Tabla 26. Valores de corriente 43

Tabla 27. Cuadros resumen de los valores de desequilibrio de voltaje (V) del Fluke 435II ... 44

Tabla 28. Valores de desequilibrio de voltaje 45

Tabla 29. Cuadros resumen de los valores de potencia activa del Fluke 435II 45

Tabla 30. Potencia activa (kW) 46

Tabla 31. Cuadros resumen de los valores de potencia reactiva del Fluke 435II 46

Tabla 32. Potencia reactiva en (kVAR) 47

Tabla 33. Cuadros resumen de los valores de potencia activa del Fluke 435II 47

Tabla 34. Potencia aparente (kVA) 48

Tabla 35. Resumen de los valores de factor de potencia (Fp) 48

Tabla 36. Datos de simulación 50

Tabla 37. Programa de mantenimiento 54

Tabla 38. Plan de mantenimiento 54

Tabla 39. Lista de materiales 56

Tabla 40. Política energética 57

Tabla 41. Datos simulados 58

ECUACIONES

(1) 21
(2) 21
(3) 22
(4) 22
(5) 22
(6) 23
(7) 26
(8) 26
(9) 26

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto: Evaluación de criterios de eficiencia energética en la empresa Importadora Mega Ferretero Chimg.

Modalidad de titulación:

Modalidad de titulación	Homologación para informe final de titulación	Selección
Propuesta tecnología	Informe de propuesta tecnológica	
	Patente, modelo de utilización, certificado de propiedad intelectual	
	Articulo científico	
Proyecto de investigación	Informe de proyecto de investigación	X
	Articulo científico	
	Patente, modelo de utilidad, certificado de propiedad intelectual	
Examen de indicadores de RDA		

Trabajo de titulación vinculado al proyecto: Estrategias de planeación de sistemas eléctricos en el contexto de la transición energética.

Equipo de trabajo:

Estudiante: Chisag Chisag Julio Aurelio

Tutor: Ing. Vásquez Teneda Frankblin Hernán

Área de conocimiento:

07 ingeniería. Industria y Construcción.	071 ingeniería y Profesiones Afines.	0713 Electricidad y Energía

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la carrera: Diseño, construcción y explotación eficiente de sistemas eléctricos con energía convencional y alternativa.

2. INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética se ha convertido en un factor estratégico para las empresas, debido a la creciente necesidad de optimizar el uso de los recursos, reducir los costos operativos y contribuir al desarrollo sostenible, permitiendo mejorar el desempeño de sus operaciones. El consumo de energía representa una parte importante de los gastos empresariales, la implementación de criterios de eficiencia energética que permita mejorar el desempeño de la empresa importadora Mega Ferretero Chimg, incrementar su competitividad y sostenibilidad económica; también constituye una herramienta fundamental para disminuir el impacto ambiental asociada a sus actividades.

En lo comercial principalmente en las empresas dedicadas a la importación y comercialización de productos ferreteros, el consumo de energía eléctrica está relacionado con varios procesos como la iluminación, el funcionamiento de los equipos informáticos, sistema de climatización, almacenamiento y demás actividades operativas que contribuyan y garanticen al buen funcionamiento de la empresa. Por lo tanto, resulta necesario evaluar las condiciones actuales del consumo energético e identificar oportunidades de mejorar el uso eficiente de la energía sin afectar la productividad, seguridad, ni la calidad del servicio ofrecido.

Importadora Mega Ferretero Chimg, es una empresa ecuatoriana que desarrolla sus actividades desde el año 1998, ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Ambato, dedicada a la importación y comercialización de productos destinados al sector ferretero, la construcción y la decoración. A lo largo de su trayectoria en el mercado, la empresa ha fortalecido su presencia brindado productos de calidad, asesoría especializada y un servicio orientado a satisfacer las necesidades de los clientes minoristas y de proyectos de la construcción a gran escala, la empresa cuenta con medios adecuados de cobertura para atender diferentes mercados a nivel nacional.

La trayectoria, crecimiento y el posicionamiento de la empresa en el mercado, demanda una gestión eficiente de todos los recursos, entre ellos el consumo de la energía eléctrica, indispensable para el desarrollo de sus actividades administrativas, comerciales y operativas. En este contexto, el presente proyecto de investigación, titulado “Evaluación de criterios de eficiencia energética en la empresa Importadora Mega Ferretero Chimg”, tiene como propósito

analizar el cumplimiento y la aplicación de criterios de eficiencia energética dentro de la empresa, identificando fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora en la gestión del consumo energético. Cabe mencionar, la investigación busca proporcionar información técnica que sirva como base para la formulación de estrategias direccionadas a optimizar el uso de la energía y fomentar la incorporación de principios de sostenibilidad en las actividades de Importadora Mega Ferretero Chimg.

La importancia del presente estudio radica en una adecuada evaluación de los criterios de eficiencia energética que genere beneficios económicos mediante la reducción de costos, fortalecer el compromiso ambiental de la empresa y fomentar el uso responsable de los recursos energéticos. De esta manera, los resultados obtenidos podrán servir como referencia parala toma de decisiones y la implementación de acciones y correctivos que favorezcan el desarrollo empresarial de manera más eficiente, competitivo y sostenible.

2.1. SITUACIÓN PROBLÉMICA

En la actualidad, el crecimiento de las actividades comerciales e industriales ha incrementado significativamente la demanda de energía eléctrica, lo que ha ocasionado un mayor consumo energético y, en muchos casos, un desbalance en la distribución de las cargas eléctricas dentro de las empresas. Esta situación se presenta cuando las instalaciones eléctricas y los sistemas de distribución no se adaptan al crecimiento de la empresa, provocando que las cargas correspondientes a las áreas administrativas, ventas, servicios, almacenamiento e instalaciones generales no sean gestionadas de manera eficiente.

La empresa Importadora Mega Ferretero Chimg, no es ajena a esta problemática; el incremento progresivo de los equipos eléctricos y electrónicos, junto con el uso continuo de sus instalaciones, ha generado una mayor demanda de energía que podría estar afectando el desempeño del sistema eléctrico. La ausencia de una evaluación técnica de los criterios de eficiencia energética dificulta la identificación de pérdidas de energía, desequilibrio de carga y posibles deficiencias en la calidad del suministro eléctrico, factores que pueden ocasionar interrupciones en el funcionamiento correcto de los equipos e instalaciones.

Cabe señalar que el uso ineficiente de la energía eléctrica puede provocar diversas consecuencias económicas, como un incremento en el consumo eléctrico, mismo que es reflejado en las facturas mensuales de la electricidad, disminuye la vida útil de los equipos e instalaciones eléctricas debido a sobrecargas y condiciones de operación inadecuada, además

incrementa los costos de mantenimiento y genera riesgos relacionados con la seguridad eléctrica y la continuidad operática de la empresa.

Por otra parte, en muchas empresas el consumo energético es considerado únicamente como un gasto operativo reflejado en la factura eléctrica, sin contar con herramienta o indicadores que permitan analizar cómo, cuándo y dónde se consume la energía. En consecuencia, la falta de información impide determinar si el consumó registrado corresponde a las necesidades reales de la empresa o si existe oportunidades para optimizar el uso de los recursos energéticos.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo contribuirá la evaluación de los criterios de eficiencia energética a mejorar el desempeño energético y optimizar el consumo de energía eléctrica en la empresa Importadora Mega Ferretero Chimg?

2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1. Objeto de investigación: Análisis de calidad de energía

2.3.2. Campo de acción:

3306. Ingeniería y Tecnología Eléctricas.

3306.02 Aplicaciones Eléctricas.

3306.03 Motores Eléctricos.

3306.04 Iluminación eléctrica.

2.4. BENEFICIARIOS

2.4.1. Beneficiarios directos

Empresa Importadora Mega Ferretero Chimg

Personal Administrativo

Personal Operativo

2.4.2. Beneficiarios Indirectos

Clientes minoristas y mayoristas.

Proveedores de suministros.

Empleados en General.

2.5. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica por la necesidad de evaluar y optimizar el uso de la energía eléctrica en la empresa importadora Mega Ferretero Chimg, considerando que el consumo energético constituye un factor relevante dentro de sus costos de operación y que su gestión adecuada puede contribuir al mejoramiento del desempeño general de la organización. En este sentido, la evaluación de los criterios de eficiencia energética permitirá identificar oportunidades de mejora en las instalaciones eléctricas y en la gestión del consumo, contribuyendo a una utilización más racional y eficiente de los recursos energéticos.

Desde el punto de vista técnico, la investigación permitirá evaluar el estado actual de las instalaciones eléctricas, analizar el comportamiento de las cargas y determinar los principales indicadores de desempeño energético, facilitando la detección de pérdidas de energía, desequilibrios de carga y posibles deficiencias en la calidad del suministro eléctrico. La información obtenida permitirá establecer criterios técnicos para plantear medidas de mejora acordes con las condiciones y necesidades de la empresa.

En el ámbito económico, la investigación contribuirá a reducir los costos asociados al consumo de energía mediante la implementación de medidas de eficiencia energética, que optimicen la operación de los equipos eléctricos, evitar consumos innecesarios de energía y aprovechar de manera más eficiente los recursos energéticos disponibles, generando beneficios económicos para la empresa.

El uso eficiente de la energía favorece la reducción del consumo inadecuado de energía eléctrica y de recursos energéticos, para mitigar fallas eléctricas, descompensaciones en equipos eléctricos, daños al sistema eléctrico, y solventar de manera adecuada, oportuna y rápida los inconvenientes encontrados, con bases técnicas, sólidas y confiables, que permitan establecer acciones correctivas y preventivas que favorezcan la confiablidad, seguridad y continuidad de las operaciones de la empresa.

Finalmente, la investigación posee relevancia práctica, mismo que proporcionará a la empresa un diagnóstico de su situación energético actual y un conjunto de recomendaciones técnicas sustentadas en los resultados obtenidos, que servirán como base para la toma de dediciones orientadas al mejoramiento continuo del desempeño energético, al uso racional de los recursos

y a la implementación progresiva de prácticas de eficiencia energética, contribuyendo al fortalecimiento de la gestión técnica, económica y ambiental de la empresa.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo general

Evaluar los criterios de eficiencia energética de la empresa Importadora Mega Ferretero Chimg mediante el análisis de las instalaciones eléctricas, el consumo energético y los indicadores de desempeño, con la finalidad de identificar oportunidades de mejora que permitan optimizar el uso de la energía eléctrica y reducir los costos de operación.

2.6.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de las instalaciones eléctricas y el comportamiento del consumo de energía mediante el respectivo análisis de calidad de energía en la empresa importadora Mega Ferretero Chimg.
- Analizar el estado del arte sobre gestión de energía eléctrica basado en la norma ISO 50001 con el mediante la revisión bibliográfica y el diagnóstico de eficiencia energética en la empresa importadora Mega Ferretero Chimg.
- Proponer estrategias eficiencia energética y calidad de energía orientadas a reducir el consumo eléctrico, optimizar el funcionamiento de los equipos y disminuir los costos de operación y mantenimiento.

2.7. SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 1. Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, medios e instrumentos
Diagnosticar el estado actual de las instalaciones eléctricas y el comportamiento del consumo de energía mediante el respectivo análisis de calidad de energía en la empresa importadora Mega Ferretero Chimg.	Levantamiento de cargas. Revisión de consumos eléctrico.	Referencias relacionadas a la calidad de energía, normas y regulaciones de energía eléctrica. Definiciones y cálculos de los parámetros eléctricos, manuales y conexiones de equipos a utilizar.	Investigación bibliográfica: Tesis. Medios digitales. Sitios Web. Páginas tecnológicas. Normas.

			Regulaciones. Informes técnicos.
Analizar el estado del arte sobre gestión de energía eléctrica basado en la norma ISO 50001 con el mediante la revisión bibliográfica y el diagnóstico de eficiencia energética en la empresa importadora Mega Ferretero Chimg.	Ejecutar el análisis de las cargas enfocado en los parámetros eléctricos, revisión de campo y análisis de resultados obtenidos.	Datos de medición y levantamiento, utilizando equipos apropiados	Levantamientos de datos, mediciones de las cargas, análisis con el analizador de carga Fluke 345-II.
Proponer estrategias eficiencia energética y calidad de energía orientadas a reducir el consumo eléctrico, optimizar el funcionamiento de los equipos y disminuir los costos de operación y mantenimiento.	Desarrollo del análisis técnico de los resultados obtenidos mediante tabulaciones y curvas de cada parámetro eléctrico de la empresa.	Eficiencia energética eléctrica, reducción de los costos técnicos y económicos, equilibrio de cargas y obtener el máximo rendimiento de los equipos eléctricos.	Comparación de resultados, tablas de especificaciones de datos de los equipos, Excel, AutoCAD, datos de consumos, planillas eléctricas. ETAP.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ENERGIA ELECTRICA

La energía eléctrica es un recurso esencial en la vida moderna, que impulsa desde las actividades cotidianas en el hogar hasta procesos industriales y sistemas de transporte. Su versatilidad y eficiencia la convierten en la forma de energía más utilizada a nivel mundial. Además, con la incorporación creciente de fuentes renovables, la electricidad se sitúa como la base para una transición energética que busca minimizar el impacto ambiental y garantizar un suministro seguro y accesible para todos [1].

3.1.1. Características de la energía eléctrica

La energía eléctrica es una forma de energía indispensable, gracias a sus múltiples propiedades. A continuación, exploraremos las principales características que definen a la energía eléctrica y su impacto en nuestra sociedad.

1. **Alta eficiencia:** Los sistemas eléctricos modernos son más eficientes en la conversión y uso de energía en comparación con otras fuentes energéticas.

2. **Impacto ambiental reducido:** Cuando se genera a partir de fuentes renovables, es una opción con bajas emisiones contaminantes.
3. **Capacidad de almacenamiento:** Puede ser acumulada en baterías para su uso posterior, lo que permite aprovecharla incluso cuando no se está generando activamente.
4. **Controlabilidad (capacidad de regular):** Su flujo puede ser regulado y gestionado con precisión, facilitando su uso seguro y confiable.
5. **Impulso al desarrollo tecnológico:** Es fundamental para el funcionamiento de dispositivos modernos, avances científicos y tecnologías como los vehículos eléctricos.
6. **Versatilidad de usos:** La energía eléctrica puede emplearse en una amplia variedad de aplicaciones, desde la iluminación y calefacción hasta la alimentación de equipos industriales y sistemas de comunicación, adaptándose fácilmente a diferentes necesidades y sectores.

Estas características hacen de la energía eléctrica un recurso esencial para la sociedad moderna y su desarrollo.

3.1.2. Ventajas de la energía eléctrica

Su uso eficiente puede contribuir al desarrollo y a la preservación del medioambiente. A continuación, exploraremos las principales ventajas que ofrece la energía eléctrica y cómo impacta positivamente en nuestra sociedad.

1. **Accesible y fácil de producir:** La electricidad se puede producir a partir de diversas fuentes de energía, incluyendo opciones renovables como la solar y eólica. Esta diversidad la convierte en una opción accesible para satisfacer las necesidades energéticas globales.
2. **Manejable y fácil de transportar:** La energía eléctrica es altamente manejable y puede ser transportada a grandes distancias mediante redes de transmisión y distribución. Este sistema permite llevar electricidad a zonas urbanas, rurales e industriales con facilidad y a gran escala.
3. **Versátil y fácil de transformar:** Igualmente, la energía eléctrica se puede transformar en otros tipos de energía, como por ejemplo luz (encender una bombilla), calor (encender un radiador eléctrico) o movimiento (mediante un motor).
4. **Precisión en el control del consumo:** La electricidad permite un control exacto sobre el nivel de energía consumida, lo que facilita la gestión eficiente del uso energético en

hogares, industrias y ciudades inteligentes, contribuyendo al ahorro y a la optimización de recursos [1].

3.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética es un instrumento fundamental para dar respuesta a los cuatro grandes retos del sector energético mundial: el cambio climático, la calidad y seguridad del suministro, la evolución de los mercados y la disponibilidad de fuentes de energía.

Por eficiencia energética se entiende el conjunto de actividades encaminadas a reducir el consumo de energía en términos unitarios, mejorando la utilización de la misma, con el fin de proteger el medio ambiente, reforzar la seguridad del abastecimiento y crear una política energética sostenible. Se trata de utilizar mejor la energía [2].

3.2.1. Definición de eficiencia energética

Se refiere a la utilización de tecnologías que requieren una menor cantidad de energía para conseguir el mismo rendimiento o realizar la misma función que se centra en la tecnología, el equipamiento o la maquinaria usada en edificios. El ahorro de energía se basa en el modo de actuar de las personas para utilizar menos energía (por ejemplo, utilizar luz natural en lugar de artificial para reducir el consumo de electricidad) [3].

En el desarrollo de un modelo energético sostenible, se define el perfil de eficiencia energética a través del análisis detallado de los cuatro factores clave que lo determinan, como se muestran en la figura 1.

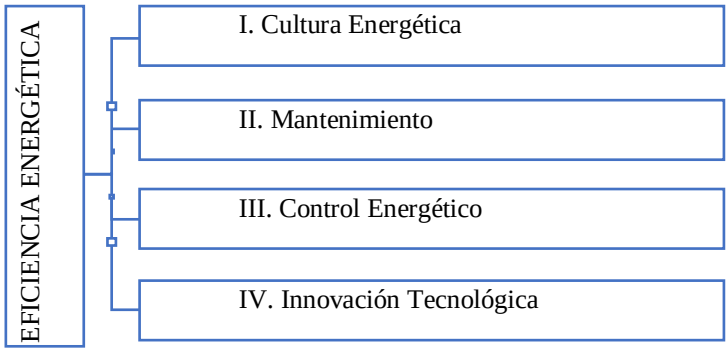


Figura 1. Índice de eficiencia energética [2].

- **Cultura energética:** En este apartado se analiza el nivel de información existente en la organización, la formación interna y la política de empresa en el ámbito de la eficiencia energética.

- **Mantenimiento:** Se determina el nivel de sensibilidad existente en la empresa en el mantenimiento de los diferentes equipamientos utilizados, con objeto de alcanzar el óptimo rendimiento desde el punto de vista de la eficiencia energética.
- **Control energético:** Se analiza el nivel de gestión del gasto energético, a través de la aplicación de métodos de medición y la implantación de procesos administrativos adecuados.
- **Innovación tecnológica:** Se valora el grado de actualización de la empresa en lo que se refiere a los medios técnicos aplicados en las instalaciones, tanto de producción, como de servicios generales [2].

3.2.2. Factores que influyen en la eficiencia energética [5]

- Mantenimiento de equipos: Un mantenimiento adecuado puede mejorar la eficiencia energética de los equipos. Equipos bien mantenidos suelen operar de manera más eficiente.
- Eficiencia de los procesos: La forma en que se llevan a cabo los procesos productivos y operativos influye en el consumo de energía. Procesos ineficientes pueden resultar en un mayor uso de energía.
- Diseño de instalaciones: El diseño de las instalaciones y la disposición de equipos y sistemas puede impactar la eficiencia energética. Un diseño bien planificado puede reducir el consumo de energía.
- Gestión de la energía: La implementación de un sistema de gestión energética, como ISO 50001, ayuda a monitorizar y mejorar el uso de la energía.
- Conciencia y formación: La capacitación del personal sobre prácticas de eficiencia energética y el fomento de una cultura de ahorro energético puede influir significativamente en el consumo.
- Hábitos operativos: Los hábitos diarios del personal, como apagar equipos no utilizados, afectan el consumo de energía.
- Presupuesto para eficiencia energética: La disponibilidad de recursos financieros para invertir en tecnologías y prácticas que mejoren la eficiencia energética puede determinar el grado de eficiencia alcanzado.
- Inversiones en innovación: La inversión en tecnologías emergentes y mejoras en equipos puede llevar a una mayor eficiencia energética.

- Legislación ambiental: Las leyes y regulaciones sobre eficiencia energética y emisiones pueden forzar a las empresas a adoptar prácticas más sostenibles.
- Estándares de industria: Los estándares de la industria y las normativas locales pueden dictar los requisitos para la eficiencia energética.
- Costos de energía: Los precios de la energía afectan el incentivo para reducir el consumo. Altos costos de energía pueden impulsar a las empresas a buscar soluciones más eficientes.
- Fluctuaciones del mercado: Las variaciones en los precios de energía pueden influir en la planificación y el gasto en eficiencia energética.
- Presión competitiva: La competencia en el mercado puede motivar a las empresas a adoptar prácticas de eficiencia energética para mantenerse competitivas.
- Tendencias de sostenibilidad: Las tendencias del mercado hacia la sostenibilidad y la responsabilidad social pueden influir en las prácticas de eficiencia energética.
- Acceso a tecnología avanzada: La disponibilidad de tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia energética puede limitar o facilitar los esfuerzos de una empresa.
- Demandas de clientes: Las expectativas de los clientes en relación con la sostenibilidad pueden impulsar a las empresas a mejorar su eficiencia energética.
- Inversores y financiadores: Los inversores y financiadores pueden exigir a las empresas que adopten prácticas de eficiencia energética como condición para el apoyo financiero.

3.2.3. Beneficios empresariales de fomentar la eficiencia energética [5]

- Ahorro en facturas de energía: La eficiencia energética reduce el consumo de energía, lo que se traduce en menores costos en las facturas de electricidad y otros servicios energéticos.
- Menor mantenimiento: Equipos y sistemas energéticamente eficientes suelen requerir menos mantenimiento y tener una vida útil más prolongada, lo que reduce costos operativos a largo plazo.
- Ventaja competitiva: Implementar prácticas de eficiencia energética puede diferenciar a la empresa en el mercado al demostrar un compromiso con la sostenibilidad y la innovación.
- Reputación y marca: Una empresa que adopta prácticas sostenibles mejora su reputación, lo que puede atraer a clientes y socios que valoran la responsabilidad ambiental.

- Adaptación a normativas: Las regulaciones ambientales y los estándares de eficiencia energética son cada vez más estrictos. Implementar medidas de eficiencia energética ayuda a cumplir con estas normativas y evitar sanciones.
- Uso sostenible de recursos: Optimizar el uso de energía ayuda a conservar recursos naturales y a reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables.
- Incremento de la productividad: Equipos más eficientes y bien mantenidos pueden mejorar la productividad operativa y la calidad del producto o servicio.
- Ambiente de trabajo saludable: La eficiencia energética a menudo incluye mejoras en la ventilación, la iluminación y el control de temperatura, lo que crea un ambiente de trabajo más confortable y saludable.
- Adopción de nuevas tecnologías: La implementación de tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia energética puede colocar a la empresa a la vanguardia de su industria.
- Optimización de recursos: La eficiencia energética permite una mejor gestión de los recursos, optimizando el uso de energía en relación con la producción o el servicio ofrecido.
- Reducción de costos operativos: Al implementar medidas de eficiencia energética, ahorro de agua y reducción de residuos, las empresas pueden disminuir sus gastos operativos, lo que a largo plazo genera ahorros significativos.

3.2.4. Los principios básicos de la eficiencia energética de los edificios

Los principios básicos para la mejora de la eficiencia energética de los edificios son: reducir la demanda energética, aumentar el uso de las energías renovables disponibles y aumentar la eficiencia energética de las instalaciones [6].

Reducir la demanda energética: La reducción de la demanda energética, en el interior del edificio, es una estrategia pasiva directamente relacionada con su envolvente térmica; consiste en la aplicación de una serie de medidas, que afectan a fachadas, huecos, vidrios y marcos, suelos y cubiertas, y su objetivo es reducir el consumo energético, garantizando la temperatura interior de confort, durante todas las estaciones del año. Por otro lado, el control de la demanda, también tiene que ver con el control de la ventilación de los espacios interiores, para garantizar la calidad del mismo.

Satisfacer la demanda con energías renovables: El uso de energías renovables en los edificios consiste en una estrategia activa. Mientras que, en la primera estrategia de

limitación de la demanda, se consigue reducir las pérdidas energéticas, de manera que se reduce la necesidad de consumo de energía mediante estrategias pasivas aplicadas en la envolvente térmica; en la segunda estrategia, se pretende utilizar energías limpias para satisfacer la ya reducida demanda de energía primaria.

Utilizar instalaciones con la máxima eficiencia energética: Para terminar, y una vez implementadas en los edificios, las estrategias primera y segunda por este orden, la tercera estrategia consiste en utilizar instalaciones con la mayor eficiencia energética posible. El uso de combustibles fósiles debe ser siempre el último recurso, y la tendencia a su desaparición, el objetivo inmediato.

La optimización del consumo energético: Mientras que el ahorro energético trata de reducir el gasto mediante un menor uso de la energía, la eficiencia energética persigue mantener un bajo consumo de energía al desarrollar las actividades habituales del edificio sin que el confort ni la producción se vean afectadas. De esta forma, no se busca incurrir en cambios en los hábitos de consumo, sino que trata de adaptar medidas y sistemas para lograr una reducción máxima de la energía final consumida.

La finalidad es optimizar el consumo energético mediante equipos de ahorro. Así, al usar la energía de manera eficiente, se consigue aprovechar la energía al máximo. De esta forma, logramos reducir las emisiones contaminantes del edificio y ahorrar en la factura de la luz.

A día de hoy, el hecho de contar una mejor calidad en la gestión energética es una prioridad cada vez mayor entre las distintas empresas y organizaciones. Esto se debe los múltiples beneficios que se obtienen, tanto económicos como medioambientales. De esta forma, mientras se ahorra en la factura de la luz, se favorece el bienestar y la salud de todas las formas de vida del planeta; además de potenciar el futuro beneficio de muchas actividades. Por todo ello, apostar por la eficiencia energética sí es una solución inteligente a largo plazo.

Algunas medidas que se pueden adoptar para lograr una mayor eficiencia energética son:

- Reemplazar electrodomésticos por unos más eficientes.
- Utilizar sistemas de iluminación de bajo consumo (LED).
- Implantar sistemas de climatización más sostenibles y eficientes.
- Contar con un buen aislamiento térmico exterior en nuestro edificio.
- Instalar termostatos y temporizadores en los equipos de climatización.
- Sustituir las calderas antiguas por otras más eficientes, como las calderas de biomasa.

- Apostar por las energías renovables, como la energía solar fotovoltaica para autoconsumo energético y la aerotermia para climatización y agua caliente [6].

3.2.5. Importancia de la eficiencia energética en la industria

De acuerdo con estadísticas de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), el sector industrial representa el 29% del consumo energético, porcentaje que aumentará cada año a la par de los costos y afectaciones ambientales si no se comienzan a implementar estrategias energéticas eficientes [7].

Tomando en cuenta que las industrias constituyen una porción significativa en el consumo de energía, es importante que sus acciones estén alineadas a optimizar las formas en que se utilizan los recursos y equipos, así como el funcionamiento de los procesos.

Decisiones inteligentes enfocadas en objetivos de eficiencia energética aportarán beneficios económicos, productivos y ambientales en el mediano y largo plazo, tales como:

- Más competitividad dentro de mercados nacionales e internacionales.
- Disminución de costos de producción.
- Alza de ventas con productos de calidad superior y a precios competitivos.
- Contribuir a la reducción de niveles de contaminación atmosférica.
- Conservación y uso eficiente de los recursos naturales.
- Implementación de tecnologías nuevas.
- Uso de fuentes alternas de energía en procesos productivos.
- Reducción del consumo de energía y menos inversión en la misma.
- Aprovechamiento de la energía sobrante en otras tareas [7].

3.3. GESTIÓN DE LA ENERGÍA

La gestión energética es el conjunto de acciones y procesos que buscan optimizar el consumo energético, con el objetivo de racionalizar y reducir costes, sin que ocasione ningún prejuicio a los consumidores [8].

