



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



POSGRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Estudio energético de la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa 3A Composites – Plantabal S.A”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Electricidad
mención sistemas eléctricos de potencia

Autor:

Ing. Rodríguez Arana Angelo Miguel

Tutor:

Ing. Gabriel Napoleón Pesantez Palacios Msc.

LATACUNGA –ECUADOR

2024




AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Estudio energético de la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa 3A Composites – Plantabal S.A” presentado por Rodríguez Arana Angelo Miguel, para optar por el título magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, septiembre, 2024

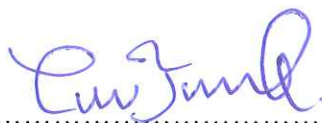

MSc. Ing. Gabriel Napoleón Pesantez Palacios.
CC.: 0301893889



AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Estudio energético de la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa 3A Composites – Plantabal S.A, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Educación Inicial; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.


Latacunga, septiembre, 2024



.....
MSc. Ing. Carlos Iván Quinatoa Caiza.
C.I. 0503287864
Presidente del tribunal



.....
MSc. Ing. Fernando Rafael Arias Atiaja.
C.I. 0502556251
Lector 2



.....
MSc. Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes.
C.I. 0704400449
Lector 3

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado para mis amados hijos Lyam y Sara, por ser el eje fundamental y el motivo de mi superación, a mi esposa por su apoyo incondicional por ser quien ha estado desde el inicio de mi carrera. A mis padres que siempre han estado guiándome cuando más los he necesitado, y a toda mi familia, esto es para ustedes.

Angelo



AGRADECIMIENTO

A Dios, por llenarme de bendiciones en el transcurso de mi carrera profesional, a mi Tutor por su colaboración y conocimientos. A mis Padres por su apoyo durante toda mi formación estudiantil.

Angelo



RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, septiembre, 2024.

.....
Ing. Angelo Miguel Rodríguez Arana.
C.I. 0940614142



RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, septiembre, 2024.

.....
Ing. Angelo Miguel Rodríguez Arana.
C.I. 0940614142



AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “**Estudio energético de la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa 3A Composites – Plantabal S.A**” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, septiembre, 2024.

.....
MSc. Ing. Carlos Iván Quinatoa Caiza.
C.I. 0503287864
Presidente del tribunal

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Título: “Estudio energético de la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa 3A Composites – Plantabal S.A”

Autor: Rodríguez Arana Angelo Miguel Ing.

Tutor: Pesantez Palacios Gabriel Napoleón MSc.

RESUMEN

La empresa "3A Composites – Plantabal S.A." actualmente experimenta desconexiones parciales en su sistema eléctrico, lo que genera pérdidas operativas y afecta la continuidad de sus procesos de producción. Estas interrupciones están relacionadas con perturbaciones eléctricas ubicadas en el alimentador 01, el cual suministra energía a derivaciones monofásicas y trifásicas con alta demanda energética.

El presente Trabajo consiste en realizar un estudio energético enfocado en la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa “3A Composites – Plantabal S.A” utilizando simulaciones y mediciones de campo.

Para el desarrollo del trabajo se realiza una investigación de campo e implementación de instrumentos y herramientas especializadas para una medición precisa de variables eléctricas en la cual consignaremos las normas de los estándares y límites regulatorios establecidos por la ARCERNNR. En base al procedimiento de análisis termográfico como guía asignaremos la norma ANSI/NETA ATS-2009.

Por último, se implementarán mejoras técnicas que contribuyan a reducir el consumo energético y a regular los factores necesarios para optimizar el sistema eléctrico.

PALABRAS CLAVE: Estudio Energético, Análisis Termográfico, Simulaciones, Consumo Energético, Optimizar.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Title: “Energy study of the main production line corresponding to feeder 01 at the company 3A Composites - Plantabal S.A”.

Author: Rodríguez Arana Angelo Miguel Ing.

Tutor: Pesantez Palacios Gabriel Napoleón MSc.

ABSTRACT

The company “3A Composites - Plantabal S.A.” is currently experiencing partial disconnections in its electrical system, so it generates operating losses and affects the continuity of its production processes. These interruptions are related to electrical disturbances which are located in feeder 01 that supplies energy to single-phase and three-phase derivations with high energy demand.

This work consisted of an energy study focused on the main production line corresponding to feeder 01 at the company “3A Composites - Plantabal S.A.” by using simulations and field measurements.

For the development of the work a field investigation was carried out. In addition, the implementation of instruments and specialized tools for an accurate measurement of electrical variables according to the norms of the standards and regulatory limits were established by the ARCERNR. The work was based on the thermographic analysis procedure by assigning the ANSI/NETA ATS-2009 standard.

Finally, technical improvements were implemented in order to reduce energy consumption and regulate the necessary factors to optimize the electrical system.

KEY WORDS: Energy Study, Thermographic Analysis, Simulations, Energy Consumption, Optimize.

Yo, Toaquiza Chancusig José Fernando con cédula de identidad número:0502229677 Magister en Docencia Universitaria con número de registro de la SENESCYT: 1020-2016-1670363; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: “Estudio energético de la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa 3A Composites – Plantabal S.A” de: Angelo Miguel Rodríguez Arana, aspirante a Magister en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia.

Latacunga, septiembre, 2024.

Mg. José Fernando Toaquiza Chancusig
0502229677





ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	4
Objetivos Específicos:.....	4
Justificación.....	7
Hipótesis.....	8
1.1. Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado del arte.....	9
1.2. Medidas de eficiencia energética.....	19
1.2.1 Eficiencia energética.....	19
1.2.2 Demanda energética.....	20
1.2.3 Gestión energética.....	21
1.3. Principios y Definiciones.....	22
1.3.1 Energía.....	23
1.3.2 Modelado del sistema eléctrico.....	24
1.3.3 Termografía.....	25
1.4. Estrategias de eficiencia energética.....	27
1.4.1 Optimización de procesos y equipos.....	27
1.4.2 Gestión de la demanda energética.....	28
1.4.3 Energías renovables y cogeneración.....	28
1.4.4 Mantenimiento preventivo y predictivo.....	29
1.4.5 Capacitación y cultura organizacional.....	30
1.5. Marco regulatorio.....	31
1.5.1 Internacional.....	31

1.5.2 Ecuatoriano.	32
1.6. Eficiencia energética en industrias.	34
1.6.1 Industria automotriz.	34
1.6.2 Industria alimentaria.....	35
1.6.3 Industria cementera.	36
1.6.4 Industria del acero.	38
1.7. Fundamentación metodológica.....	39
1.7.1 Enfoque.	39
1.7.2 Tipo de investigación.	39
1.7.3 Técnica de recolección de información.....	40
1.7.4 Definición de hipótesis o supuestos de partida.	41
1.7.4 Procedimientos empleados para la obtención y análisis de la información.	42
1.8 Conclusiones Capítulo I	43
CAPÍTULO II. PROPUESTA	45
2.1 Título del proyecto.	45
2.2 Objetivo del proyecto.	45
2.3 Descripción de la propuesta.....	45
2.4 Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados.....	46
2.4.1 Detalles de la Empresa.....	49
2.4.2 Proceso productivo de la industrialización de la madera de balsa.	50
2.5 Levantamiento de Información.....	51
2.5.1 Levantamiento del Sistema Eléctrico.....	51
2.6 Técnicas y Estrategias para la Medición en Sistemas de Media Tensión.	67



2.6.1	Estrategias para la Medición en Sistemas de Media Tensión.	68
2.7	Analizador de Redes.	73
2.7.1	Equipo utilizado en la medición.	73
2.7.2	Ubicación del Analizador.	74
2.8	Termografía.	87
2.8.1	Parámetros de prueba.	89
2.8.2	Desarrollo de Termografía en MT.	90
2.9	Modelo del Sistema Eléctrico.	95
2.9.1	Desarrollo de la Simulación.	95
2.10	Propuesta Técnica.	102
2.10.1	Corrección y mejoramiento del Factor de potencia del banco de capacitores existente e instalado en las barras del conjunto de transformadores de 750 kVA.	102
2.10.2	Desarrollo del Banco de Capacitores.	105
2.11	Conclusiones del Capítulo II.	109
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS		110
3.1	. Mediciones	110
3.1.1	Resultados de la medición de MT	110
3.2	. Resultado del Análisis de Calidad de Energía.	119
3.2.1	Grafica de Tensiones Promedio.	119
3.2.2	Grafica de Intensidades Promedio.	120
3.2.3	Grafica de Potencia Activa Promedio.	121
3.2.4	Grafica de Potencia Reactiva Promedio.	122
3.2.5	Grafica de Potencia Aparente Promedio.	123
3.2.6	Factor de Potencia Promedio.	124



3.3 . Análisis de la Termografía.	125
3.3.1. Resultados de la Termografía.....	125
3.4Análisis Comparativo en Base a las mediciones de MT con la Simulación. ...	131
3.4.1. Resultado de los valores obtenidos de la simulación en cada Barra.	133
3.4.2. Resultado de los valores obtenidos en base a las mediciones reales en MT.	134
3.5. Resultado del análisis Comparativo de la Simulación con los valores de mediciones reales en MT.....	135
3.6. Análisis Técnico y Económico.....	136
3.7. Conclusiones del Capítulo III.....	144
Conclusiones generales.	145
Recomendaciones	146
Referencias bibliográficas	147
IV. ANEXOS.....	157
Anexo 1 Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico de la Empresa “3A-Compocites Plantabal S.A.”	157
Anexo 2. Salida de la Protección Principal del Módulo extraíble con interruptor de potencia tipo 3AF 2321-4.....	157
Anexo 3. Salida de la Protección Aguas Arriba del Alimentador (mira hacia: Vivero, Cabañas, Genética).....	158
Anexo 4. Salida de la Protección, derivación trifásica del Alimentador (mira hacia el taller de aserrío).....	158
Anexo 5. Salida de la Protección, derivación trifásica del Alimentador (mira hacia la secadora 14 – 16 y la Oficina de Administración Principal).	159
Anexo 6. Salida de la Protecciones que alimenta a los transformadores: Vivero, Cabaña, Genética.....	159

Anexo 7. Salida de la Protecciones que alimenta a los transformadores: Aserrío 1 y Aserrío 2.....	160
Anexo 8. Salida de la Protecciones que alimenta a los transformadores: Secadora 14 – 16 y la Oficina de Administración Principal.....	160
Anexo 9. Salida de la Protecciones que alimenta al banco de transformadores: Secadora 17 – 22.....	160
Anexo 10. Salida de la Protecciones que alimenta el transformador: Secadora 1 – 13.	161
Anexo 11. Salida de la Protecciones que alimenta el transformador: Sector CK.	161
Anexo 12. Salida de la Protecciones que alimenta el transformador: Sector D100..	161
Anexo 13.	162
Anexo 14.	162
Anexo 15.	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Variaciones porcentuales globales y regionales en la demanda de electricidad, 2019-2025 .	12
Figura 2:	Mejora anual de la intensidad de la energía primaria, 2001-2023, 2022-2030	14
Figura 3:	Evolución de la demanda nacional de energía eléctrica	16
Figura 4:	Medidas de eficiencia energética	22
Figura 5:	Modelado de un sistema eléctrico	25
Figura 6:	Cámara termográfica FLIR T440.....	26
Figura 7:	Estrategias de eficiencia energética.....	30
Figura 8:	Industria automotriz Toyota.....	35
Figura 9:	Industria alimentaria Nestlé	36
Figura 10:	Industria cementera Cemex	37
Figura 11:	Industria de acero ArcelorMittal	39
Figura 12:	Diagrama de flujo del proceso metodológico, parte 1.....	47
Figura 13:	Diagrama de flujo del proceso metodológico, parte 2.....	48
Figura 14:	Ubicación de la Empresa “3A Composites– Plantabal S.A”	49
Figura 15:	Diagrama de flujo del proceso de industrialización de la madera balsa.....	50
Figura 16:	División de Áreas por secciones “3A Composites– Plantabal S.A”	51
Figura 17:	Diagrama Unifilar de la Subestación.....	52
Figura 18:	Diagrama Unifilar de la Línea de Producción.	54
Figura 19:	Diagrama Unifilar de la caldera BREMER y para la Línea de Producción Columbia Forest Products.	57
Figura 20:	Diagrama Unifilar de la Línea de Producción Columbia Forest Products.	58
Figura 21:	Diagrama Unifilar que pertenece al Taller de PGS.....	59
Figura 22:	Diagrama Unifilar que pertenece al Taller de PGS1.....	60
Figura 23:	Diagrama Unifilar que pertenece al Taller de PGS1.....	61
Figura 24:	Diagrama Unifilar que pertenece al alimentador que abastece a Oficina, Aserrío 1 y 2	62
Figura 25:	Diagrama Unifilar que pertenece al alimentador que abastece a Oficina, Aserrío 1 y 2. ...	63
Figura 26:	Diagrama Unifilar que pertenece al Aserrío 1.	64
Figura 27:	Diagrama Unifilar que pertenece al Aserrío 2.	65
Figura 28:	Diagrama Unifilar que pertenece al Aserrío 2.	66
Figura 29:	Pinza amperimétrica “Ampstik Plus”	67
Figura 30:	Analizador de Calidad de energía “HT PQA 824”	73
Figura 31:	Identificación de instalación del Analizador.....	75

Figura 32: Configuración de conexión Trifásico 4 – hilos.....	75
Figura 33: Grafica de valores de Voltaje Promedio.....	77
Figura 34: Grafica de Corrientes Promedio.....	79
Figura 35: Grafica de Potencia Activa Promedio.	80
Figura 36: Grafica de Potencia Activa Promedio.	82
Figura 37: Grafica de Potencia Aparente Promedio.	83
Figura 38: Grafica del Factor de Potencia.	85
Figura 39: Grafica de Flickers.	86
Figura 40: Diagrama Unifilar con representación de zonas de mayor carga.....	90
Figura 41: Diagrama Unifilar con representación de zonas de mayor carga en BT.	92
Figura 42: Edición del Power Grid (Red de Energía).	95
Figura 43: Edición de ventana de “Short Circuit”.	96
Figura 44: Edición de la barra (bus).....	96
Figura 45: Edición del transformador.	97
Figura 46: Configuración opción “rating” potencia del transformador.	97
Figura 47: Edición de Cable su Longitud y su ID.....	98
Figura 48: Configuración de la Acometida de MT calibre y tipo de conductor	98
Figura 49: Edición de Configuración de porcentaje de carga y evaluación.	99
Figura 50: Potencia de la carga en KVA, nombre y nivel de voltaje.....	99
Figura 51: Configuración del Alimentador y derivaciones trifásicas en línea de MT.	100
Figura 52: Configuración de calibre y tipo de conductor en línea de MT.	100
Figura 53: Estructura del Diagrama Unifilar.	101
Figura 54: Gráfica de las curvas de la potencia activa, potencia reactiva, y del factor de potencia. ...	104
Figura 55: Resultado de mediciones en la salida de la protección del Transformador de potencia..	110
Figura 56: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 07:00 – 09:00.....	111
Figura 57: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 11:00 – 13:00.....	112
Figura 58: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 18:00 – 20:00.....	112
Figura 59: Resultado de mediciones en la salida de la Protección Secundaria del Alimentador.	113
Figura 60: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 07:00 – 09:00.....	114
Figura 61: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 11:00 – 13:00.....	114
Figura 62: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 18:00 – 20:00.....	115
Figura 63: Resultado de mediciones salida de la Protección Abajo del Alimentador.	116
Figura 64: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 07:00 – 09:00.....	117
Figura 65: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 11:00 – 13:00.....	117
Figura 66: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 18:00 – 20:00.....	118
Figura 67: Grafica de resultados de Tensiones Promedio.	119

Figura 68: Grafica de resultados de Intensidades Promedio.	120
Figura 69: Grafica de resultados de Potencia Activa Promedio.	121
Figura 70: Grafica de resultados de Potencia Reactiva Promedio.	122
Figura 71: Grafica de resultados de Potencia Aparente Promedio.	123
Figura 72: Grafica de Resultado del Factor de Potencia.	124
Figura 73: Resultado de 31 analices termográficos en diferentes niveles de voltaje tanto de MT y BT.	131
Figura 74: Modelo del Diagrama Unifilar Simulado.	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sistema de tareas en relación a los objetivos específicos.	4
Tabla 2: Representación de medidas, implementaciones y logros en base a Eficiencias energéticas en Industria Automotriz.	35
Tabla 3: Representación de medidas, implementaciones y logros en base a Eficiencias energéticas en Industria Alimenticias.	36
Tabla 4: Representación de medidas, implementaciones y logros en base a Eficiencias energéticas en Industria Cementera.	37
Tabla 5: Representación de medidas, implementaciones y logros en base a Eficiencias energéticas en Industria de Acero.	38
Tabla 6: Placa de característica del transformador de Potencia.	53
Tabla 7: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller de Resaneo.	55
Tabla 8: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller de D100.	55
Tabla 9: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller de CK.	56
Tabla 10: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del área de Secadoras 1-13.	56
Tabla 11: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del área de Secadoras 11 -22.	57
Tabla 12: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación de la caldera BREMEN. ...	58
Tabla 13: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller PGS.	59
Tabla 14: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller PGS1.	60
Tabla 15: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller PGS1.	61
Tabla 16: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller PGS1.	62
Tabla 17: Equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación de la Oficina Principal. ..	63
Tabla 18: Equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación del Aserrío 1.	64

Tabla 19: Equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación del Aserrío 1.....	65
Tabla 20: Equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación de la Sección 5.	66
Tabla 21: Especificaciones de la Pinza amperimétrica “Ampstik Plus”.....	67
Tabla 22: Mediciones de la salida de la Protección del Transformador de Potencia de 5 / 6,25 kVA. 70	
Tabla 23: Mediciones de la salida de la Protección Secundaria del alimentador (Parte Céntrica).....	71
Tabla 24: Mediciones de la salida de la Protección Aguas Abajo del Alimentador.	72
Tabla 25: Principales especificaciones del Analizador “HT PQA 824”.....	74
Tabla 26: Parámetros establecidos por el ARCERNNR.....	76
Tabla 27: Barrido Termográfico.	87
Tabla 28: Magnitudes y Unidades de la Termografía.	88
Tabla 29: Criterios de severidad.	89
Tabla 30: Ficha termográfica realizada en la protección del Alimentador (Parte Céntrica).	91
Tabla 31: Ficha técnica de la termografía realizada en el Banco de transformadores: X, Y, Z,	93
Tabla 32: Representación de parámetros eléctricos con valores promedios, máximos y mínimos. ...	103
Tabla 33: Valores calculados de potencia reactiva (Q_c)	106
Tabla 34: Valores calculados de la potencia reactiva necesaria. (Resumen del Anexo17).	108
Tabla 35: Resultado del Consolidado Termográfico.....	125
Tabla 36: Resultados obtenidos por el software ETAP.	133
Tabla 37: Calculo de la potencia activa y la potencia aparente.	134
Tabla 38: Validación de resultados en función de Potencia Activa y Aparente.	135
Tabla 39: Promedio de la Potencia Activa y el Factor de Potencia.	137
Tabla 40: Pliego tarifario del servicio publico de energía eléctrica.	139
Tabla 41: Costo de Materiales.....	140
Tabla 42: Costo de Mano de Obra.....	140
Tabla 43: Costo de Mantenimiento Anual.	141

INTRODUCCIÓN

Antecedentes:

El presente proyecto se encuentra alineado al proyecto Formativo “Estrategias de planeación de sistemas eléctricos de distribución en el contexto de la transición energética” y se ajusta a las líneas de investigación enfocada a energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental, de las cuales se deriva una sub-línea orientada a la conversión y uso racional de la energía encaminada a la sostenibilidad energética y medio ambiente. Con la presente investigación se pretende realizar un estudio energético enfocado en la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa “3A Composites – Plantabal S.A” utilizando simulaciones y mediciones de campo para determinar el comportamiento actual de las redes eléctricas de distribución de MT, BT que en conjunto abastecen primordialmente a la línea de taller de manufactura de madera de balsa la cual constituye el mayor consumo energético de la planta.

El trabajo está dividido en 3 capítulos, en el primer capítulo se aborda la fundamentación teórica en base a un historial actualizado de la investigación, realizando una revisión bibliográfica sobre los parámetros que conlleva un estudio energético conjunto a la compilación información bibliográfica de la literatura sobre trabajos similares.