La gestión energética es la planificación de la producción y el consumo de energía. Todos los agentes de la sociedad, desde empresas hasta personas individuales, somos cada vez más conscientes de la necesidad de gestionar y consumir la energía de una manera más eficiente, lo que nos ayuda a preservar el medioambiente.

La gestión eficiente de energía y el respeto al medioambiente son conceptos muy importantes para el desarrollo de una sociedad avanzada. Por ello, fomentamos una serie de acciones que optimizan y mejoran el consumo de energía.

Este concepto está directamente relacionado con la eficiencia energética, que es el uso eficiente de la energía para producir un determinado producto o servicio, lo que engloba todas las acciones que se pueden implementar a través de análisis, monitorización y optimización. Cuanto mejor sea la gestión y ahorro energético, mayor será la eficiencia energética.

3.3.1. Objetivos de la gestión energética

Los principales objetivos de la gestión energética son:

- **Aumentar la eficiencia energética:** La clave para una buena gestión energética es utilizar la menor cantidad de energía posible para realizar un proceso.
- **Cumplir con la legislación vigente:** La gestión energética cumple con la normativa que los organismos estatales establecen para un buen uso de la energía.
- **Reducir la huella ecológica:** La huella ecológica es un indicador de internacional que permite calcular el grado de impacto que tiene nuestro estilo de vida sobre el medioambiente. A menor valor, menor impacto.
- **Disminuir el consumo:** Los hábitos de consumo tienen un papel fundamental. Reducir el consumo y no malgastar energía contribuye a una mejor gestión energética.

3.3.2. Beneficios de una buena gestión energética

Una buena gestión energética tiene efectos positivos para las personas, el entorno y el medioambiente.

1. **Utilizar menos recursos:** Moderar el uso de los recursos permite ser más respetuosos con el entorno y el medioambiente.
2. **Ahorrar energía:** Reducir el consumo de energía sin afectar la calidad del servicio supone un mayor nivel de eficiencia energética.
3. **Producir energía renovable:** Generar energía renovable (como la energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica, de la biomasa o del mar) permite abastecer a la población, mientras cuidamos del medioambiente.
4. **Disminuir emisiones de CO_2:** Reducir las emisiones de CO_2, gas que contribuye en mayor medida al efecto invernadero, nos aproxima a alcanzar el objetivo de Cero Emisiones Netas en el año 2050.

5. **Ahorrar en la factura:** Aumentar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía eléctrica se traduce en un ahorro económico en la factura.

3.3.3. En qué consiste un sistema de gestión energética

El sistema de gestión energética (SGE) es una herramienta que permite que cada organización desarrolle e implemente su política energética. De manera que la empresa puede gestionar todos los procesos, productos o servicios que hacen uso de la energía, reducir el consumo y aumentar la eficiencia energética. Para implementar este sistema hay que analizar las necesidades energéticas de la planta y determinar cuáles son sus principales fuentes de energía, cuánta energía se consume y en qué períodos. Con toda esta información, se realiza un estudio para aplicar las correcciones necesarias [8].

3.3.4. Modelo de gestión ISO 50001:2018. Normativa estándar para el establecimiento de un sistema de gestión de la energía (SGE)

Figura 2. Diagrama de certificación ISO 50001 [9]

La ISO 50001 es una norma internacional voluntaria desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO) para proporcionar a las organizaciones un marco internacionalmente reconocido para gestionar y mejorar su desempeño energético [10].

La empresa debe formular una política energética clara, estableciendo objetivos organizacionales alineados con el uso eficiente de la energía en la fase de planificación, enfocándose en una estrategia integral que incluye una evaluación profunda del consumo energético actual para señalar zonas de uso excesivo y áreas necesitadas de mejoras, mientras

se estudian los patrones de consumo y se sigue el avance mediante la recopilación de datos exhaustivos sobre el consumo de energía y la generación de indicadores de desempeño [9].

Durante la fase de ejecución, se implementará el plan diseñado previamente, acompañado de un programa de capacitación para los empleados y el reconocimiento de sus contribuciones a la empresa, además se proporcionará orientación y se asegurará un monitoreo continuo para confirmar la efectividad de las acciones tomadas; en la fase de verificación, se evaluará y controlará la eficacia de las estrategias de gestión energética mediante la comparación de los resultados reales con los objetivos propuestos, incluyendo la realización de auditorías internas para descubrir cualquier desviación o áreas susceptibles de mejora.

La implementación de la norma ISO 50001 ofrece numerosos beneficios a las empresas, como la reducción de costos asociados con el consumo energético y la mejora de la competitividad y sostenibilidad a largo plazo; la certificación ISO 50001 refuerza el compromiso de la empresa con una gestión energética responsable, lo cual puede fortalecer su imagen y relaciones con clientes, inversores y otros grupos de interés, al mismo tiempo, alinearse con objetivos globales para reducir emisiones y combatir el cambio climático ayuda a estas organizaciones a contribuir positivamente a esfuerzos internacionales hacia un futuro energético más sostenible [9].

3.3.4.1. La norma abarca lo siguiente:

- Uso y consumo de energía.
- La medición, documentación y presentación de informes de uso y consumo de energía.
- Diseño y prácticas de adquisición para equipos, sistemas y procesos consumidores de energía.
- Desarrollo de un plan de gestión de la energía y otros factores que afectan el rendimiento de la energía que pueden ser supervisados y dirigidos por la organización.

La ISO 50001:2018 requiere la mejora continua del rendimiento energético, pero no incluye una “receta” para establecer metas de mejora de eficiencia energética. Más bien, proporciona un marco teórico conceptual a través del cual cada organización puede establecer y perseguir sus propias metas para mejorar su desempeño energético [10].

3.3.4.2. Estructura basada en el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar

El sistema de gestión energética se basa en un ciclo de mejora continuo (o norma ISO 50001) y consta de 4 fases [8]:

1. **Planificar:** Realizar la revisión energética y establecer las metas y planes necesarios para obtener los resultados que mejorarán el desempeño energético.
2. **Hacer:** Una vez se ha definido la estrategia de eficiencia energética, se implementan las tácticas y acciones concretas de gestión energética.
3. **Verificar:** Después de la implementación se miden y monitorizan todos los procesos para verificar los datos obtenidos e informar de los resultados.
4. **Actuar:** Con toda la información recopilada se toman las medidas necesarias para cumplir con los objetivos y mejorar el rendimiento energético.

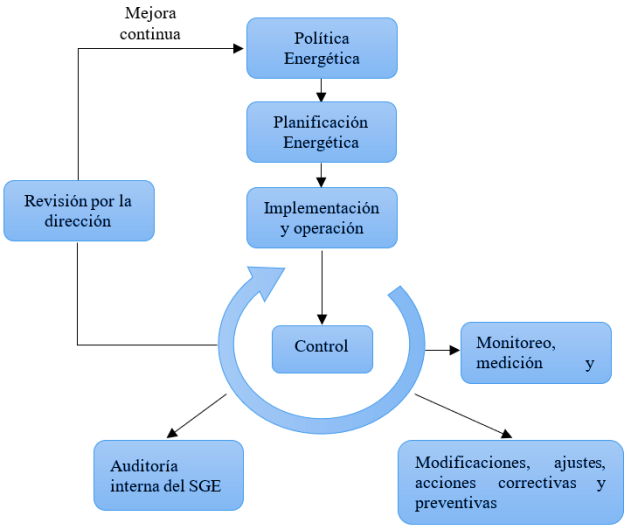


Figura 3. ISO 50001:2018 Estructura basada en el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar [3]

3.3.5. 10 claves en un sistema de gestión de energía (SGE)

1. Visión general de la situación de la organización en cuanto a la energía (visión técnica, organizacional, potencial de eficiencia y oportunidades).
2. Política energética = compromiso de la dirección de la empresa para mejorar el rendimiento energético.
3. Designación de un gestor energético.
4. Establecer un sistema de información energética/ contabilidad de la energía.
5. Configurar un conjunto de objetivos estratégicos y operativos en materia de energía.
6. Definir un programa de gestión de la energía = concretar medidas, responsabilidades y recursos para su implementación.
7. Verificar los procesos relevantes que utilizan energía, organizándose de la forma más eficiente posible, y establecer criterios adecuados para guardar la información.

8. Aumentar la concienciación de los empleados en cuanto a la energía (comunicación interna), proporcionar información sobre los hábitos laborales que mejoran la eficiencia (formación, instrucciones operativas), implicar a los empleados en los procesos de mejora (propuesta de sugerencias).
9. Verificación regular y registro del cumplimento de los objetivos marcados. Comprobación del funcionamiento adecuado de los procesos relevantes que utilizan energía.
10. Corrección de las desviaciones respecto al objetivo marcado. Actualización de los objetivos y de los programas de gestión de la energía [3].

En este contexto, se actuó para mejorar el consumo energético y se creó la Norma ISO 50001, un sistema de gestión de eficiencia energética que ayuda a las organizaciones a manejar su energía de forma más eficaz y eficiente [7].

Así, ISO 50001 es una herramienta estratégica internacional y voluntaria, que se adapta a sistemas e instalaciones de compañías de cualquier tamaño, promoviendo la transparencia y mejorando la comunicación con respecto a la gestión de los recursos energéticos [7].

3.4. CALIDAD DE ENERGÍA

La calidad de energía está estrechamente relacionada con la eficiencia energética. Son dos variables inseparables en la gestión eléctrica moderna. Mientras la calidad de energía garantiza que el suministro sea estable con voltaje, frecuencia y forma de onda adecuados, la eficiencia energética asegura que ese suministro se utilice de forma óptima, sin desperdicios ni sobrecostos [12].

En entornos industriales, este equilibrio es crítico. No basta con consumir menos energía: es indispensable que la energía sea confiable, limpia y gestionable para evitar fallas operativas y pérdidas económicas. Utilizando una analogía hidráulica, si la electricidad fuera agua fluyendo por una tubería, la calidad de energía garantiza que el flujo sea continuo, con la presión (voltaje) correcta y libre de impurezas o suciedad (armónicos).

Así pues, la calidad de energía puede entenderse como el estado de “salud” de la electricidad que alimenta una instalación industrial o el sistema de red en entornos corporativos. Variables como voltaje, frecuencia, factor de potencia y forma de onda deben mantenerse dentro de parámetros óptimos para garantizar una operación estable.

Sus problemas más comunes como picos de voltaje, distorsión armónica o interrupciones eléctricas, afectan procesos, equipos y costos operativos que impactan directamente en la

confiabilidad de automatizaciones, sistemas digitales y equipos críticos. Comprender sus principales fallas y aplicar soluciones tecnológicas adecuadas es clave para garantizar la eficiencia energética, proteger activos y evitar pérdidas millonarias.

3.4.1. Problemas de calidad de energía más comunes

Los principales problemas de calidad de energía que impactan directamente la eficiencia energética de una empresa son:

Las caídas y picos de voltaje: Suelen ser los primeros síntomas visibles en una instalación. Estos eventos generan interrupciones, reinicios de equipos y fallas en procesos productivos, aunque muchas veces son solo la manifestación de causas más profundas.

La distorsión armónica de corriente: Estrechamente relacionada con cargas no lineales como variadores de velocidad, servidores o sistemas electrónicos avanzados. Este problema no solo afecta el factor de potencia, sino que deteriora la eficiencia energética global de la operación.

El ruido eléctrico y los microcortes: Aunque sean de milisegundos, pueden provocar fallas en PLCs, sensores o sistemas de control. Esto es particularmente crítico en entornos altamente automatizados donde la continuidad es indispensable.

Estos fenómenos no solo afectan la operación, sino que obligan a las empresas a consumir más energía para mantener el mismo nivel de producción, reduciendo así su competitividad energética [12].

3.4.2. Regulación No. ARCONEL 009/24 denominada, calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica

El Directorio mediante Regulación No. ARCONEL-009/2024, de nominada, calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica establecer los indicadores, índices y límites de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica; y, definir los procedimientos de medición, registro y evaluación a ser cumplidos por las empresas eléctricas de distribución y consumidores, según corresponda [13].

3.4.2.1. Atributos de calidad

La evaluación de calidad de prestación de servicio de energía eléctrica se efectuará considerando los siguientes índices e indicadores:

3.4.2.2. Calidad del producto

a) Nivel de voltaje

La calidad de nivel de voltaje en un punto del sistema de distribución se determinará con el siguiente índice (1).

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_N} \times 100[\%] \quad (1)$$

Dónde:

- ΔVk = Variación del voltaje de suministro respecto al voltaje nominal en el punto k.
- VK = Voltaje de suministro en el punto k, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.
- VN = Voltaje nominal en el punto k.

Límites

Los rangos de voltaje admitidas son las siguientes:

Tabla 2. Límites para el índice de nivel de voltaje

Nivel de Voltaje	Rango Admisible
Alto Voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	± 5.0%
Medio Voltaje	± 6.0%
Bajo Voltaje	± 8.0%

Cumplimiento del índice de nivel de voltaje en el punto de medición

La distribuidora cumple con el nivel de voltaje en un punto de medición cuando el 95% o más de los registros de las variaciones de voltaje, en todas y cada una de las fases, en el punto periodo de evaluación al menos (7) días continuos, se encuentran dentro del rango admisible.

b) Perturbación rápida de voltaje (flicker)

Se evaluará mediante el índice de severidad por flicker de corta duración (P_{st}), conforme la norma IEC 61000-4-15[1], el cual mide la severidad de las variaciones periódicas de amplitud de voltaje a corto plazo, con intervalos de medición de 10 minutos:

$$P_{st=}\sqrt{0{,}0314P_{0,1} + 0{,}0525P_1 + 0{,}0657P_3 + 0{,}028P_{10} + 0{,}08P_{50}} \quad (2)$$

Donde:

- $\boldsymbol{Pst}$: Índice de severidad de flicker de corta duración.
- $\boldsymbol{P_{0,1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}}$: Niveles de efecto flicker que se sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del intervalo de medición.

Límite

El valor límite para el índice de severidad del flicker de corta duración P_{st} en el punto de medición respectivo no debe superar la unidad.

Cumplimiento del índice de flicker en el punto de medición

La distribuidora cumple con el índice de severidad por flicker de corta duración P_{st} en un punto de medición cuando el 95% o más de los valores registrados, en todas y cada una de las fases, en el período de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, es menor al límite establecido.

c) Distorsión armónica de voltaje

Se evaluará la distorsión armónica individual de voltaje y la distorsión armónica total de voltaje, conforme las siguientes expresiones:

$$V_{h,k} = \sqrt{\frac{1}{200}\sum_{i=1}^{200}(V_{h,i})^2} \tag{3}$$

$$DV_{h,k} = \frac{V_{h,k}}{V_{h,1}} \times 100[\%] \tag{4}$$

$$THD_k = \left[\frac{1}{V_{h,1}}\sqrt{\sum_{h=2}^{50}\left(V_{h,k}\right)^2}\right] \times 100[\%] \tag{5}$$

- $(V_{h,k})$= Armónica de voltaje h en el intervalo k de 10 minutos.
- $(V_{h,i})$= valor eficaz (rms) de la armónica de voltaje h (para h=2, 3, …,50), medido cada 3 segundo (i= 1, 2, …,200).
- $(DV_{h,k})$= Factor de distorsión individual de voltaje de la armónica h (para h= 2, 3, …,50) en el intervalo k de 10 minutos.
- (THD_k)= Factor de distorsión armónica total de voltaje.
- $(V_{h,1})$= Valor eficaz (rms) de la componente fundamental de voltaje en el punto de medición.

Limites

Los límites máximos del factor de distorsión armónica individual de voltaje y del factor de distorsión total de voltaje son los siguientes:

Tabla 3. Límites máximos de armónicos de voltaje (% del voltaje nominal)

Nivel de voltaje	Factor de distorsión armónica individual (%)	THD (%)
Bajo voltaje	5.0	8.0
Medio voltaje	3.0	5.0
Alto voltaje (grupo 1)	1.5	2.5
Alto voltaje (grupo 2)	1.0	1.5

Cumplimiento de los índices de armónicos en el punto de medición

La distribuidora cumple con el factor de distorsión armónica individual de voltaje y con el factor de distorsión armónica total de voltaje en un punto de medición, cuando el 95% o más de los valores registrados, en todas y cada una de las fases, en el periodo de evaluación de al menos siete (7) días continuos, son menores a los límites máximos establecidos.

d) Desequilibrio de voltaje

El desequilibrio de voltaje en un punto del sistema de distribución se determinará con el siguiente índice:

$$\text{Desequilibrio de Voltaje} = \left|\frac{V^-}{V^+}\right| \times 100[\%] \qquad (6)$$

Donde:

- $\boldsymbol{V^-}$= Componente de secuencia negativa de voltaje, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.
- $\boldsymbol{V^+}$= Componente de secuencia positiva de voltaje, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos.

Limite

El valor límite para el índice de desequilibrio de voltaje en un punto de medición será de 2% para todos los niveles de voltaje.

Cumplimiento del índice de desequilibrio de voltaje

La distribuidora cumple con el índice de desequilibrio de voltaje en un punto de medición cuando el 95% o más de los valores registrados, en el periodo de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, es menor al límite máximo establecido.

3.4.2.3. Medición de la calidad de producto Implementación

Para la implementación de las campañas de medición, las distribuidoras deberán realizar las siguientes acciones:

a) Establece un plan anual para las campañas de medición, que determine la cantidad y los puntos de la red donde se realizaran las mediciones.
b) Disponer e instalar los equipos de medida y/o analizadores de red necesarios que permitan evaluar la calidad de producto.
c) Medir (en todas las fases), registrar y almacenar los datos medidos.
d) Retirar el equipamiento de medición.
e) Calcular los índices relacionados con la calidad de producto; y,
f) Verificar el cumplimiento de los límites establecidos.

Periodicidad

Para cada mes, la medición, registro y almacenamiento de los valores cada punto seleccionado se efectuará durante un periodo de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, en intervalos de 10 minutos. Sin perjuicio de lo anterior, la distribuidora podrá utilizar los equipos de medida que registren mediciones en intervalos de 15 minutos, siempre y cuando estos equipos tengan la capacidad de registrar todas las variables necesarias para determinar los índices de calidad de producto.

Selección de puntos

La selección de puntos a evaluarse considerara la siguiente tabla:

Tabla 4. Selección de puntos para evaluar la calidad de producto

Grupo	Descripción	Cantidad	Tipo de selección
1	Barra de salida de subestaciones de distribución AV/MV	Todas las barras de salida de subestaciones de distribución AV/MV	Anual
2	Alto Voltaje (Grupo1 y Grupo2)	Todos los consumidores servidos en alto voltaje	Anual
3	Transformadores de distribución	0.15% del total de transformadores de distribución (No menos 5)	Mensual

4	Medio Voltaje	0.5% del total de consumidores servidos en medio voltaje (No menos de 5)	Mensual
5	Bajo Voltaje	0.01% del total de consumidores servidos en bajo voltaje (No menos de 7)	Mensual

Para todos los grupos antes citados se evaluará el cumplimiento de lo establecido en el numeral 8 respecto del nivel de voltaje. Para el efecto, los equipos y procedimientos deberán cumplir con la norma IEC 61000-4-11[1] e IEC 61000-4-30[2] o sus reformas.

Adicionalmente, para los grupos 2,3 y 4, se evaluará:

a) El cumplimiento de lo establecido en el numeral 9 respecto de las perturbaciones rápidas de voltaje (flicker). Para el efecto, los equipos y procedimientos deben cumplir con la norma IEC 61000-4-15[6]e IEC 61000-4-30, o sus reformas;

b) El cumplimiento de lo establecido en el numeral 10 respeto de los armónicos de voltaje. Para el efecto, los equipos y procedimientos deben cumplir con la norma IEC 61000-4-7[7]e IEC 61000-4-30, o sus reformas; y,

c) El cumplimiento de lo establecido en el numeral 11 respecto del desequilibrio de voltaje. Para el efecto, los equipos y procedimientos deben cumplir con la norma IEC 61000-4-30, o sus reformas.

Puntos de medición

Las mediciones de los índices e indicadores se realizarán en los siguientes puntos:

- Para los consumidores seleccionados en BV, las mediciones, registro y almacenamiento de datos deberán realizarse en los puntos más cercanos a los puntos de entrega.
- Para los consumidores seleccionados en MV, las mediciones, registro y almacenamiento de datos deberán realizarse en los puntos de entrega de MV, indistintamente si son medidos en MV o BV. Para este grupo de puntos, se podrá utilizar los TC y TP del sistema comercial para la obtención de la información.
- Para los consumidores seleccionados en AV, las mediciones, registro y almacenamiento de datos deberán realizarse en los puntos de entrega de AV.
- Para los transformadores de distribución seleccionados, las mediciones, registro y almacenamiento de datos se efectuarán en los bornes de BV.

Los puntos de medición para cada uno de los grupos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5: Puntos de medición para calidad de producto

Grupo	Descripción	Punto de medición	Índice a medir
1	Barra de salida de subestaciones de distribución AV/MV	MV	Nivel de voltaje
2	Alto Voltaje (Grupo1 y Grupo2)	AV	Nivel de voltaje, Flicker, Armónicas de voltaje, Desbalance de voltaje
3	Transformadores de distribución	BV	Nivel de voltaje, Flicker, Armónicas de voltaje, Desbalance de voltaje
4	Consumidores en medio voltaje	MV	Nivel de voltaje, Flicker, Armónicas de voltaje, Desbalance de voltaje
5	Consumidores en bajo voltaje	BV	Nivel de voltaje

3.4.2.4. Distorsión armónica de corriente

Índices

Se evaluará la distorsión armónica individual de corriente y la distorsión de demanda total, conforme los siguientes índices:

$$I_{h,k} = \sqrt{\frac{1}{200}\sum_{i=1}^{200}(I_{h,k})^2} \tag{7}$$

$$DI_{h,k} = \frac{I_{h,k}}{I_{h,1}} \times 100[\%] \tag{8}$$

$$TDD_{k} = \left[\frac{1}{I_{h,1}}\sqrt{\sum_{h=2}^{50}(I_{h,k})^2}\right] \times 100\ [\%] \tag{9}$$

Donde:

- $I_{h,k}$= armónica de corriente h en el intervalo k de 10 minutos.
- $I_{h,i}$= Valor eficaz (rms) de la armónica de corriente h (para $h = 2,3,\ldots,50$), medido cada 3 segundos (para $i = 1,2,3,\ldots,200$).
- $DI_{h,k}$= factor de distorsión individual de corriente de la armónica h (para $h = 2,3,\ldots,50$) en el intervalo k de 10 minutos.
- TDD_k= Factor de distribución de demanda total (armónicos de corriente).
- $I_{h,1}$= Valor eficaz (rms) de la componente fundamental de corriente (60 Hz).

Limites

Los límites de distorsión armónica individual de corriente y distorsión de demanda total son los siguientes:

Tabla 6. Niveles máximos de distorsión armónica de corriente

Nivel máximo de armónicos impares (% de la corriente máxima de demanda)						
I_{CC}/I_L	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	TDD
<20[b]	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20<50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50<100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100<1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Los límites para armónicos pares corresponden al 25% de los limites indicados en la tabla.

Todos los equipos están limitados a estos valores de distorsión de corriente, donde:

- $I_{CC} =$ corriente máxima de corto circuito en el PCC
- I_L= corriente máxima de carga a frecuencia fundamental (60 Hz).

Mediciones

La distribuidora determinará, a su criterio, la muestra mensual de puntos a fin de evaluar la calidad de la carga.

Las mediciones de la muestra mensual se efectuarán en el punto de común acoplamiento (PCC, por sus siglas en inglés). Para los puntos seleccionados en BV y MV el PCC corresponde al punto del sistema de distribución más cercano al consumidor de la muestra y donde otros consumidores se conectan a la red. Para los puntos seleccionados que corresponden a los usuarios en AV, el PCC se ubica en el lado de alta del transformador.

En caso que el consumidor, de cualquier nivel de voltaje, se conecte al sistema de distribución a través de un transformador exclusivo para su conexión, el PCC se ubica en el lado de alta del trasformador. La distribución notificara a la ARCONEL los puntos seleccionados para medición de calidad por lo menos dos (2) meses antes de efectuar las mediciones.

Los equipos de medida y/o analizadores de red necesarios para realizar las mediciones deberán cumplir con los requerimientos de las normas IEC 61000-4-7[14] e IEC-61000-4-30[15], o sus reformas. Para cada mes, la medición, registro y almacenamiento de los valores de cada punto seleccionado se efectuará durante un periodo de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, en intervalos de 10 minutos.

Sin perjuicio de lo anterior, la distribuidora podrá utilizar los equipos de medida que registren mediciones en intervalos de 15 minutos, siempre y cuando estos equipos tengan la capacidad de registrar todas las variables necesarias para determinar los índices.

Cumplimiento de los índices de armónicos el punto de medición

El consumidor cumple con el factor de distorsión armónica individual de corriente y con el factor de distorsión de demanda total en el punto de medición, cuando el 95% o más de los valores registrados, en el periodo de evaluación de al menos siete (7) días continuos, se encuentran dentro de los limites definidos en la tabla [13].

3.4.3. Analizador de calidad Fluke 435 S-II

El analizador de calidad de energía 435-II de Fluke está diseñado para ayudar a minimizar el tiempo de inactividad, resolver rápidamente problemas de calidad eléctrica y averiguar fácilmente los costes de la pérdida de energía. Los tiempos de inactividad salen caros y por ello es importante obtener los datos necesarios para resolver rápidamente los problemas críticos de calidad eléctrica. El proceso de medida y la salida de datos del analizador 435-II se han optimizado para ayudarle a obtener fácilmente la información más importante [14].

Se miden simultáneamente múltiples parámetros y se muestran en formatos que describen rápidamente el estado general de calidad eléctrica. La información detallada le ayuda a tomar mejores decisiones de mantenimiento, tanto si intenta reducir la pérdida energética, como si se propone encontrar la causa de los problemas de calidad eléctrica o averiguar de qué modo afecta al sistema eléctrico el arranque de motores. Se puede acceder a los datos como simples valores digitales, Figuras de tendencias (para visualizar rápidamente los cambios a lo largo del tiempo), formas de onda o diagramas fasoriales. Los datos también pueden analizarse y organizarse en formato tabular. Los datos de eventos detallados le permiten ver las etiquetas de magnitud, duración y tiempo de las anomalías de forma que pueda correlacionar rápidamente los problemas que experimenta en sus instalaciones.

Es un analizador de redes tipo trifásico, mide prácticamente todos los parámetros del sistema eléctrico: tensión, corriente, potencia, consumo, desequilibrio, flickers, armónicos [14].

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

4.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.1.1. Método descriptivo

El método descriptivo permitirá caracterizar la situación actual del sistema eléctrico y del consumo energético de la empresa. Mediante este método se describirán las características de las instalaciones eléctricas, la distribución de las cargas, los equipos consumidores de energía, los hábitos de consumo y las condiciones de operación existentes, con el fin de identificar las principales oportunidades de mejorar en materia de eficiencia energética.

4.1.2. Método analítico

Este método consistirá en el análisis detallado de la información recopilada durante la investigación, permitiendo evaluar el comportamiento del sistema eléctrico y diagnostica las condiciones reales de funcionamiento de la empresa. Se analizarán variables como el consumo de energía, demanda eléctrica, factor de potencia, distribución de cargas, estado de las instalaciones y calidad de la energía, con el propósito de identificar deficiencias, perdidas energéticas y posibles causas de la ineficiencia.

4.1.3. Método inductivo–deductivo

El método inductivo-deductivo permitirá formular conclusiones a partir de los datos obtenidos en la empresa y contrastarlos con los fundamentos teóricos, y las normas técnicas de eficiencia energética. Este procedimiento facilitará la elaboración de propuestas orientadas a optimizar el desempeño energético de las instalaciones eléctricas.

4.1.4. Método de investigación de campo

La investigación de campo constituirá la principal fuente de información del estudio propuesto, la cual permitirá obtener datos directamente en las instalaciones de le empresa Importadora Mega Ferretero Chimg. Para ello se realizarán inspecciones técnicas, observaciones directas de los procesos de los equipos eléctricos, mediciones de parámetros eléctricos y recopilación de información proveniente de las planillas de consumo eléctrico y registros operativos. Esta información permitirá conocer el comportamiento real del sistema energético de la empresa y sustentar técnicamente el diagnóstico y las recomendaciones propuestas.

4.2. PROCEDIMIENTOS

4.2.1. Diagrama de flujo

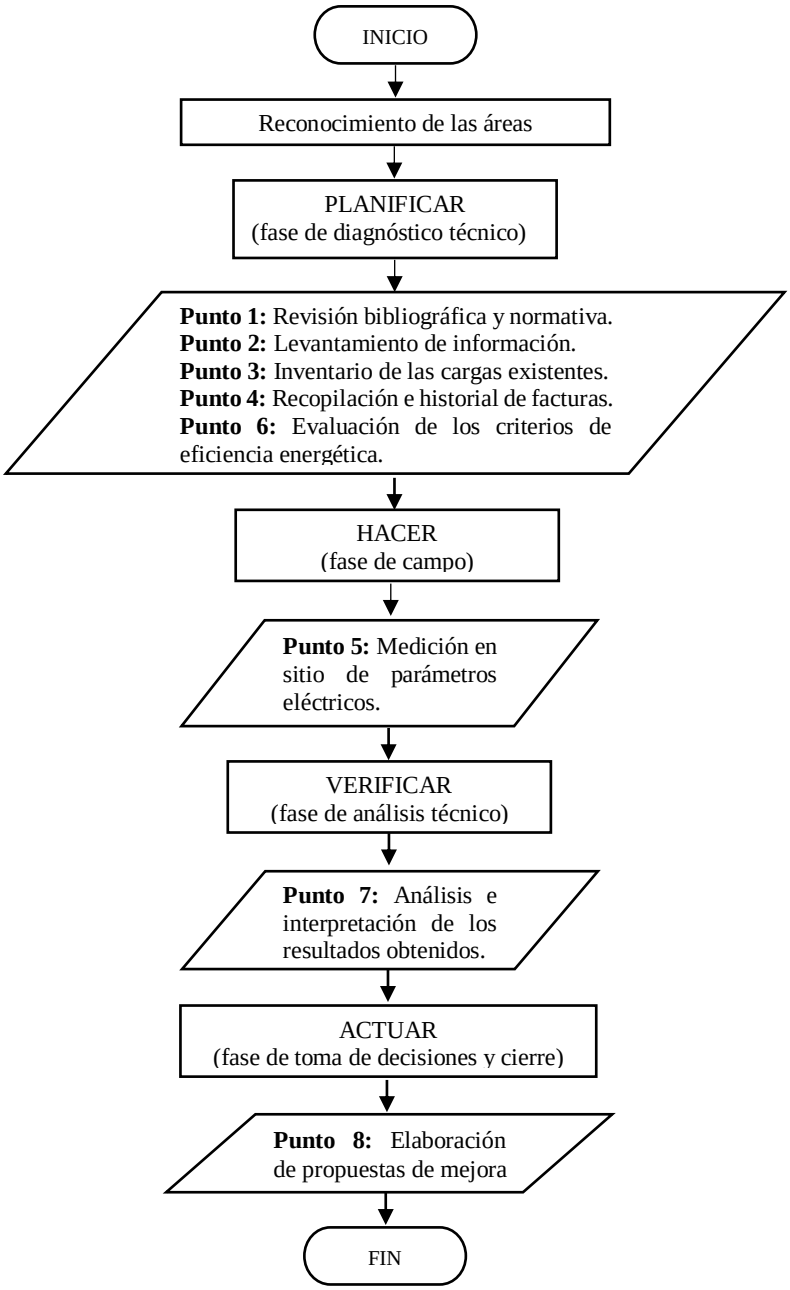


Figura 5. Diagrama de flujo

El desarrollo de la investigación comprenderá las siguientes etapas:

Punto 1: Revisión bibliográfica sobre eficiencia energética y normativa técnica aplicable.

Punto 2: Levantamiento de información técnica de las instalaciones eléctricas de la empresa.

Punto 3: Inventario de las cargas eléctricas existentes.

Punto 4: Recopilación y análisis de las facturas de consumo eléctrico de los últimos meses.

Punto 5: Medición de parámetros eléctricos (voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, demanda y consumo de energía), utilizando instrumentos de medición adecuados.

Punto 6: Evaluación de los criterios de eficiencia energética.

Punto 7: Análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Punto 8: Elaboración de propuestas de mejora para optimizar el consumo de energía eléctrica y reducir los costos de operación.

5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. FASE 1: PLANIFICAR

Durante la fase de planificación se realizó el levantamiento del inventario de cargas eléctricas de la empresa Importadora Mega Ferretero Chimg, con el propósito de identificar los equipos eléctricos instalados y la distribución de las cargas dentro de la empresa, entre las cuales tenemos las principales actividades:

5.1.1. Levantamiento de información de las instalaciones eléctricas:

Tabla 7. Detalle de la instalación electica de la empresa

Areas	Detalle
Subsuelo	Almacenamiento de materiales, equipos y productos, etc.
Bodega	Área de almacenamiento y despacho de materiales.
Planta baja	Área de comercialización, administrativa y ventas, acabados, materiales de construcción y eléctrico.
Piso 1	Área de productos de línea blanca, cocinas de inducción y gas, refrigeradoras, lavadoras y más.
Piso 2	Área de productos de para el hogar, accesorios, tecnología, etc.
Piso 3	Área de iluminación, lámparas, luminarias de interior y exterior, focos, reflectores, iluminación en general, etc.

Tablero principal

Tabla 8. Tablero eléctrico principal

TP-Tablero principal		
Detalle	Cantidad de breaker por tablero	Capacidad de breaker (A)
TS-Subsuelo	1	40
TS-Planta baja	1	40
TS-Piso 1	1	40
TS-Piso 2	1	40
TS-Piso 3	1	40
TS-Bodega	1	40

Subsuelo

Tabla 9. Tableros eléctricos subsuelo

TD-Subsuelo			
	Detalle	Cantidad de breaker por tablero	Capacidad de breaker (A)
Subsuelo	Tablero de distribución subsuelo_T1	4	32
	Tablero de distribución subsuelo_T2	1	20
		5	32

Planta baja

Tabla 10. Tableros eléctricos planta baja

TD-Planta baja			
	Detalle	Cantidad de breaker por tablero	Capacidad de breaker (A)
Planta baja	Tablero de distribución planta baja	13	20
		3	32
		2	40

Piso 1

Tabla 11. Tableros eléctricos piso 1

TD-Piso 1			
	Detalle	Cantidad de breaker por tablero	Capacidad de breaker (A)
Piso 1	Tablero de distribución piso 1	3	16
		6	20
		5	32
		2	40

Piso 2

Tabla 12. Tableros eléctricos piso 2

TD-Piso 2			
	Detalle	Cantidad de breaker por tablero	Capacidad de breaker (A)
Piso 2	Tablero de distribución piso2_T1	8	20
	Tablero de distribución piso2_T2	12	20
		4	32
	Tablero de distribución piso2_T3	6	20
		2	32

Piso 3

Tabla 13. Tableros eléctricos piso 3

TD-Piso 3			
	Detalle	Cantidad de breaker por tablero	Capacidad de breaker (A)
Piso 3	Tablero de distribución piso 3	3	20
		1	40

Bodega

Tabla 14. Tableros eléctricos bodega

TD-Bodega			
	Detalle	Cantidad de breaker por tablero	Capacidad de breaker (A)
Bodega	Tablero de distribución bodega_T1	1	3x32
	Tablero de distribución bodega_T2	1	2x32
		1	2x50
		1	20
	Tablero de distribución bodega_T3	1	20
		3	32

El inventario permitió clasificar las cargas eléctricas de acuerdo con las áreas funcionales de la empresa, identificándose seis zonas principales: subsuelo, bodega, planta baja, piso 1, piso 2 y piso 3. En cada una de ellas se registraron, los sistemas de iluminación, tomacorrientes monofásicos y trifásicos, reflectores, sistemas de seguridad y equipos propios de las actividades administrativas, comerciales y de almacenamiento.

5.1.2. Diseño del diagrama unifilar de cargas

El presente estudio cumple con los requerimientos establecidos para el estudio de calidad de energía del servicio eléctrico de distribución, particularmente relacionado con la calidad del producto dentro de la empresa Mega Ferretero Chimg.

Para el desarrollo del estudio se realizó el levantamiento de carga eléctrica que consiste en el registro y la toma de mediciones en el tablero principal, tablero secundario y tableros de distribución de cada área de la empresa. Asimismo, se efectuó el levantamiento de información de los equipos conectados al sistema eléctrico, con el propósito de identificar las condiciones suficientes para evaluar los parámetros asociados a la calidad del suministro eléctrico.

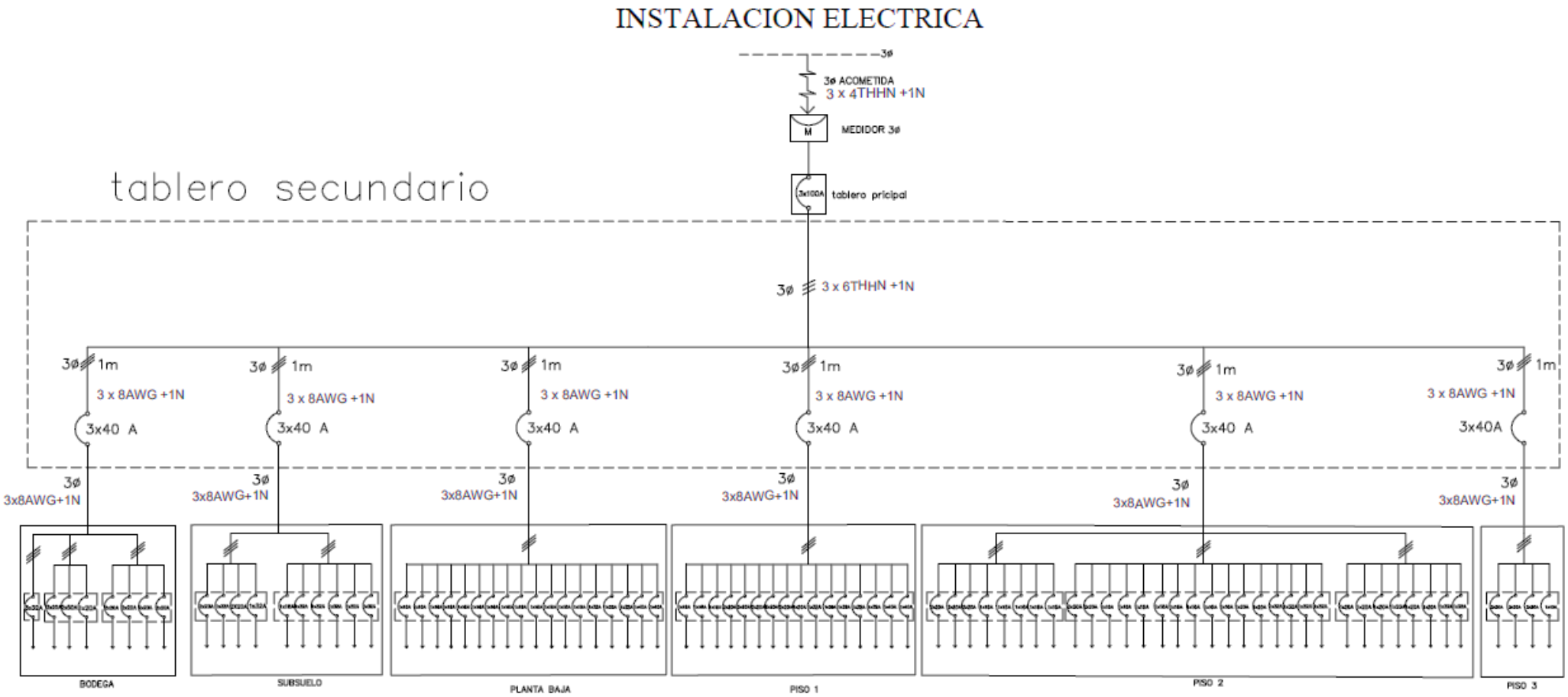


Figura 6. Diagrama unifilar de carga

Tablero secundario

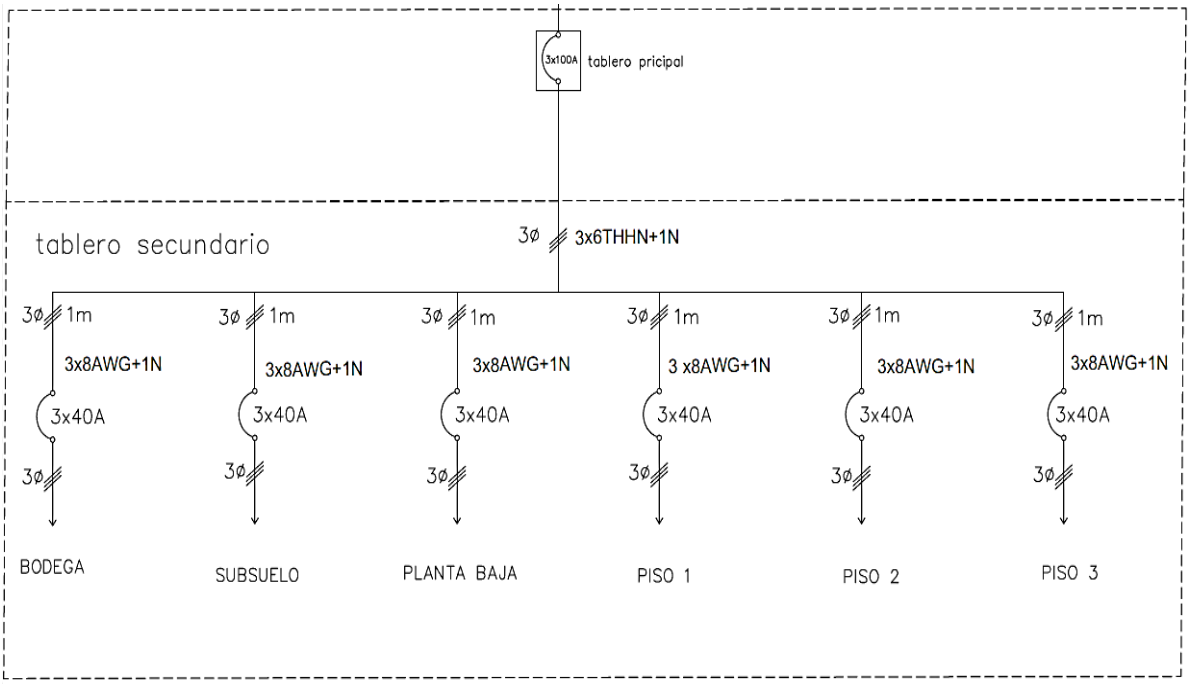


Figura 7. Plano tablero secundario

Tablero de distribución (Subsuelo, Bodega, Planta baja, Piso 1, Piso 2, piso3)

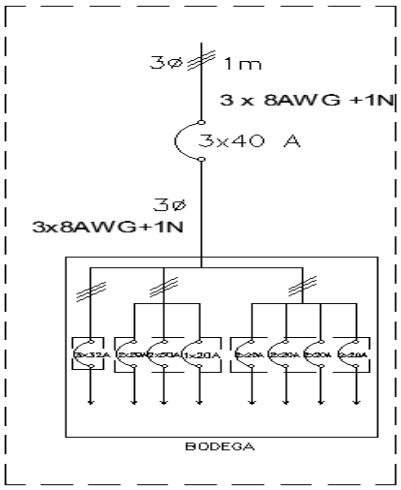


Figura 8. Plano TD bodega

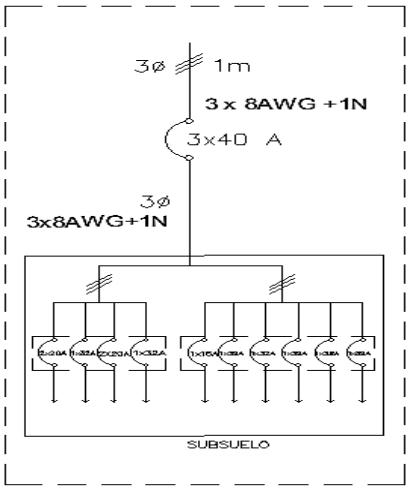


Figura 9. Plano TD subsuelo

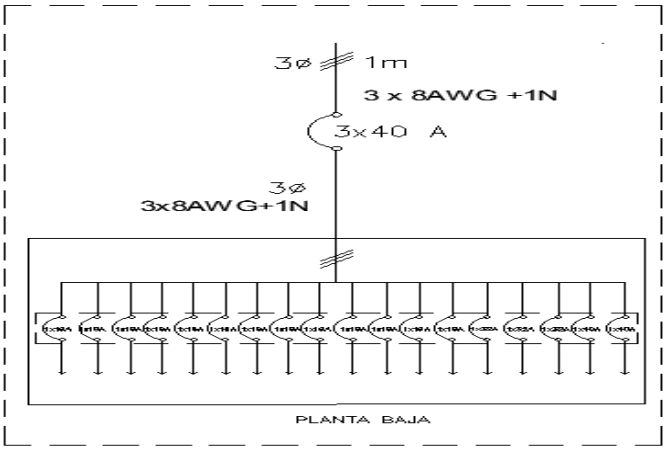


Figura 10. Plano TD planta baja

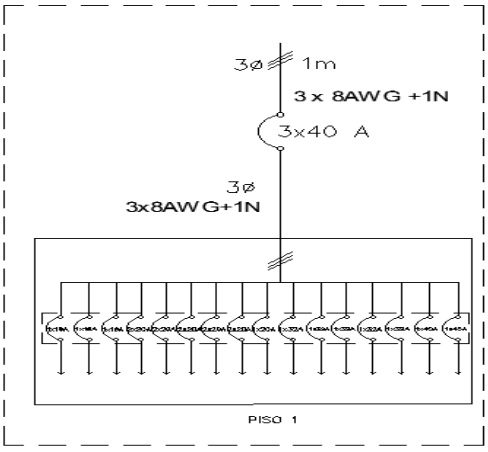


Figura 11. Plano TD piso 1

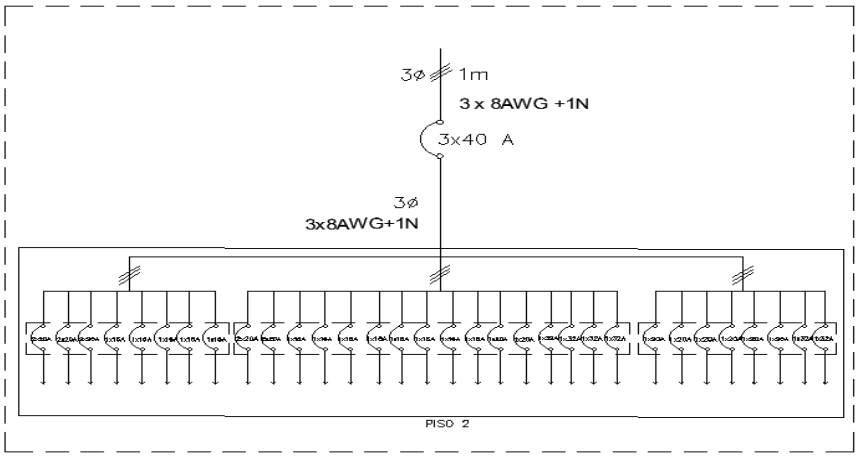


Figura 12. Plano TD piso 2

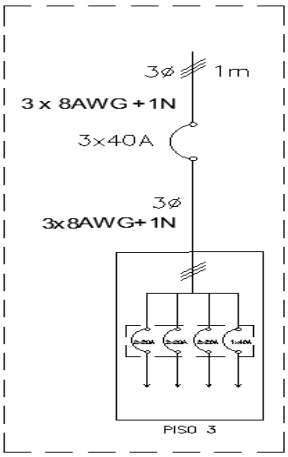


Figura 13. Plano TD piso 3

5.1.3. Revisión de la facturación del consumo eléctrico mensual y anual

El análisis de la facturación eléctrica mensual y anual permitió determinar: factura en el ANEXO U y ANEXO V:

- Tipo de tarifa: Comercial con demanda en baja tensión 4,790USD/KW-mes.
- Consumo de energía: 7 118 KWh
- Demanda máxima: 21,41 KW
- Demanda Pico: 20,67 KW
- La demanda máxima registrada es acorde con el consumo mensual.
- No se muestran incrementos bruscos de consumos.

Sin embargo, el elevado consumo mensual de 7 118 kWh, representa el principal componente del costo de la factura eléctrica. Por lo tanto, las acciones de mejorar deben enfocarse en reducir

el consumo de energía mediante la optimización de la operación de las cargas, la sustitución de equipos por tecnologías más eficientes y la implementación de un sistema de gestión energética que permita mantener un control continuo sobre los indicadores de desempeño.

El análisis de facturación de consumo anual:

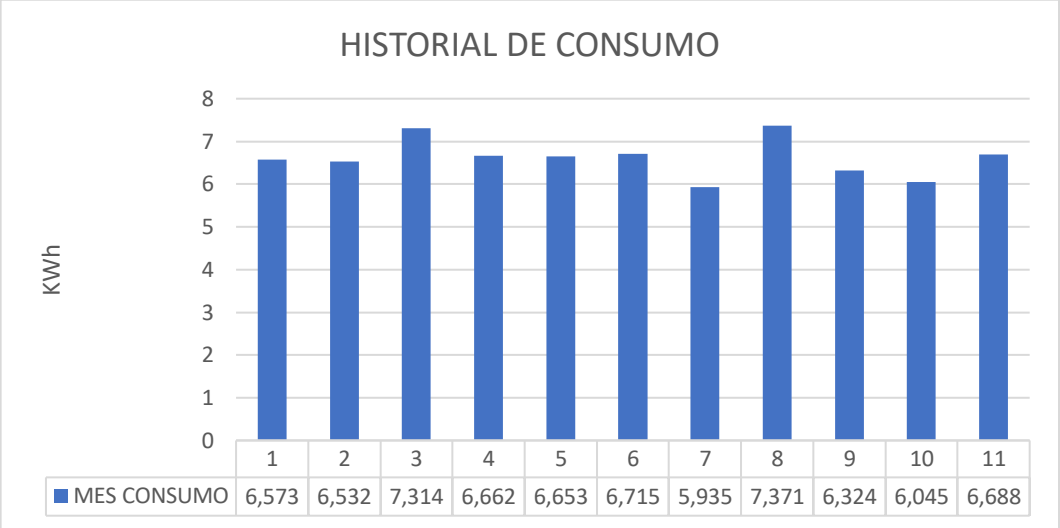


Figura 14. Historial de consumo

Tabla 15. Lecturas y consumos históricos

Lecturas y consumos históricos						
N°	Mes consumo	Demanda total	Valor planillo	Lectura anterior	Lectura actual	Mes consumo
1	8	21,16	872,99	545782	552355	6,573
2	9	19,53	867,9	552355	558887	6,532
3	10	21,44	967,85	558887	566201	7,314
4	11	21,33	894,03	566201	572863	6,662
5	12	21,13	884,89	572863	579516	6,653
6	1	20,66	853,79	579516	586231	6,715
7	2	20,38	798,2	586231	592166	5,935
8	3	21,76	969,97	592166	599537	7,371
9	4	23,68	848,8	599537	605861	6,324
10	5	20,72	818,43	605861	611906	6,045
11	6	20,51	890,36	611906	618595	6,688
12	7	20,67	944,00	661686	668804	7,118
Consumo promedio últimos meses						**6513**

Resumen de los Datos

- Consumo mensual promedio: 6,513 kWh (kilovatios-hora).
- Mes con mayor consumo: Mes 3 (marzo) con 7,371 kWh.

- Mes con menor consumo: Mes 2 (febrero) con 5,935 kWh.
- Factura más alta: Mes 3 (marzo) con 969.97.
- Factura más baja: Mes 2 (febrero) con 798.20.
- Puntos clave a observar:
- Demanda de potencia estable: demanda total se mantiene entre 19 y 23 kW.
- Esto suele ocurrir por variaciones en los días de facturación o cargos fijos.

5.1.4. Medición de parámetros eléctricos

Para realizar un registro de cargas eléctricas se debe considerar parámetros que miden la cantidad, la calidad y el comportamiento de la energía, mediante el estudio y análisis de los parámetros eléctricos obtenidos del analizador de redes Fluke 435-II, los datos muestran los valores mínimos, medios y máximos de la fase A, fase B, fase C del sistema eléctrico, cumpliendo así con lo estipulado a la normativa durante 7 días por 10 minutos de intervalo de medición como lo establece la regulación ARCONEL-009/2024**.**

5.1.4.1. Análisis de nivel de voltaje nominal Fase – Neutro

A continuación, en la siguiente tabla 16, se muestra los cuadros resumen obtenidos del equipo Fluke 435II.

Tabla 16. Cuadros resumen de los valores de fase-neutro (V) del Fluke 435II

Fase A-N		Fase B-N		Fase C-N	
Resumen		**Resumen**		**Resumen**	
Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	128,31 V	Valor máximo	126,42 V	Valor máximo	128,02 V
En	26/6/2021 16:23:28	En	27/6/2021 18:31:28	En	27/6/2021 18:24:28
Valor mínimo	114,14 V	Valor mínimo	114,04 V	Valor mínimo	116,04 V
En	28/6/2021 7:02:28	En	28/6/2021 8:03:28	En	29/6/2021 4:37:28
μ (Med)	123,722 V	μ (Med)	121,943 V	μ (Med)	123,796 V
s	2,99788 V	s	2,95318 V	s	2,3111 V
5% percentil	119,1 V	5% percentil	117 V	5% percentil	119,9 V
95% percentile	127,1 V	95% percentile	125,4 V	95% percentile	126,5 V
% [85% - 110%]	0%	% [85% - 110%]	0%	% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %	% [90% - 110%]	0 %	% [90% - 110%]	0 %

La Tabla 17, muestra el análisis del voltaje fase-neutro de las tres fases del sistema eléctrico (Fase A-N, Fase B-N y Fase C-N), considerando como tensión nominal 127 V y el criterio de aceptación establecido en la Regulación ARCONEL 009/2024, que permite una variación de ±8%. Por lo tanto, el rango de tensión permitido se encuentra entre 116,84 V y 137,16V.

Tabla 17. Resumen de los valores máximos y mínimos de tensión (V)

Voltaje nominal fase – neutro						
Regulación Arconel-009/2024						
Fase -N	127 V					
	Vmax	8%	Observación	Vmin	8%	Observación
Fase A-N	128,31	1,03%	Sí cumple	114,14	-10,13%	No cumple
Fase B-N	126,42	0,46%	Sí cumple	114,04	-10,20%	No cumple
Fase C-N	128,02	0,80%	Sí cumple	116,04	-8,63%	No cumple

Los resultados obtenidos confirman que el sistema eléctrico mantiene un comportamiento estable en condiciones normales de operación, los cuales se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa. Sin embargo, la presencia de subtensiones en las tres fases demuestran deficiencias en determinados períodos de funcionamiento, lo que puede afectar a la confiabilidad y el desempeño energético de la instalación, los datos se encuentras en el ANEXO A, B, C.

5.1.4.2. Análisis de nivel de Voltaje Fase – Fase, (A, B, C)

A continuación, en la siguiente tabla 18, se muestra los cuadros resumen obtenidos del equipo Fluke 435II.