El segundo capítulo establece la metodología a emplear, considerando procedimientos para la estructuración del desarrollo de la investigación. En la cual se aplicara un levantamiento exhaustivo de información del sistema eléctrico actual en la empresa “3A Composites – Plantabal S.A”, ejecutando un estudio termográfico enfocado en la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa y evidenciando con un modelamiento del sistema eléctrico actual de la empresa mediante un software computacional para comprender el estado en el que se encuentra dicha

empresa y plantear soluciones logrando los objetivos en base al desarrollo de la investigación.

Finalmente, el tercer capítulo está enfocado en validar claramente los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los procedimientos enunciados de esta manera atizar una planificación para mejorar la eficiencia energética y reducir los daños ocasionados en equipos y las desconexiones impropias debido a las perturbaciones que afectan el suministro eléctrico.

Planteamiento del problema:

En la sociedad actual, la electricidad es esencial para llevar a cabo nuestras actividades cotidianas con normalidad. Con la creciente adopción de nuevas tecnologías, como la automatización en las fábricas, se incorporan equipos electrónicos a la red eléctrica, lo que puede ocasionar diversos inconvenientes. Estos problemas incluyen fluctuaciones en voltajes y corrientes, disminución del factor de potencia, variaciones en la frecuencia, presencia de armónicos, entre otros. Las fallas en los sistemas eléctricos suelen ser consecuencia del mal uso y el exceso de consumo de energía, así como de la falta de mantenimiento, instalaciones defectuosas y el sobrecalentamiento de las máquinas. Estas fallas pueden resultar en interrupciones en el suministro eléctrico o apagones, lo que a su vez afecta al medio ambiente y ocasiona pérdidas económicas.

Según [1], menciona que evaluar la calidad de la corriente eléctrica en los dispositivos y las redes de distribución es crucial tanto para las compañías eléctricas como para los usuarios. Esto permite detectar posibles problemas y aplicar las soluciones adecuadas según cada situación. La presencia de cargas no lineales, conmutaciones, cambios en las cargas o daños en los equipos puede ocasionar una baja calidad en el sistema eléctrico. Este déficit no solo implica un costo en términos de energía malgastada y tiempo de inactividad innecesario, sino que también representa un riesgo aumentado de fallos.

En la actualidad es necesario realizar un estudio del sistema energético en la Empresa “3A Composites – Plantabal S.A” para determinar el comportamiento actual de las

redes eléctricas de distribución de MT, BT. En función del análisis del problema, ha sido pertinente realizar un diagnóstico de calidad de energía propuesta en la salida de los terminales del grupo de banco de transformadores con una capacidad de 750 kVA en su totalidad, que abastece la línea de manufactura de madera de balsa.

Las perturbaciones eléctricas en una red generan: caídas o aumentos de tensión, aumentos de intensidades, reducción de eficiencia en equipos y máquinas eléctricas, variación de frecuencia y distorsión de armónicos [2].

Formulación del problema

La empresa "3A Composites – Plantabal S.A." actualmente experimenta desconexiones parciales en su sistema eléctrico, lo que genera pérdidas operativas y afecta la continuidad de sus procesos de producción. Estas interrupciones están relacionadas con perturbaciones eléctricas ubicadas en el alimentador 01, el cual suministra energía a derivaciones monofásicas y trifásicas con alta demanda energética. Ante esta situación, se hace necesario realizar un estudio energético que permita identificar las fluctuaciones que causan dichas interrupciones y, de este modo, implementar soluciones para reducir las pérdidas y desconexiones inoportunas, mejorando la estabilidad y fiabilidad del sistema eléctrico.

Objetivo General

Realizar un estudio energético enfocado en la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa “3A Composites – Plantabal S.A” utilizando simulaciones y mediciones de campo en la cual mejorar la eficiencia energética.

Objetivos Específicos:

1. Realizar una revisión bibliográfica sobre los parámetros que conlleva un estudio energético.
2. Desarrollar un levantamiento exhaustivo de información del sistema eléctrico actual en la empresa “3A Composites – Plantabal S.A”
3. Ejecutar un estudio termográfico enfocado en la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa.
4. Modelar el sistema eléctrico actual de la empresa mediante un software computacional para comprender el estado en el que se encuentra dicha empresa y plantear soluciones.

Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos: estas son actividades que se realizarán para dar cumplimiento a cada objetivo específico planteado.

Tabla 1: Sistema de tareas en relación a los objetivos específicos.

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Realizar una revisión bibliográfica sobre los parámetros que conlleva un estudio energético.	Recopilación bibliográfica de la literatura sobre trabajos similares. Compilación de información, sobre estudios energéticos	Desarrollo del marco teórico. Adquisición de conocimientos relacionados con labores afines.	Artículos, Tesis, Proyectos de Investigación relacionado con estudios energéticos.

	aplicando métodos y herramientas.		
Desarrollar un levantamiento exhaustivo de información del sistema eléctrico actual en la empresa “3A Composites – Plantabal S.A”	<p>Inspección visual del alimentador 01 y sus ramales principales para determinar puntos de mayor consumo.</p> <p>Recopilación de softwares computacionales para escoger el más viable.</p> <p>Recopilación de lecturas en MT y BT con la ayuda de la pértiga y la pinza amperimétrica de media tensión.</p> <p>Instalación del analizador en la salida de los terminales durante 7 días para un mejor análisis de calidad de energía.</p>	<p>Obtención de lecturas de MT y BT.</p> <p>Documentación de lecturas para una toma de decisiones en base al mejoramiento.</p> <p>Obtención del plano eléctrico.</p>	<p>Mediciones con herramientas como:</p> <p>Pinza amperimétrica de BT.</p> <p>Pinza amperimétrica de AT.</p> <p>Pértiga telescópica.</p> <p>Analizador de calidad de energía.</p>
Ejecutar un estudio termográfico enfocado en la línea de producción principal que	Analizar los puntos calientes en: protecciones eléctricas, tableros principales, puntos de media tensión y banco de	Obtención de registro de valores del Estudio Termográfico.	Cámara termográfica FLIR T440 Aplicación FLIR T440

<p>corresponde al alimentador 01 de la empresa.</p>	<p>transformadores del sistema eléctrico bajo técnicas y normas. Utilizando una cámara termográfica.</p>		
<p>Modelar el sistema eléctrico actual de la empresa mediante un software computacional para comprender el estado en el que se encuentra dicha empresa y plantear soluciones.</p>	<p>Desarrollo de la simulación modelada por un software especializado.</p>	<p>Modelamiento de flujos de los parámetros eléctricos en la línea de producción.</p>	<p>Software Especializado.</p>

Fuente: El Autor.

Justificación.

La mejora de la calidad en el suministro eléctrico es un tema investigado globalmente. Estos estudios han revelado los criterios utilizados para evaluar la calidad del suministro eléctrico, así como las razones y efectos de las interrupciones en dicho servicio [3]. Los inconvenientes presentes en la red eléctrica provocan consecuencias significativas para la sociedad, tales como importantes pérdidas económicas y de suministro energético. Por tanto, resulta imperativo contar con un plan efectivo que agilice la restauración del sistema eléctrico de manera eficiente y rápida. En resumen, la implementación de un plan adecuado es crucial para minimizar los impactos negativos de las fallas en el suministro eléctrico y garantizar el funcionamiento óptimo de la red.

Uno de los primordiales inconvenientes en la actualidad en el sector industrial, es el alto consumo energético y la prolongación de dispositivos y máquinas electrónicas. La empresa “3A Composites – Plantabal S.A” cuenta con actividades principales como los procesos de secado y manufactura de madera de balsa, así como la comercialización de su producción. Su principal producto es un elaborado, denominado bloque encolado prensado de madera de balsa, posterior cortado en tablas con dimensiones exactas producto que se lo sirve a su vez como materia prima para procesos posteriores y que al final tiene múltiples aplicaciones tales como: partes de embarcaciones, palas o aspas de los generadores de energía eólicos, partes de trenes, cámaras acústicas, pallets especiales, etc. Es por ello que se realiza un estudio energético desde las principales líneas de procesos para la elaboración de madera, enfocándose en la línea de producción principal debido ala mayor demanda energética y que han generado gran cantidad de inconvenientes, provocando discontinuidad en el servicio eléctrico afectando la producción de dicha empresa.

La importancia del proyecto de investigación tiene con objetivo desarrollar un estudio energético integral enfocado en la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01, considerando el estudio de datos adquiridos mediante herramientas y

equipos especiales, para determinar un correcto funcionamiento en el sistema eléctrico. Planteando un estudio de calidad de energía implementado en las salidas del banco de transformadores de 750 kVA que abastece a la línea de manufactura. Analizando: niveles de voltaje, niveles de corrientes, flicker, factor de potencias, transitorios. De esta manera atizar una planificación para mejorar la eficiencia energética y recomendar técnicas de mantenimiento para reducir los daños ocasionados en equipos y las desconexiones inoportunas debido a las perturbaciones que afectan el suministro eléctrico. El beneficiario directo de este proyecto es la empresa “3A Composites – Plantabal S.A”, ya que obtendrá un estudio energético enfocado en la confiabilidad aplicando métodos y propuestas técnicas de mejora al sistema.

Hipótesis

¿El desarrollo de un estudio energético en la empresa "3A Composites – Plantabal S.A." permitirá identificar las perturbaciones y fluctuaciones críticas, así como los puntos de mayor consumo energético, optimizando el rendimiento del sistema eléctrico y reduciendo las desconexiones parciales y las pérdidas operativas?

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEORICA

1.1. Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado del arte.

Uno de los trabajos más relevantes en esta área es el estudio de [4], que se centró en la calidad del suministro eléctrico en una planta manufacturera de la industria automotriz. El objetivo de la investigación fue identificar los efectos de las perturbaciones eléctricas en la eficiencia de la maquinaria utilizada. A través de la instalación de analizadores de energía y un monitoreo prolongado de los parámetros eléctricos, se identificaron picos de voltaje y distorsiones armónicas que afectaban directamente la productividad de la planta. Como resultado, se implementaron filtros armónicos y se mejoraron los sistemas de protección, logrando una reducción del 25% en las pérdidas económicas causadas por interrupciones energéticas.

Por otro lado, un estudio realizado en una planta de manufactura de papel en Asia por [5] abordó el problema del bajo factor de potencia y las fluctuaciones de voltaje en sus sistemas eléctricos. Utilizando herramientas de simulación como ETAP, los investigadores modelaron el sistema eléctrico y propusieron la implementación de compensadores de reactivos. Los resultados de este estudio mostraron una mejora significativa en el factor de potencia y una estabilización en los niveles de voltaje, lo que resultó en una reducción del consumo energético de la planta en un 10%.

En el ámbito local, el trabajo de [6] en una empresa de manufactura de alimentos de Latinoamérica investigó la incidencia de las perturbaciones eléctricas en las líneas de producción críticas. El estudio evaluó la calidad de la energía mediante el uso de analizadores en tiempo real y termografía infrarroja, logrando identificar puntos críticos de sobrecalentamiento en transformadores y tableros de distribución. Como consecuencia de este diagnóstico, se aplicaron medidas correctivas que aumentaron la confiabilidad del sistema eléctrico en un 30%, minimizando paradas no planificadas y mejorando la eficiencia operativa.

Según [7], los autores indican que en la planta industrial de la compañía Sucesores de Jacobo Paredes M. S.A, ubicada en Cusubamba Oe1-17 y Av. Pedro Vicente

Maldonado, Sector Guajaló, Quito – Provincia Pichincha - Ecuador, específicamente en su línea de producción, se ha observado mediante un monitoreo en tiempo real de la entrada de alimentación a la línea Fava 2200 que existen fluctuaciones en la tensión que caen por debajo de los niveles establecidos por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), (con un máximo de 129.6 VAC y un mínimo de 110.4 VAC) entre L-N. Estas fluctuaciones podrían causar problemas en el funcionamiento adecuado de la red eléctrica y, en consecuencia, afectar el rendimiento de la maquinaria, lo que resultaría en pérdidas económicas.

De acuerdo con [8], el autor determina un aumento constante en la demanda de electricidad requiere una constante expansión y mejora del sistema de distribución de redes de cableado de baja y media tensión. Esto implica un incremento en la longitud y complejidad de las redes, así como en la duración de posibles averías, especialmente en áreas urbanas. Además, este crecimiento tiene un impacto significativo en el medio ambiente. Por lo tanto, es crucial proporcionar un servicio eléctrico continuo y confiable, con interrupciones mínimas, que garantice la calidad de la energía a todos los clientes, tanto regulados como no regulados.

Según [9], los autores concluyen que las interrupciones en el suministro eléctrico pueden acarrear una variedad de pérdidas, que van desde las financieras para las empresas de bienes y servicios, que ven mermados sus ingresos al detener sus procesos y no poder llevar al mercado productos terminados o servicios prestados, hasta el aumento de costos derivado de la inactividad de la fuerza laboral, así como de los recursos económicos y humanos adicionales requeridos para reanudar dichos procesos. Además, estas interrupciones pueden ocasionar daños a los equipos involucrados.

Por eso la necesidad de realizar un estudio energético es primordial para disminuir interrupciones por perturbaciones en el suministro eléctrico en empresas industriales o fabricas ya que consideran gastos significativos.

A nivel regional, [10] llevó a cabo un análisis en una planta industrial en Europa dedicada a la producción de acero, la cual presentaba problemas recurrentes de

distorsión armónica y pérdidas de energía. Mediante el análisis de las lecturas de corriente y voltaje, los investigadores implementaron un sistema de monitoreo en línea que permitió una supervisión constante de los parámetros eléctricos. Los resultados de esta investigación demostraron que, al reducir los armónicos en un 15%, la empresa logró disminuir considerablemente las pérdidas energéticas, con un impacto positivo en su balance económico.

Otro estudio de gran relevancia fue el de [11], que analizó el impacto de las perturbaciones eléctricas en la industria eólica. La investigación se enfocó en los sistemas eléctricos que alimentan las líneas de producción de aspas para aerogeneradores. Utilizando simulaciones computacionales y estudios termográficos, se identificaron problemas de transitorios eléctricos que causaban sobrecalentamiento en los bancos de transformadores. Como solución, se recomendaron mejoras en la protección de los transformadores y se implementaron nuevos sistemas de refrigeración, lo que incrementó la vida útil de los equipos y la eficiencia de la planta en un 18%.

En cuanto a la perspectiva global, el trabajo de [12] en una planta de fabricación de componentes electrónicos en Estados Unidos realizó un estudio integral sobre la calidad del suministro energético en sistemas altamente automatizados. Mediante el uso de analizadores de calidad de energía, se evaluaron variables como el flicker, armónicos de voltaje y corrientes transitorias, logrando reducir las interrupciones en la producción en un 40%. Este trabajo subraya la importancia de la implementación de sistemas de monitoreo continuo en industrias que dependen de procesos de alta precisión y automatización.

La pobreza energética (PE) es un inconveniente generalizado en Europa. La detección de EP se ve limitada por la falta de datos y métricas globales. Recientemente, se han aplicado cada vez más enfoques innovadores que utilizan técnicas de inteligencia artificial (IA) para aliviar la EP [13].

En 2022, la demanda global de electricidad se mantuvo consistente a pesar de la crisis energética mundial desencadenado por la invasión Rusa de Ucrania. Se observó un

incremento del consumo de electricidad de casi un 2%, en contraste con la tasa de crecimiento promedio del 2.4% registrada entre 2015 y 2019. La tendencia hacia la electrificación en sectores como el transporte y la calefacción continuó acelerándose a nivel mundial, siendo notable el aumento en la venta de vehículos eléctricos y bombas de calor durante el año, contribuyendo así al crecimiento. No obstante, las economías globales, aún en proceso de recuperación tras los impactos del Covid-19, se vieron afectadas por los precios récord de la energía. El alza en los precios de productos energéticos como el gas natural y el carbón incrementó significativamente los costos de generación de energía, contribuyendo a un rápido aumento en la inflación. Esta desaceleración económica y los altos costos de la electricidad limitaron el crecimiento en la demanda eléctrica en la mayoría de las regiones del mundo [14].

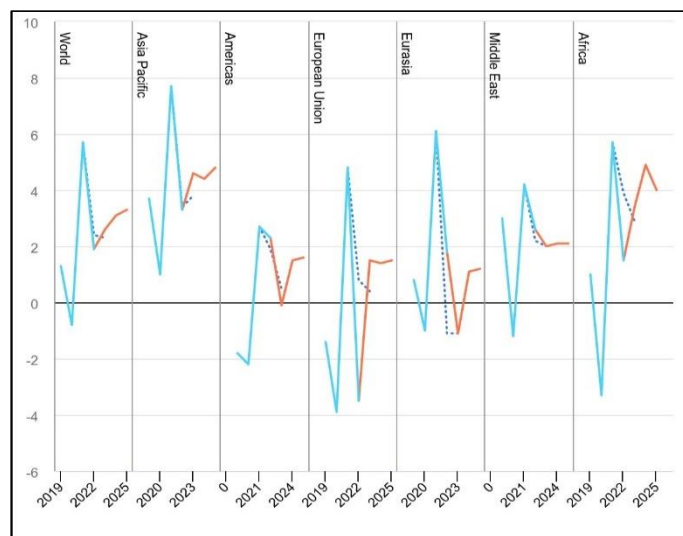


Figura 1 Variaciones porcentuales globales y regionales en la demanda de electricidad, 2019-2025 [14].

En América Latina, el estudio de [15] en una planta industrial de procesamiento de alimentos destacó la importancia del mantenimiento preventivo para evitar problemas de calidad en el suministro energético. La investigación reveló que una gran parte de las fallas eléctricas en la planta eran causadas por la falta de mantenimiento adecuado en los transformadores y tableros eléctricos. Al implementar un plan de mantenimiento

periódico basado en estudios termográficos y análisis de calidad de energía, la empresa logró reducir las interrupciones en el servicio en un 35%.

En América Central y del Sur, la tasa de aumento anual de la demanda eléctrica se redujo alrededor del 1% en 2022, comparado con el 4,4% de 2021. Proyectamos que entre 2023 y 2025, el consumo de electricidad aumentará a un ritmo medio anual del 2%. La desaceleración observada en 2022 se atribuyó principalmente a un menor crecimiento en Brasil, el segundo mayor consumidor de la región. En dicho país, el crecimiento de la demanda eléctrica fue solo del 0,3% en 2022, en contraste con el 6% de 2021. Esperamos un aumento promedio anual del 2% para Brasil durante el período 2023-2025. En 2022, la demanda eléctrica en Argentina (0%), Colombia (1%) y Chile (2%) experimentaron incrementos modestos, mientras que Perú registró un crecimiento más sólido (4%). En los próximos años, anticipamos que el crecimiento se acelerará en Colombia y Chile, mientras que se desacelerará en Perú y Argentina entre 2023 y 2025 [14].

En 2023, ha habido un continuo enfoque en la relevancia de mejorar la eficiencia energética como medio para impulsar la transición hacia fuentes de energía más

limpias, reducir los costos energéticos y fortalecer la seguridad en este ámbito. Sin embargo, se anticipa que el ritmo de avance en la eficiencia energética a nivel global, o sea, la reducción en la cantidad de energía utilizada por unidad de producción económica o PIB, experimente una desaceleración. Tras aumentar alrededor de un 2% en 2022, se espera que este crecimiento se reduzca a niveles más bajos, aproximadamente del 1,3% en 2023. La intensidad energética, que mide la cantidad de energía primaria necesaria para generar una determinada cantidad de actividad económica, es un indicador clave a nivel mundial para monitorear los avances en eficiencia energética [16].

Según [16] dictamina que en la actualidad, los líderes políticos están prestando una atención especial a la eficiencia energética a nivel mundial, reconociendo su importancia en la mejora de la seguridad y accesibilidad energética, así como en la

promoción de la transición hacia fuentes de energía más limpias. Sin embargo, este enfoque se da en un momento en que se espera que la tasa de progreso en la intensidad energética para el año 2023 disminuya nuevamente, pasando del 2% del año pasado al 1,3%. Esta disminución en la tasa de mejora de la intensidad energética se debe en gran medida a un aumento del 1,7% en la demanda de energía en 2023, en comparación con el 1,3% del año anterior.

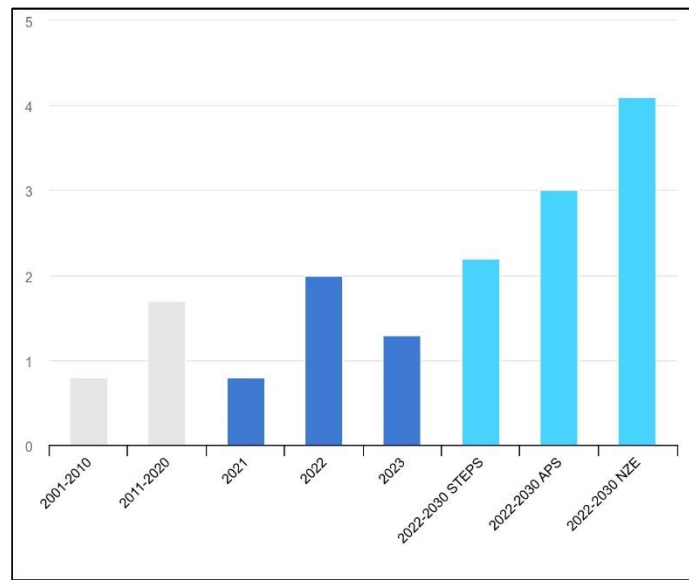


Figura 2: Mejora anual de la intensidad de la energía primaria, 2001-2023, 2022-2030 [16].

Además, la investigación de [17] en una planta petroquímica en el Medio Oriente abordó los problemas de calidad de energía en los sistemas eléctricos que alimentan las líneas de producción de productos químicos. Este estudio mostró que la presencia de cargas no lineales y fluctuaciones de voltaje afectaban la eficiencia de los equipos. Tras implementar correcciones en los sistemas de compensación de energía reactiva y protección de sobrecarga, la planta experimentó una mejora en la estabilidad del suministro eléctrico, lo que permitió una operación más continua y eficiente.

En el ámbito académico, el trabajo de [18] se centró en la modelación de sistemas eléctricos industriales mediante software ETAP, con el objetivo de evaluar la calidad del suministro en plantas de producción textil. La investigación arrojó que la simulación de los flujos eléctricos permite identificar de manera precisa los puntos

críticos de sobrecarga y fallos potenciales, facilitando la implementación de medidas correctivas antes de que ocurran interrupciones en el servicio.

Finalmente, el estudio de [19] realizado en una planta de procesamiento de minerales en África evaluó el impacto de las perturbaciones eléctricas en la eficiencia de los procesos industriales. La investigación demostró que la implementación de analizadores de energía en puntos estratégicos de la red permitía una detección temprana de problemas, como picos de corriente y fluctuaciones de voltaje. Como resultado, la planta mejoró su eficiencia operativa en un 20%.

En los últimos años, se han llevado a cabo proyectos significativos en el ámbito eléctrico de Ecuador. Estos proyectos están destinados a asegurar un suministro eléctrico confiable mediante el aprovechamiento de fuentes de energía renovable, en particular la energía hidroeléctrica. El objetivo es contribuir a la diversificación de la matriz energética y reducir considerablemente la dependencia de los combustibles fósiles. La eficacia en el uso de energía ha sido otro punto crucial, logrado mediante la implementación de políticas tarifarias y la ejecución de diversos programas de eficiencia energética. Estos programas incluyen medidas como la promoción de la iluminación eficiente tanto en hogares como en espacios públicos, el reemplazo de electrodomésticos antiguos y de alto consumo energético, la aplicación de normativas técnicas y etiquetado para electrodomésticos domésticos, la adopción de sistemas de gestión energética en industrias clave, y la transición del gas licuado de petróleo (GLP) hacia la electricidad. Estas acciones han resultado en una significativa reducción de la demanda eléctrica a nivel nacional, generando a su vez ahorros económicos al evitar la necesidad de invertir en nueva infraestructura de generación para cubrir dicha demanda [20].

Durante los últimos años, el sector eléctrico ha experimentado notables inversiones que han posibilitado la consecución de la soberanía energética y la capacidad de exportar energía a naciones vecinas. Estas inversiones también han propiciado la mejora y actualización de la infraestructura en los sistemas de transmisión y distribución eléctrica, con el objetivo de ofrecer un servicio de alta calidad a la población nacional.

Este impulso ha generado un entorno propicio para la innovación, fomentando la productividad y el progreso en Ecuador [20].

El desarrollo del mercado eléctrico en Ecuador ha experimentado una tendencia a la baja en la demanda durante varios años. Los desafíos económicos enfrentados por el país entre 2015 y 2017 se han identificado como el principal factor de incertidumbre para prever la demanda futura. Como resultado, ha sido necesario monitorear con mayor frecuencia la evolución de las variables y los indicadores relevantes para ajustar las proyecciones de demanda mediante estudios especializados [20].

En la Figura 3. Se analiza la evolución de la demanda de energía requerida en los puntos de generación del Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.) durante el período comprendido entre 2008 y 2018, registrando un crecimiento promedio anual del 3,96%.

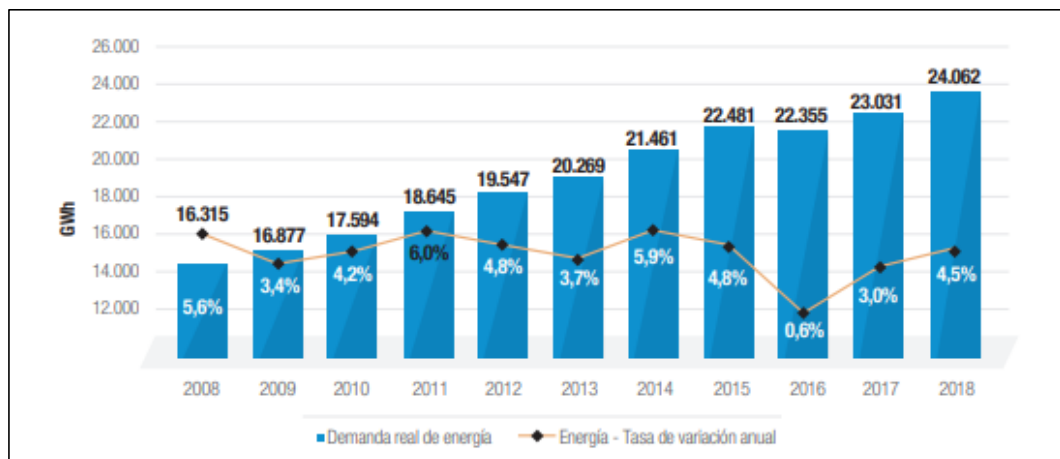


Figura 3: Evolución de la demanda nacional de energía eléctrica [20].

Las investigaciones relacionadas con el estudio energético en sistemas redes de distribución de energía eléctrica se han centrado en aspectos importantes como en técnicas integrales para poder interpretar el problema a resolver. Por ejemplo [21], la metodología que se aplicará consistirá en el exhaustivo levantamiento de información del sistema eléctrico a través de la toma de datos en campo. Este proceso permitirá obtener una amplia gama de parámetros cruciales, tales como voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, flicker, armónicos, secuencia de fases, mediciones termográficas y resistencia del sistema de puesta a tierra. Se realizó una revisión al

estudio energético en sistemas redes de distribución de energía eléctrica donde se utilizarán una variedad de equipos especializados, incluyendo un analizador trifásico, una cámara termográfica, un telurómetro y un secuenciómetro. Se determinó que los parámetros obtenidos previamente serán sujetos a un análisis conforme a las normativas mencionadas anteriormente para el estudio energético en sistemas redes de distribución de energía eléctrica. Los resultados obtenidos en esta investigación concluyeron que se establezca un plan de mejora continua, que corrija o mejore la calidad de energía del sistema eléctrico actual cumpliendo las normativas mencionadas anteriormente.

Otras indagaciones enfocadas hacia el estudio energético en industrias presentan un análisis con el objetivo de comprender el comportamiento actual de sus sistemas eléctricos, mejorando y recomendando acciones eficientes de calidad de energía. Por ejemplo [2], se analizaron indicadores de parámetros eléctricos como: voltaje, corriente, valores máximos y mínimos de potencias, distorsión de armónicos en voltaje. Para llevar a cabo la tarea, surgió la necesidad de emplear un analizador especializado en la evaluación de datos de redes, lo cual resultó de gran ayuda para detectar y prevenir un exceso en el consumo de energía (en kWh), así como para analizar las tendencias y localizar los picos máximos de consumo. Esto condujo a la necesidad de desarrollar y planificar la implementación de un nuevo sistema de capacitores. Se determinó que la disminución del factor de potencia ocasiona varios problemas, como la disminución de la eficiencia en motores, equipos de protección y transformadores, aumento de la corriente, caídas en el voltaje, incremento en la potencia de la planta y un aumento en las facturas mensuales debido a penalizaciones. Como resultado al enfoque de estudio realizado sugiere como solución, diseñar y simular uno o más conjuntos de capacitores según sea necesario, lo que favorecerá una mayor eficiencia en el consumo de energía. Esto llevaría a reducir significativamente las pérdidas y evitar posibles penalizaciones por parte de la compañía eléctrica local.

Según [22], los autores indican que un estudio energético realizado en empresas productoras de plástico se han centrado en aspectos que abordarán en primer lugar el

concepto de eficiencia energética y se presentarán algunos resultados alcanzados en el procesamiento de plásticos. Luego, se expondrán varios métodos para calcular el consumo de energía, centrándose especialmente en empresas dedicadas a la transformación de plásticos. Además, se ofrecerá un resumen del estado actual de diversos estudios sobre indicadores de parámetros eléctricos como: voltaje, corriente, valores máximos y mínimos de potencias, distorsión de armónicos en voltaje. Como resultado se analizó el consumo de energía en empresas del sector de plásticos, tanto a nivel nacional como internacional.

En la actualidad con el avance de la industria, el diagnóstico de un estudio energético eléctrico se ha vuelto crucial, ya que es esencial para asegurar el funcionamiento continuo y eficiente de los equipos e instalaciones que se emplean en los procesos industriales. Por ejemplo [23], para que el diagnóstico energético eléctrico sea eficaz, es esencial desarrollar una estrategia de medición de parámetros eléctricos que permita evaluar el estado de los componentes eléctricos o mecánicos mediante diversas técnicas de seguimiento y análisis para determinar su condición. Una de las técnicas utilizadas para implementar un plan de mantenimiento predictivo es la termografía infrarroja, la cual ha sido ampliamente aceptada como una herramienta consolidada para la inspección de instalaciones eléctricas tanto en países en desarrollo como en industrializados. Como resultado, estos métodos ofrecen una ventaja significativa al posibilitar la inspección de las instalaciones mientras están operativas. La continuidad del trabajo es esencial para garantizar la precisión de las mediciones, lo que significa que no es preciso detener los procesos de producción en marcha.

En este contexto, los estudios revisados han demostrado que el monitoreo continuo, el uso de tecnologías avanzadas como la termografía y la simulación computacional, y la implementación de medidas preventivas son estrategias clave para mejorar la calidad del suministro energético en industrias. Estas investigaciones refuerzan la necesidad de realizar un estudio energético integral en la empresa "3A Composites – Plantabal S.A", enfocado en el alimentador 01 y la línea de producción principal, para identificar y mitigar problemas eléctricos que afecten la eficiencia y continuidad de sus operaciones.

1.2. Medidas de eficiencia energética.

Las medidas de eficiencia energética en el contexto industrial han adquirido una importancia creciente debido a la necesidad de reducir costos operativos y minimizar el impacto ambiental. Estas medidas implican la optimización del uso de energía en los procesos productivos, lo que se traduce en un menor consumo de energía sin sacrificar la calidad de los productos o la productividad. La implementación de estrategias adecuadas de eficiencia energética no solo tiene beneficios económicos, sino que también contribuye al cumplimiento de normativas ambientales y a la sostenibilidad empresarial.

1.2.1 Eficiencia energética.

La eficiencia energética se define como la relación entre la cantidad de energía utilizada y la energía necesaria para realizar una tarea o proceso específico. En la industria, este concepto se enfoca en mejorar los procesos productivos, utilizando menos energía para obtener los mismos resultados o incluso mejores. Según [24], la eficiencia energética es un factor crucial en el desarrollo industrial sostenible, ya que permite reducir el consumo de energía sin afectar negativamente la producción.

En términos prácticos, la eficiencia energética se puede alcanzar mediante diversas estrategias, como la modernización de equipos, la optimización de procesos y la implementación de tecnologías avanzadas que minimicen las pérdidas de energía. Por ejemplo, el uso de motores de alta eficiencia, iluminación LED y sistemas de control automatizados son algunas de las medidas más comunes para mejorar la eficiencia en plantas industriales. Sin embargo, la eficiencia energética no se limita a la actualización tecnológica; también implica una gestión adecuada de los recursos y la capacitación del personal para operar los sistemas de manera eficiente.

En [25] se menciona que una de las barreras más comunes para la adopción de medidas de eficiencia energética en las empresas es el costo inicial de la inversión. A pesar de que a largo plazo estas inversiones se traducen en ahorros significativos, muchas empresas no cuentan con los recursos necesarios para implementar los cambios

necesarios. Sin embargo, estudios recientes indican que, con el apoyo de incentivos gubernamentales y financiamiento adecuado, la implementación de tecnologías energéticamente eficientes puede ser accesible para la mayoría de las industrias.

El impacto de la eficiencia energética no solo se refleja en la reducción de costos operativos, sino también en la reducción de la huella de carbono de las empresas. En [26] se señala que la industria es uno de los sectores que más contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que la adopción de medidas de eficiencia energética puede jugar un papel clave en la mitigación del cambio climático. Además, las normativas internacionales están presionando cada vez más a las industrias para que reduzcan sus emisiones, lo que refuerza la importancia de implementar políticas de eficiencia energética de manera sistemática.

1.2.2 Demanda energética.

La demanda energética en la industria se refiere a la cantidad de energía requerida para satisfacer las necesidades de producción. En este sentido, la demanda energética no es un valor fijo, sino que varía en función de varios factores, como el tipo de industria, la tecnología utilizada, el volumen de producción y las fluctuaciones estacionales en la operación. Según [27], la gestión adecuada de la demanda energética es esencial para evitar el uso ineficiente de la energía y para garantizar que el suministro eléctrico sea estable y confiable.

Uno de los desafíos más significativos en la gestión de la demanda energética es la posibilidad de que ocurran picos de demanda, que pueden sobrecargar el sistema eléctrico y llevar a interrupciones o fallos en el suministro. Esto es especialmente crítico en industrias que operan 24 horas al día y dependen de una energía constante para mantener su productividad. En [28] se sugiere que el uso de sistemas de control de demanda puede ayudar a nivelar la carga energética, reduciendo los picos de consumo y mejorando la eficiencia general del sistema eléctrico.

Existen varias estrategias que pueden implementarse para gestionar la demanda energética en las industrias. Una de ellas es la implementación de sistemas de gestión

de la energía (SGE), que permiten monitorear y controlar el consumo en tiempo real. Estos sistemas proporcionan datos clave que permiten a los responsables de la gestión energética tomar decisiones informadas para optimizar el uso de la energía. Además, en [29] se destaca que el almacenamiento de energía es otra solución eficaz para equilibrar la demanda energética, ya que permite acumular energía durante los periodos de baja demanda y utilizarla cuando la demanda aumenta.

La gestión de la demanda energética también puede verse influenciada por las tarifas de electricidad, que varían en función de la hora del día y de la demanda en la red eléctrica general. Según [30], las industrias pueden aprovechar las tarifas de electricidad más bajas durante los periodos de menor demanda para reducir sus costos energéticos. Esto se puede lograr ajustando los horarios de operación o implementando sistemas que automaticen el consumo energético durante los periodos de baja demanda.

1.2.3 Gestión energética.

La gestión energética es el proceso mediante el cual una empresa monitorea, controla y optimiza el uso de energía para mejorar su eficiencia. Es una práctica integral que no solo se enfoca en la reducción del consumo de energía, sino también en la mejora continua de los procesos y en la implementación de políticas sostenibles a largo plazo. Según [30], la gestión energética es fundamental para alcanzar los objetivos de sostenibilidad y eficiencia en cualquier empresa, ya que permite identificar oportunidades de ahorro y mejora en el uso de la energía.

Uno de los componentes esenciales de la gestión energética es la auditoría energética. En [31] se menciona que las auditorías energéticas permiten a las empresas identificar áreas donde se está desperdiciando energía y proponer soluciones para corregir estos problemas. Estas auditorías incluyen la evaluación de todos los sistemas energéticos de la empresa, desde el consumo de electricidad hasta el uso de combustibles y otros recursos energéticos. Una vez identificadas las áreas de mejora, las empresas pueden implementar soluciones que optimicen el uso de la energía y reduzcan los costos.

Además de las auditorías energéticas, la implementación de sistemas de gestión de energía basados en estándares internacionales, como la norma ISO 50001, es otra herramienta eficaz para mejorar la eficiencia energética. Estos sistemas proporcionan un marco de trabajo para la gestión sistemática de la energía, promoviendo la adopción de buenas prácticas y el establecimiento de objetivos claros de mejora continua. Según [32], las empresas que implementan la norma ISO 50001 no solo logran una mayor eficiencia energética, sino que también mejoran su competitividad en el mercado, ya que pueden reducir sus costos operativos y cumplir con las normativas ambientales.

La capacitación del personal es otro aspecto clave en la gestión energética. En [33] se sugiere que para que una empresa tenga éxito en la implementación de un sistema de gestión energética, es esencial que todo el personal esté capacitado y sea consciente de la importancia de la eficiencia energética. Esto implica no solo capacitar a los técnicos y operarios que manejan los equipos, sino también a los directivos y gestores, quienes deben liderar el cambio hacia una cultura de sostenibilidad y eficiencia dentro de la organización.



Figura 4: Medidas de eficiencia energética [34].

1.3. Principios y Definiciones.

En el contexto de la gestión energética industrial, es fundamental comprender los principios y definiciones clave que sustentan el uso y la optimización de los recursos energéticos. Estos principios no solo permiten entender cómo se comporta la energía

en diferentes sistemas, sino también cómo puede ser medida, modelada y mejorada para maximizar la eficiencia operativa. Entre los aspectos más relevantes en este campo se encuentran las definiciones de energía, el modelado del sistema eléctrico y el uso de la termografía como técnica de diagnóstico y mantenimiento preventivo.

1.3.1 Energía.

El concepto de energía es uno de los pilares fundamentales en la industria, ya que toda actividad productiva depende de la conversión y el uso eficiente de diversas formas de energía. La energía, según [35], es la capacidad de realizar trabajo, y puede manifestarse de diversas formas, como energía térmica, mecánica, eléctrica y química, siendo la energía eléctrica una de las más utilizadas en el ámbito industrial debido a su versatilidad y eficiencia. Sin embargo, en [31] señala que el uso eficiente de la energía eléctrica no solo implica su generación, sino también su distribución, conversión y almacenamiento.

En la industria, el aprovechamiento óptimo de la energía está relacionado con la minimización de las pérdidas en los procesos de conversión y distribución. Las pérdidas energéticas pueden ocurrir debido a la resistencia en los conductores, la ineficiencia de los motores eléctricos o la falta de mantenimiento adecuado de los equipos. Según [33], una forma de reducir estas pérdidas es mediante el uso de tecnologías avanzadas, como motores de alta eficiencia y sistemas de control automatizados, que permiten una mejor gestión del flujo energético dentro de la planta.

Además, el concepto de vectores energéticos es crucial para entender cómo se transporta y almacena la energía en un sistema industrial. Los vectores energéticos, como los combustibles fósiles, el hidrógeno o la electricidad, actúan como portadores de energía que pueden ser convertidos en otras formas de energía más útiles para las operaciones industriales. Según [35], el uso adecuado de los vectores energéticos puede mejorar significativamente la eficiencia del sistema al reducir las pérdidas durante la conversión y el transporte de energía.

1.3.2 Modelado del sistema eléctrico.

El modelado del sistema eléctrico es una herramienta clave para la planificación, análisis y optimización de los sistemas energéticos en las industrias. Consiste en la representación matemática y computacional del comportamiento de los sistemas eléctricos bajo diferentes condiciones de operación. Este proceso permite a los ingenieros prever posibles problemas, como sobrecargas o fallas en los equipos, y tomar decisiones informadas sobre las mejoras necesarias en el sistema.