Tabla 18. Cuadros resumen de los valores de fase-fase (V) del Fluke 435II

Fase A-B		**Fase B-C**		**Fase C-A**	
Resumen		**Resumen**		**Resumen**	
Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	220,23 V	Valor máximo	220,36 V	Valor máximo	220,5 V
En	27/6/2021 18:31:28	En	27/6/2021 18:31:28	En	27/6/2021 1:36:28
Valor mínimo	199,92 V	Valor mínimo	198,86 V	Valor mínimo	201,14 V
En	28/6/2021 7:07:28	En	28/6/2021 8:03:28	En	28/6/2021 6:59:28
μ (Med)	212,828 V	μ (Med)	212,822 V	μ (Med)	213,58 V
s	5,01534 V	s	4,74425 V	s	4,65404 V
5% percentil	204,8 V	5% percentil	205,3 V	5% percentil	206,3 V
95% percentile	218,5 V	95% percentile	218,2 V	95% percentile	218,8 V
% [85% - 110%]	100%	% [85% - 110%]	100%	% [85% - 110%]	100%
% [90% - 110%]	81,42 %	% [90% - 110%]	83,45 %	% [90% - 110%]	90,28 %

La Tabla 19 muestra el analisis de tensión fase–fase del sistema eléctrico, considerando un voltaje nominal de 220V, conforme a la norma establecido en la Regulación ARCONEL 009/2024, que permite una variación máxima de ±8% respecto al valor nominal., el rango de tensión permitido se encuentra entre 202,4 V y 237,6 V.

Tabla 19. Resumen de los valores máximos y mínimos de tensión (V)

Voltaje nominal fase – fase						
Regulación Arconel-009/2024						
Fase – Fase	220V					
	Vmax	8%	Observación	Vmin	8%	Observación
Fase A-B	220,23	0,10%	Sí cumple	199,92	-9,13%	No cumple
Fase B-C	220,36	0,16%	Sí cumple	198,86	-9,61%	No cumple
Fase C-A	220,5	0,23%	Sí cumple	201,14	-8,57%	No cumple

Los resultados obtenidos confirman que el sistema mantiene una adecuada regulación de tensión durante condiciones normales de operación, como se muestran en los valores máximos registrados, los cuales se encuentran muy próximos al valor nominal de 220V. Sin embargo, la presencia de valores mínimos al límite establecido por la normativa indica que existen períodos en los cuales la instalación experimenta eventos de subtensiones, los datos se encuentras en el ANEXO E, F, G.

5.1.5. Flicker - Perturbación rápida de voltaje

A continuación, en la siguiente tabla 20, se muestra los cuadros resumen obtenidos del equipo Fluke 435II.

Tabla 20. Cuadros resumen de los valores de perturbación de voltaje (V) del Fluke 435II

Fase A

Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	0,564 V
En	26/6/2021 16:24:28
Valor mínimo	0,112 V
En	28/6/2021 7:01:28
μ (Med)	0,338 V
s	0,217 V
5% percentil	0,435 V
95% percentile	0,341 V
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %

Fase B

Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	0,561 V
En	27/6/2021 17:21:28
Valor mínimo	0,121 V
En	30/6/2021 7:05:28
μ (Med)	0,341 V
s	0,220 V
5% percentil	0,440 V
95% percentile	0,340 V
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %

Fase C

Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	0,559 V
En	26/6/2021 9:56:28
Valor mínimo	0,124 V
En	25/6/2021 5:34:28
μ (Med)	0,340 V
s	0,217 V
5% percentil	0,435 V
95% percentile	0,341 V
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %

La tabla 21 muestra el análisis de los valores máximos registrados en las líneas fase A, fase B y fase C, comparándolos con el límite establecido por la normativa, de acuerdo con la regulación ARCONEL 009/2024, siendo un indicador ampliamente utilizado para evaluar la calidad de la energía eléctrica.

Tabla 21. Resumen de los valores de perturbación de voltaje

Perturbación rápida de voltaje.			
Regulación Arconel-009/2024			
Fase	Pst máximo	Límite permitido	Cumplimiento
Fase A	0,564	1,00	Sí cumple
Fase B	0,561	1,00	Sí cumple
Fase C	0,559	1,00	Sí cumple

Los resultados obtenidos permiten concluir que la perturbación rápida de voltaje, cumple con los límites requeridos por la normativa, al registrarse un valor inferior al límite permisible de 1,0. Por lo tanto, durante el período de monitoreo no se evidencian problemas de calidad de energía asociados al flicker, lo que confirma que las fluctuaciones rápidas de tensión no representan un riesgo para la operación de la instalación, ni para el confort de los colaboradores y usuarios.

5.1.6. Análisis de distorsión armónica de voltaje

A continuación, en la siguiente tabla 22, se muestra los cuadros resumen obtenidos del equipo Fluke 435II.

Tabla 22. Cuadros resumen de los valores de distorsión armónica voltaje (V) del Fluke 435II

Fase A

Resumen	
Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	2,850 V
En	26/6/2021 16:09:28
Valor mínimo	2,370 V
En	30/6/2021 12:01:28
μ (Med)	2,610 V
s	2,600 V
5% percentil	3,132 V
95% percentile	3,915 V
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %

Fase B

Resumen	
Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	3,150 V
En	26/6/2021 16:09:28
Valor mínimo	2,750 V
En	30/6/2021 12:01:28
μ (Med)	2,950 V
s	2,900 V
5% percentil	3,540 V
95% percentile	4,425 V
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %

Fase C

Resumen	
Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	3,550 V
En	27/6/2021 18:33:28
Valor mínimo	2,910 V
En	30/6/2021 12:01:28
μ (Med)	3,230 V
s	3,200 V
5% percentil	3,876 V
95% percentile	4,845 V
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %

La tabla 23 muestra el análisis de los valores máximos, mínimos y promedio de la distorsión armónica total de voltaje, registrados en las tres fases del durante el período de monitoreo. Los resultados fueron comparados con el límite establecido por la Regulación ARCONEL 009/2024, la cual establece un valor máximo permisible del 8% para la distorsión armónica total de voltaje.

Tabla 23. Valores de THD de voltaje

Distorsión armónica de voltaje					
Regulación arconel-009/2024					
THD voltaje	THD máximo%	THD mínimo%	THD promedio%	Límite permitido 8%	Observación
THD fase A	2,85	2,37	2,61	2,61	Si cumple
THD fase B	3,15	2,75	2,95	2,95	Si cumple
THD fase C	3,55	2,91	3,23	3,23	Si cumple

Los resultados obtenidos muestran que la distorsión armónica de voltaje permanece muy por debajo del límite permitido del 8% en todas las fases y durante todo el período de medición, mostrando que la calidad de la tensión suministrada es adecuada y cumple con los requisitos establecidos por la normativa.

5.1.6.1. Análisis de armónicos de voltaje individuales

La tabla 24 presenta los valores promedio de los principales armónicos individuales de voltaje registrados en las fases A, B y C del sistema eléctrico durante el período de monitoreo. La evaluación se realizó de acuerdo con los criterios establecidos en la Regulación ARCONEL 009/2024, la cual establece que la magnitud de cada armónico individual no debe superar el 5% de la componente fundamental.

Tabla 24. Valores de THD de voltaje individual

Armónicos de voltaje individuales					
Regulación Arconel-009/2024					
Límite permitido 5%					
Armónico de voltaje				Promedio	Observación
Nivel de armónico	Fase a	Fase b	Fase c		
Armónico 3	1,8752	1,6888	1,711	1,7583	Si cumple
Armónico 5	2,1274	1,9954	1,254	1,7923	Si cumple
Armónico 7	0,0006	0,0194	0,0231	0,0144	Si cumple
Armónico 9	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	Si cumple
Armónico 11	0,0006	0,0004	0,0005	0,0005	Si cumple

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que los armónicos individuales de voltaje cumplen con los límites establecidos en la Regulación ARCONEL 009/2024, en base a los resultados se determina que todos los valores registrados son inferiores al 5% permitido.

Los resultados obtenidos son consistentes con el análisis de la distorsión armónica total de voltaje (THDv), donde se determinó que los niveles de distorsión global son inferiores al límite del 8% establecido por la normativa. La baja magnitud de los armónicos individuales confirma que la deformación de la onda de tensión es reducida y que las cargas no lineales presentes en la instalación no generan una contaminación armónica significativa.

5.1.7. Análisis de las corrientes

A continuación, en la siguiente tabla 25, se muestra los cuadros resumen obtenidos del equipo Fluke 435II.

Tabla 25. Cuadros resumen de los valores de corriente (A) del Fluke 435II

Fase A		Fase B		Fase C	
Resumen		**Resumen**		**Resumen**	
Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	76,5 A	Valor máximo	90,9 A	Valor máximo	93,4 A
En	29/6/2021 7:45:28	En	28/6/2021 8:03:28	En	28/6/2021 8:03:28
Valor mínimo	4,5 A	Valor mínimo	8,6 A	Valor mínimo	4,2 A
En	26/6/2021 10:51:28	En	26/6/2021 10:16:28	En	25/6/2021 23:26:28
μ (Med)	27,9139 A	μ (Med)	27,7104 A	μ (Med)	22,4019 A
s	25,0702 A	s	20,517 A	s	19,9078 A
5% percentil	5,5 A	5% percentil	8,8 A	5% percentil	4,3 A
95% percentile	60,9 A	95% percentile	54,2 A	95% percentile	46,9 A
% [85% - 110%]	0%	% [85% - 110%]	0%	% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %	% [90% - 110%]	0 %	% [90% - 110%]	0 %

La Tabla 26, muestran los valores máximos, mínimos y promedio de corriente registrados en cada una de las fases del sistema eléctrico durante el período de monitoreo realizado con el analizador de redes Fluke 435-II.

Tabla 26. Valores de corriente

	Corriente (A)		
Parámetros	Corriente máxima (A)	Corriente mínima (A)	Corriente promedio (A)
FASE A	76,5	4,5	27,9139
FASE B	90,9	8,6	27,7104
FASE C	93,4	4,2	22,4019

Los resultados obtenidos muestran que las corrientes máximas alcanzaron valores de 76,5 A en la fase A, 90,9 A en la fase B y 93,4 A en la fase C, lo que evidencia variaciones en la demanda eléctrica durante el período de medición. Estas diferencias son normales en instalaciones comerciales, se determina la operación de los equipos que depende de los horarios de trabajo y de la conexión o desconexión de las cargas.

Las corrientes mínimas, comprendidas entre 4,2 A y 8,6 A, indican que durante ciertos intervalos obtenidos la instalación operó con una demanda reducida, probablemente fuera de las horas de mayor actividad o cuando permanecieron únicamente las cargas esenciales en funcionamiento.

5.1.8. Análisis de desequilibrio de voltaje

A continuación, en la siguiente tabla 27, se muestra los cuadros resumen obtenidos del equipo Fluke 435II.

Tabla 27. Cuadros resumen de los valores de desequilibrio de voltaje (V) del Fluke 435II

Fase A		Fase B		Fase C	
Resumen		**Resumen**		**Resumen**	
Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	220,72 V	Valor máximo	220,62 V	Valor máximo	221,04 V
En	27/6/2021 1:30:28	En	27/6/2021 18:31:28	En	27/6/2021 1:34:28
Valor mínimo	201,72 V	Valor mínimo	202,4 V	Valor mínimo	202,25 V
En	28/6/2021 7:07:28	En	28/6/2021 4:53:28	En	28/6/2021 7:01:28
μ (Med)	213,551 V	μ (Med)	213,456 V	μ (Med)	214,183 V
s	4,8842 V	s	4,61997 V	s	4,54313 V
5% percentil	205,8 V	5% percentil	206,2 V	5% percentil	207,1 V
95% percentile	219,1 V	95% percentile	218,6 V	95% percentile	219,2 V
% [85% - 110%]	100%	% [85% - 110%]	100%	% [85% - 110%]	100%
% [90% - 110%]	87,02 %	% [90% - 110%]	89,27 %	% [90% - 110%]	95,53 %

La tabla 28 presenta los resultados obtenidos para el desequilibrio de voltaje fase-fase del sistema eléctrico, evaluados conforme a los criterios establecidos en la Regulación ARCONEL 009/2024, la cual establece que el porcentaje de desequilibrio de voltaje no debe superar el 2%.

Tabla 28. Valores de desequilibrio de voltaje

Desequilibrio de voltaje				
Regulación arconel-009/2024				
Fase – Fase	Vmax	Vpromedio	2% desequilibrio	Observación
Fase A-B	220,72	220,32	0,18	Si cumple
Fase B-C	220,62	220,36	0,12	Si cumple
Fase C-A	221,04	220,5	0,24	Si cumple

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que el desequilibrio de voltaje del sistema eléctrico cumple con los requisitos establecidos en la Regulación ARCONEL 009/2024, se determina que los porcentajes registrados (0,18%, 0,12% y 0,24%), son significativamente inferiores al límite máximo permitido del 2%.

5.1.9. Análisis de potencia activa

A continuación, en la siguiente tabla 29, se muestra los cuadros resumen obtenidos del equipo Fluke 435II.

Tabla 29. Cuadros resumen de los valores de potencia activa del Fluke 435II

Fase A

Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	8890 W
En	29/6/2021 7:45:28
Valor mínimo	530 W
En	26/6/2021 10:55:28
μ (Med)	3311,19 W
s	2971,58 W
5% percentil	660 W
95% percentile	7200 W
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %

Fase B

Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	9770 W
En	28/6/2021 8:03:28
Valor mínimo	980 W
En	26/6/2021 10:16:28
μ (Med)	3194,43 W
s	2387,2 W
5% percentil	1010 W
95% percentile	6210 W
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %

Fase C

Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	10370 W
En	25/6/2021 21:19:28
Valor mínimo	490 W
En	28/6/2021 8:03:28
μ (Med)	2653,69 W
s	2363,56 W
5% percentil	5560 W
95% percentile	500 W
% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %

La tabla 30 presenta los valores de potencia activa mínima, promedio y máxima registrados en las fases A, B y C, durante el período de monitoreo. Estos resultados permiten evaluar el comportamiento de la demanda eléctrica de la instalación y constituyen un indicador del desempeño energético conforme a la metodología de la ISO 50001:2018.

Tabla 30. Potencia activa (kW)

Potencia activa (kW)			
Parámetros	Potencia máxima (kW)	Potencia mínima (kW)	Potencia promedio (kW)
Fase A	8,89	0,53	3,31119
Fase B	9,77	0,98	3,19443
Fase C	10,37	0,49	2,65369

Las diferencias entre las potencias mínimas y máximas indican la existencia de variaciones de funcionamiento de las cargas conectadas, asociadas al encendido y apagado de equipos eléctricos, o a cambios en las condiciones de funcionamiento de la instalación. Este comportamiento, es habitual en sistemas donde la demanda depende de la actividad operativa.

Desde el punto de vista de la gestión energética, estos resultados permiten identificar las fases con mayor utilización de energía y establecer una línea base para futuras acciones de optimización. También, constituyen una referencia para evaluar la distribución de cargas entre fases y detectar oportunidades de mejora, enfocadas a reducir los picos de demanda y aumentar la eficiencia energética.

5.1.10. Análisis de potencia reactiva

A continuación, en la siguiente tabla 31, se muestra los cuadros resumen obtenidos del equipo Fluke 435II.

Tabla 31. Cuadros resumen de los valores de potencia reactiva del Fluke 435II

Fase A		Fase B		Fase C	
Resumen		**Resumen**		**Resumen**	
Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	1430 var	Valor máximo	2250 var	Valor máximo	2290 var
En	30/6/2021 7:41:28	En	28/6/2021 8:03:28	En	28/6/2021 8:03:28
Valor mínimo	1150 var	Valor mínimo	200 var	Valor mínimo	600 var
En	25/6/2021 12:55:28	En	27/6/2021 3:31:28	En	24/6/2021 15:09:28
μ (Med)	80,7262 var	μ (Med)	136,72 var	μ (Med)	153,92 var
s	135,814 var	s	141,951 var	s	149,067 var
5% percentil	260 var	5% percentil	120 var	5% percentil	20 var
95% percentile	30 var	95% percentile	250 var	95% percentile	400 var
% [85% - 110%]	0,5556%	% [85% - 110%]	55,61%	% [85% - 110%]	9,375%
% [90% - 110%]	0,3869 %	% [90% - 110%]	55,02 %	% [90% - 110%]	8,899 %

La tabla 32 presenta los valores mínimo, promedio y máximo de la potencia reactiva registrados durante el período de monitoreo para las tres fases del sistema eléctrico.

Tabla 32. Potencia reactiva en (kVAR)

Potencia Reactiva en (kVAR)			
Parámetros	Potencia máxima (kVAR)	Potencia mínima (kVAR)	Potencia promedio (kVAR)
Fase A	1,43	1.15	0,08072
Fase B	2,25	0,2	0,13672
Fase C	2,29	0,6	0,15392

Los resultados obtenidos evidencian que la potencia reactiva presenta variaciones entre las tres fases del sistema eléctrico, lo que refleja una diferencia en la distribución de las cargas conectadas. En consecuencia, la variación observada entre fases indica a existencia de cierto grado de desequilibrio en la demanda de potencia reactiva, aspecto que debe ser considerado dentro de la evaluación de las condiciones de operación del sistema eléctrico.

5.1.11. Análisis de potencia aparente

A continuación, en la siguiente tabla 33, se muestra los cuadros resumen obtenidos del equipo Fluke 435II.

Tabla 33. Cuadros resumen de los valores de potencia activa del Fluke 435II

Fase A		**Fase B**		**Fase C**	
Resumen		**Resumen**		**Resumen**	
Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28	Desde	24/6/2021 9:17:28
Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28	Hasta	1/7/2021 9:16:28
Valor máximo	8900 VA	Valor máximo	10060 VA	Valor máximo	10650 VA
En	29/6/2021 7:45:28	En	28/6/2021 8:03:28	En	28/6/2021 8:03:28
Valor mínimo	530 VA	Valor mínimo	1010 VA	Valor mínimo	500 VA
En	26/6/2021 10:57:28	En	26/6/2021 10:16:28	En	25/6/2021 21:19:28
μ (Med)	3314,9 VA	μ (Med)	3208,95 VA	μ (Med)	2661,15 VA
s	2974,49 VA	s	2377,4 VA	s	2365,94 VA
5% percentil	660 VA	5% percentil	1030 VA	5% percentil	510 VA
95% percentile	7210 VA	95% percentile	6210 VA	95% percentile	5570 VA
% [85% - 110%]	0%	% [85% - 110%]	0%	% [85% - 110%]	0%
% [90% - 110%]	0 %	% [90% - 110%]	0 %	% [90% - 110%]	0 %

La tabla 34 presenta los valores de potencia aparente máxima, mínima y promedio registrados durante el período de monitoreo en las tres fases del sistema eléctrico. La potencia aparente representa la demanda total requerida por la instalación, constituyendo un parámetro fundamental para evaluar el comportamiento eléctrico del sistema.

Tabla 34. Potencia aparente (kVA)

Potencia aparente (kVA)			
Parámetros	Potencia máxima (kVA)	Potencia mínima (kVA)	Potencia promedio (kVA)
Fase A	8,9	0,53	3,3149
Fase B	10,06	1,01	3,20895
Fase C	10,65	0,5	2,66115

Los resultados obtenidos muestran que la instalación presenta una demanda de potencia aparente variable durante el período analizado. La mayor potencia aparente registrada en la fase C (10,65 kVA) coincide con la mayor potencia activa, lo que sugiere que esta fase soporta los mayores picos de carga de la instalación. Sin embargo, los valores promedio evidencian que la demanda permanece relativamente equilibrada entre las tres fases.

5.1.12. Análisis de factor de potencia

La tabla 35 presenta los valores máximos, mínimo y medio del factor de potencia (FP) registrados durante el período de análisis para las tres fases del sistema eléctrico. Este indicador expresa la relación entre la potencia activa y la potencia aparente, permitiendo evaluar la eficiencia con la que la instalación utiliza la energía suministrada.

Tabla 35. Resumen de los valores de factor de potencia (Fp)

Factor de potencia (Fp)			
Parámetros	Fp máximo	Fp medio	Fp mínimo
Fp fase A	0,992	0,96	0,961
Fp fase B	0,988	0,9	0,937
Fp fase C	0,980	0,94	0,902

Los datos obtenidos muestran los valores máximos y mínimos del factor de potencia (FP) siguientes:

Línea 1: Los valores se encuentran bien, varían entre 0,961 y 0,992 dentro del rango de la penalización de la empresa distribuidora, manteniendo niveles de óptimos de eficiencia.

Línea 2: Los valores se encuentran fluctuando entre 0,937 y 0,988, los cuales están por debajo de la norma permitida.

Línea 3: En esta línea con menor rendimiento, el valor mínimo cae a 0,902 por debajo de la norma permitida lo cual está bajo del límite de penalización 0,94 estipulado por la entidad reguladora y la empresa distribuidora.

5.1.13. Simulación del estado actual del sistema eléctrico

Para comprobar el presente análisis se ha realizado la simulación observando el sistema eléctrico del edificio Mega Ferretero Chimg, mismo que permite observar e identificar puntos del sistema a mejorar y pode realizar una óptima solución mediante un plan de mejora y reducir al máximo los inconvenientes encontrados.

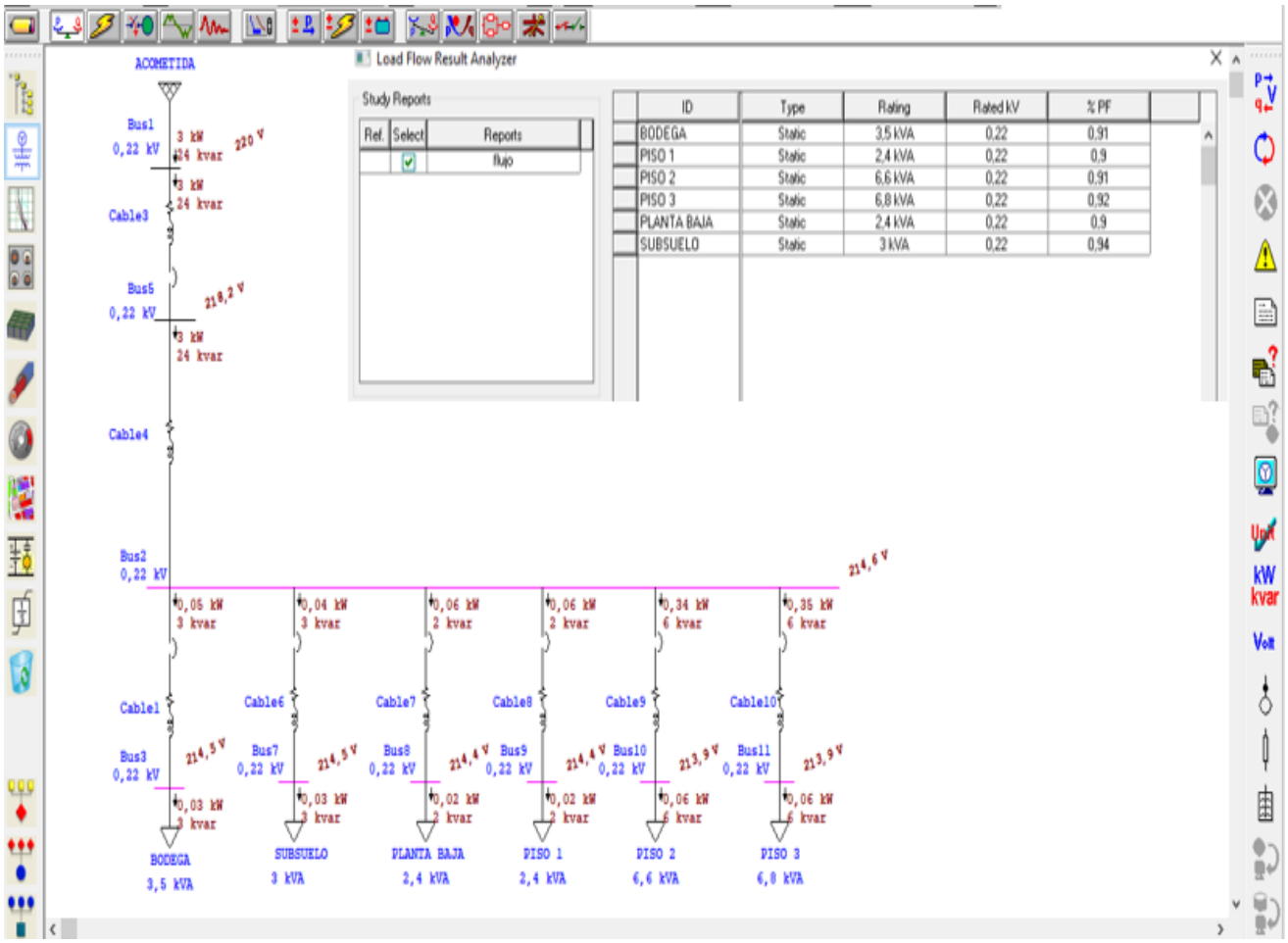


Figura 15 Simulación estado actual

Tabla 36. Datos de simulación

ID	Type	Rating	Rated kV	% PF
BODEGA	Static	3,5 kVA	0,220	0,91
PISO 1	Static	2,4 kVA	0,220	0,9
PISO 2	Static	6,6 kVA	0,220	0,91
PISO 3	Static	6,8 kVA	0,220	0,92
PLANTA BAJA	Static	2,4 kVA	0,220	0,9
SUBSUELO	Static	3 kVA	0,220	0,94

5.2. FASE 2: HACER

El modelo de gestión energética propuesto para la empresa Importadora Mega Ferretero Chimg, se fundamenta en el ciclo de mejora continua de Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) establecido por la norma ISO 50001:2018, permitirá a la empresa los siguientes lineamientos:

- Mejorar el consumo de energía eléctrica.
- Mejorar la confiabilidad y el desempeño de las instalaciones eléctricas.
- Incrementar la vida útil de los equipos eléctricos.
- Fijar indicadores para el control permanente del consumo de energía.
- Fomentar una cultura orientada al uso eficiente y sostenible de la energía.

Su propósito es establecer procedimientos para identificar oportunidades de ahorro energético, optimizar el consumo y mejorar la eficiencia en uso de recursos. Lo que permite contribuir a la reducción de los costos de operación y al fortalecimiento de las condiciones de sostenibilidad de la empresa, mediante la implantación de medidas orientadas a un uso eficiente y responsable de la energía.

5.2.1. Optimización de la distribución y balance de cargas eléctricas

En este proceso se enfoca en la organización y gestión del suministro eléctrico para su distribución de forma eficiente y mantener la distribución de manera equilibrada entre las fases, mismo que permite, disminuir las pérdidas de energías en todos los equipos, reduciendo el desperdicio y evitando sobrecargas en los cables y equipos.

Los voltajes máximos están casi estables, pero los mínimos caen abruptamente (hasta 114,04 V y 198 V).

- Esto demuestra que la caída de tensión no es permanente.
- Ocurre exclusivamente en momentos de alta demanda.

Se sugiere balancear las cargas, lo cual es acertado. Al mirar los voltajes mínimos Fase-Neutro:

- La Fase B es la más afectada (114,04 V).
- La Fase C es la menos afectada (116,04 V).

Mover algunas cargas monofásicas inductivas como motores pequeños o iluminación antigua ayudara estabilizar el sistema.

5.2.2. Corrección del factor de potencia, si corresponde

A partir del análisis de los parámetros de factor de potencia, se tiene variaciones altas entre el valor máximo 0,992 y el mínimo 0,902. Se recomiendo la implementación de un banco de capacitores automático, el cual se implementará para activar la compensación, cuando el factor de potencia baje de 0,94. Esta estrategia asegura una corrección oportuna, optimiza el rendimiento del sistema y evita penalizaciones sin realizar sobrecompensaciones innecesarias.