Según [36], el modelado del sistema eléctrico es crucial para identificar los puntos de ineficiencia y evaluar el impacto de las perturbaciones eléctricas, como fluctuaciones de voltaje, armónicos y transitorios, sobre la operación industrial. Estas perturbaciones pueden afectar el rendimiento de los equipos eléctricos, generar pérdidas económicas y comprometer la seguridad de los trabajadores. Al simular estos escenarios mediante software especializado, como ETAP o DIGSILENT, los ingenieros pueden anticiparse a los problemas y proponer soluciones que optimicen el rendimiento del sistema eléctrico.

El modelado también es fundamental para la integración de fuentes de energía renovable en el sistema eléctrico industrial. Según [37], la creciente adopción de energías renovables, como la solar o la eólica, en las industrias ha generado nuevos desafíos en cuanto a la estabilidad y la gestión de los sistemas eléctricos. El modelado permite analizar cómo interactúan estas fuentes intermitentes con el resto de los equipos eléctricos y garantizar un suministro continuo y estable de energía. Esto es particularmente importante en industrias que dependen de una energía confiable para mantener su producción constante.

Por otro lado, [38] menciona que el modelado del sistema eléctrico también es útil para la planificación de la expansión de la infraestructura energética en una planta industrial. A medida que una industria crece, aumenta su demanda de energía, lo que requiere la instalación de nuevos equipos y la ampliación de las redes de distribución. Mediante el

modelado, es posible evaluar cómo estos cambios afectarán al sistema en su conjunto y diseñar soluciones que aseguren una operación eficiente y segura.

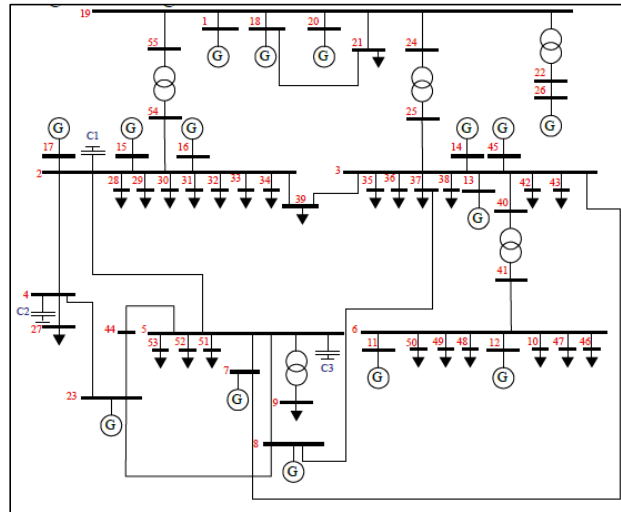


Figura 5: Modelado de un sistema eléctrico [39].

1.3.3 Termografía.

La termografía es una técnica no invasiva utilizada en la industria para el diagnóstico de equipos eléctricos y mecánicos, basada en la detección de la radiación infrarroja emitida por los objetos. Esta técnica permite visualizar y medir la temperatura de los componentes en tiempo real, identificando puntos calientes que podrían indicar problemas, como sobrecalentamiento, fugas de energía o fallos inminentes en los equipos. Según [40], la termografía se ha convertido en una herramienta indispensable en el mantenimiento preventivo y predictivo de los sistemas eléctricos, ya que permite detectar fallos antes de que se conviertan en problemas graves que puedan interrumpir la producción.

El uso de la termografía en los sistemas eléctricos es particularmente útil para detectar sobrecalentamientos en componentes como transformadores, cables, tableros de distribución y motores eléctricos. Según [41], el sobrecalentamiento es una de las principales causas de fallos eléctricos en las plantas industriales, y la detección temprana de estos problemas permite a las empresas tomar medidas correctivas antes de que ocurran fallos catastróficos. Además, la termografía permite realizar

inspecciones sin la necesidad de interrumpir la operación de los equipos, lo que minimiza el tiempo de inactividad y los costos asociados a la reparación.

Por otro lado, [42] destaca que la termografía también es útil para evaluar la eficiencia energética de los equipos y sistemas. Al detectar pérdidas de calor en los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), es posible identificar áreas donde se está desperdiciando energía y proponer soluciones para mejorar la eficiencia de los sistemas. Esto es especialmente importante en industrias que utilizan grandes cantidades de energía térmica, ya que cualquier pérdida de energía puede traducirse en un aumento significativo de los costos operativos.

En cuanto a la metodología, las cámaras termográficas permiten obtener imágenes detalladas de la distribución térmica en los equipos, lo que facilita la identificación de anomalías. Estas imágenes pueden ser analizadas mediante software especializado, que permite cuantificar las temperaturas y comparar los resultados con los estándares de operación. Según [40], una de las ventajas de la termografía es su capacidad para generar informes detallados que pueden ser utilizados por los técnicos y gerentes de mantenimiento para planificar intervenciones y optimizar la operación de los equipos.



Figura 6: Cámara termográfica FLIR T440 [43].

1.4. Estrategias de eficiencia energética.

Las estrategias de eficiencia energética son fundamentales para reducir el consumo de energía en las industrias, mejorar la competitividad empresarial y cumplir con los objetivos de sostenibilidad. Estas estrategias abarcan un conjunto de medidas que buscan optimizar el uso de la energía en los procesos productivos, minimizar las pérdidas energéticas y fomentar el uso de fuentes renovables. El desarrollo e implementación de estrategias eficaces no solo implica la adopción de tecnologías más eficientes, sino también la mejora en la gestión de la energía, la capacitación del personal y el diseño de políticas internas que promuevan una cultura de eficiencia energética.

1.4.1 Optimización de procesos y equipos.

Una de las principales estrategias para mejorar la eficiencia energética en las industrias es la optimización de los procesos productivos. Esto implica revisar y mejorar los métodos de producción para reducir el consumo de energía en cada etapa del proceso. Según [44], la optimización puede lograrse mediante el rediseño de los procesos productivos, la automatización de tareas que consumen mucha energía y la actualización de equipos antiguos por tecnologías más eficientes. Por ejemplo, en industrias que dependen de motores eléctricos para sus operaciones, la sustitución de motores ineficientes por motores de alta eficiencia puede reducir significativamente el consumo energético y, en consecuencia, los costos operativos.

Además [45], menciona que el uso de sistemas de control inteligente y sensores puede contribuir a la eficiencia al ajustar automáticamente el consumo de energía en función de la demanda real. Los sistemas de control permiten regular la operación de equipos como compresores, bombas y sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), lo que asegura que solo utilicen la cantidad de energía necesaria en cada momento. Esta automatización, que también puede implementarse en las líneas de producción, reduce el desperdicio de energía y asegura un rendimiento óptimo de los equipos.

1.4.2 Gestión de la demanda energética.

Una estrategia crucial en la eficiencia energética es la gestión de la demanda energética, que busca equilibrar la demanda de energía de una empresa con el suministro disponible, evitando picos de consumo que pueden generar sobrecargas en la red eléctrica y aumentos en los costos de operación. Según [46], la gestión de la demanda es especialmente importante en sectores industriales donde el consumo de energía es variable y depende de los niveles de producción. La implementación de sistemas de gestión de energía (SGE) permite monitorear el consumo energético en tiempo real y ajustar la operación de los equipos en función de las tarifas eléctricas y la disponibilidad de energía.

Una de las herramientas más eficaces para la gestión de la demanda es el uso de medidores inteligentes, que proporcionan datos detallados sobre el consumo de energía y permiten detectar ineficiencias en tiempo real. Estos sistemas ofrecen una mayor visibilidad sobre cómo se utiliza la energía en la planta y permiten identificar patrones de consumo que pueden ser optimizados. Además, [47] destaca que la gestión de la demanda puede complementarse con el uso de almacenamiento de energía, como baterías, que permiten almacenar energía durante los periodos de baja demanda y utilizarla en los momentos de mayor consumo, reduciendo así la dependencia del suministro externo y las fluctuaciones en las tarifas eléctricas.

1.4.3 Energías renovables y cogeneración.

Otra estrategia clave para mejorar la eficiencia energética en las industrias es la adopción de fuentes de energía renovables. El uso de energías limpias, como la solar, eólica o biomasa, no solo reduce la huella de carbono de las empresas, sino que también disminuye los costos operativos al depender menos de fuentes de energía convencionales. Según [48], muchas industrias están comenzando a integrar tecnologías renovables en sus sistemas energéticos, aprovechando las ventajas de la generación distribuida para reducir la dependencia de la red eléctrica convencional.

La cogeneración es otra estrategia que ha demostrado ser eficaz en la optimización energética industrial. La cogeneración, o generación combinada de calor y electricidad, permite utilizar el calor residual de los procesos productivos para generar energía eléctrica o térmica, maximizando así el aprovechamiento de los recursos energéticos. Según [49], la cogeneración puede reducir el consumo total de energía en una planta en hasta un 30%, lo que la convierte en una opción atractiva para industrias que requieren grandes cantidades de energía térmica para sus procesos. Además, la cogeneración es una tecnología flexible que puede adaptarse a diferentes tipos de industria, desde el sector químico hasta el alimentario.

1.4.4 Mantenimiento preventivo y predictivo.

Una de las estrategias más simples pero efectivas para mejorar la eficiencia energética es la implementación de programas de mantenimiento preventivo y predictivo. Según [50], un gran porcentaje de las pérdidas energéticas en las industrias se debe al mal estado de los equipos y a la falta de mantenimiento adecuado. El mantenimiento preventivo permite asegurar que los equipos eléctricos y mecánicos operen de manera óptima, evitando fallos que podrían provocar un consumo excesivo de energía. Este tipo de mantenimiento incluye la limpieza regular de componentes, la lubricación de piezas móviles y la revisión de los sistemas de control y protección.

Por otro lado, el mantenimiento predictivo, que utiliza tecnologías avanzadas como la termografía y el análisis de vibraciones, permite detectar problemas antes de que se conviertan en fallos graves. La termografía, como se menciona en [40], es particularmente útil para identificar puntos calientes en los equipos eléctricos, lo que indica un sobrecalentamiento o una pérdida de eficiencia. Al abordar estos problemas de manera proactiva, las empresas pueden evitar tiempos de inactividad no planificados y asegurar que sus equipos operen de manera eficiente, reduciendo así el consumo de energía y los costos asociados.

1.4.5 Capacitación y cultura organizacional.

La creación de una cultura de eficiencia energética dentro de las organizaciones es otra estrategia fundamental. Según [51], para que las medidas de eficiencia energética sean sostenibles a largo plazo, es necesario que todo el personal esté involucrado en el proceso, desde los operarios hasta la alta dirección. La capacitación del personal en el uso eficiente de la energía y la concienciación sobre la importancia de reducir el consumo innecesario son aspectos clave para asegurar que las estrategias implementadas tengan un impacto real y duradero.

Además, [52] destaca que las empresas deben diseñar políticas internas que promuevan la eficiencia energética y establezcan objetivos claros y medibles para la reducción del consumo. Estas políticas deben estar alineadas con las normativas nacionales e internacionales, y deben ser revisadas periódicamente para asegurar su efectividad. El uso de indicadores de desempeño energético (KPI) puede ser una herramienta eficaz para medir el progreso hacia los objetivos establecidos y para identificar áreas de mejora.



Figura 7: Estrategias de eficiencia energética [43].

1.5. Marco regulatorio.

El marco regulatorio juega un papel fundamental en la promoción y adopción de medidas de eficiencia energética a nivel global y nacional. Las normativas y políticas energéticas establecen las directrices necesarias para que las industrias y otros sectores implementen prácticas eficientes y sostenibles en el uso de energía. Estos marcos no solo buscan mejorar la competitividad y reducir los costos energéticos, sino también mitigar los efectos del cambio climático al promover un uso más racional de los recursos energéticos. El desarrollo de un marco regulatorio robusto y coherente es esencial para asegurar el cumplimiento de los objetivos internacionales en materia de eficiencia energética y sostenibilidad.

1.5.1 Internacional.

A nivel internacional, la eficiencia energética ha sido objeto de regulaciones y acuerdos multilaterales que buscan reducir el impacto ambiental y fomentar el uso sostenible de los recursos energéticos. Organismos como la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Unión Europea (UE) han establecido normativas y objetivos específicos para mejorar la eficiencia energética en los sectores industrial, residencial y de transporte.

Uno de los marcos regulatorios más importantes a nivel internacional es la Directiva de Eficiencia Energética de la Unión Europea (2012/27/UE), que establece metas ambiciosas para la reducción del consumo de energía en los países miembros. Esta directiva exige a las industrias realizar auditorías energéticas periódicas y establece incentivos para la adopción de tecnologías limpias y eficientes. Según [53], la Directiva de la UE ha sido un punto de referencia para otros países que buscan mejorar sus marcos regulatorios en materia de eficiencia energética. Además, introduce la obligación de que las grandes empresas implementen sistemas de gestión energética, como los que establece la norma ISO 50001, que garantiza una mejora continua en el uso de la energía dentro de las organizaciones.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) también ha desarrollado programas y políticas para fomentar la eficiencia energética a nivel global. Entre ellos destaca el Programa de Eficiencia Energética en la Industria de la AIE, que promueve el intercambio de mejores prácticas entre los países miembros y proporciona asistencia técnica para la implementación de políticas eficientes. La AIE estima que las mejoras en la eficiencia energética podrían contribuir significativamente a la reducción de las emisiones globales de carbono, ayudando a alcanzar los objetivos del Acuerdo de París (2015), que busca limitar el aumento de la temperatura global por debajo de los 2 grados Celsius [54].

A nivel mundial, otro acuerdo importante en materia de eficiencia energética es la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, adoptada en 2016. Este acuerdo tiene como objetivo reducir el uso de hidrofluorocarbonos (HFCs), gases que son ampliamente utilizados en sistemas de refrigeración y que tienen un elevado potencial de calentamiento global. Al reducir el uso de estos gases, se espera mejorar la eficiencia de los sistemas de refrigeración y climatización, contribuyendo así a una mayor eficiencia energética global y a la lucha contra el cambio climático [55].

1.5.2 Ecuatoriano.

En Ecuador, el marco regulatorio en materia de eficiencia energética ha evolucionado significativamente en las últimas dos décadas, impulsado tanto por la necesidad de mejorar la competitividad del país como por los compromisos asumidos en acuerdos internacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables es el ente encargado de establecer políticas energéticas a nivel nacional, promoviendo la adopción de medidas de eficiencia energética en los sectores industrial, comercial y residencial.

Una de las principales normativas ecuatorianas en esta materia es el Reglamento Técnico de Eficiencia Energética (RETEN), establecido por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Este reglamento, en línea con las normativas internacionales, establece requisitos mínimos de eficiencia energética para una variedad de equipos

eléctricos, como electrodomésticos, sistemas de iluminación y motores industriales. El objetivo principal del RETEN es reducir el consumo de energía eléctrica en el país y mejorar la eficiencia en los sistemas productivos [56]. Además, esta normativa incluye el etiquetado energético, lo que permite a los consumidores elegir productos más eficientes en términos de consumo energético.

Otro avance importante en el marco regulatorio ecuatoriano es la implementación de la Política Nacional de Eficiencia Energética (2016-2035), que establece una hoja de ruta para mejorar la eficiencia energética en todos los sectores de la economía ecuatoriana. Esta política promueve la adopción de sistemas de gestión energética en las industrias, el uso de tecnologías limpias y la integración de energías renovables en los procesos productivos. Según [5], uno de los pilares de esta política es la Estrategia Nacional de Eficiencia Energética (ENEE), que establece metas a corto, mediano y largo plazo para reducir el consumo de energía y fomentar la sostenibilidad en el país.

En el ámbito industrial, Ecuador ha adoptado la norma ISO 50001, que promueve la implementación de sistemas de gestión energética en las empresas para garantizar una mejora continua en el uso de la energía. Esta norma ha sido particularmente relevante en industrias de alto consumo energético, como la manufacturera y la minera. Según [57], las empresas que implementan la ISO 50001 han logrado reducir sus costos operativos y mejorar su competitividad en el mercado internacional, al tiempo que contribuyen a los objetivos de sostenibilidad establecidos en el Plan Nacional del Buen Vivir.

En el contexto de las políticas públicas, el Programa Nacional de Eficiencia Energética (PNEE), impulsado por el gobierno ecuatoriano, ha jugado un papel importante en la promoción de proyectos de eficiencia energética en diversas áreas. Este programa incluye incentivos fiscales para las empresas que invierten en tecnologías energéticamente eficientes y ofrece financiamiento para proyectos de modernización de infraestructura energética.

Según [58], el PNEE ha permitido a muchas empresas ecuatorianas mejorar su eficiencia energética, reducir sus costos y contribuir a los objetivos de reducción de emisiones del país.

Finalmente, el Código de Electricidad y Energía Renovable establece disposiciones adicionales sobre la eficiencia energética, promoviendo el uso racional y sostenible de la energía eléctrica en el país. Este código incluye directrices sobre el diseño y la operación de sistemas eléctricos, así como normas para la integración de energías renovables en la matriz energética del país. Según [58], el código está alineado con los objetivos de sostenibilidad del país y busca fomentar un mayor uso de fuentes limpias y renovables en la generación de energía.

1.6. Eficiencia energética en industrias.

La implementación de medidas de eficiencia energética en diversas industrias ha demostrado ser un factor clave no solo para reducir costos operativos, sino también para mejorar la sostenibilidad y cumplir con normativas ambientales cada vez más estrictas. A continuación, se describen casos de éxito en diferentes sectores industriales, donde se han adoptado estrategias y tecnologías innovadoras para mejorar la eficiencia en el uso de la energía.

1.6.1 Industria automotriz.

La industria automotriz, caracterizada por altos niveles de consumo energético debido a sus complejos procesos de manufactura, ha sido pionera en la adopción de medidas de eficiencia energética. Según [59], Toyota introdujo tecnologías avanzadas de monitoreo de energía en tiempo real, lo que le permitió identificar ineficiencias en los sistemas de iluminación, calefacción y ventilación, esto se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2: Representación de medidas, implementaciones y logros en base a Eficiencias energéticas en Industria Automotriz.

Eficiencia energética en industrias.				
Tipo de Industria	Nombre de Industria	Medidas a Implementar	Sistemas a Implementar	Logros Obtenidos
Automotriz	Toyota Motor Manufacturing	Una de las medidas más exitosas fue la instalación de un sistema de cogeneración, que utiliza el calor residual de los procesos productivos para generar energía eléctrica, lo que ha reducido el consumo total de energía de la planta en un 20%.	Implementado un sistema integral de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001	Toyota ha logrado reducir sus emisiones de carbono en un 15%, al tiempo que ha mejorado la competitividad y eficiencia de su operación.

Fuente: Autor.

Además, el uso de sensores inteligentes ha permitido una optimización constante de los procesos, reduciendo el desperdicio de energía en momentos de baja demanda. Gracias a estas acciones, Toyota ha logrado reducir sus emisiones de carbono en un 15%, al tiempo que ha mejorado la competitividad y eficiencia de su operación [60].



Figura 8: Industria automotriz Toyota [61].

1.6.2 Industria alimentaria.

La industria alimentaria, que depende en gran medida de procesos de refrigeración, cocción y envasado, también ha adoptado estrategias importantes para mejorar la eficiencia energética. Adopto estrategias de implementación de motores automatizados de monitoreo y control de la demanda energética, en referencia de la Tabla 3, se puede evidenciar las medidas e implementaciones.

Tabla 3: Representación de medidas, implementaciones y logros en base a Eficiencias energéticas en Industria Alimenticias.

Eficiencia energética en industrias.				
Tipo de Industria	Nombre de Industria	Medidas a Implementar	Sistemas a Implementar	Logros Obtenidos
Alimentaria	Nestlé	Registro estándares de calidad y uso racional de la energía. Adopto estrategias de implementación de motores automatizados de monitoreo y control de la demanda energética,	Implementó un programa de eficiencia energética enfocado en la reducción del consumo de energía en sus sistemas de refrigeración y producción de vapor.	La planta de Nestlé logró una reducción del 18% en su consumo total de energía en cinco años, al mismo tiempo que redujo sus costos operativos y mejoró su sostenibilidad ambiental.