5.2.2.1. Dimensionamiento de un banco de capacitores automático

Datos:

- Demanda máxima de potencia activa: 29,03kw
- Factor de potencia mínimo actual medido: 0,902
- Factor de potencia límite mínimo establecido por la empresa eléctrica distribuidora, según regulaciones del ARCONEL: 0,94
- Nivel de tensión: 220v

$$\emptyset_1 = \text{Acos}(0{,}902) = 25{,}57° \rightarrow \tan 0{,}478$$

$$\emptyset_2 = \text{Acos}(0{,}96) = 16{,}26° \rightarrow \tan 0{,}291$$

$$Q_C = P_{total} \times (\tan \emptyset_1 - \tan \emptyset_2)$$

$$Q_C = 29{,}03KW \times (0{,}478 - 0{,}291)$$

$$Q_C = 29{,}03KW \times 0{,}187$$

$$\boldsymbol{Q_C = 5{,}43\ kVAR \rightarrow 6KVAR}$$

Se requiere inyectar 5,43 kVAR de reactiva capacitiva para subir el factor de potencia de 0,902 a 0,94 en ese nivel de carga, se suele aproximar al valor comercial superior más cercano o dejar

un margen de seguridad de 6 KVAR. Con un controlador de monitoreo del sistema y activa los capacitores solo cuando detecte que el valor baje de 0,94, evitando sobre corrección cuando los equipos y maquinas se encuentren apagadas o en desuso y el factor de potencia se encuentre en niveles normales.

Protección y conductor para el banco de capacitores:

Cálculo de la corriente nominal:

$$I = \frac{KVAR}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I = \frac{5{,}43\ KVAR}{\sqrt{3} \times 220V}$$

$$\boldsymbol{I = 14{,}25A}$$

Interruptor termomagnético:

Factor de multiplicación que la normativa eléctrica exige:135%

$$\mathrm{I} = 14{,}25\mathrm{A} \times 135\%$$

$$\mathbf{I = 19{,}23\ A \rightarrow 20A}$$

Se requiere un breaker trifásico de 3x20 A.

Calibre de conductor:

Se debe utilizar cable conductor de cobre calibre 12AWG que soporta hasta 20 A continuos con alisamiento tipo THHN o THWN, adecuado para canalizaciones eléctricas industriales o comerciales.

5.2.2.2. modelo del banco de capacitores automático

Para armar un módulo de 6kvar a 220v, la configuración adoptada es dividir la potencia para que el controlador tenga más flexibilidad mayor precisión y cuidado de los equipos e instalaciones.

Lista de componentes:

- Capacitor: 1 capacitor trifásico de 2kvar de 220v.
- Corriente nominal. 5,25 amperios.
- Interruptor termomagnético (breaker): 1 breaker trifásico de 3x10 amp.
- Contactor: indicado para capacitores categoría AC-6b con capacidad de 10amp.
- Cableado. Cable de cobre 14awg.

- Capacitor: 1 capacitor trifásico de 4kvar a 220v.
- Corriente nominal: de 15 amp.
- Interruptor termomagnético (breaker): 1 breaker trifásico de 3x15amp.
- Contactor: especial para capacitores categoría AC-6b con capacidad de 15amp.
- Cableado: cable de cobre calibre 12 awg.

Conexión e implementación de al controlador:

El controlador automático que se elijara depende de la marca existente en el mercado, que venga con salidas de relevador con pasos.

Funcionamiento: al combinarlos, el controlador automático ganara 3 pasos de regulación según lo necesita la empresa.

Paso1: encendido solo el de 2kvar cuando hay pocos equipos y maquinas encendidas.

Paso 2: encendido solo el de 4kvar carga media.

Paso 3: encendido ambos para sumar los 6kvar carga máxima.

Ventaja. Desgasta mucho menos los capacitores porque no introduce un golpe fuerte de 6kvar de un solo golpe, sino que compensa de forma exacta según varíe el consumo.

5.2.3. Implementación de programas de mantenimiento preventivo

Se propone la implementación de un programa de mantenimiento preventivo que permita conservar la calidad de la energía eléctrica, optimizar el desempeño energético y garantizar la continuidad y confiabilidad del sistema eléctrico. Este programa deberá contemplar la inspección, evaluación y mantenimiento periódico de los principales equipos y componentes eléctricos, con el propósito de reducir fallas y pérdidas de energía, de esta manera se corrige oportunamente los posibles daños.

Tabla 37. Programa de mantenimiento

Programa de mantenimiento				
Actividad	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Inspección visual de tableros	✓			
Registro de voltajes y corrientes	✓			
Balance de cargas		✓		
Limpieza de tableros eléctricos		✓		
Reapriete de conexiones		✓		
Medición de resistencia de puesta a tierra			✓	
Termografía de tableros eléctricos			✓	
Auditoría energética				✓

5.2.4. Plan de mantenimiento preventivo del sistema eléctrico

Tabla 38. Plan de mantenimiento

Plan de mantenimiento				
Parámetro evaluado	Actividad de mantenimiento	Frecuencia	Responsable	Indicador
Voltaje Fase-Neutro y Fase-Fase	Verificar niveles de tensión en los tableros principales y secundarios. Inspeccionar conexiones y terminales.	Mensual	Técnico eléctrico	Voltaje dentro del ±8% permitido
Flicker	Verificar arranque de motores y equipos de alta demanda.	Trimestral	Técnico eléctrico	Pst ≤ 1
THD de Voltaje	Evaluar la necesidad de filtros armónicos.	Anual	Ingeniero eléctrico	Reducción del THDv
Armónicos Individuales	Medir periódicamente armónicos 3°, 5°, 7°, 9° y 11°.	Semestral	Técnico eléctrico	Cumplimiento normativo
THD de Corriente	Revisar fuentes conmutadas, UPS	Trimestral	Técnico eléctrico	THDi estable
	Balancear cargas no lineales.	Semestral	Jefe de mantenimiento	Disminución del THDi

Desequilibrio de Voltaje	Balancear cargas monofásicas entre fases.	Trimestral	Técnico eléctrico	Desequilibrio < 2%
Potencia Activa	Registrar demanda máxima y consumo eléctrico.	Mensual	Responsable energético	kW promedio Reducción de demanda pico
Potencia Reactiva	Medir consumo de energía reactiva.	Mensual	Técnico eléctrico	Reducción de energía reactiva
Potencia Aparente	Comparar demanda aparente con capacidad instalada.	Semestral	Ingeniero eléctrico	Utilización del transformador
Factor de Potencia	Instalación de un banco de capacitores.	Mensual	Técnico eléctrico	FP ≥ 0,94

5.3. FASE 3. VERIFICAR

En esta fase se analizan y evalúan los resultados obtenidos mediante la comparación entre el desempeño energético inicial y el alcance después de implementar las mejoras de la propuesta. Para ello, se considera los indicadores energéticos establecidos en la línea base, con el propósito de determinar el impacto de las acciones implementadas sobre el consumo de energía, la eficiencia energética y as condiciones de operación del sistema eléctrico.

El diagnóstico realizado mediante el programa de analizador de calidad de energía Fluke 435-II permitió evaluar el comportamiento eléctrico de la instalación considerando los principales indicadores de calidad de energía y desempeño energético, verificando los resultados con los criterios de evaluación establecidos en la Regulación de ARCONEL 009/2024 y los principios de NORMA ISO 50001:2018.

5.3.1. Acciones del plan de eficiencia energética

Implementar un plan de eficiencia energética orientado a optimizar el consumo de energía eléctrica, mejorar el desempeño energético de la instalación y garantizar el cumplimiento de los criterios de calidad de energía establecidos en la Regulación ARCONEL 009/2024, mediante la aplicación de un sistema de gestión de la energía basado en la Norma ISO 50001:2018. Con el propósito de contribuir al uso eficiente y sostenible de la energía eléctrica.

5.3.2. Implementación física del banco de capacitores

Listas de materiales:

Tabla 39. Lista de materiales

Ítem	Detalle	Cantidad	P. unitario	P. total
1	Controlador Factor Potencia EPCOS BR6000 SIEMENS	1	280,00	280,00
2	Capacitor 2,5 KVAR, EPCOS SIEMENS 220/230 V	1	52,00	52,00
3	Capacitor 4 KVAR EPCOS SIEMENS 220/230 V	1	75,00	75,00
4	Interruptor termomagnético trifásico de 3x10 amp.	1	9,00	9,00
5	Interruptor termomagnético trifásico de 3x15 amp.	1	12,00	12,00
6	Interruptor termomagnético trifásico de 3x20 amp.	1	18,00	18,00
7	Contactor categoría AC-6b de 10amp.	1	20,00	20,00
8	Contactor categoría AC-6b de 15amp.	1	30,00	30,00
9	Gabinete eléctrico de 50x50x20	1	65,00	65,00
10	Cableado y accesorios	1	50,00	50,00
	TOTAL			611,00

La implementación de este módulo automático no debe verse como un gasto de cumplimiento normativo, sino como una inversión en seguridad patrimonial y eficiencia operativa, proforma en Anexo CC.

5.4. ETAPA 4. ACTUAR

En esta fase se establecen acciones de mejora continua a partir de los resultados obtenidos durante la etapa de verificación. El propósito es consolidar las medidas de eficiencia energética que demuestren resultados favorables y los resultados obtenidos en esta fase servirán como base para la toma de decisiones, el cual permita implementar nuevas acciones dentro de un proceso cíclico de mejora continua.

5.4.1. Establecimiento de la línea base energética

Con base en los resultados obtenidos durante el diagnóstico energético, se establecen las siguientes acciones de mejora recomendadas para el modelo de gestión energética; orientadas a optimizar el uso de la energía eléctrica, y fortalecer el proceso de mejora continua; de tal manera se detalla a continuación:

Tabla 40. Política energética

	Política energética para la empresa	
1	Implementar un sistema de gestión de la energía basado en la ISO 50001:2018.	• Establecer una política energética. • Definir indicadores de desempeño energético. • Aplicar el ciclo PHVA para la mejora continua.
2	Monitoreo continuo de la calidad de energía.	• Registrar periódicamente voltaje, corriente, demanda y energía. • Detectar oportunamente eventos de subtensión y sobrecarga.
3	Redistribución de cargas	Aunque el desequilibrio es bajo, se recomienda revisar periódicamente la distribución de cargas entre fases para evitar que futuras ampliaciones generen desbalances o incrementen las corrientes en una fase específica.
4	Gestión de la demanda eléctrica	Identificar los horarios de mayor consumo y programar, cuando sea posible, el funcionamiento de equipos de alta demanda para reducir los picos de carga y optimizar el uso de la infraestructura eléctrica.
5	Capacitación del personal	• Uso eficiente de la energía • Operación eficiente de equipos eléctricos • Identificación de pérdidas energéticas • Buenas prácticas de mantenimiento

5.4.2. Gestión operativa del banco de capacitores

La instalación de un sistema de compensación automática de energía reactiva de 6kvar trifásico a 220v, aunque las caídas del factor de potencia ocurren de forma transitoria y no genera penalizaciones directas en la facturas de consumo eléctrico, representan un riesgo crítico para la infraestructura, la inversión se justifica mediante la mitigación de fallas, la extensión de la vida útil de los activos y la eliminación de paradas no programadas en la operación del uso del sistema eléctrico de la empresa.

Impacto económico: En este caso, aun no existe penalización por bajo factor de potencia debido a que solo son momentos en donde el factor de potencia decae, al estabilizar el factor de potencia en un óptimo 0,94, la corriente total disminuye y los componentes eléctricos operan más eficiente, esto alarga los periodos de mantenimiento y reduce drásticamente la compra de repuestos eléctricos de emergencia.

5.4.3. Simulación del estado corregido del sistema eléctrico

La simulación se realiza tomando en cuenta el cambio de conductores y el balance de carga

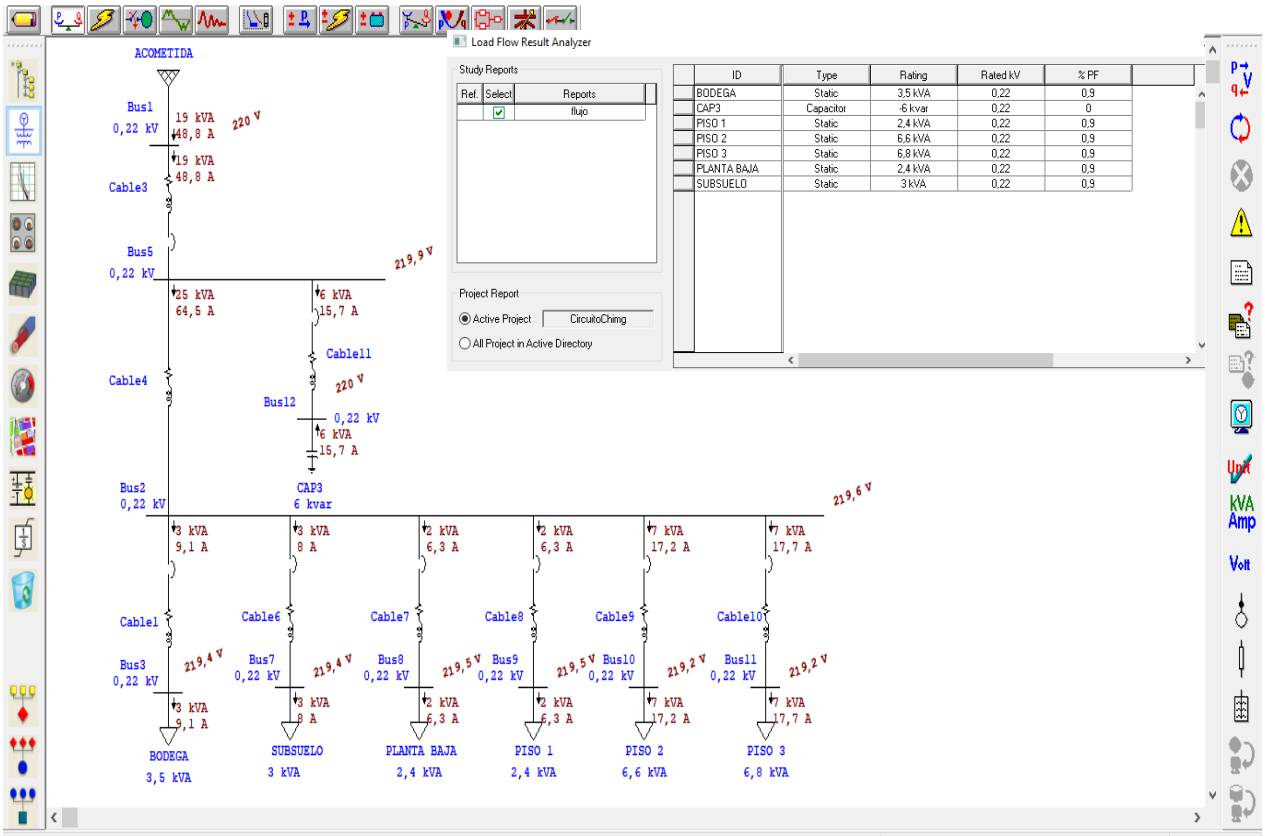


Figura 16 Simulación con corrección

Tabla 41. Datos simulados

ID	Type	Rating	Rated kV	% PF
BODEGA	Static	3,5 kVA	0,22	0,96
CAP3	Capacitor	-6 kvar	0,22	0
PISO 1	Static	2,4 kVA	0,22	0,96
PISO 2	Static	6,6 kVA	0,22	0,96
PISO 3	Static	6,8 kVA	0,22	0,97
PLANTA BAJA	Static	2,4 kVA	0,22	0,96
SUBSUELO	Static	3 kVA	0,22	0,96

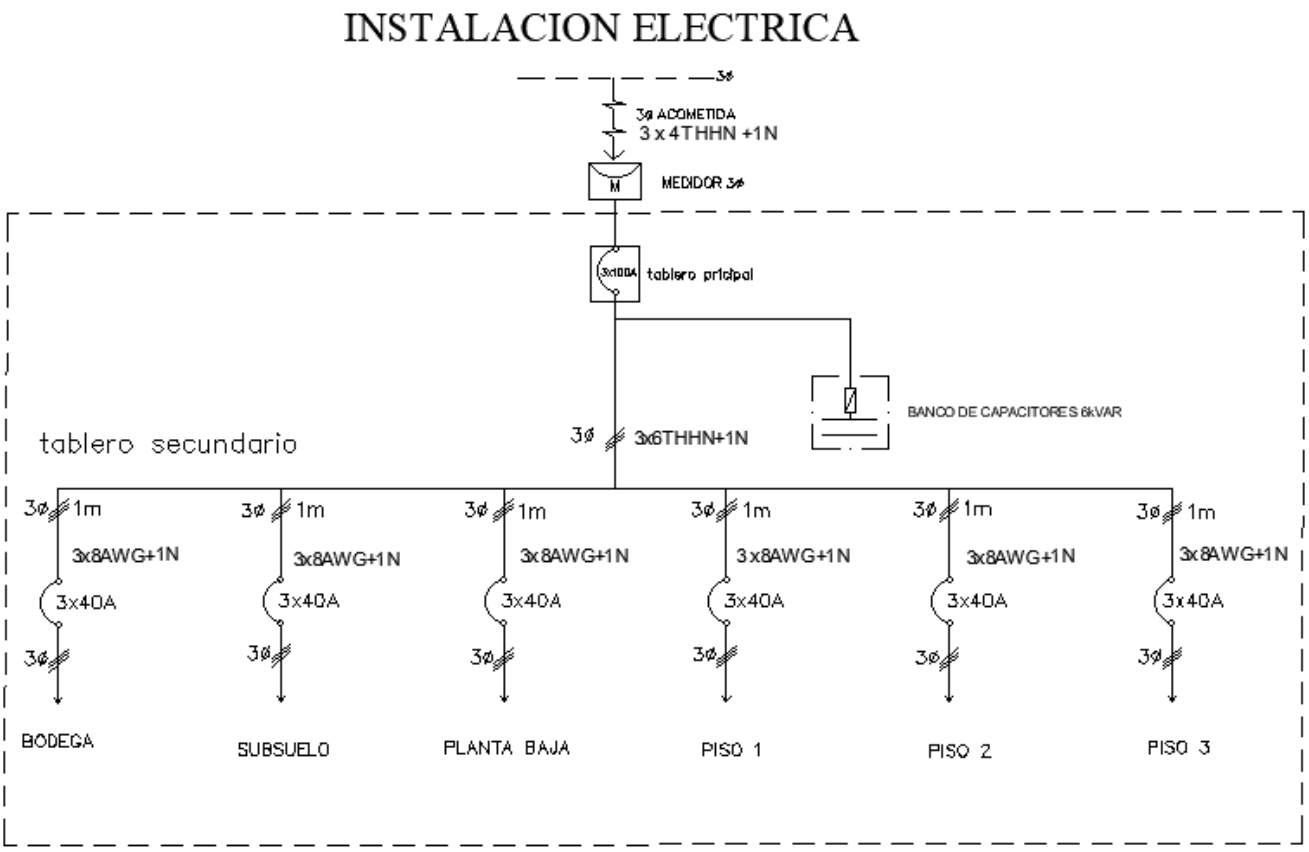


Figura 17. Plano con banco de capacitores

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Según el análisis realizado en la empresa Importadora Mega Ferretero Chimg, y sobre la base de los objetivos de la investigación se establecieron las siguientes conclusiones:

El diagnóstico del estado actual de las instalaciones eléctricas de la empresa se determinó que posee un desempeño bajo condiciones normales, registrando indicadores de eficiencia y calidad energética, se mantienen dentro de los límites que indican la norma vigente ARCONEL 009/24, sin embargo, el monitoreo de consumo evidencio variaciones como en el caso del factor de potencia de 0,902 que se encuentran bajo los límites estas caídas registradas indican que en momentos de alta carga existe bajo factor de potencia, siendo el límite de penalización de 0,94 estipulado por la empresa eléctrica distribuidora, lo cual está en riesgo de recibir multas y se necesita corregir el factor de potencia mediante un banco de capacitores ya que representa un riesgo potencial de penalización económicas.

El análisis detallado de las cargas eléctricas identifico que existen caídas parciales en el factor de potencia debido al uso y operación de los equipos, el comportamiento del sistema indica la implementación de un banco de condensadores por bajo factor de potencia de 6KVAR para así mitigar en los instantes donde el factor de potencia baja, lo cual influye en la eficiencia energética actual lo cual está vinculado al desequilibrio y desbalance de las cargas al mirar los voltajes mínimos fase-neutro la fase B es la más afectada 114,04 V, balancear las cargas monofásicas como motores pequeños o iluminación antigua ayudara estabilizar el sistema.

Se plantea las bases técnicas mitigar el consumo ineficiente y reducir los costos de operación mediante el diseño de estrategias de eficiencia energética con acciones de mejora inmediata y un modelo de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001:2018 y el ciclo PHVA, para así garantizar una mejora continua de la empresa.

6.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda incorporar un programa de monitoreo periódico de calidad de la energía y del comportamiento del factor de potencia con un seguimiento continuo que permitirá detectar de manera oportuna anomalías de subtension, sobrevoltaje, desequilibrio de fases, asegurando que el diagnóstico de la empresa mantenga niveles adecuados ante cualquier crecimiento.

Se recomienda la instalación de un banco de capacitores automático de 6KVAR para mitigar la variación del factor de potencia de 0,902, el equipo debe operar solo cuando el parámetro caiga por debajo de 0,94 garantizando una regulación eficiente y un aprovechamiento óptimo de la energía.

Se recomienda a la empresa implementar un modelo de gestión energética mediante la norma ISO 50001:2018, para asi mejorar el ahorro económico y la eficiencia energética, también se debe priorizar la estabilización del factor de potencia hacia los valores óptimos lo cual disminuirá y optimizará el funcionamiento de los equipos y reducirá los cotos operativos.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] Repsol, «repsol.com,» [En línea]. Available: https://www.repsol.com/es/energia-avanzar/energia/energia-electrica/index.cshtml. [Último acceso: 19 7 2026].

[2] C. L. Jimeno, «madrid.org,» 2007. [En línea]. Available: https://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005695.pdf. [Último acceso: 19 7 2026].

[3] J. D. Barroso, «Support & Training for an Excellent Energy Efficiency Performance,» 21 Marzo 2014. [En línea]. Available: https://www.camara.es/sites/default/files/generico/steeep_training_material_for_smes_spanish_0.pdf. [Último acceso: 20 7 2026].

[4] S&P, «solerpalau.com,» 09 01 2025. [En línea]. Available: https://www.solerpalau.com/blog/es-es/calificacion-energetica-viviendas/. [Último acceso: 29 07 2026].

[5] E. S. Rodríguez, «cemefi.org,» [En línea]. Available: https://www.cemefi.org/wp-content/uploads/2025/01/Ficha-eficiencia-energetica.pdf. [Último acceso: 29 07 2026].

[6] C. España, «construction21.org,» 23 12 2019. [En línea]. Available: https://www.construction21.org/espana/communities/wiki/view/8478/. [Último acceso: 19 7 2026].

[7] G. E. Integral, «tractian.com,» 24 Febrero 2026. [En línea]. Available: https://tractian.com/es/blog/que-es-la-eficiencia-energetica-y-por-que-es-importante-para-la-industria. [Último acceso: 20 7 2026].

[8] REPSOL, «repsol.com,» 11 septiembre 2023. [En línea]. Available: https://www.repsol.com/es/energia-avanzar/energia/que-es-la-gestion-energetica/index.cshtml. [Último acceso: 20 7 2026].

[9] D. V. Eddie Muñoz, «dspace.ups.edu.ec,» 2024. [En línea]. Available: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28523/1/UPS-GT005564.pdf. [Último acceso: 29 07 2026].

[10] iniciativaenergia, «iniciativaenergia,» [En línea]. Available: https://www.iniciativaenergia.mx/eficiencia-energetica/norma-iso-50001. [Último acceso: 22 FEBRERO 2022].

[11] C. Sandra, «repoadmin.utc.edu.ec,» 25 03 2022. [En línea]. Available: https://repoadmin.utc.edu.ec/items/c8476a33-d476-4e4f-9eaf-870ad0368e00. [Último acceso: 29 07 2026].

[12] Industronic, «grupoindustronic.com,» 27 Abril 2026. [En línea]. Available: https://grupoindustronic.com/calidad-eficiencia-energetica/. [Último acceso: 20 7 2026].

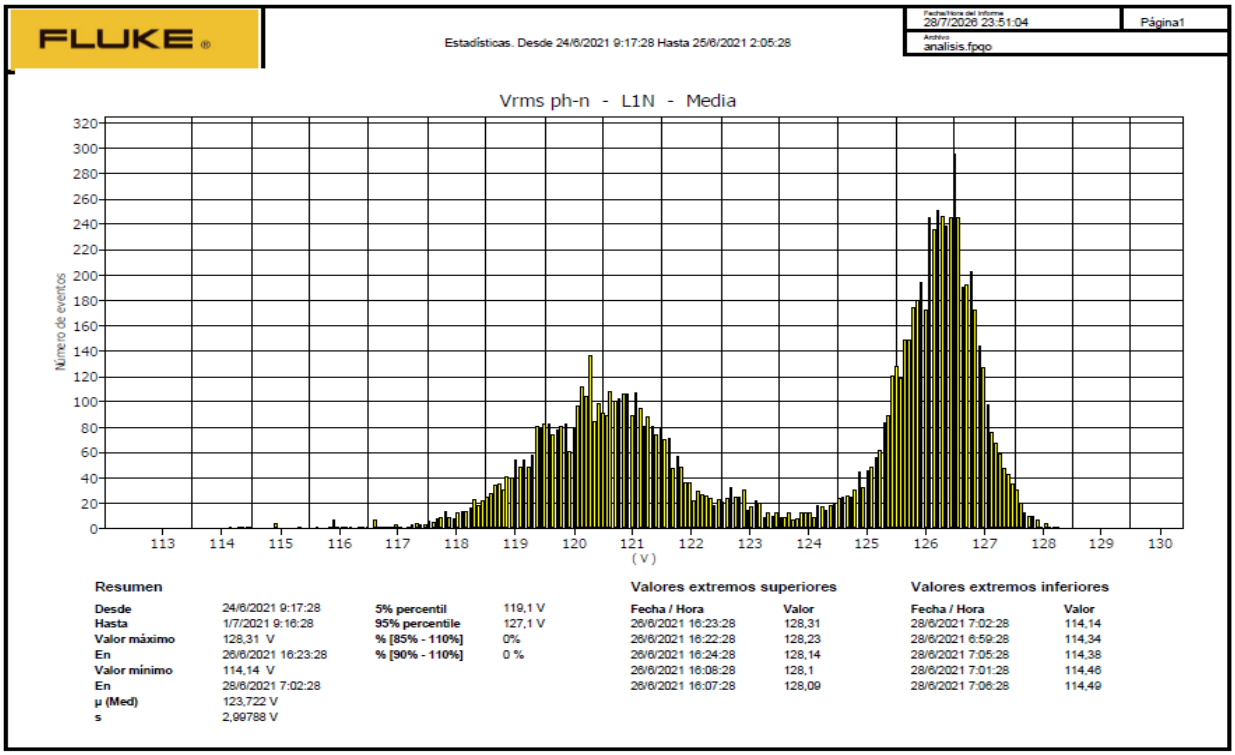
[13] ARCONEL, «arconel.gob.ec,» 15 noviembre 2024. [En línea]. Available: https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/12/Regulacion-Nro.-ARCONEL-009-24-signed.pdf. [Último acceso: 20 7 2026].