Fuente: Autor.

Según [62], Nestlé logró reducir el consumo energético mediante la modernización de sus calderas, la implementación de un sistema de recuperación de calor y el uso de refrigerantes más eficientes. Además, la planta adoptó un sistema de monitoreo y control de la demanda energética, lo que permitió optimizar el uso de la electricidad durante los picos de producción.



Figura 9: Industria alimentaria Nestlé [63].

1.6.3 Industria cementera.

La industria cementera es una de las más intensivas en energía debido a los procesos de calcinación y molienda involucrados en la producción de cemento. En este contexto, la planta de CEMEX en México ha implementado importantes mejoras en sus procesos para reducir su consumo energético. Según [64], CEMEX ha adoptado el uso de

combustibles alternativos en sus hornos, como residuos industriales y biomasa, lo que ha reducido su dependencia de combustibles fósiles. En la Tabla 4, se visualizará las medidas a implementar, sistema y logros.

Tabla 4: Representación de medidas, implementaciones y logros en base a Eficiencias energéticas en Industria Cementera.

Eficiencia energética en industrias.				
Tipo de Industria	Nombre de Industria	Medidas a Implementar	Sistemas a Implementar	Logros Obtenidos
Cementera	CEMEX	<p>Registro estándares de calidad bajo normas de uso racional de la energía.</p> <p>Adopto el uso de combustibles alternativos en sus hornos, como residuos industriales y biomasa, lo que ha reducido su dependencia de combustibles fósiles.</p>	<p>Sistemas de recuperación de calor en sus procesos de producción, permitiendo la generación de energía eléctrica a partir del calor residual.</p>	<p>Como resultado, la planta ha conseguido comprimir su consumo de energía por tonelada de cemento procedente en un 9.9 % en los últimos cinco años</p>

Fuente: Autor.

Este enfoque de energía recuperada ha reducido significativamente el consumo eléctrico de la planta. En paralelo, CEMEX ha optimizado su proceso de molienda mediante la instalación de equipos más eficientes y el uso de aditivos que mejoran la eficiencia del proceso. Como resultado, la planta ha logrado reducir su consumo de energía por tonelada de cemento producida en un 10% en los últimos cinco años [65].



Figura 10: Industria cementera Cemex [66].

1.6.4 Industria del acero.

La industria siderúrgica es una de las más grandes consumidoras de energía, especialmente en los procesos de fundición y laminado. Un ejemplo de mejora en eficiencia energética en esta industria es el caso de ArcelorMittal, una de las mayores siderúrgicas del mundo. En la Tabla 5, se visualizará las medidas a implementar, sistema y logros.

Tabla 5: Representación de medidas, implementaciones y logros en base a Eficiencias energéticas en Industria de Acero.

Eficiencia energética en industrias.				
Tipo de Industria	Nombre de Industria	Medidas a Implementar	Sistemas a Implementar	Logros Obtenidos
Siderúrgica	ArcelorMittal	<p>Registro estándares de calidad bajo normas de uso racional de la energía.</p> <p>Un plan de eficiencia energética que incluye la optimización de los hornos de arco eléctrico, que son los principales consumidores de energía en la producción de acero.</p>	<p>La empresa adoptó sistemas de recuperación de gases calientes generados durante el proceso de fundición, los cuales son reutilizados para producir vapor que a su vez se utiliza en la generación de electricidad.</p>	<p>Esta estrategia ha permitido a la planta reducir su consumo total de energía en un 12%, y sus emisiones de CO2 en un 10%.</p>

Fuente: Autor.

Según [67], ArcelorMittal instaló sensores y sistemas de control automático en sus hornos para mejorar la precisión del consumo de energía, lo que permitió una reducción significativa en el uso de electricidad.



Figura 11: Industria de acero ArcelorMittal [68].

1.7.Fundamentación metodológica.

1.7.1 Enfoque.

Este proyecto se llevará a cabo utilizando un enfoque mixto, ya que combinará aspectos tanto cuantitativos como cualitativos. El enfoque cuantitativo se centrará en la medición precisa de variables eléctricas y de posibles puntos con mayor índice de temperatura. Se realizarán mediciones en media tensión con la pinza amperimétrica adicional un análisis de calidad de energía donde evaluaremos niveles de voltaje, corriente, fluctuaciones de potencia y otros parámetros eléctricos. Estos datos numéricos permitirán identificar las variables eléctricas que afectan la eficiencia y estabilidad del sistema eléctrico de la empresa.

Por otro lado, el enfoque cualitativo será empleado para interpretar los comportamientos de las redes eléctricas sus protecciones y derivaciones trifásicas. Observando las condiciones actuales de las redes que pertenecen a la empresa y el estado general de los equipos, pronunciaremos un diagnóstico basado en la inspección visual y las observaciones de campo. Este análisis cualitativo permitirá comprender mejor los factores que pueden estar ocasionando las perturbaciones y caídas del servicio eléctrico, brindando una base sólida para proponer soluciones adecuadas.

1.7.2 Tipo de investigación.

El tipo de investigación aplicada en este proyecto es exploratoria y descriptiva. La investigación exploratoria se justifica debido a que se busca analizar y diagnosticar la calidad del sistema eléctrico en un entorno industrial específico, como es la planta de

producción de madera de balsa. La finalidad es detectar problemas en el suministro energético que no han sido previamente documentados o examinados en profundidad.

Además, el proyecto también tiene un componente descriptivo, ya que se detallarán las características del sistema eléctrico actual mediante la recolección de datos empíricos sobre el comportamiento de las variables energéticas, así como de las condiciones de los equipos. A través de este enfoque descriptivo, se proporcionará una representación clara del estado de la red eléctrica, sus principales problemas y las causas de las discontinuidades en el suministro.

1.7.3 Técnica de recolección de información.

Para la recolección de información, se emplearán diversas técnicas de medición y observación directa.

Técnica de medición: Esta técnica se aplicará utilizando instrumentos y herramientas especializadas para una medición precisa de variables eléctricas en la cual consignaremos: - La pinza amperimétrica de MT.

- La pinza amperimétrica de MT.

- La cámara termográfica FLIR T440.

- El analizador de calidad de energía HT PQA824.

Estos dispositivos permitirán obtener datos precisos sobre los niveles de voltaje, corrientes y temperaturas en puntos críticos del sistema eléctrico. Estas mediciones se realizarán en diferentes partes del sistema eléctrico de la empresa.

Técnica de observación directa: A través de esta técnica, se realizará una inspección visual de las instalaciones eléctricas, con el fin de identificar zonas con posibles fallas o mal estado de mantenimiento. Se prestará especial atención a las condiciones físicas de los tableros eléctricos, las protecciones y el banco de transformadores de 750 kVA. Además, se observarán posibles fallas transitorias en los equipos eléctricos y redes.

Ambas técnicas proporcionarán un conjunto de datos que, al ser integrados, ofrecerán una comprensión integral del sistema eléctrico de la empresa y ayudarán a plantear soluciones basadas en las condiciones observadas y medidas.

1.7.4 Definición de hipótesis o supuestos de partida.

¿El desarrollo de un estudio energético en la empresa “3A Composites– Plantabal SA” permitirá determinar parámetros eléctricos que causen un consumo energético excesivo?

Este supuesto parte de la idea de que las fallas recurrentes en el suministro eléctrico, así como las fluctuaciones de voltaje y corriente, están relacionadas con un deficiente estado del sistema eléctrico de la empresa, agravado por el uso intensivo de cargas no lineales y equipos electrónicos industriales. Al mejorar los parámetros de calidad energética como el factor de potencia, la reducción de armónicos, y la estabilidad en los niveles de voltajes podrá mejorar la eficiencia energética, reducir los costos operativos y aumentar la confiabilidad del sistema eléctrico.

Supuestos adicionales:

- Supuesto de consumo energético: Las perturbaciones eléctricas que afectan el funcionamiento de la empresa están relacionadas principalmente con un elevado consumo energético en los procesos de manufactura de la madera de balsa.
- Supuesto de mantenimiento insuficiente: La falta de un mantenimiento adecuado en los equipos y redes eléctricas ha incrementado la frecuencia de fallas y sobrecalentamientos, afectando la continuidad del servicio.
- Supuesto de influencia de los armónicos: La presencia de armónicos en las redes de distribución de la planta genera una distorsión que impacta negativamente la calidad de la energía y, por ende, el desempeño de los equipos eléctricos.

1.7.4 Procedimientos empleados para la obtención y análisis de la información.

El proyecto utilizará una serie de procedimientos para garantizar la obtención de datos precisos y relevantes, los cuales serán analizados meticulosamente con el fin de cumplir los objetivos propuestos. A continuación, se describen los principales procedimientos empleados:

Levantamiento de información preliminar:

- Se realizará un relevamiento bibliográfico exhaustivo para obtener información teórica sobre los estudios energéticos y las herramientas utilizadas para evaluar la calidad de la energía. Este procedimiento es fundamental para construir una base teórica que sustente el análisis posterior
- La inspección inicial del sistema eléctrico se llevará a cabo mediante visitas de campo, donde se identificarán los puntos de mayor consumo energético y las áreas de posibles fallas en las instalaciones.

Mediciones en campo:

- Se emplearán instrumentos especializados, como la pinza amperimétrica FLUKE, la cámara termográfica FLIR T440, y el analizador de calidad de energía HT PQA824, para obtener datos cuantitativos relacionados con los niveles de voltaje, corriente, y temperatura de los equipos críticos.
- Se instalará el analizador de calidad de energía durante un período de 7 días en los terminales del banco de transformadores de 750 kVA para registrar la variación de los parámetros eléctricos (voltajes, factor de potencia, entre otros) y evaluar la calidad del suministro.

Estudio termográfico:

- A través de la cámara termográfica FLIR T440, se identificarán puntos calientes en los tableros eléctricos, transformadores y otros componentes del sistema eléctrico. Esto permitirá detectar posibles problemas de sobrecalentamiento que puedan afectar la eficiencia de los equipos.

- Los datos obtenidos serán comparados con estándares internacionales para determinar las condiciones óptimas de operación de los equipos.

Modelado computacional del sistema eléctrico:

- Se utilizará el software ETAP para modelar el sistema eléctrico de la empresa. Con esta herramienta, se simularán los flujos de potencia y se analizarán posibles puntos de mejora en la distribución energética, permitiendo una visualización más clara de las áreas que requieren intervención.
- El modelado permitirá realizar simulaciones bajo diferentes condiciones operativas, lo que contribuirá a identificar escenarios que optimicen la eficiencia del sistema eléctrico.

Análisis de la información:

- Los datos obtenidos mediante las mediciones en campo y el modelado serán analizados utilizando un enfoque comparativo. Se identificarán las desviaciones entre los parámetros actuales del sistema y los valores ideales establecidos en la normativa aplicable.
- Con base en los resultados de las mediciones y simulaciones, se realizarán análisis estadísticos que permitan evaluar la correlación entre las perturbaciones observadas y las fallas en la red. Se identificarán patrones en el comportamiento de los armónicos y su impacto en la estabilidad del sistema.
- Se generarán recomendaciones prácticas y técnicas basadas en el análisis de los resultados, dirigidas a optimizar el uso de la energía y minimizar las perturbaciones eléctricas que afectan la producción de la empresa.

1.8 Conclusiones Capítulo I

La eficiencia energética es fundamental para la sostenibilidad en el sector industrial, como se ha demostrado en la revisión de las estrategias y medidas aplicadas. La implementación de estas medidas permite optimizar el uso de la energía, reducir el impacto ambiental y los costos operativos. En industrias la evaluación de la calidad del suministro eléctrico y la aplicación de medidas correctivas son esenciales para

mantener la continuidad y eficiencia en los procesos productivos, evitando pérdidas económicas y fallas técnicas.

El marco regulatorio ARCERNNR, establece los lineamientos necesarios para asegurar un suministro energético de calidad y eficiente en las empresas industriales. A lo largo del capítulo, se ha demostrado cómo las normativas vigentes no solo garantizan la seguridad y el buen funcionamiento de los sistemas eléctricos, sino que también promueven la adopción de tecnologías más eficientes. El cumplimiento de estos estándares es indispensable para evitar interrupciones en el servicio y optimizar el rendimiento de los equipos en lo cual refleja la importancia de estar alineados con las disposiciones legales en materia de eficiencia energética.

Se ha permitido estructurar un enfoque claro y eficiente para la recolección y análisis de la información relacionada el tema investigativo que proporciona conocimientos en base a fundamentos teóricos y técnicos.

El uso de Realizar una revisión bibliográfica sobre los parámetros que conlleva un estudio energético. Ha permitido Recopilación bibliográfica de la literatura sobre trabajos similares y una compilación de información, sobre estudios energéticos aplicando métodos y herramientas. Esto conlleva a una perspectiva de idea clara para fomentar el desarrollo del marco teórico relacionada con el estudio energético.

CAPÍTULO II. PROPUESTA

2.1 Título del proyecto.

“Estudio energético de la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa 3A Composites – Plantabal S.A”

2.2 Objetivo del proyecto.

Realizar un estudio energético enfocado en la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa “3A Composites – Plantabal S.A” utilizando simulaciones y mediciones de campo en la cual mejorar la eficiencia energética.

2.3 Descripción de la propuesta.

El propósito de este documento consiste en realizar un estudio energético, el cual inicia con un levantamiento exhaustivo de información del sistema eléctrico actual en la empresa, posteriormente se desarrolla un estudio termográfico enfocado en la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 para continuar con el desarrollo del modelo del sistema eléctrico con los datos adquiridos mediante un software computacional para comprender el estado en el que se encuentra dicha empresa. Desde las principales líneas y derivaciones de redes eléctricas que abastecen a los transformadores de diferentes áreas de producción y manufactura para la elaboración de madera, enfocándose en la línea de producción principal debido a la mayor demanda energética y que han generado gran cantidad de inconvenientes, provocando discontinuidad en el servicio eléctrico afectando la producción de dicha empresa. De esta manera iniciar una planificación para mejorar la eficiencia energética y recomendar técnicas de mantenimiento para reducir los daños ocasionados en equipos y las desconexiones inoportunas debido a las perturbaciones que afectan el suministro eléctrico.

Enmarcado en esta realidad es necesario promover un enfoque energético en la empresa “3A Composites– Plantabal S.A” encargada de la plantación, manufactura, y distribución de madera de balsa y se localiza en la dirección: Km 4.5 vía a Valencia –

Quevedo. Cuenta con actividades principales como los procesos de secado y manufactura de madera de balsa, así como la comercialización de su producción. Su principal producto es un elaborado, denominado bloque encolado prensado de madera de balsa, posterior cortado en tablas con dimensiones exactas producto que se lo sirve a su vez como materia prima para procesos posteriores y que al final tiene múltiples aplicaciones tales como: partes de embarcaciones, palas o aspas de los generadores de energía eólicos, partes de trenes, cámaras acústicas, pallets especiales, etc.

2.4 Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados.

En el presente estudio se enmarcará como primer paso el levantamiento exhaustivo de información del sistema eléctrico actual en la empresa “3A Composites – Plantababal S.A”. En el cual consiste una inspección visual del alimentador 01 sus protecciones con sus respectivas derivaciones, ramales trifásicos y monofásicos para determinar puntos de mayor consumo.

Recopilación de lecturas en MT durante 7 días para un mejor análisis de eficiencia en el sistema de distribución del alimentador 01 de la empresa. Posterior determinar puntos de mayor amperaje en las salidas de las protecciones, derivaciones, ramales trifásicos y monofásicos con la ayuda de la pértiga y la pinza amperimétrica de MT con lo cual determinar e inspeccionar el dimensionamiento de las tiras fusibles.

Instalación de un Analizador de calidad de energía que se lo instalara en las salidas de las barras de BT del banco de transformadores de 750 kVA que pertenece a la Línea de Producción exactamente el Taller de Resaneo.

Ejecución de un estudio termográfico con la cámara termográfica FLIR T440 enfocado en el alimentador sus protecciones, derivaciones, ramales trifásicos hasta la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa. Posterior analizar los puntos calientes de mayor alcance de temperatura obteniendo un registro de valores para poder establecer un mantenimiento correctivo.

Modelamiento del sistema eléctrico realizado con un software especializado, donde se permitirá simular los flujos de carga que existen en la empresa. Posterior analizar los

valores de potencia instalada obteniendo un registro y comparando con futuras demandas de potencia a instalar.

Para el desarrollo de la presente investigación se deberá aplicar la siguiente metodología explicada a continuación en un diagrama de flujo de la Figura 13, que por su dimensionamiento es sugerible dividir el diagrama en dos partes:

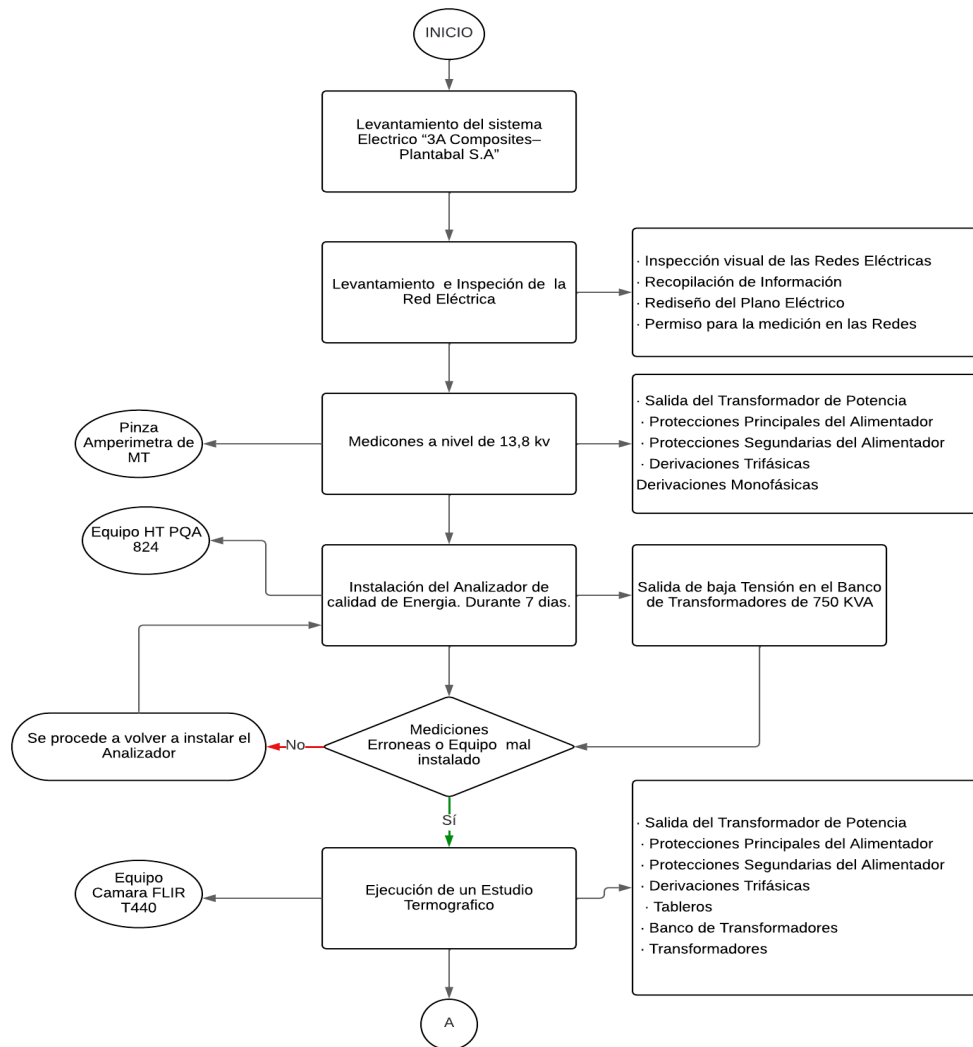


Figura 12: Diagrama de flujo del proceso metodológico, parte 1

Fuente: Autor.

Segunda parte del diagrama de flujo de la Figura 12.1

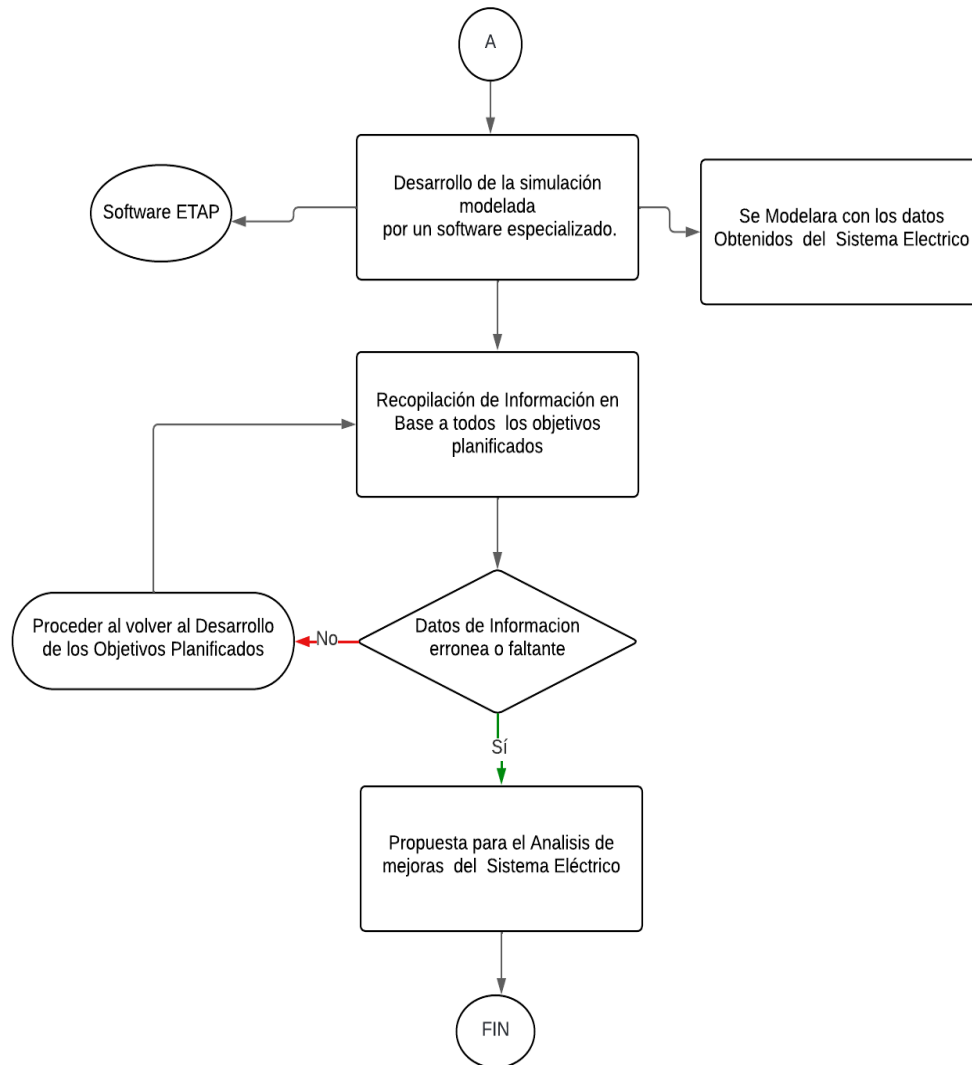


Figura 13: Diagrama de flujo del proceso metodológico, parte 2

Fuente: Autor.

2.4.1 Detalles de la Empresa.

La presente investigación se realizó en la empresa “3A Composites– Plantabal S.A”, es una empresa innovadora, y referente en el desarrollo y manejo de plantaciones, aprovechamiento, procesamiento industrial y exportación de madera de balsa en las presentaciones de bloques encolados, paneles robustos, paneles flexibles, paneles ranurados y laminados. En la cual su vista periférica se visualiza en la Figura 14.

Su ubicación geográfica es 1° 20' 30" de Latitud Sur y los 79° 28' 30" de Longitud occidental, dentro de una región tropical con los límites cantonales definidos a continuación:

Norte: Cantones Valencia y La Mana.

Sur: Parroquia San Camilo, Quevedo.

Este: Cantón Buena Fe.

Oeste: Parroquia San Carlos y recintos aledaños.



Figura 14: Ubicación de la Empresa “3A Composites– Plantabal S.A”.

Fuente: Google Earth.

2.4.2 Proceso productivo de la industrialización de la madera de balsa.

Antes de identificar, desarrollar propósitos de estudios energéticos, que permitan ejecutar medidas correctivas y preventivas para optimizar el uso de la energía aplicando métodos o herramientas en la planta, se realizó el actual diagrama de flujo del proceso de industrialización de la madera balsa, el cual se detalla en la siguiente Figura 15:

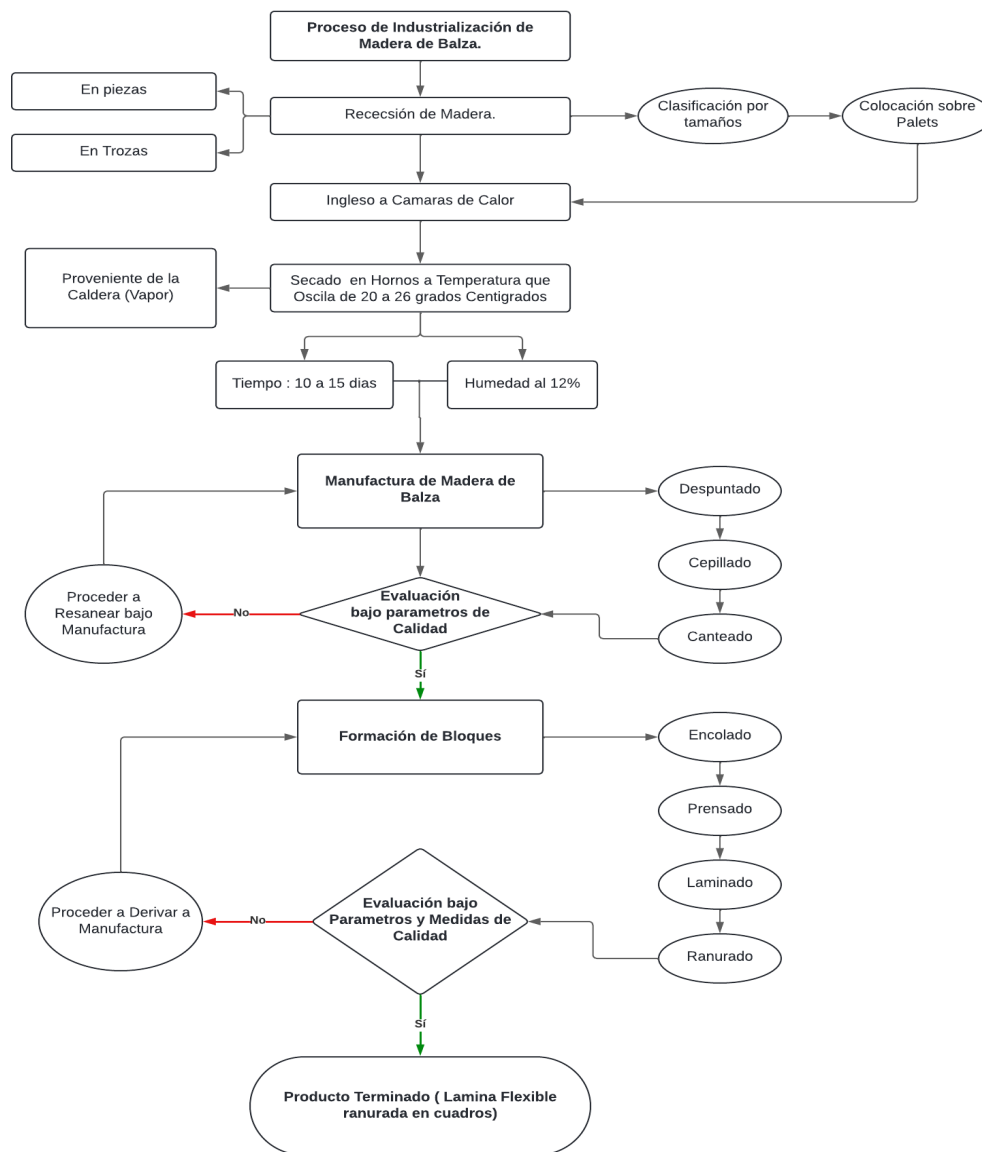


Figura 15: Diagrama de flujo del proceso de industrialización de la madera balsa

Fuente: Autor.

2.5 Levantamiento de Información.

Para el desarrollo del levantamiento de información se inicia con un primer acercamiento general a la planta, en donde se detalla cada una de sus áreas, posteriormente se procede con el análisis del diagrama unifilar, en donde es posible observar los principales elementos de la red eléctrica, incluyendo derivaciones trifásicas, protecciones y transformadores.

2.5.1 Levantamiento del Sistema Eléctrico.

Para el levantamiento del Sistema Eléctrico nos guiaremos por la división de áreas por secciones como se observa en la Figura 16, en base a esto se tomará en cuenta también el diagrama unifilar que se presenta en el Anexo 1.

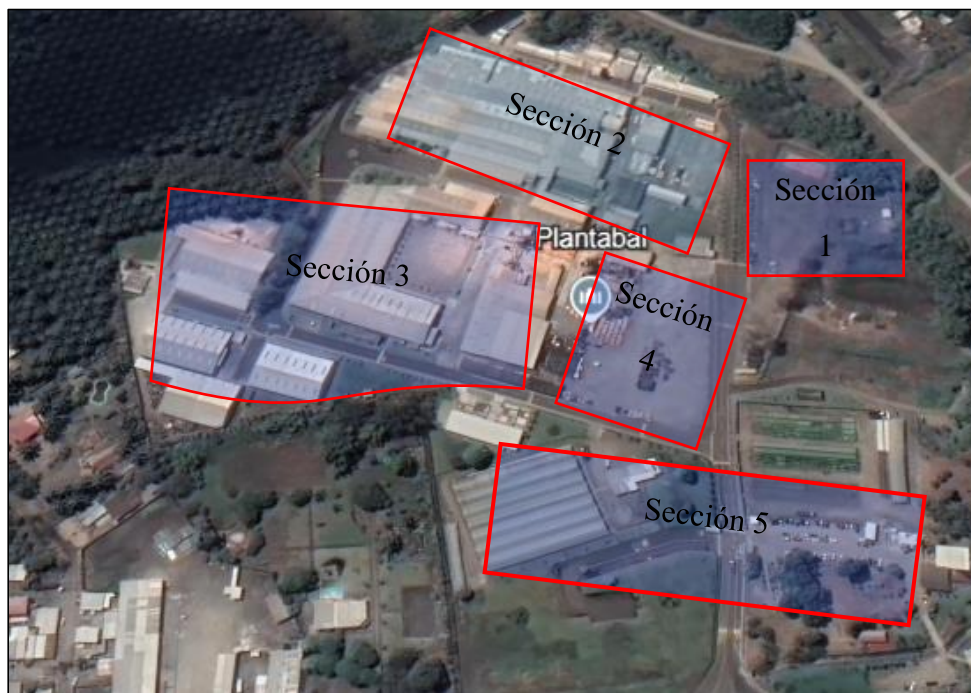


Figura 16: División de Áreas por secciones “3A Composites– Plantabala S.A”.

Fuente: Google Earth, Autor.

A continuación, se explica de forma general las principales características del sistema eléctrico en cada una de las secciones:

Sección 1, se encuentra la Subestación de la empresa “3A Composites– Plantabal S.A”., cual función es reducir el voltaje primario de 69 KV a un voltaje secundario de 13,8 kV, en la Figura 17, se representa el diagrama unifilar donde se visualizan los equipos de mediciones y el transformador de potencia de 5 MVA. Actualmente demandan una potencia de 1,6 MW.

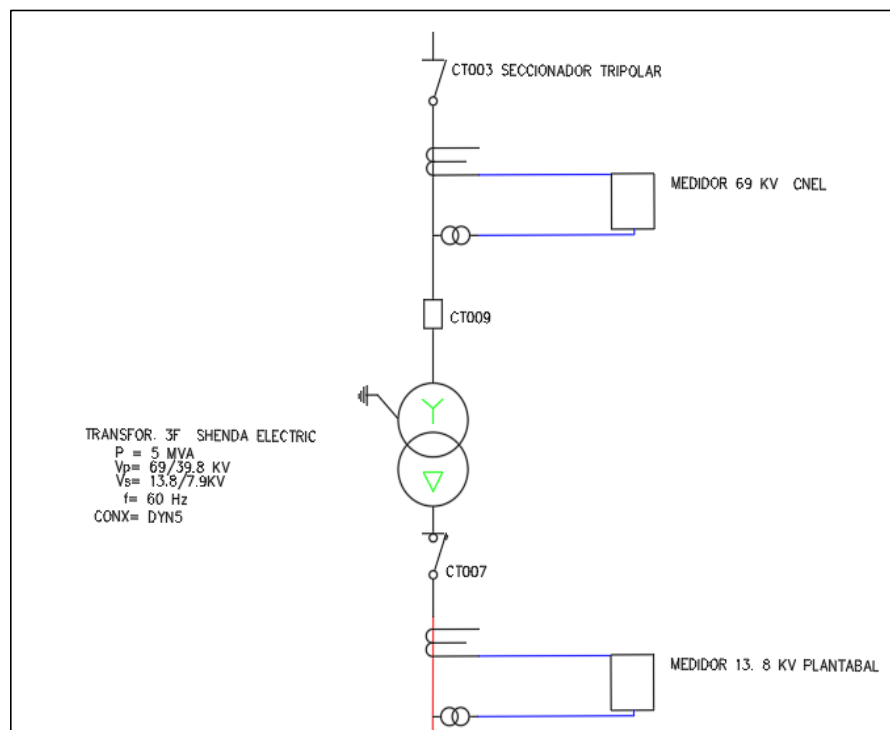


Figura 17: Diagrama Unifilar de la Subestación

Fuente: Autor.

En la Tabla 6 se presenta la placa de característica del transformador de potencia que actualmente existe en la empresa “3A Composites– Plantabal S.A”.

Tabla 6: Placa de característica del transformador de Potencia.

TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA									
		LADO DE ALTA TENSION					LADO DE MEDIA TENSION		
Tipo	SF11-6250/69	POSICIÓN	CAMBIOS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)		VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	
Número de serie	CK131291-1	TAP			5 MVA	6.25 MVA		5 MVA	6.25 MVA
Año de fabricación	2, 2014	1	2. - 3.	72,45	39.8	49.8	13,8	209.2	261.5
Tipo (Montaje)	Exterior	2	3. - 4.	70,725	40.8	51.0			
Norma de Fabricación	IEC 60076	3	4. - 5.	69	41.8	52.3			
Altitud de operación	1000 msnm	4	5. - 6.	67,275	42.9	53.6			
Potencia ONAN/ONAF	5000/6250 KVA	5	6. - 7.	65,55	44.0	55.0			
Relación de transformación	69±2X2.5% / 13.8 KV	<p>Dyn1</p>							
Conexión y desfasamiento	Dyn1								
Frecuencia	60 Hz								
Numero de fases	3								
Enfriamiento	ONAN/ONAF								
Impedancia	7,12 % 5MVA								
Peso total	17400 Kg								

Fuente: Autor.

Sección 2, también llamada área de la línea de producción, se encuentra una derivación trifásica nivel de tensión de 13,8 kV. Posterior abastecen el área de manufactura en la cual se dividen en:

Taller de Resaneo.

Taller de Fabricación D100 y CK.

Zona de área de Secadoras 1 – 13.

Zona de área de Secadoras 17– 22.

En la presente Figura 18, se representa el diagrama unifilar de la línea de producción, con sus respectivas celdas, alimentaciones y protecciones secundarias.

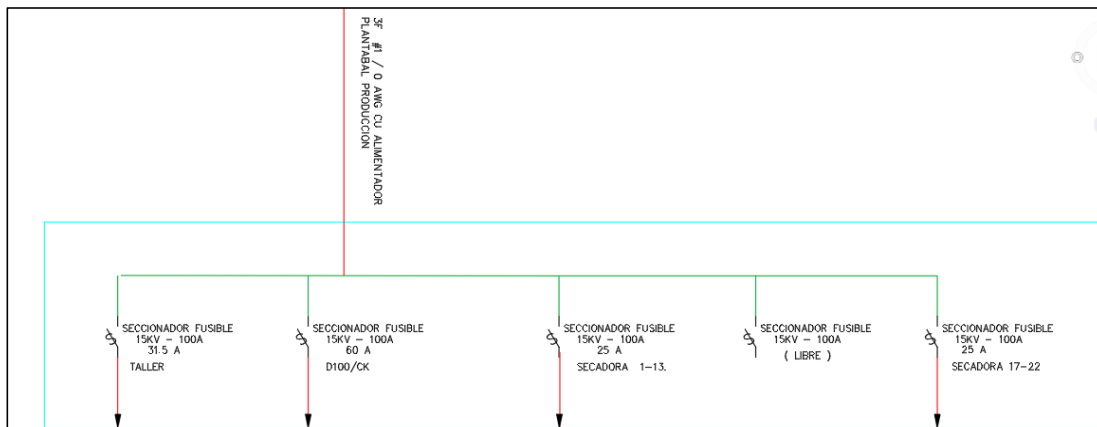


Figura 18: Diagrama Unifilar de la Línea de Producción.

Fuente: Autor.

Taller de Resaneo.

El taller de resaneo consta de un grupo de banco de transformadores trifásicos con una capacidad de 750 kVA en su totalidad que es alimentado por una derivación trifásica a 13,8 kV que parte desde las celdas de protección y que abastece la línea de manufactura de madera de balsa. En la cual se identificarán representados en la Tabla 7.

Tabla 7: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller de Resaneo.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Taller de Resaneo	Banco de Transformador 3- F	Celda – Unipolar abierto cilíndrico sin rompe arco	14 KV	Cerrado	50 Amp.
	P = 3 x 250 kVA				
	F= 60 Hz				
	V _s = 220 - 135v				
V _p = 13,8 - 7,6 kv					

Fuente: Autor.

El taller de fabricación se divide en D100 y CK.

Taller D100, consta de un transformador trifásico con una potencia de 500 kVA, es alimentado por una derivación trifásica a 13,8 kV que parte desde las celdas de protección y que abastece la línea de paneles ranurados. En la cual se identificarán representados en la Tabla 8.

Tabla 8: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller de D100.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Taller de D100	Transformador 3- F	Seccionador fusible de línea Clase 100	14 KV	Cerrado	40 Amp.
	P = 500 kVA				
	F= 60 Hz				
	V _s = 220 - 135v				
V _p = 13,8 - 7,6 kv					

Fuente: Autor.

Taller CK, consta de un transformador trifásico con una potencia de 1MVA, es alimentado por una derivación trifásica a 13,8 KV que parte desde las celdas de protección y que abastece la línea de perfilado y laminado de paneles. En la cual se identificarán representados en la Tabla 9.

Tabla 9: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller de CK.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Taller de CK	Transformador 3- F	Seccionador fusible de línea Clase 100	14 KV	Cerrado	40 Amp.
	P = 1 MVA				
	F= 60 Hz				
	Vs = 440 - 220v				
Vp = 13,8 - 7,6 kv					

Fuente: Autor.

Zona de área de Secadoras 1 – 13.

El área de secadoras consta de un grupo 13 secadoras que son abastecidas por un transformador trifásico con una capacidad de 400 kVA, es alimentado por una derivación trifásica a 13,8 kV que parte desde las celdas de protección. En referencia se puede visualizar en la Tabla 10, los equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación de área de Secadoras 1-13.

Tabla 10: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del área de Secadoras 1-13.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Secadora 1-13	Banco de Transformador 3- F	Celda – Seccionador Unipolar abierto cilíndrico sin rompe arco	14 KV	Cerrado	25 Amp.
	P = 400 kVA				
	F= 60 Hz				
	Vs = 220 - 135v				
Vp = 13,8 - 7,6 kv					

Fuente: Autor.

Zona de área de Secadoras 17 – 22.

El área de secadoras consta de un grupo 6 secadoras que son abastecidas por un banco de transformadores trifásicos con una capacidad de 150 kVA Y 250 kVA, es alimentado por una derivación trifásica a 13,8 KV que parte desde las celdas de protección. En referencia se puede visualizar en la Tabla 11, los equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación de área de Secadoras 17- 22.