[14] Fluke, «fluke.com,» 1995-2026. [En línea]. Available: https://www.fluke.com/es-ec/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/434-435#. [Último acceso: 20 7 2026].

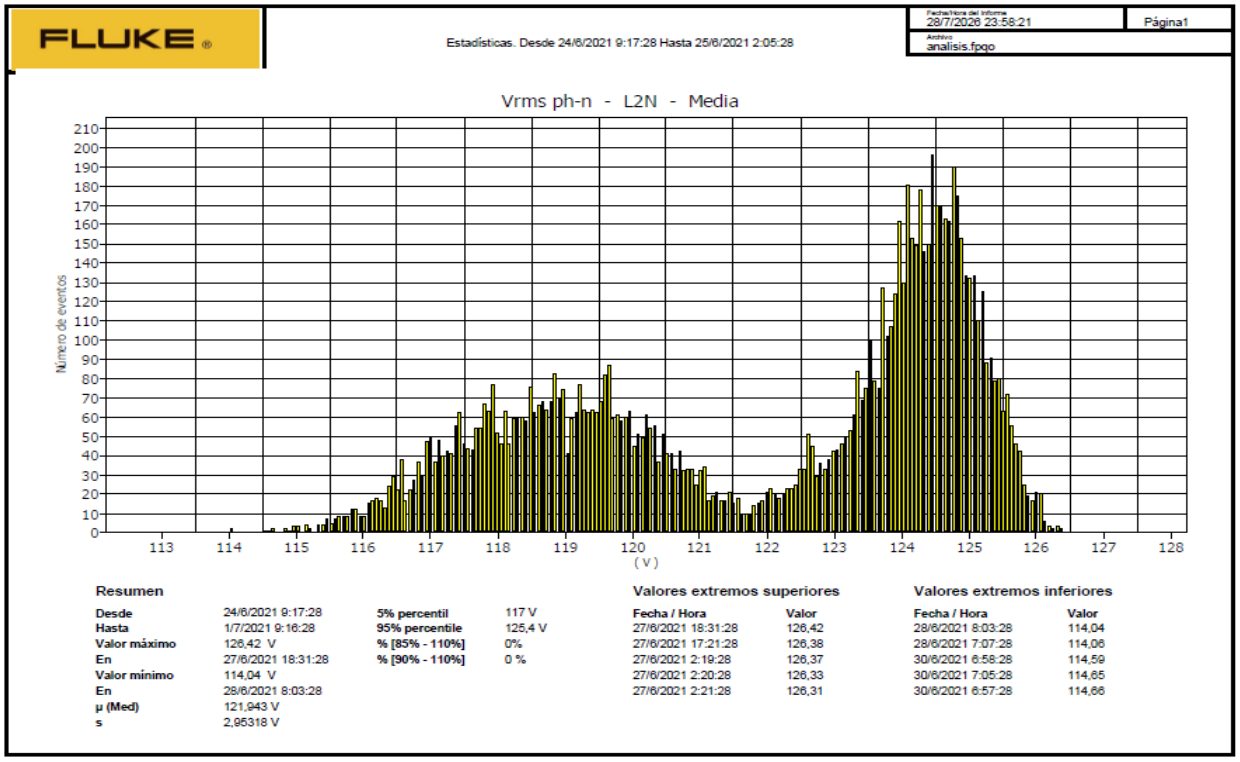
[15] F. d. i. electrica, «www.udb.edu.sv,» [En línea]. Available: https://www.udb.edu.sv/udb_files/recursos_guias/electrica-ingenieria/analisis-de-sistemas-de-potencia-ii/2019/i/guia-1.pdf. [Último acceso: 20 7 2026].

8. ANEXOS

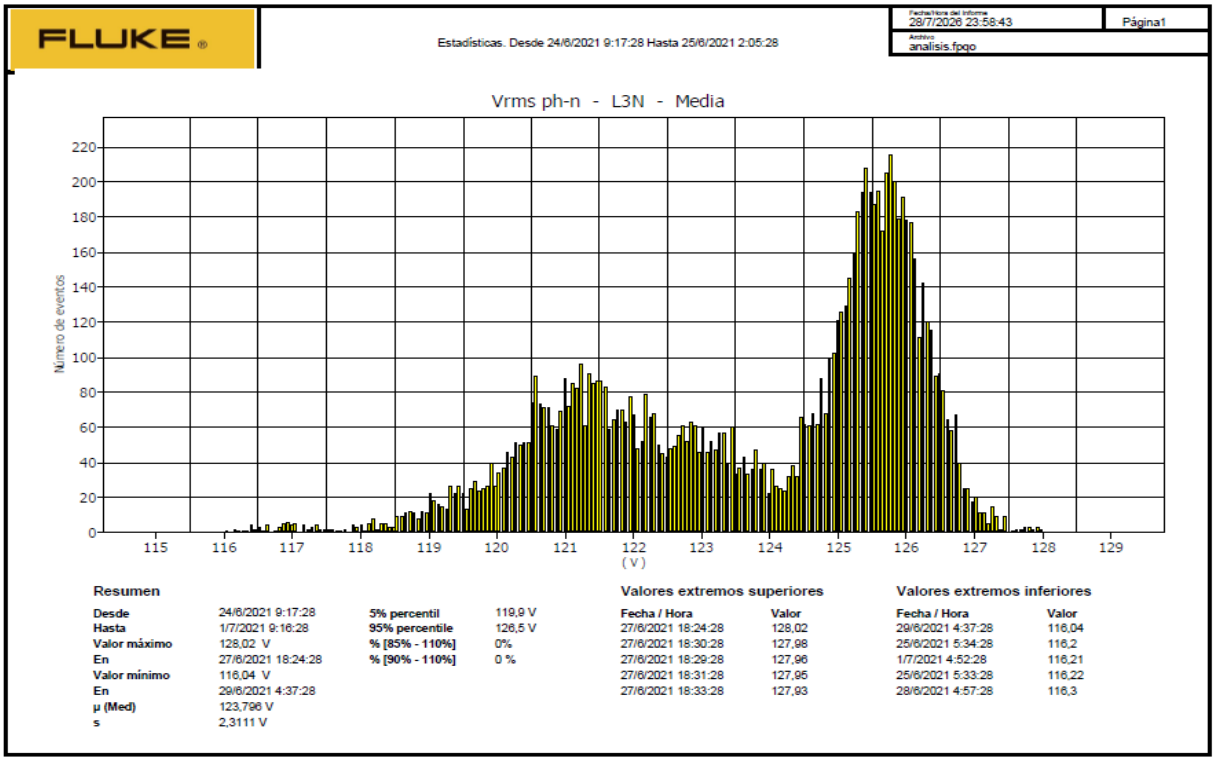
ANEXO A. Voltaje Fase1-N (datos Fluke 435 S-II)



ANEXO B. Voltaje Fase2-N (datos Fluke 435 S-II)



ANEXO C. Voltaje Fase3-N (datos Fluke 435 S-II)



Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28	**5% percentil**	119,9 V
Hasta	1/7/2021 9:16:28	**95% percentile**	126,5 V
Valor máximo	128,02 V	**% [85% - 110%]**	0%
En	27/6/2021 18:24:28	**% [90% - 110%]**	0 %
Valor mínimo	116,04 V		
En	29/6/2021 4:37:28		
μ (Med)	123,796 V		
s	2,3111 V		

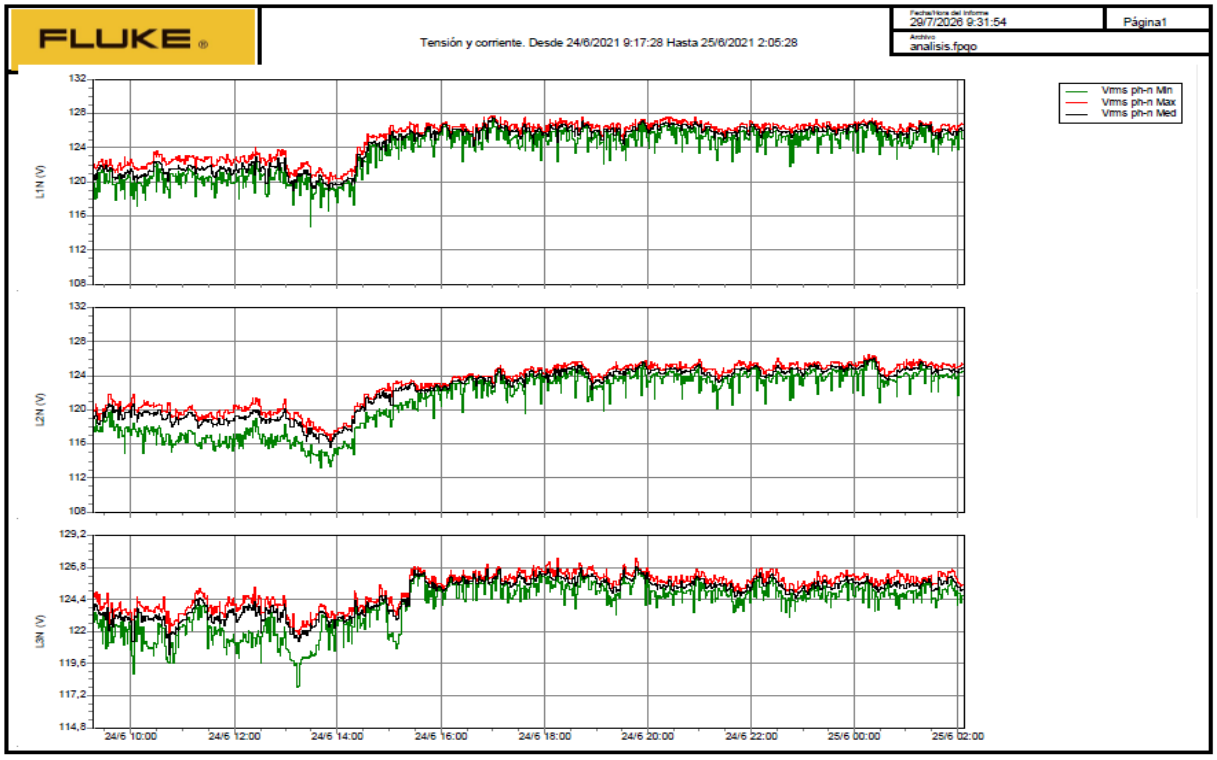
Valores extremos superiores

Fecha / Hora	Valor
27/6/2021 18:24:28	128,02
27/6/2021 18:30:28	127,98
27/6/2021 18:29:28	127,96
27/6/2021 18:31:28	127,95
27/6/2021 18:33:28	127,93

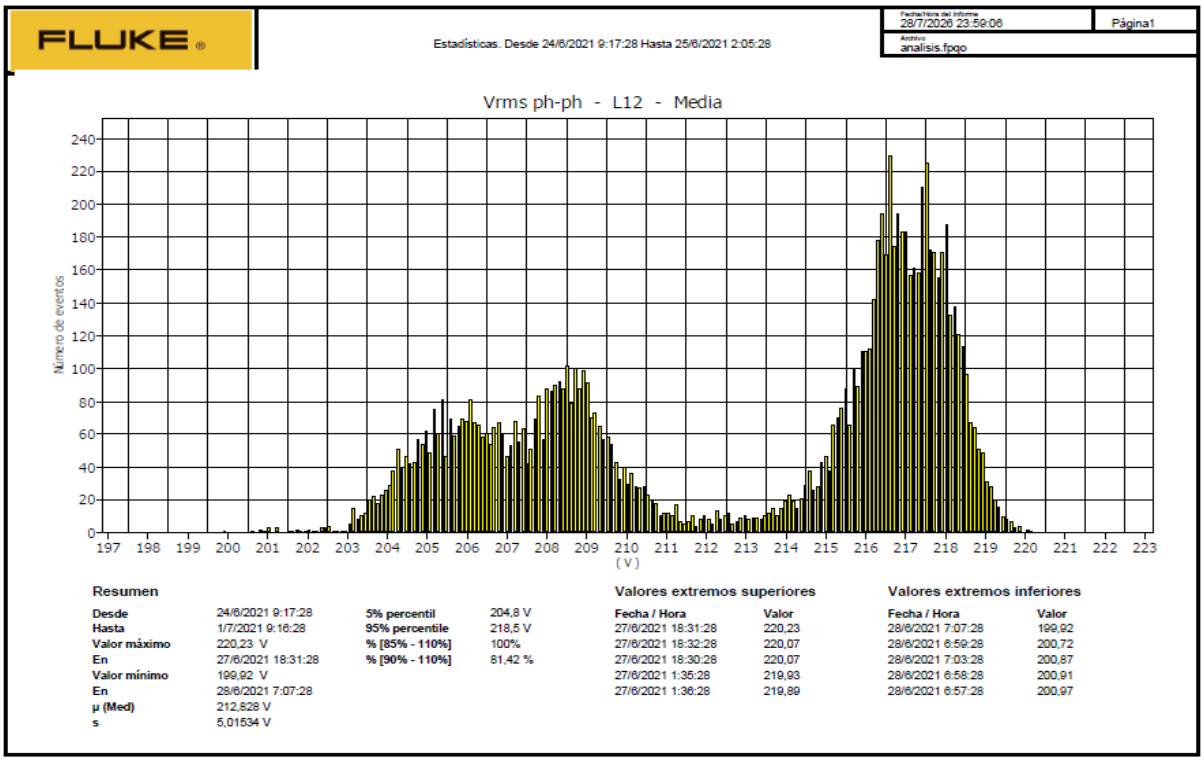
Valores extremos inferiores

Fecha / Hora	Valor
29/6/2021 4:37:28	116,04
25/6/2021 5:34:28	116,2
1/7/2021 4:52:28	116,21
25/6/2021 5:33:28	116,22
28/6/2021 4:57:28	116,3

ANEXO D. Histograma de voltaje Fase A, Fase B, Fase C. (datos Fluke 435 S-II)



ANEXO E. Voltaje Fase A-Fase B (datos Fluke 435 S-II)



Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28	**5% percentil**	204,8 V
Hasta	1/7/2021 9:16:28	**95% percentile**	218,5 V
Valor máximo	220,23 V	**% [85% - 110%]**	100%
En	27/6/2021 18:31:28	**% [90% - 110%]**	81,42 %
Valor mínimo	199,92 V		
En	28/6/2021 7:07:28		
μ (Med)	212,828 V		
s	5,01534 V		

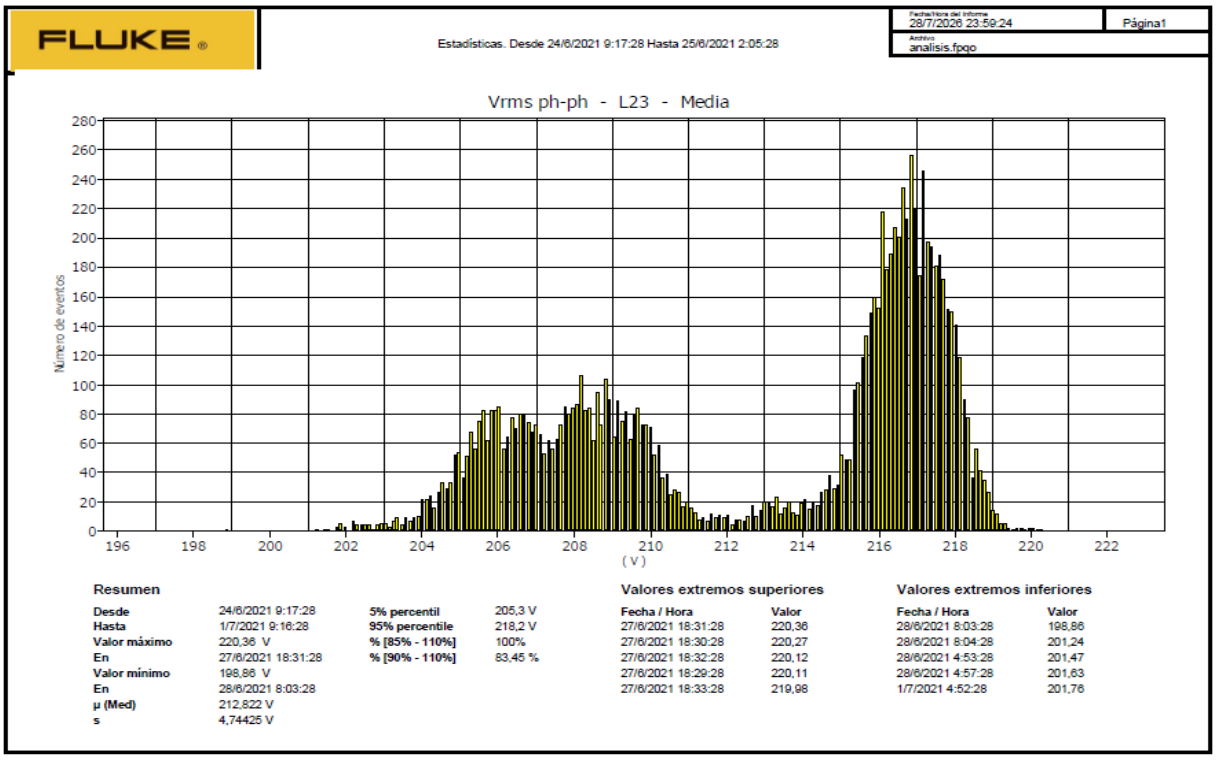
Valores extremos superiores

Fecha / Hora	Valor
27/6/2021 18:31:28	220,23
27/6/2021 18:32:28	220,07
27/6/2021 18:30:28	220,07
27/6/2021 1:35:28	219,93
27/6/2021 1:36:28	219,89

Valores extremos inferiores

Fecha / Hora	Valor
28/6/2021 7:07:28	199,92
28/6/2021 6:59:28	200,72
28/6/2021 7:03:28	200,87
28/6/2021 6:58:28	200,91
28/6/2021 6:57:28	200,97

ANEXO F. Voltaje Fase B-Fase C (datos Fluke 435 S-II)



Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28	**5% percentil**	205,3 V
Hasta	1/7/2021 9:16:28	**95% percentile**	218,2 V
Valor máximo	220,36 V	**% [85% - 110%]**	100%
En	27/6/2021 18:31:28	**% [90% - 110%]**	83,45 %
Valor mínimo	198,86 V		
En	28/6/2021 8:03:28		
μ (Med)	212,822 V		
s	4,74425 V		

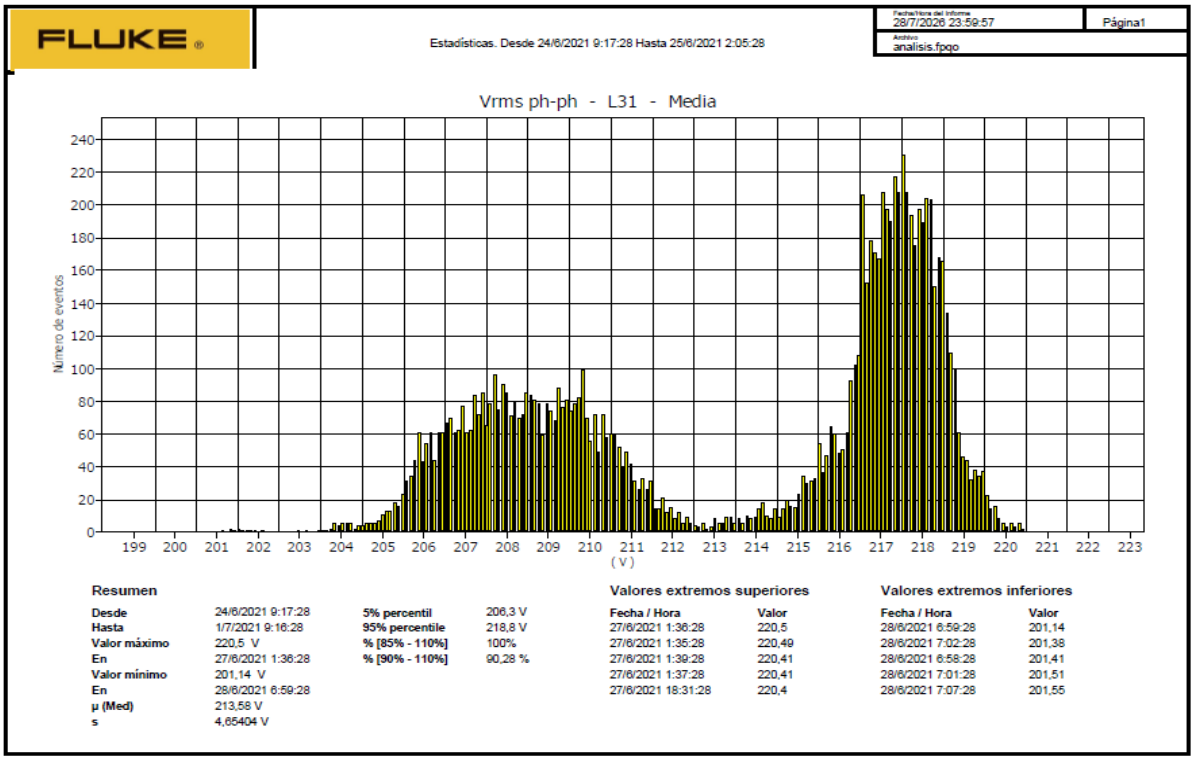
Valores extremos superiores

Fecha / Hora	Valor
27/6/2021 18:31:28	220,36
27/6/2021 18:30:28	220,27
27/6/2021 18:32:28	220,12
27/6/2021 18:29:28	220,11
27/6/2021 18:33:28	219,98

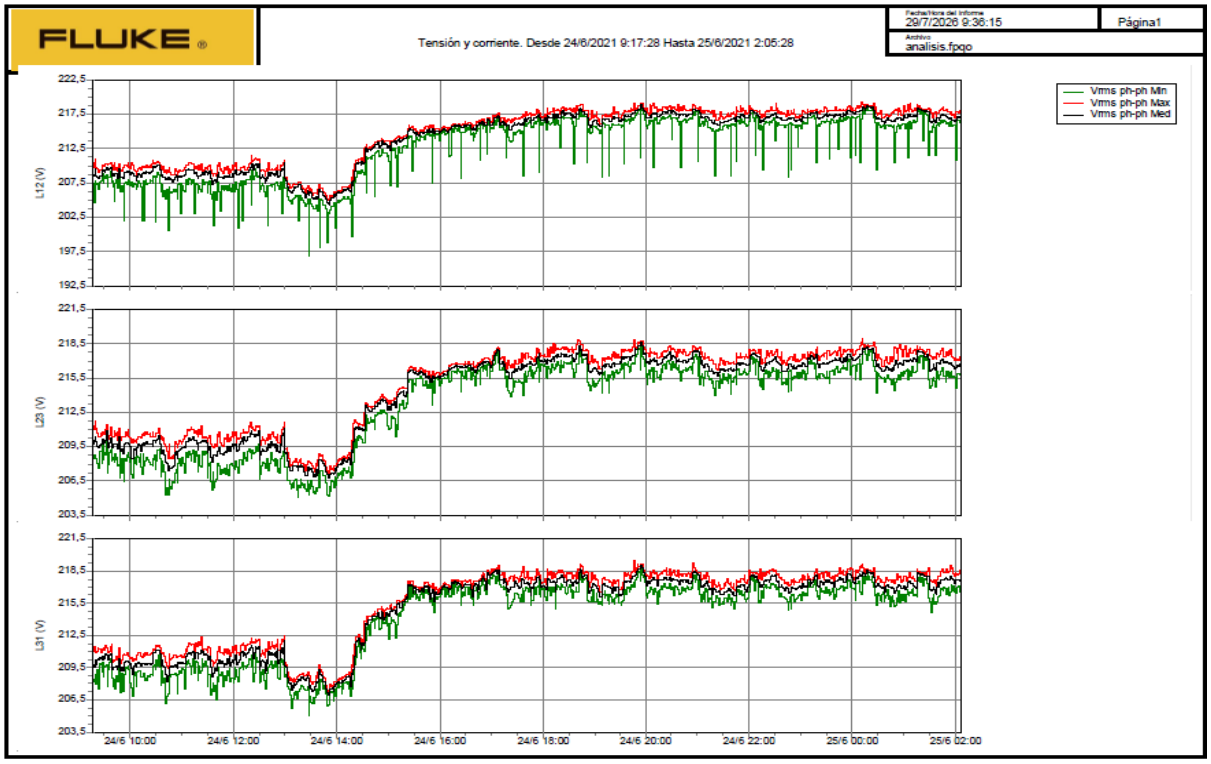
Valores extremos inferiores

Fecha / Hora	Valor
28/6/2021 8:03:28	198,86
28/6/2021 8:04:28	201,24
28/6/2021 4:53:28	201,47
28/6/2021 4:57:28	201,63
1/7/2021 4:52:28	201,76

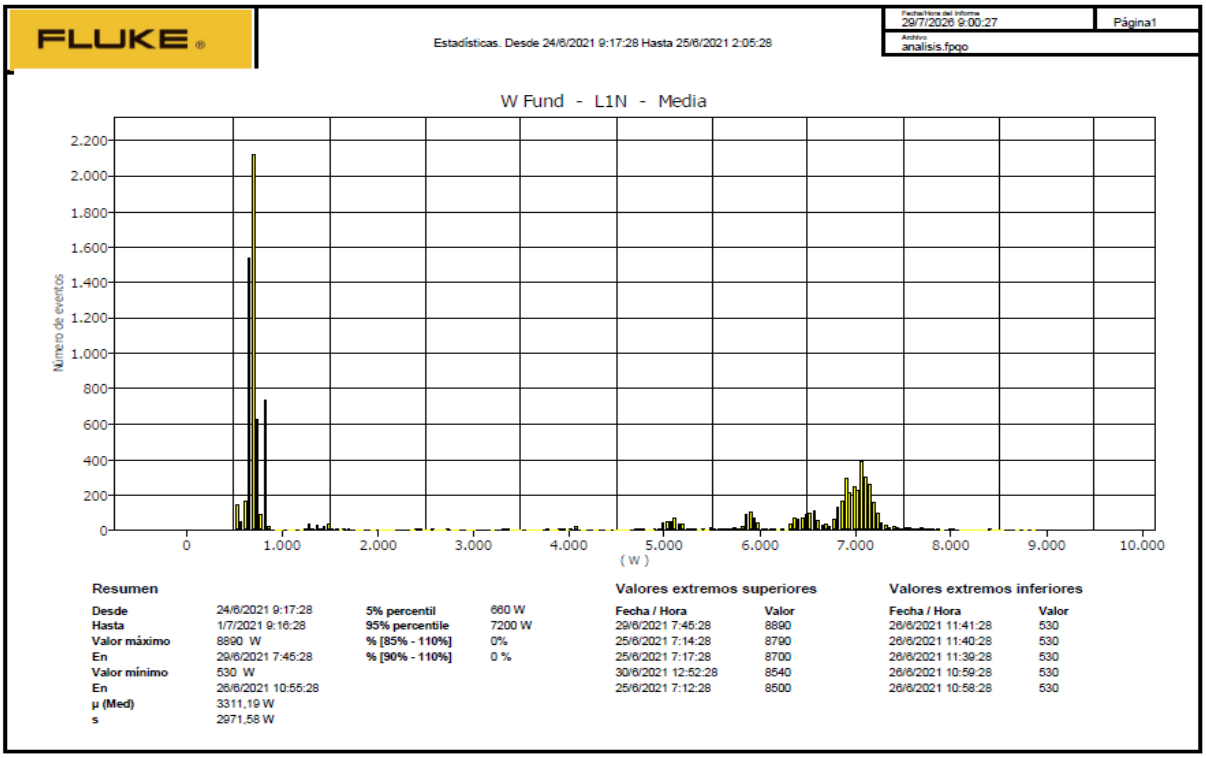
ANEXO G. Voltaje Fase C-Fase A (datos Fluke 435 S-II)