Tabla 11: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del área de Secadoras 11 -22.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Secadora 17-22	Banco de Transformador 3- F	Celda – Seccionador Unipolar abierto cilíndrico sin rompe arco	14 KV	Cerrado	20 Amp.
	P = 150 + 250 kVA				
	F= 60 Hz				
	V _s = 440 - 220v				
V _p = 13,8 - 7,6 kv					

Fuente: Autor.

Sección 3, es abastecida por una derivación trifásica a nivel de voltaje 13,8 KV, comparte una división en un interruptor de protección tipo de seccionamiento PMH7. Este se direcciona para la caldera BREMER y para la Línea de Producción Columbia Forest Products. En la presente Figura 19, se representa el diagrama unifilar con sus respectivas celdas, alimentaciones y protecciones secundarias.

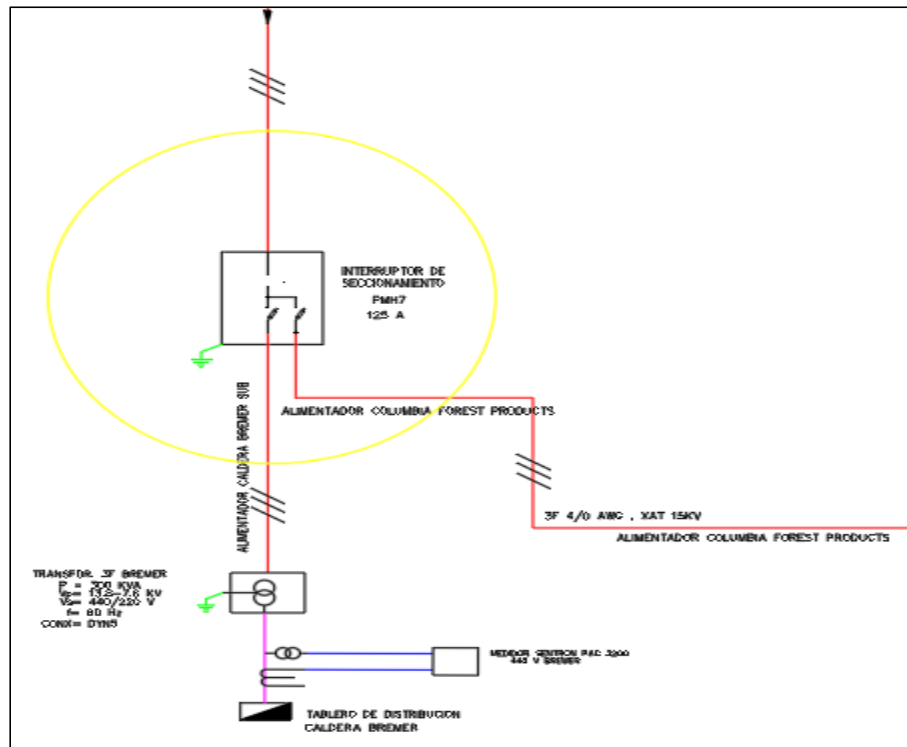


Figura 19: Diagrama Unifilar de la caldera BREMER y para la Línea de Producción Columbia Forest Products.

Fuente: Autor.

La Caldera **BREMER**, consta de un transformador trifásico con una potencia de 300 KVA, es alimentado por una derivación trifásica a 13,8 KV que parte desde las celdas de protección tipo de seccionamiento PMH7. Abasteciendo toda el área de caldera incluyendo el sistema de bombeo. En referencia se puede visualizar en la Tabla 12, los equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación de la Caldera BREMEN.

Tabla 12: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación de la caldera BREMEN.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Caldera BREMER	Transformador 3- F	Celda – PMH7. Seccionador Unipolar cilíndrico sin rompe arco	14 KV	Cerrado	30 Amp.
	P = 300 kVA				
	F= 60 Hz				
	Vs = 220 - 135v Vp = 13,8 - 7,6 kv				

Fuente: Autor.

La línea de Producción **Columbia Forest Products**, consta de 3 talleres de manufactura llamados PGS, PGS1 y PGS2. Es alimentado por una derivación trifásica a 13,8 KV que parte desde las celdas de protección tipo de seccionamiento PMH7. En la presente Figura 20, se representa el diagrama unifilar con sus respectivas celdas, alimentaciones y protecciones secundarias.

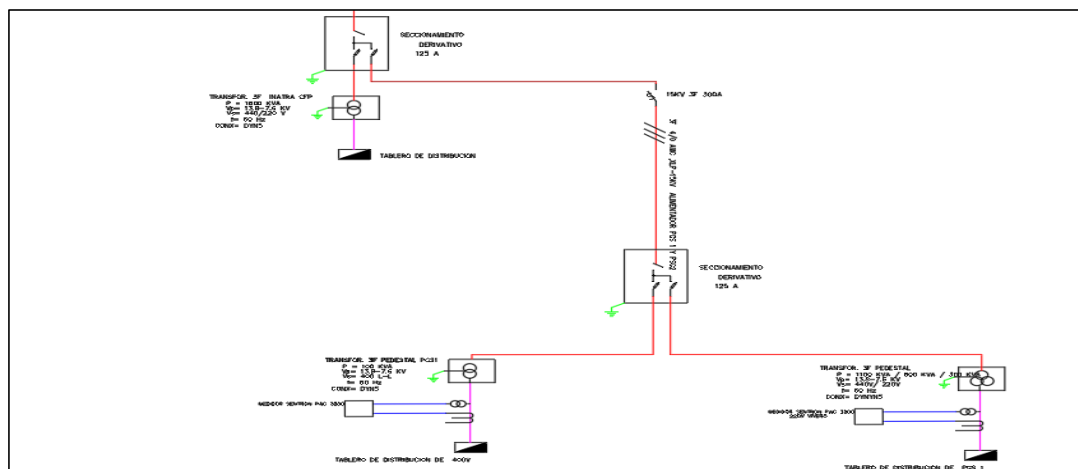


Figura 20: Diagrama Unifilar de la Línea de Producción Columbia Forest Products.

Fuente: Autor.

Taller PGS, consta de un transformador trifásico con una potencia de 1600 kVA, abastece las máquinas de perfilado, resaneo y laminado de madera de balsa entre otras. A continuación, en la Figura 21, se visualiza el diagrama unifilar con sus respectivos componentes.

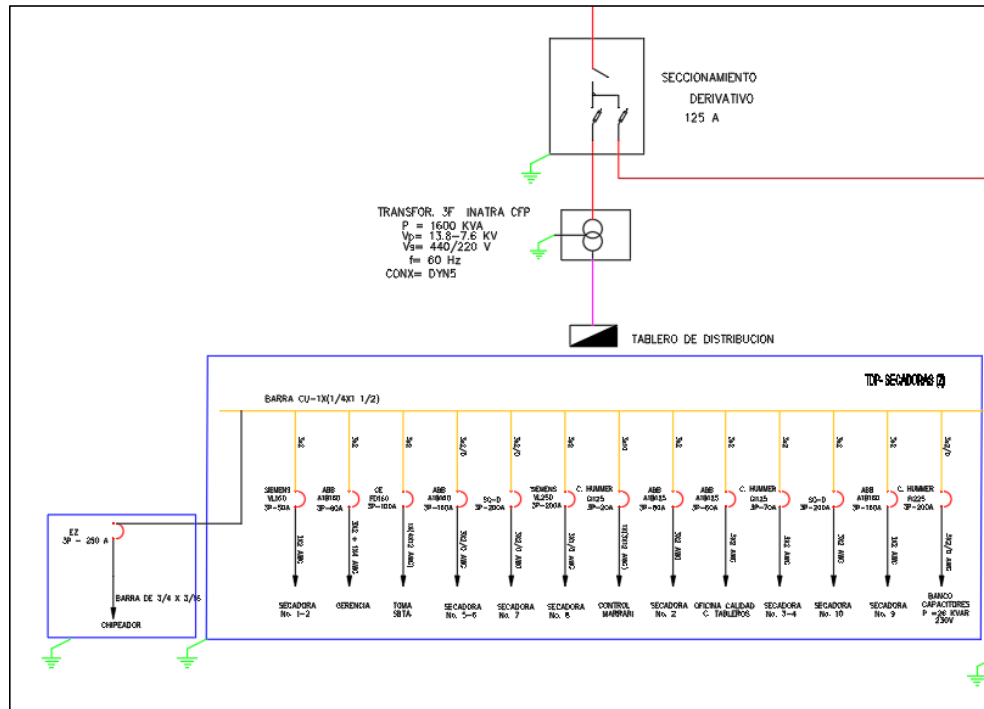


Figura 21: Diagrama Unifilar que pertenece al Taller de PGS.

Fuente: Autor.

En referencia se puede visualizar en la Tabla 13, los equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller de PGS.

Tabla 13: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller PGS.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Taller de PGS.	Transformador 3- F	Celda – PMH7. Seccionador Unipolar cilíndrico sin rompe arco	14 KV	Cerrado	30 Amp.
	P = 1600 kVA				
	F= 60 Hz				
	Vs = 440 - 220v				
	Vp = 13,8 - 7,6 kv				

Fuente: Autor.

Taller PGS1, consta de un transformador trifásico con una potencia de 100 kVA, abastece 3 secadoras de madera de balsa. las máquinas de perfilado, resaneo y laminado de madera de balsa entre otras. A continuación, en la Figura 22, se visualiza el diagrama unifilar con sus respectivos componentes.

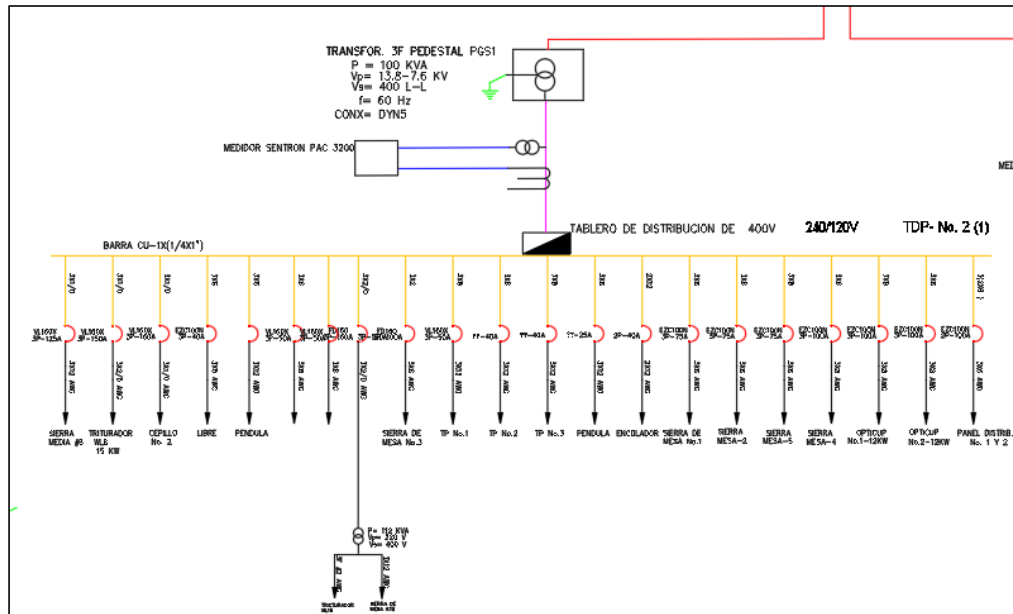


Figura 22: Diagrama Unifilar que pertenece al Taller de PGS1.

Fuente: Autor.

En referencia se puede visualizar en la Tabla 14, los equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller de PGS1.

Tabla 14: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller PGS1.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Taller de PGS1.	Transformador 3- F	Celda – PMH7. Seccionador Unipolar cilíndrico sin rompe arco	14 KV	Cerrado	25 Amp.
	P = 100 kVA				
	F= 60 Hz				
	Vs = 440 - 220v				
	Vp = 13,8 - 7,6 kv				

Fuente: Autor.

Taller PGS2, consta de un banco de transformadores trifásicos con una potencia de 1100 kVA y 800 kVA, abastece las máquinas como: lija, sierras 1-10, blower, cepillo 1-10 y las encoladoras. A continuación, en la Figura 23, se visualiza el diagrama unifilar con sus respectivos componentes.

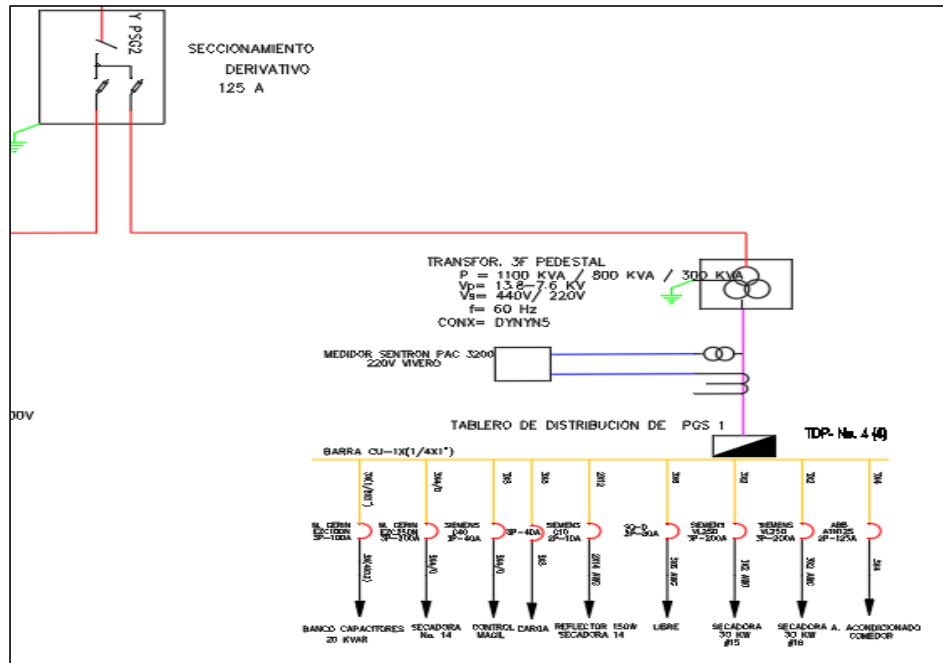


Figura 23: Diagrama Unifilar que pertenece al Taller de PGS1.

Fuente: Autor.

En referencia se puede visualizar en la Tabla 15, los equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller de PGS1.

Tabla 15: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller PGS1.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Taller de PGS2.	Banco de Transformador 3- F	Celda – PMH7. Seccionador Unipolar cilíndrico sin rompe arco	14 KV	Cerrado	25 Amp. 10 Amp.
	P = 1100 - 500 KkA				
	F= 60 Hz				
	Vs = 440 - 220v Vp = 13,8 - 7,6 kv				

Fuente: Autor.

En la Sección 4, es abastecida por una derivación trifásica que parte del alimentador 01 a nivel de tensión de 13,8 KV en la cual provee a la Oficina de Administración Principal y El Aserrío 1 y 2 con un total de 3 transformadores trifásicos En la presente Figura 24, se representa el diagrama unifilar con sus respectivas celdas, alimentaciones y protecciones secundarias de MT.

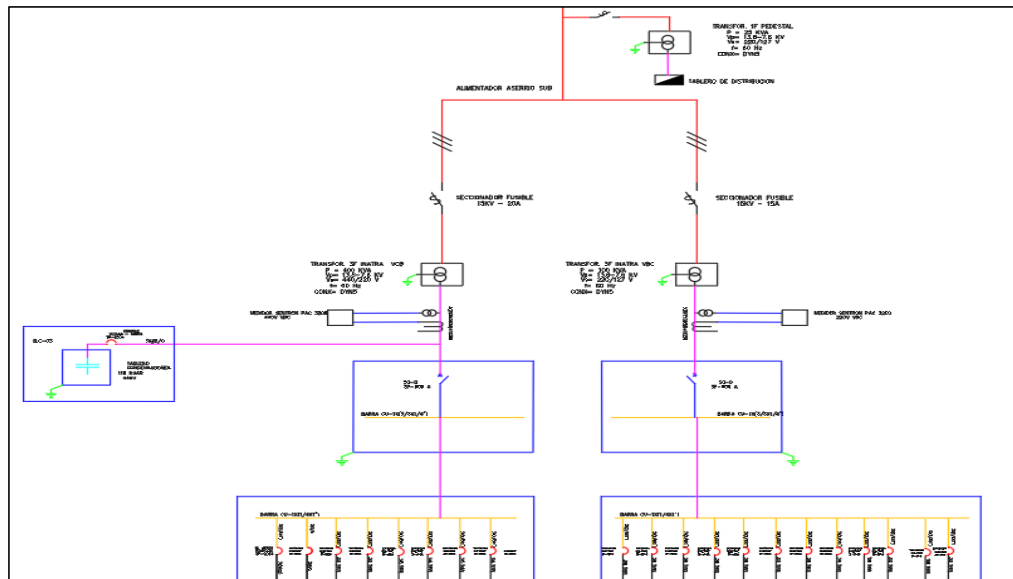


Figura 24: Diagrama Unifilar que pertenece al alimentador que abastece a Oficina, Aserrío 1 y 2.

Fuente: Autor.

En referencia se puede visualizar en la Tabla 16, los equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación de la derivación que abastece a Oficina, Aserrío 1 y 2.

Tabla 16: Equipos, celdas y protecciones que conforman la alimentación del Taller PGS1.

Área	Protección Principal Tira Fusible	Tipo - Clase de Protecciones	Estado	Tensión Max	Transformadores Existentes	Protección Secundaria Tira Fusible
Sección 4	20 Amp.	Unipolar abierto sin Rompe Arco	Cerrado	14 KV	Transformador Oficina de Administración Principal	2 Amp.
					Transformador de Aserrío 1	5 Amp.
					Transformador de Aserrío 2	5 Amp.

Fuente: Autor.

La Oficina de Administración Principal, es abastecida por una ramificación monofásica que parte de la derivación trifásica a nivel de tensión de 13,8 KV, en la cual provee la alimentación a un transformador monofásico de 25 kVA. En la presente Figura 25, se representa el diagrama unifilar con sus respectivas, alimentaciones, equipos y protecciones secundarias de MT.

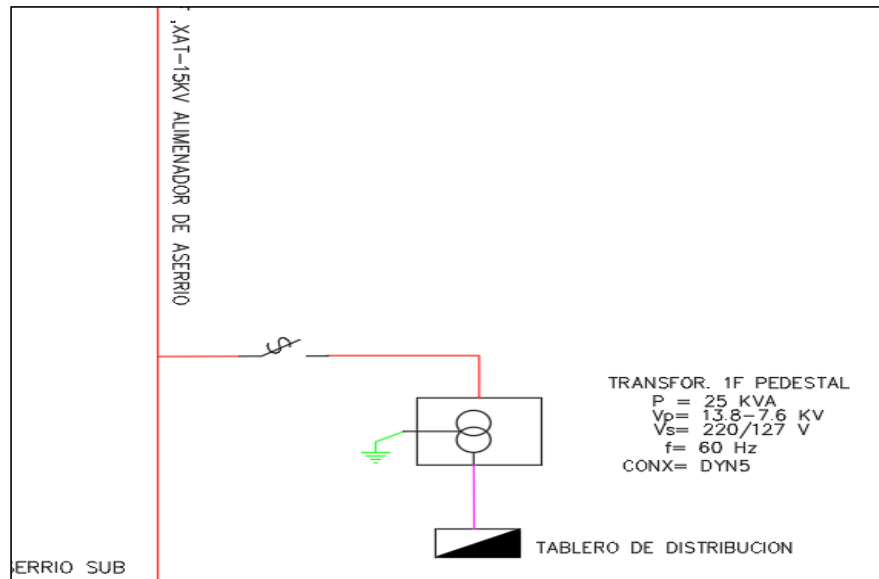


Figura 25: Diagrama Unifilar que pertenece al alimentador que abastece a Oficina, Aserrio 1 y 2.
Fuente: Autor.

En referencia se puede visualizar en la Tabla 17, los equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación de la derivación que abastece a la Oficina Principal.

Tabla 17: Equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación de la Oficina Principal.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Oficina Principal	Transformador 1- F	Seccionador Unipolar sin rompe arco	14 KV	Cerrado	2 Amp.
	P = 25 kVA				
	F= 60 Hz				
	Vs = 110 - 220v				
	Vp = 13,8 - 7,6 kv				

Fuente: Autor.