ANEXO H. Histograma de voltaje Fase: AB, BC, CA (datos Fluke 435 S-II)



ANEXO I. Potencia activa Fase A (datos Fluke 435 S-II)



Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28	**5% percentil**	660 W
Hasta	1/7/2021 9:16:28	**95% percentile**	7200 W
Valor máximo	8890 W	**% [85% - 110%]**	0%
En	29/6/2021 7:45:28	**% [90% - 110%]**	0 %
Valor mínimo	530 W		
En	26/6/2021 10:55:28		
μ (Med)	3311,19 W		
s	2971,58 W		

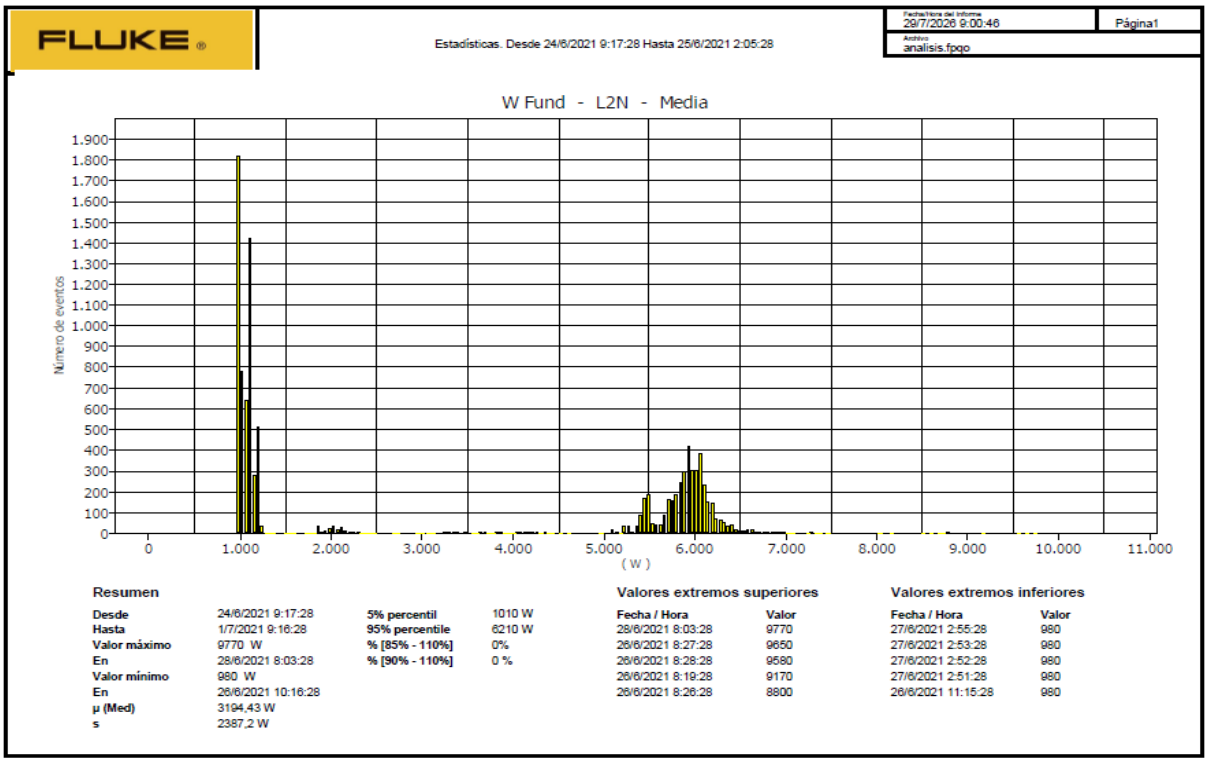
Valores extremos superiores

Fecha / Hora	Valor
29/6/2021 7:45:28	8890
25/6/2021 7:14:28	8790
25/6/2021 7:17:28	8700
30/6/2021 12:52:28	8540
25/6/2021 7:12:28	8500

Valores extremos inferiores

Fecha / Hora	Valor
26/6/2021 11:41:28	530
26/6/2021 11:40:28	530
26/6/2021 11:39:28	530
26/6/2021 10:59:28	530
26/6/2021 10:58:28	530

ANEXO J. Potencia activa Fase B (datos Fluke 435 S-II)



Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28	**5% percentil**	1010 W
Hasta	1/7/2021 9:16:28	**95% percentile**	6210 W
Valor máximo	9770 W	**% [85% - 110%]**	0%
En	28/6/2021 8:03:28	**% [90% - 110%]**	0 %
Valor mínimo	980 W		
En	26/6/2021 10:16:28		
μ (Med)	3194,43 W		
s	2387,2 W		

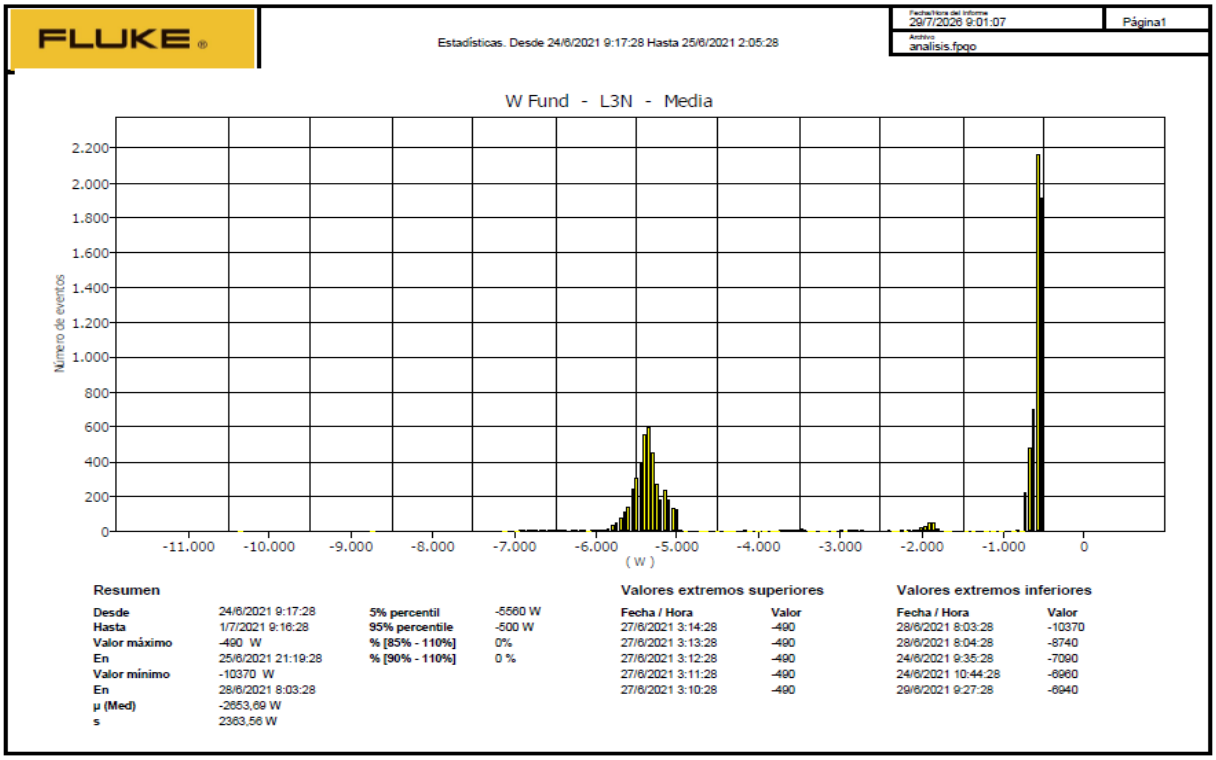
Valores extremos superiores

Fecha / Hora	Valor
28/6/2021 8:03:28	9770
26/6/2021 8:27:28	9650
26/6/2021 8:28:28	9580
26/6/2021 8:19:28	9170
26/6/2021 8:26:28	8800

Valores extremos inferiores

Fecha / Hora	Valor
27/6/2021 2:55:28	980
27/6/2021 2:53:28	980
27/6/2021 2:52:28	980
27/6/2021 2:51:28	980
26/6/2021 11:15:28	980

ANEXO K. Potencia activa Fase C (datos Fluke 435 S-II)



Resumen

Desde	24/6/2021 9:17:28	**5% percentil**	-5560 W
Hasta	1/7/2021 9:16:28	**95% percentile**	-500 W
Valor máximo	-490 W	**% [85% - 110%]**	0%
En	25/6/2021 21:19:28	**% [90% - 110%]**	0 %
Valor mínimo	-10370 W		
En	28/6/2021 8:03:28		
μ (Med)	-2653,69 W		
s	2363,56 W		

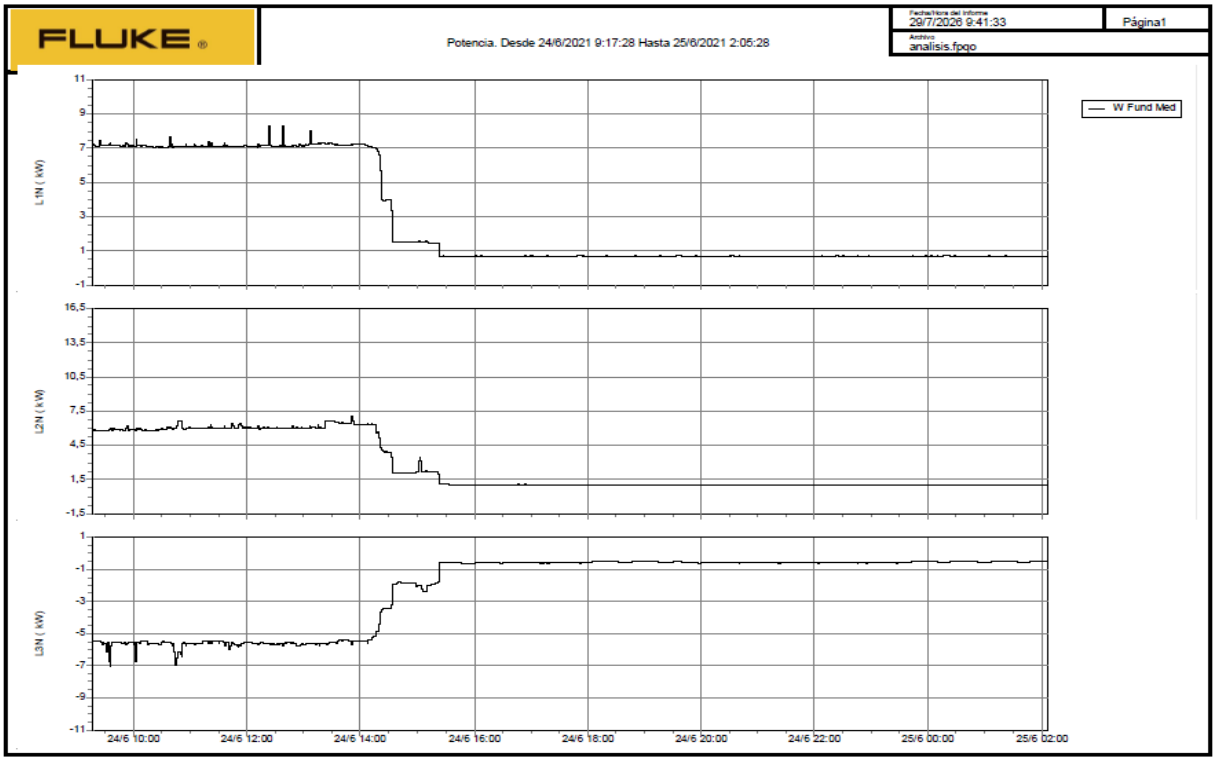
Valores extremos superiores

Fecha / Hora	Valor
27/6/2021 3:14:28	-490
27/6/2021 3:13:28	-490
27/6/2021 3:12:28	-490
27/6/2021 3:11:28	-490
27/6/2021 3:10:28	-490

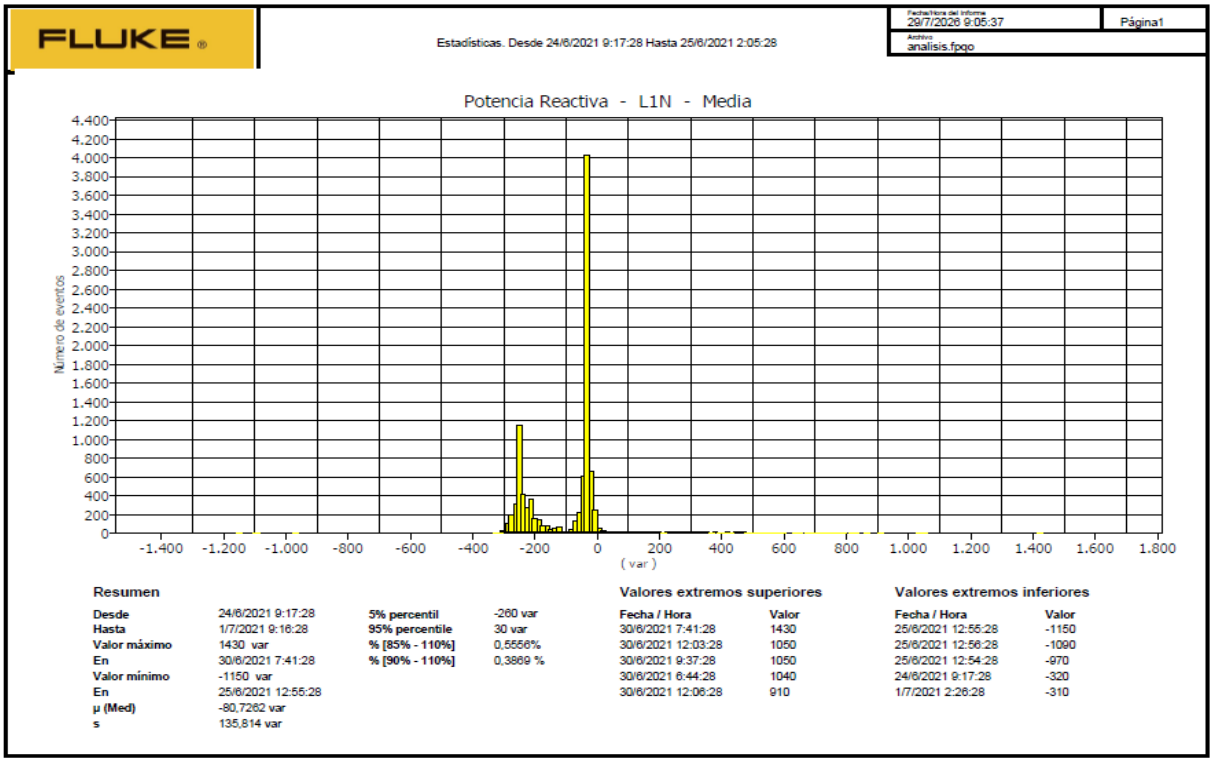
Valores extremos inferiores

Fecha / Hora	Valor
28/6/2021 8:03:28	-10370
28/6/2021 8:04:28	-8740
24/6/2021 9:35:28	-7090
24/6/2021 10:44:28	-6960
29/6/2021 9:27:28	-6940

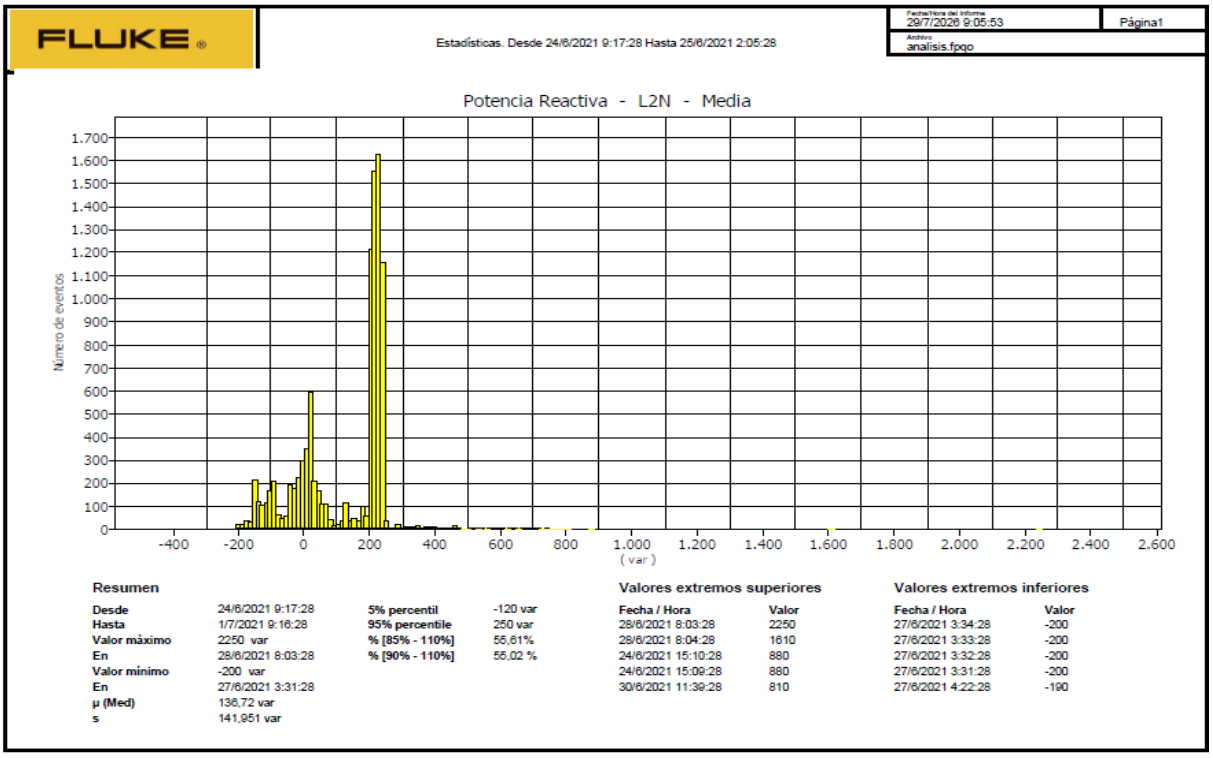
ANEXO L. Histograma de potencia activa Fase: A, B, C. (datos Fluke 435 S-II)



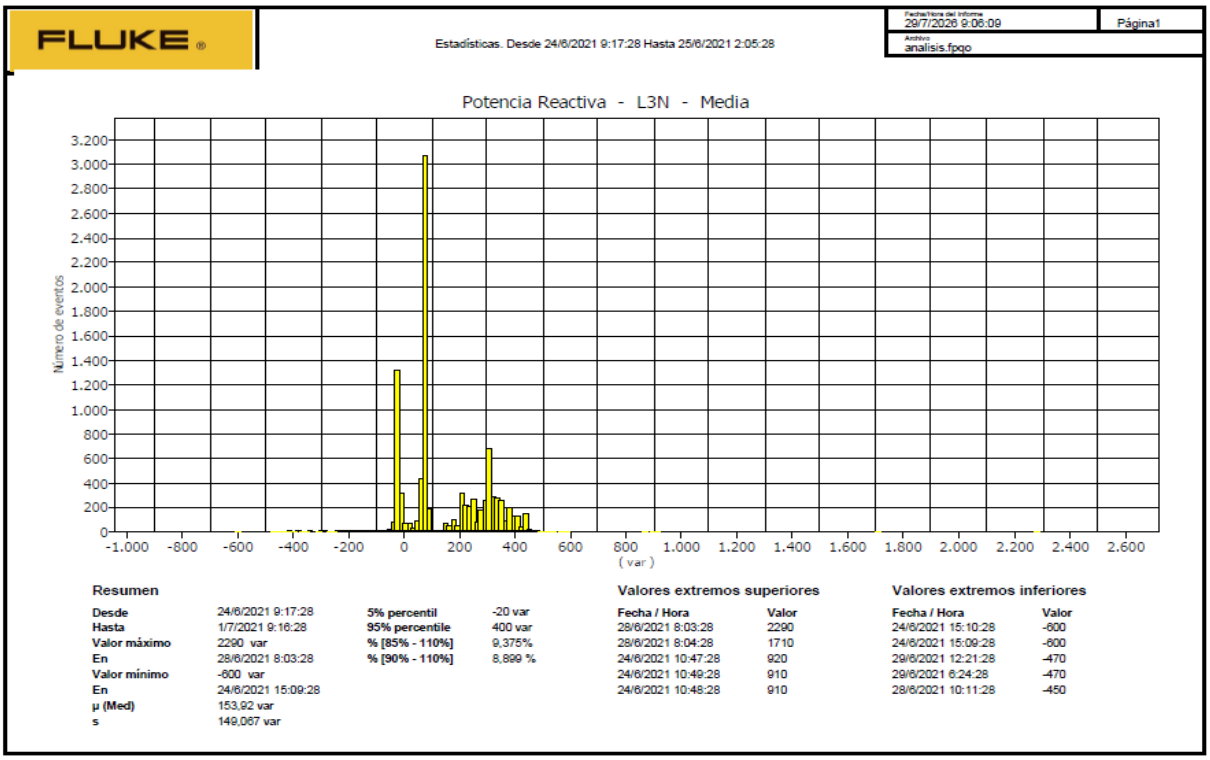
ANEXO M. Potencia reactiva Fase A (datos Fluke 435 S-II)



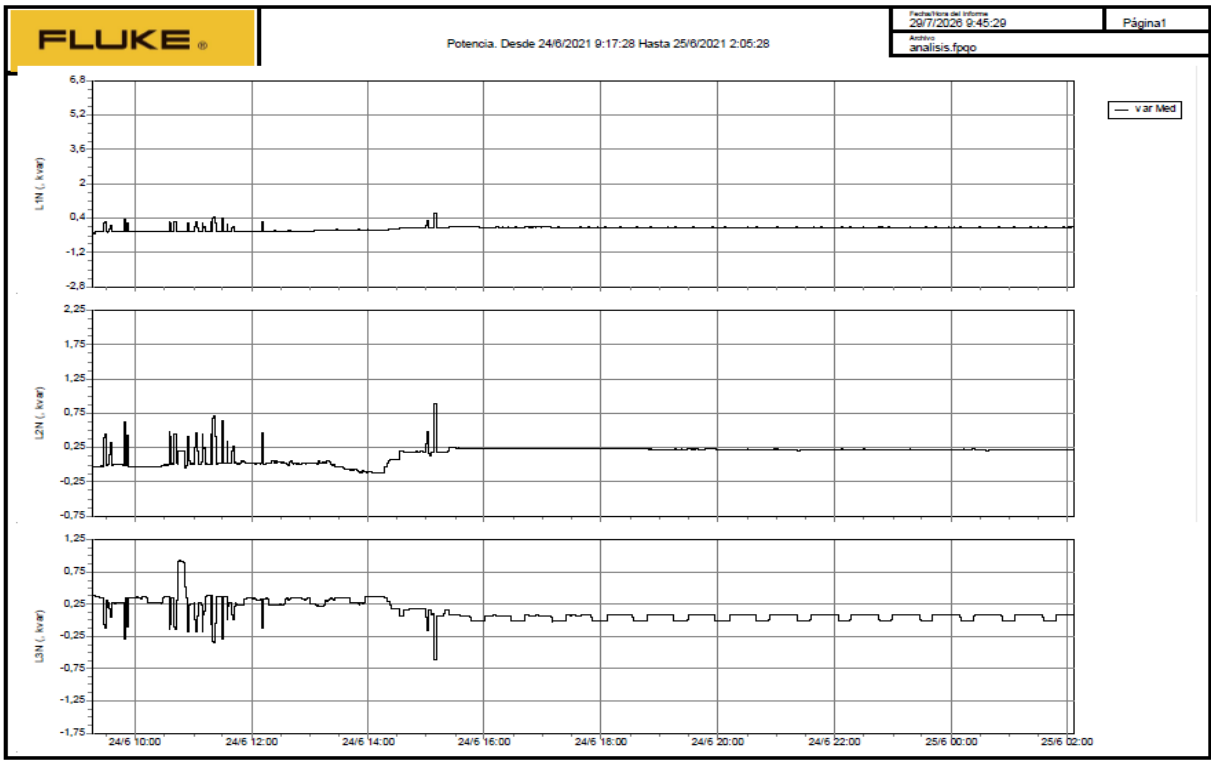
ANEXO N. Potencia Reactiva Fase B (datos Fluke 435 S-II)



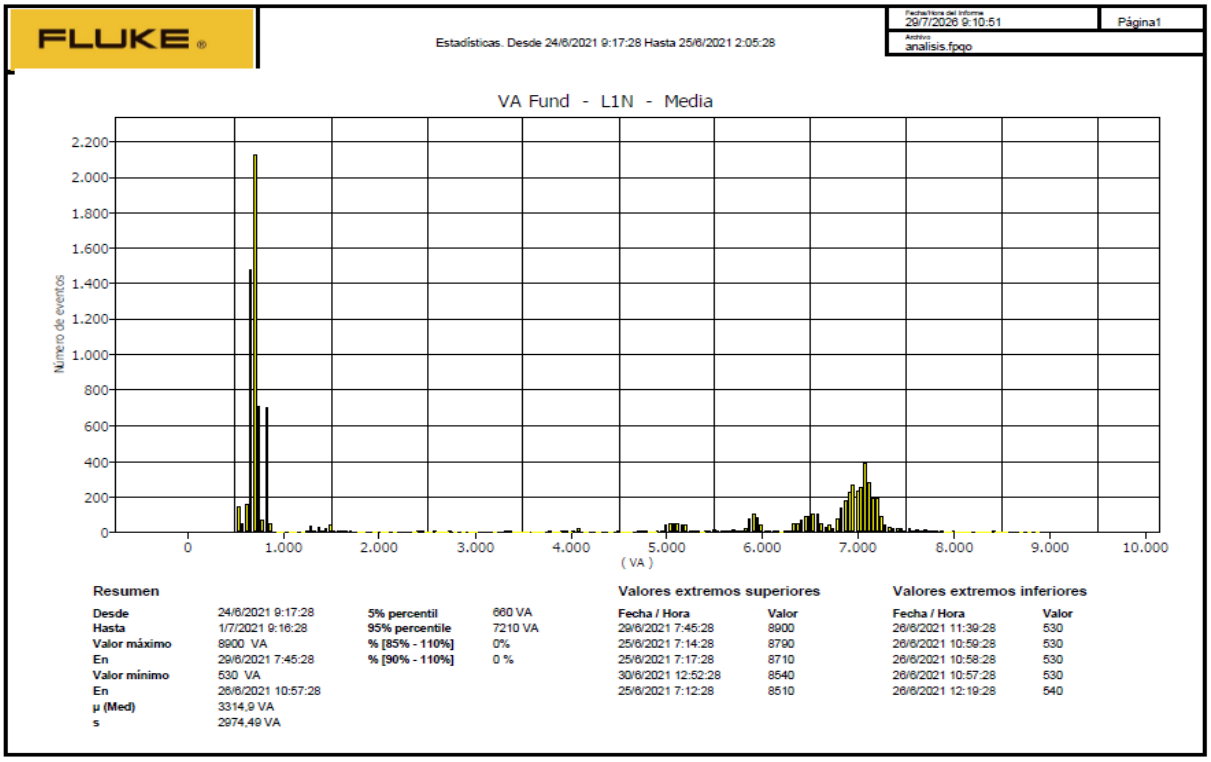
ANEXO O. Potencia reactiva Fase C (datos Fluke 435 S-II)



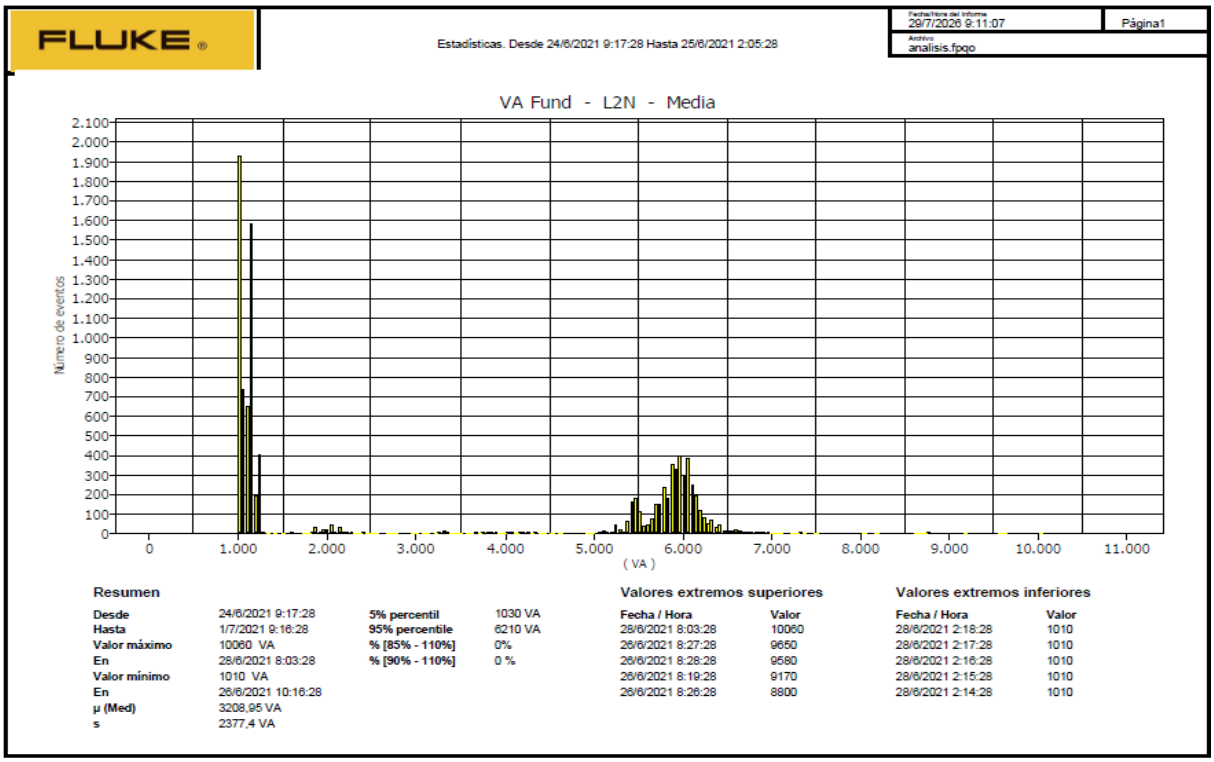
ANEXO P. Histograma de potencia Aparente Fase: A, B, C. (datos Fluke 435 S-II)



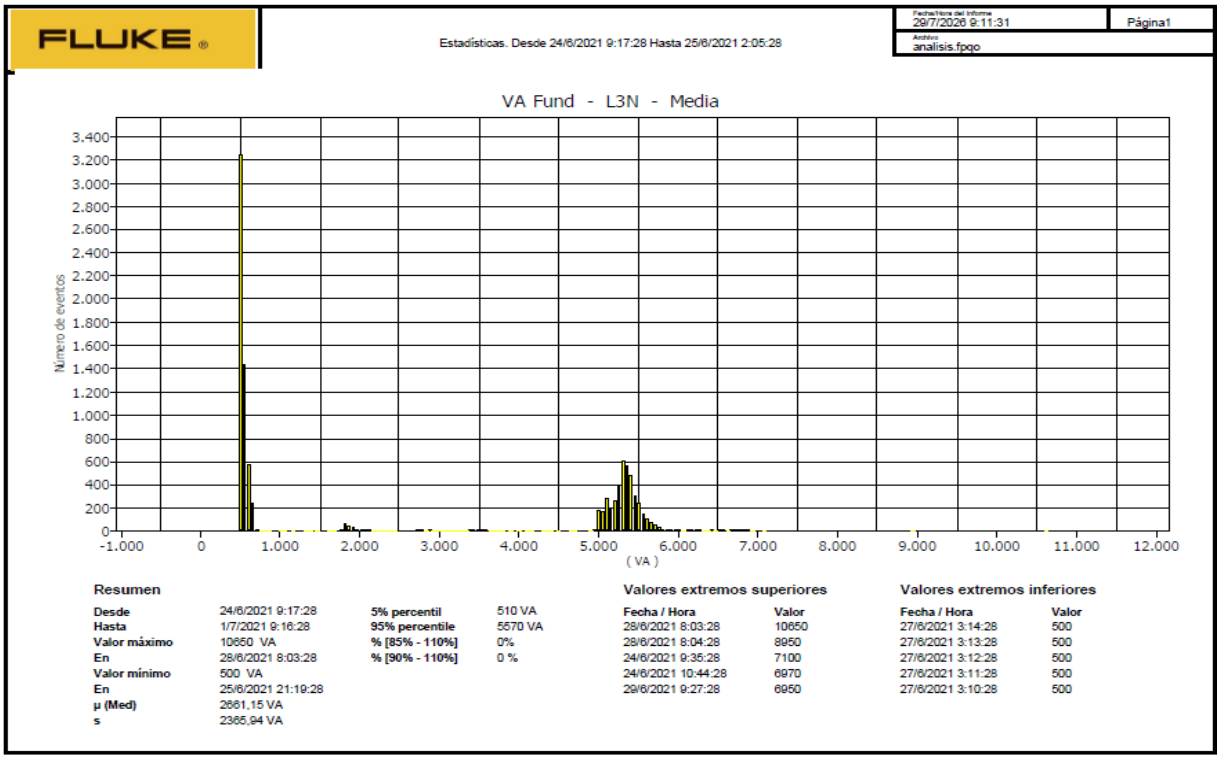
ANEXO Q. Potencia aparente Fase A (datos Fluke 435 S-II)



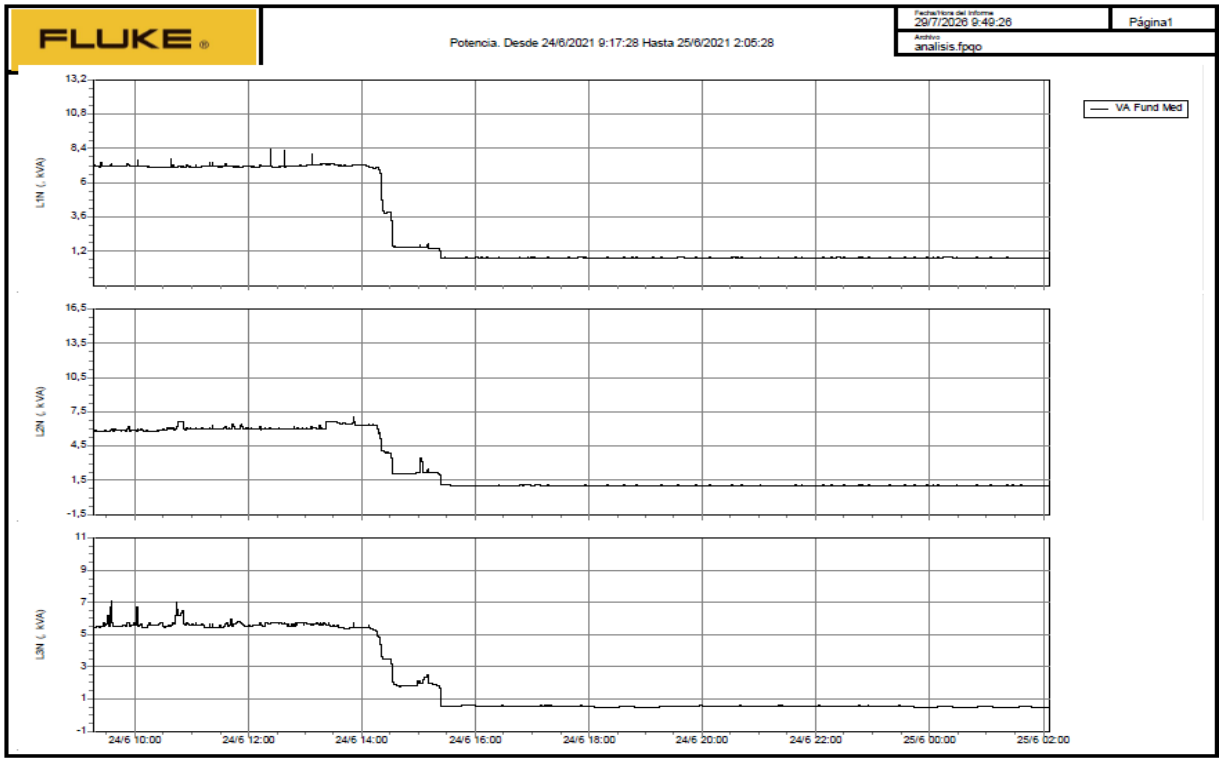
ANEXO R. Potencia Aparente Fase B (datos Fluke 435 S-II)



ANEXO S. Potencia aparente Fase C (datos Fluke 435 S-II)



ANEXO T. Histograma de potencia aparente Fase: A, B, C. (datos Fluke 435 S-II).



ANEXO U. Planilla eléctrica mensual

EMPRESA ELECTRICA AMBATO REGIONAL CENTRO NORTE S.A.
R.U.C. 1890001439001 CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION 5368 DEL 2 DE JUNIO DE 1995
Aut. del S.R.I.: 0202202201189000143900120010120180344151803441515 Fecha Aut.: 02-02-2022
Dirección: 12 de Noviembre 11-29 y Espejo
Teléfono: 03-2998600
EEASA
Factura Nro.001012 - 018034415 Valor a Pagar: 944.00

Fecha Emisión: 02-Feb-2022 Vencimiento: 11-Feb-2022 Mes Consumo: Enero-2022 Bloque Facturacion: 5

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

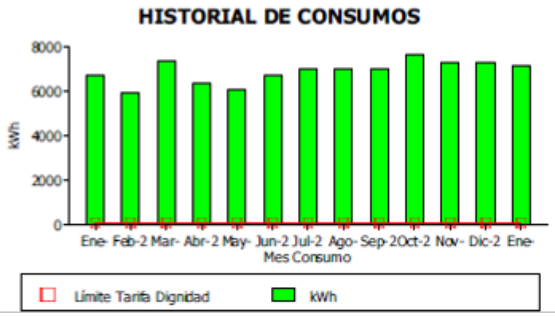
Nombre: CHILUISA ESCOBAR CESAR HUMBERTO CC/ RUC: 0501213466
Dirección del Servicio: RODRIGO PACHANO 15 151 Y DELICIA Ruta: 3 - 30 - 3
Provincia / Cantón / Parroquia: TUNGURAHUA / AMBATO/
Tipo de Tarifa: COMERCIAL CON DEMANDA BAJA TENSION
Código Único Eléctrico Nacional: 0100072354
Medidor Número: 14742366 Factor Multiplicación 1.00
Lectura Desde: 01-01-2022 Lectura Hasta: 31-01-2022 Días Facturados 30
Factor Corrección: 0.92

1 FACTURACION SERVICIO ELECTRICO Y ALUMBRADO PUBLICO

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Und
Activa	668804	661686	7118	kWh
Reactiva	7598	7486	112	kVAR
08h00-18h00 L-V	514687	509059	5628	kWh
18h00-22h00 L-V	79064	78352	712	kWh
22h-08h LVSDF	75052	74273	779	kWh
Dem Máxima	21.41	22	21.41	kW
Dem Pico	20.67	21	20.67	kW

Concepto	Valor USD
Valor Consumo	626.69
Valor Comercialización	1.41
Demanda Facturable	99.01
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	727.11
Alumbrado Público	116.95
Subtotal Alumbrado Público (APG)	116.95

Ene-21	6715	853.79
Feb-21	5935	798.20
Mar-21	7371	969.97
Abr-21	6324	848.80
May-21	6045	818.43
Jun-21	6688	890.36
Jul-21	6979	924.77
Ago-21	6981	929.04
Sep-21	7002	929.35
Oct-21	7600	1,008.53
Nov-21	7283	970.99
Dic-21	7247	966.77
Ene-22	7118	944.00



Total IVA 12%	
Total IVA 0%	844.06
IVA 12%	
IVA 0%	0.00
TOTAL SE y APG (1)	844.06

ANEXO V. Lecturas de consumo anual

LECTURAS Y CONSUMOS HISTORICOS

Página: 20 of 21
Fecha: 22-Jul-2021

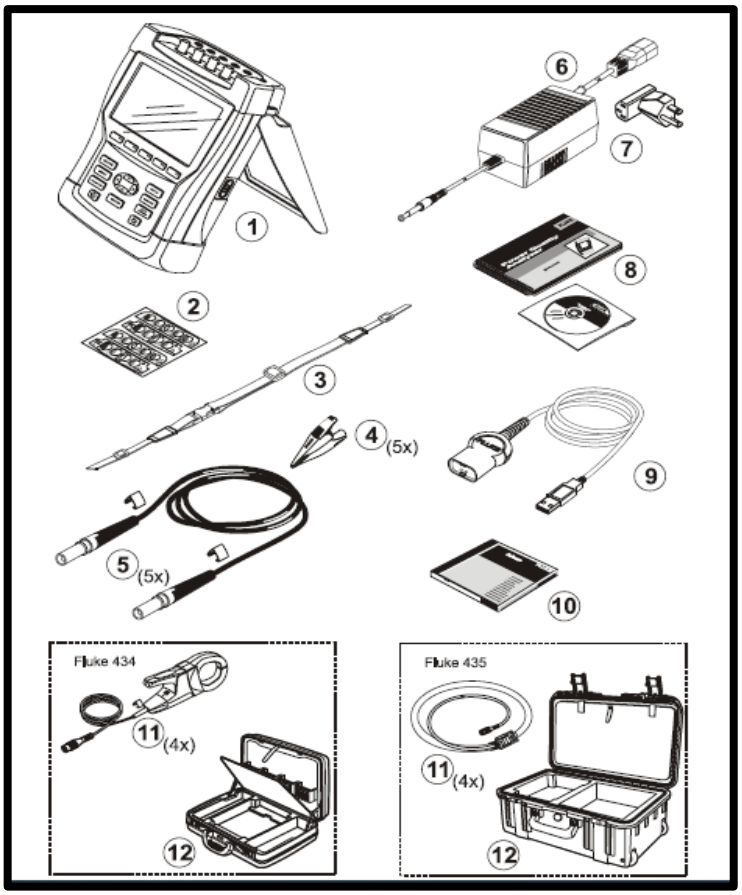
LISTA DE PLANILLAS CANCELADAS Y NO CANCELADAS

Nº Cuenta: 72354 Nombre: CHILUISA ESCOBAR CESAR HUMBE Nº Medidor: 14742366 Tipo: 6S-A1RLQ+ Esf: 6
Dirección: RODRIGO PACHANO 15 151 Y DELICIA Tarifa: CD-B Zona: C(AMB.URB) - B1 Sector: 30

MEDIDOR ENERGIA ACTIVA Consumo Promedio 6 Ultimos meses: 6513

Nº	Planilla	Mes Cons	Dem	T Lect	Estado	V. Planilla	Nº Med.	Fact Mul	Lect Ant	Lect Act	Rep Lect	Consumo	Con. Final	Incentivo	Incrtal	Incrtal STD
214	47995354	202008	21.16	0	Cancel	872.99	14742366	1	545782	552355	552,355	6,573	6,573	0	0	0
215	48277231	202009	19.53	0	Cancel	867.90	14742366	1	552355	558887	558,887	6,532	6,532	0	0	0
216	48560147	202010	21.44	0	Cancel	967.85	14742366	1	558887	566201	566,201	7,314	7,314	0	0	0
217	48844047	202011	21.33	0	Cancel	894.03	14742366	1	566201	572863	572,863	6,662	6,662	0	0	0
218	49128824	202012	21.13	0	Cancel	884.89	14742366	1	572863	579516	579,516	6,653	6,653	0	0	0
219	49414463	202101	20.66	0	Cancel	853.79	14742366	1	579516	586231	586,231	6,715	6,715	0	0	0
220	49700566	202102	20.38	0	Cancel	798.20	14742366	1	586231	592166	592,166	5,935	5,935	0	0	0
221	49987441	202103	21.76	0	Cancel	969.97	14742366	1	592166	599537	599,537	7,371	7,371	0	0	0
222	50274625	202104	23.68	0	Cancel	848.80	14742366	1	599537	605861	605,861	6,324	6,324	0	0	0
223	50562768	202105	20.72	0	Cancel	818.43	14742366	1	605861	611906	611,906	6,045	6,045	0	0	0
224	50851509	202106	20.51	0	Cancel	890.36	14742366	1	611906	618594	618,594	6,688	6,688	0	0	0
						104,723.74				618594	0	381406				

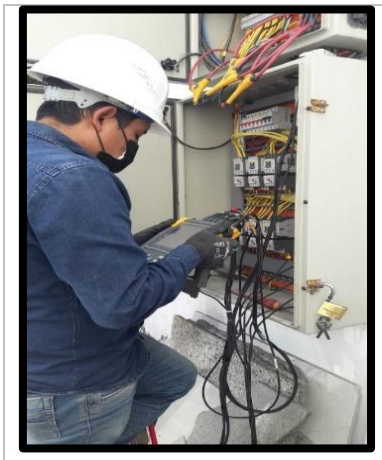
ANEXO W. Partes del analizador Fluke 435-II [14]

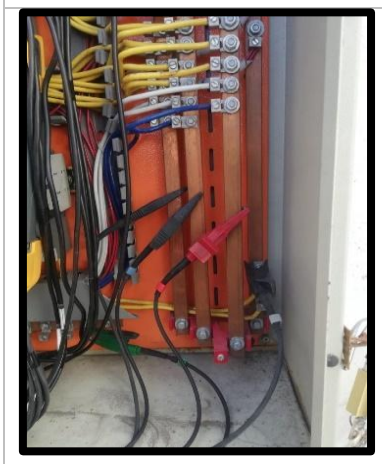


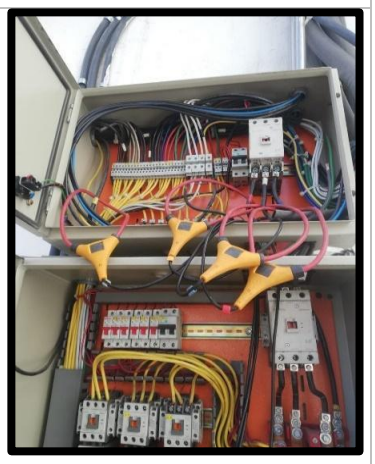
ANEXO X. Descripción de partes del equipo analizador Fluke 435-II [14]

N°	DESCRIPCION
1	Analizador de calidad de la energía eléctrica.
2	Juego de adhesivos para las tomas de entrada.
3	Correa.
4	Pinzas de cocodrilo. Juego de 5
5	Cables de prueba 2,5 m. juego de 5.
6	Cargador de batería / adaptador de red.
7	Adaptador de enchufe de línea (según el país).
8	Manual de inicialización + CD ROM con manual de uso y manual de iniciación (varios idiomas).
9	Cable óptico USB.
10	FLUKE 435: CD ROM con el software flukeview para Windows + software de registro de potencia para Windows
11	Pinzas amperimétricas de CA 400A (1mV/A) y 40A (10mV/A) conmutable. Juego de 4 pinzas i400s.
12	Estuche rígido C430

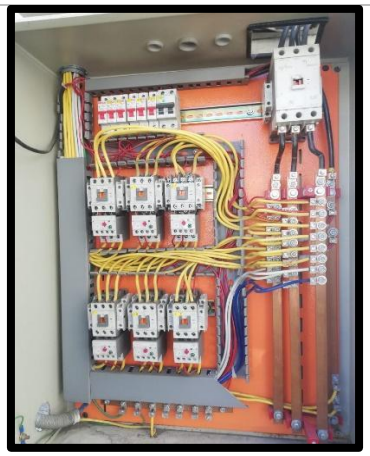
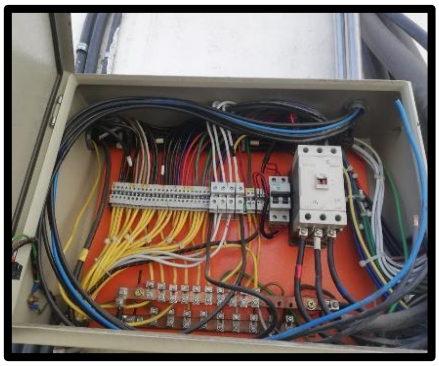
ANEXO Y. Conexión e instalación del analizador de redes Fluke 345-II



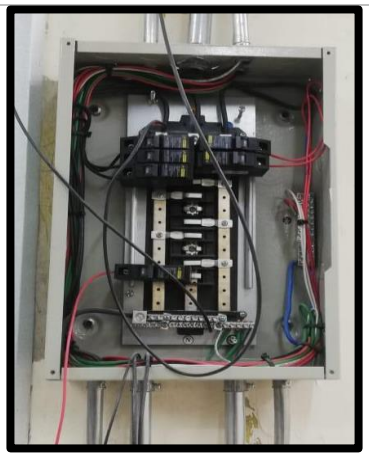




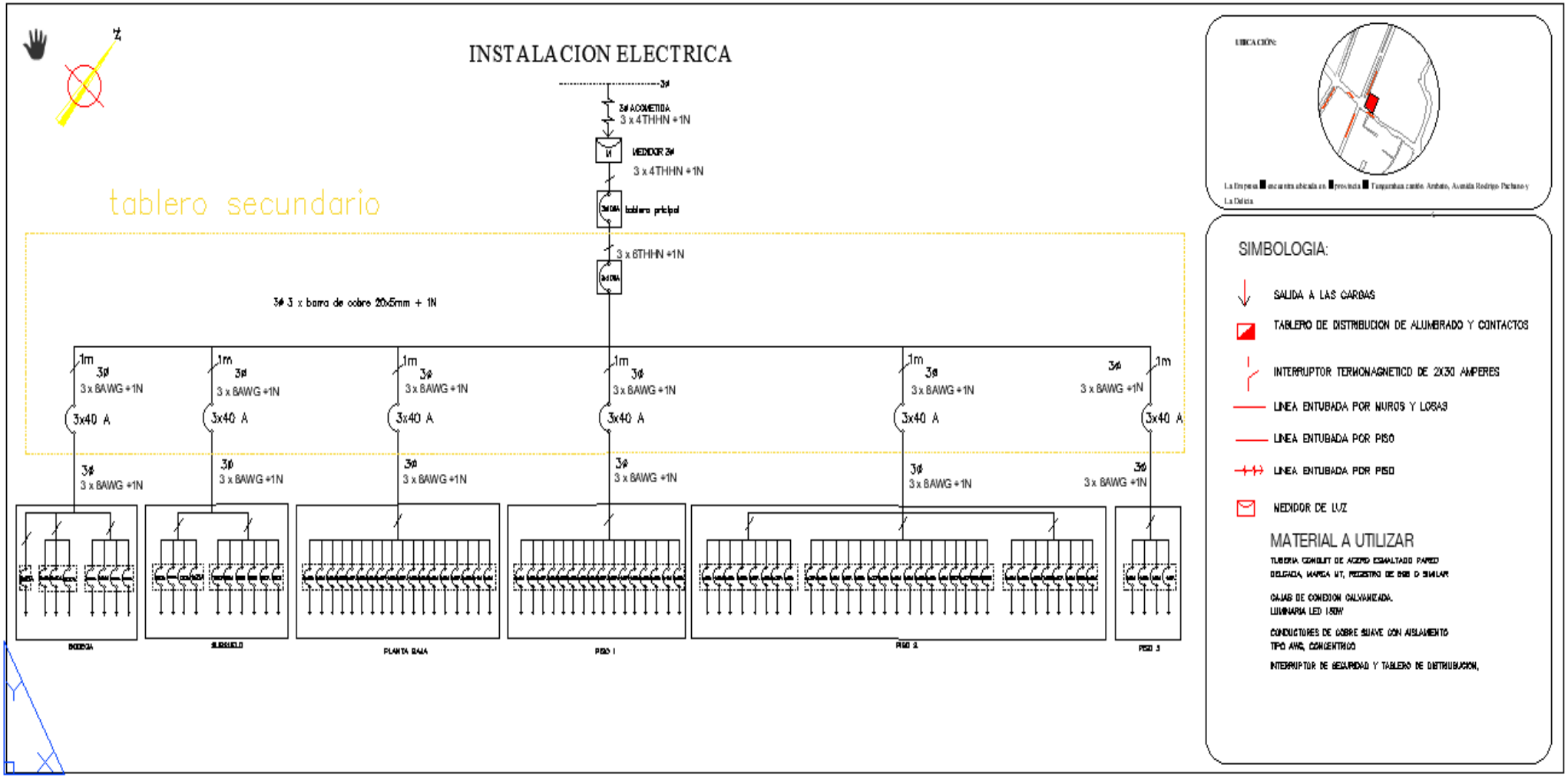
ANEXO Z. Tablero principal y secundario de la empresa

ANEXO AA. Tableros de distribución de cada piso.



ANEXO BB. Diagrama unifilar de la instalación eléctrica de la empresa



ANEXO CC. Proforma de materiales

SONELEK

SONELEK S.A.S.

CH MANTENIMIENTOS

Dirección Matriz: Calle: IGNACIO CANELOS Interseccion: AVENIDA LOS CHASQUIS

Dirección Sucursal: Calle: IGNACIO CANELOS Interseccion: AVENIDA LOS CHASQUIS

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD SI

CONTRIBUYENTE RÉGIMEN RIMPE

R.U.C.: 1891811605001

PROFORMA

No. 001-100-000000052

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN

1106202601189181160500120011000000000523561993318

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 31/07/2026 17:02:14

AMBIENTE: PRODUCCIÓN

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO

1106202601189181160500120011000000000523561993318

Razón Social / Nombres y Apellidos: JULIO AURELIO CHISAG CHISAG

Identificación 1804491445

Fecha 31/07/2026 Placa / Matrícula: Guía

Direccion: Ambato

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Subsidio	Precio sin Subsidio	Descuento	Precio Total
QQ12		1	Controlador Factor Potencia EPCOS BR6000 SIEMENS	280,00				280,00
CA33		1	Capacitor 2,5 KVAR, EPCOS SIEMENS 220/230 V	52,00				52,00
CA45		1	Capacitor 4 KVAR EPCOS SIEMENS 220/230 V	75,00				75,00
IT00		1	Interruptor termomagnético trifásico de 3x10 amp.	9,00				9,00
IT01		1	Interruptor termomagnético trifásico de 3x15 amp.	12,00				12,00
IT04		1	Interruptor termomagnético trifásico de 3x20 amp.	18,00				18,00
CQ55		1	Contactor categoría AC-6b de 10amp.	20,00				20,00
CQ75		1	Contactor categoría AC-6b de 15amp.	30,00				30,00
GT11		1	Gabinete eléctrico de 50x50x20	65,00				65,00
AX99		1	Cableado y accesorios	50,00				50,00

Información Adicional

Telefono: 0998948093

Email: guidoguerra@gmail.com

Forma de pago	Valor
20 - OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	

SUBTOTAL 15%	0.00
SUBTOTAL NO OBJETO DE IVA	0.00
SUBTOTAL EXENTO DE IVA	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	0.00
TOTAL DESCUENTO	0.00
ICE	0.00
IVA 15%	0.00
IRBPNR	0.00
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL	611.00
VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO	0.00
AHORRO POR SUBSIDIO (Incluye IVA cuando corresponda)	0.00