El **Aserrío 1**, es abastecida por una derivación trifásica a nivel de tensión de 13,8 KV, en la cual provee la alimentación a un transformador trifásico de 400 kVA. En la presente Figura 26, se representa el diagrama unifilar con sus respectivas, alimentaciones, equipos y protecciones secundarias de MT.

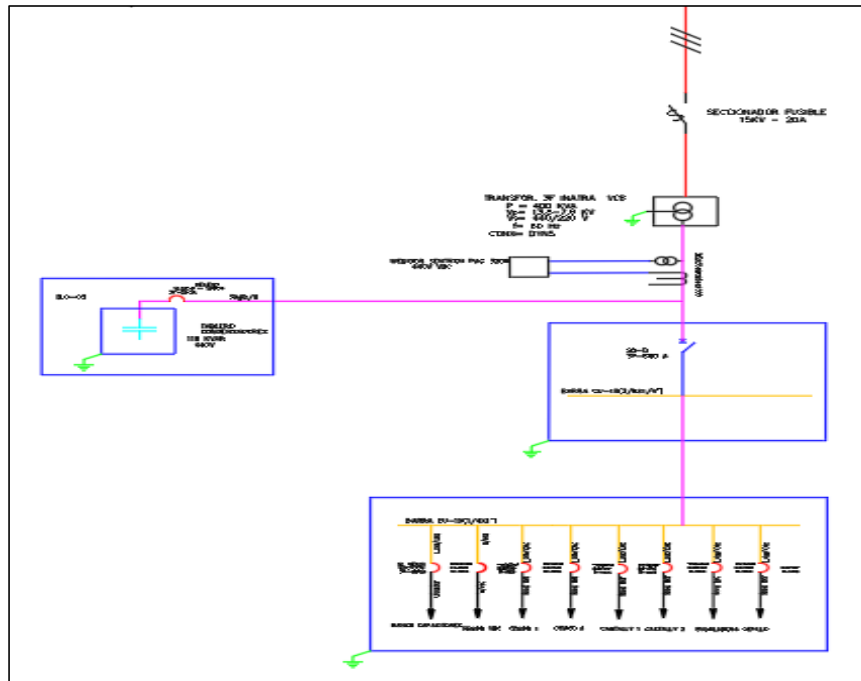


Figura 26: Diagrama Unifilar que pertenece al Aserrío 1.

Fuente: Autor.

En referencia se puede visualizar en la Tabla 18, los equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación de la derivación que abastece al Aserrío 1.

Tabla 18: Equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación del Aserrío 1.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Aserrío 1	Transformador 3- F	Seccionador Unipolar sin rompe arco	14 KV	Cerrado	5 Amp.
	P = 400 kVA				
	F= 60 Hz				
	V _s = 440 220v				
	V _p = 13,8 - 7,6 kv				

Fuente: Autor.

El **Aserrío 2**, es abastecida por una derivación trifásica a nivel de tensión de 13,8 KV, en la cual provee la alimentación a un transformador trifásico de 300 kVA. En la presente Figura 27, se representa el diagrama unifilar con sus respectivas, alimentaciones, equipos y protecciones secundarias de MT.

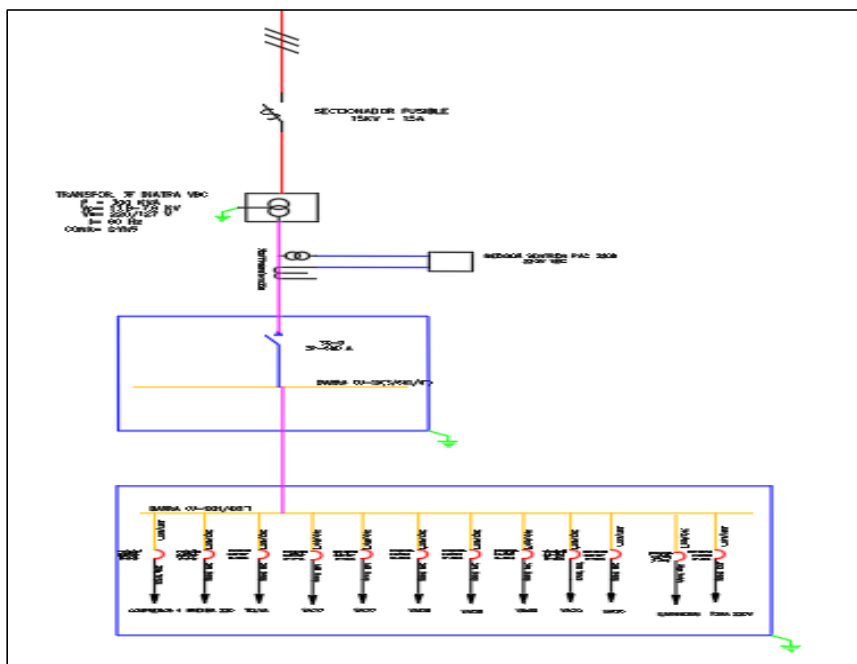


Figura 27: Diagrama Unifilar que pertenece al Aserrío 2.

Fuente: Autor.

En referencia se puede visualizar en la Tabla 19, los equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación de la derivación que abastece al Aserrío 2.

Tabla 19: Equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación del Aserrío 1.

Sector	Transformador	Tipo - Clase de Protecciones	Tensión Max	Estado	Capacidad de la Tira Fusible en MT
Aserrío 2	Transformador 3- F	Seccionador Unipolar sin rompe arco	14 KV	Cerrado	5 Amp.
	P = 300 kVA				
	F= 60 Hz				
	Vs = 220 - 127v				
	Vp = 13,8 - 7,6 kv				

Fuente: Autor.

En la Sección 5, es abastecida por una derivación trifásica que parte del alimentador 01 a nivel de tensión de 13,8 KV, en la cual provee de energía a sectores como: cabañas, viveros y genética con una potencia instalada de transformación en totalidad de 350 kVA. En la presente Figura 28, se representa el diagrama unifilar.

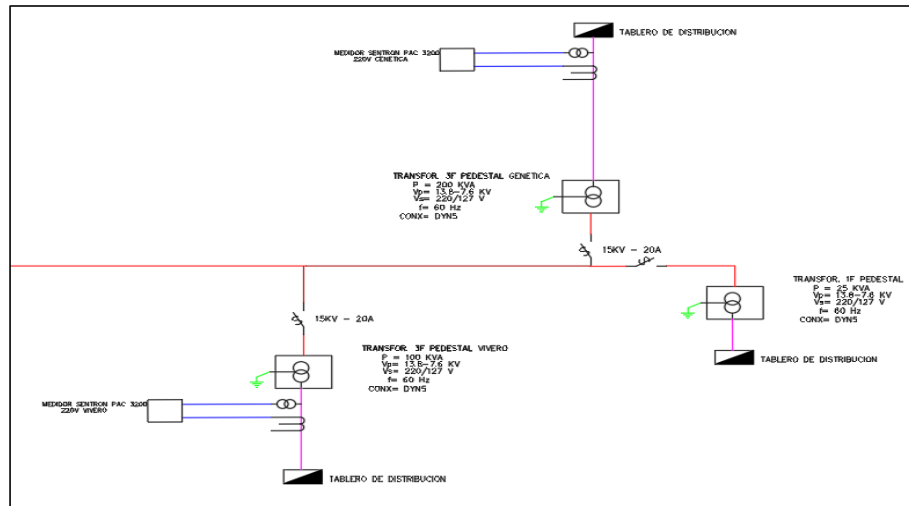


Figura 28: Diagrama Unifilar que pertenece al Aserrío 2.

Fuente: Autor.

En referencia se puede visualizar en la Tabla 20, las características que conforman la alimentación de la derivación que abastece la Sección 5.

Tabla 20: Equipos, voltajes y protecciones que conforman la alimentación de la Sección 5.

Área	Protección Principal Tira Fusible	Tipo - Clase de Protecciones	Estado	Tensión Max	Transformadores Existentes	Características del Transformador
Sección 5	10 Amp.	Unipolar abierto sin rompe Arco	Cerrado	14 KV	Transformador Cabaña	Transformador 1 F P= 50 kVA F= 60 HZ Vs= 120 – 220V
					Transformador Vivero	Transformador 3 F P= 50 kVA F= 60 HZ Vs= 120 – 220V
					Transformador Genética	Transformador 3 F P= 50 kVA F= 60 HZ Vs= 120 – 220V

Fuente: Autor.

2.6 Técnicas y Estrategias para la Medición en Sistemas de Media Tensión.

Para el desarrollo de la investigación acorde al objetivo se basa en la medición de corrientes (Amp) en media tensión del sistema eléctrico de la empresa "3A Composites – Plantabal S.A.", que parte desde: salida del Transformador de Potencia, módulo extraíble con interruptor de potencia tipo 3AF 2321-4, protecciones principales, protecciones secundarias, derivaciones monofásicas, derivaciones trifásicas y protecciones de cada transformador de las áreas divididas por secciones antes mencionadas.

Se ha utilizado una pinza amperimétrica “Ampstik Plus” de la marca Sensorlink, en la cual se puede Visualizar en la Figura 29, proporcionado por la Empresa CNEL EP, antes de su medición es necesario asegurar que la pinza se encuentre en buen estado.



Figura 29: Pinza amperimétrica “Ampstik Plus”
Fuente: Autor

Tabla 21: Especificaciones de la Pinza amperimétrica “Ampstik Plus”.

Especificaciones Pinza Amperimétrica “Ampstik Plus”	
Numero de Modelo	8-022 Plus
Rango de Operación:	0-69KV - 1-1200 Amp
Voltaje	0-69 KV
Corriente	1-1200 Amp
Numero de Lecturas	4 lecturas
Frecuencia	60 HZ
Peso	3,8 Libras
Apertura de Sensor	Mandíbula Ancha

Fuente: Autor.

2.6.1 Estrategias para la Medición en Sistemas de Media Tensión.

En esta subsección se menciona de forma general los criterios considerados para el desarrollo de la toma de lecturas en MT. Se realizaron las medidas durante el mes de mayo, esto debido al alto consumo asociado a una fuerte demanda en producción de madera de balsa.

Con el cual aportaría un mejor análisis de confiabilidad del sistema de distribución del alimentador 01 de la empresa. Posterior determinar puntos de mayor amperaje en las salidas de las protecciones, derivaciones, ramales trifásicos y monofásicos con la ayuda de la pértiga y la pinza amperimétrica de MT con lo cual determinar e inspeccionar el dimensionamiento de las tiras fusibles.

La planificación para la toma de lecturas se detalla a continuación

Para las mediciones de las Protecciones del alimentador se dictaminará desde el día:

Domingo 19-05-2024 hasta el Domingo 26-05-2024.

En Horarios de: 07:00 – 09:00 / 11:00 – 13:00 / 18:00 – 20:00.

El cual comprenderá los siguientes puntos:

- Salida del Transformador de Potencia de 5 / 6,25 kVA.
- Salida de la Protección Principal del Módulo extraíble con interruptor de potencia tipo 3AF 2321-4. En la cual se visualizará en el Anexo 2.
- Salida de la Protección Secundaria del Alimentador (parte céntrica).
- Salida de la Protección Aguas Abajo del Alimentador (mira hacia la Línea de producción).
- Salida de la Protección Aguas Arriba del Alimentador (mira hacia: Vivero, Cabañas, Genética). En la cual se visualizará en el Anexo 3.

Para las mediciones de las Protecciones secundarias de las derivaciones trifásicas del alimentador se dictaminará desde el día:

Lunes 06-05-2024 hasta el viernes 10-05-2024.

En Horarios de: 07:00 – 09:00 / 11:00 – 13:00 / 18:00 – 20:00.

El cual comprenderá los siguientes puntos:

- Salida de la Protección, derivación trifásica del Alimentador (mira hacia el taller de aserrío). En la cual se visualizará en el Anexo 4.
- Salida de la Protección, derivación trifásica del Alimentador (mira hacia la secadora 14 – 16 y la Oficina de Administración Principal). En la cual se visualizará en el Anexo 5.
- Salida de la Protección, derivación trifásica del Alimentador que parte desde las celdas que se encuentran en la línea de producción (mira hacia D100 /CK).

Para las mediciones de las Protecciones de cada transformador tanto monofásico como trifásico se dictaminará desde el día:

Lunes 27-05-2024 hasta el miércoles 29-05-2024.

En Horarios de: 07:00 – 09:00 / 11:00 – 13:00 / 18:00 – 20:00.

Cabe recalcar que se realizó un promedio para evaluar el dimensionamiento de las tiras fusibles.

El cual comprenderá los siguientes puntos:

- Salida de la Protecciones que alimenta a los transformadores: Vivero, Cabaña, Genética. En la cual se visualizará en el Anexo 6.
- Salida de la Protecciones que alimenta a los transformadores: Aserrío 1 y Aserrío 2. En la cual se visualizará en el Anexo 7.
- Salida de la Protecciones que alimenta a los transformadores: Secadora 14 – 16 y la Oficina de Administración Principal. En la cual se visualizará en el Anexo 8.
- Salida de la Protecciones que alimenta al banco de transformadores: Secadora 17 – 22. En la cual se visualizará en el Anexo 9.
- Salida de la Protecciones que alimenta el transformador: Secadora 1 - 13. En la cual se visualizará en el Anexo 10.
- Salida de la Protecciones que alimenta el transformador: Sector CK. En la cual se visualizará en el Anexo 11.
- Salida de la Protecciones que alimenta el transformador: Sector D100. Anexo 12.

- Salida de la Protecciones que alimenta al banco de transformadores: Sector Taller de Resaneo.

Representación de Mediciones de MT.

Para la representación de mediciones en MT se toma como referencia las mediciones más importantes de las protecciones principales y secundarias como son:

- **Salida de la Protección a 13,8 kV del Transformador de Potencia de 5 / 6,25 kVA.**

En la presente Tabla 22, se visualizan las mediciones de la Protección del Transformador de Potencia de 5 / 6,25 kVA a nivel de 13,8 kV. La cual fue realizada en las salidas de las protecciones desde el domingo 19-05-2024 hasta el domingo 26-05-2024, en horarios 07:00 – 09:00 / 11:00 – 13:00 / 18:00 – 20:00.

Tabla 22: Mediciones de la salida de la Protección del Transformador de Potencia de 5 / 6,25 kVA.

• Salida de la Protección a 13,8 KV del Transformador de Potencia de 5 / 6,25 kVA.										
Horas Pico en dicha Empresa	# Conductores	# Faces	Domingo 19-05-2024	Lunes 20-05-2024	Martes 21-05-2024	Miércoles 22 -05-2024	Jueves 23-05-2024	Viernes 24-05-2024	Sábado 25 -05-2024	Domingo 26 -05-2024
07:00 - 09:00	3	A	78,4	84	80,1	80,4	86,7	86,8	83	74,5
		B	78,9	84	82,8	79,9	88,8	86,3	85,4	70,6
		C	76,1	85	84,7	83	88,9	88,2	82	70,7
11:00 - 13:00	3	A	78,9	84,8	83,6	86,8	85,6	85,7	79,9	69,8
		B	77,9	86,8	84	86,3	85,7	85,8	78,9	68,9
		C	75	86,9	85,2	88,2	85,8	87,8	78,4	68,1
18:00 - 20:00	3	A	83	88,2	86,6	83,2	87,8	86,8	76,1	70,1
		B	85,4	87,2	86,9	85,9	88,2	86,9	76,2	71,1
		C	82	84,5	88,2	88	89	88,2	75	70,1

Fuente: Autor.

- **Salida de la Protección Secundaria del Alimentador (parte céntrica).**

En la presente Tabla 23, se visualizan las mediciones de la salida de la Protección Secundaria del Alimentador (parte céntrica). La cual fue realizada en las salidas de las protecciones desde el domingo 19-05-2024 hasta el domingo 26-05-2024, en horarios 07:00 – 09:00 / 11:00 – 13:00 / 18:00 – 20:00.

Tabla 23: Mediciones de la salida de la Protección Secundaria del alimentador (Parte Céntrica).

• Salida de la Protección Secundaria del Alimentador (parte céntrica).										
Horas Pico en dicha Empresa	# Conductores	# Facas	Domingo 19-05-2024	Lunes 20-05-2024	Martes 21-05-2024	Miércoles 22-05-2024	Jueves 23-05-2024	Viernes 24-05-2024	Sábado 25-05-2024	Domingo 26-05-2024
07:00 - 09:00	3	A	69	73	74.2	73.2	75.2	76.2	75.2	64.2
		B	65.3	69.3	70.5	69.5	71.5	72.5	71.5	60.5
		C	67.3	71.3	72.5	71.5	73.5	74.5	73.5	62.5
11:00 - 13:00	3	A	68.5	72.5	73.7	72.7	74.7	75.7	74.7	63.7
		B	66.8	70.8	72	71	73	74	73	62
		C	66	70	71.2	70.2	72.2	73.2	72.2	61.2
18:00 - 20:00	3	A	69.7	73.7	74.9	73.9	75.9	76.9	75.9	64.9
		B	73.4	77.4	78.6	77.6	79.6	80.6	79.6	68.6
		C	70.9	74.9	76.1	75.1	77.1	78.1	77.1	66.1

Fuente: Autor.

- **Salida de la Protección Aguas Abajo del Alimentador (mira hacia la Línea de producción).**

En la presente Tabla 24, se visualizan las mediciones de la salida de la Protección Aguas Abajo del Alimentador (mira hacia la Línea de producción). La cual fue realizada en las salidas de las protecciones desde el domingo 19-05-2024 hasta el domingo 26-05-2024, en horarios 07:00 – 09:00 / 11:00 – 13:00 / 18:00 – 20:00.

Tabla 24: Mediciones de la salida de la Protección Aguas Abajo del Alimentador.

Salida de la Protección Aguas Abajo del Alimentador (Mira hacia la Línea de producción).										
Horas Pico en dicha Empresa	# Conductores	# Fac es	Domingo 19-05-2024	Lunes 20-05-2024	Martes 21-05-2024	Miércoles 22 -05-2024	Jueves 23-05-2024	Viernes 24-05-2024	Sábado 25 -05-2024	Domingo 26 -05-2024
07:00 - 09:00	3	A	65	69	70.2	69.2	71.2	72.2	71.2	60.2
		B	62.3	66.3	67.5	66.5	68.5	69.5	68.5	57.5
		C	66.3	70.3	71.5	70.5	72.5	73.5	72.5	61.5
11:00 - 13:00	3	A	65.5	69.5	70.7	69.7	71.7	72.7	71.7	60.7
		B	62.3	66.3	67.5	66.5	68.5	69.5	68.5	57.5
		C	62.3	66.3	67.5	66.5	68.5	69.5	68.5	57.5
18:00 - 20:00	3	A	65	69	70.2	69.2	71.2	72.2	71.2	60.2
		B	66.6	70.6	71.8	70.8	72.8	73.8	72.8	61.8
		C	67.9	71.9	73.1	72.1	74.1	75.1	74.1	63.1

Fuente: Autor.

2.7 Analizador de Redes.

Para el desarrollo de las mediciones con el analizador de redes nos enfocaremos en la medición de parámetros eléctricos. De Acuerdo con [69], la norma IEEE 1159 del 2009, muestra que la calidad de la energía hace referencia a una extensa complicación de fenómenos electromagnéticos que definen la tensión y la corriente eléctrica, en un periodo de tiempo estipulado en el sistema de potencia. Esta define a estos disturbios como fenómenos electromagnéticos y los encasilla en siete categorías, que son: Transitorios (impulsos y oscilaciones), variaciones de corta duración (sags y swells), variaciones de larga duración (interrupciones, sub y sobretensiones), desequilibrios de tensión (simetría), distorsión en la forma de onda (armónicos, ruidos, offset), fluctuaciones de tensión (flicker), variaciones en la frecuencia.

2.7.1 Equipo utilizado en la medición.

Para ello se ha utilizado un analizador de calidad de energía “PQA 824 HT” de la marca HT, en la cual se puede visualizar en la Figura 30, proporcionado por la Empresa CNEL EP, antes de su medición es necesario asegurar que el analizador se encuentre en buen estado.



Figura 30: Analizador de Calidad de energía “HT PQA 824”

Fuente: Autor

En la Tabla 25, nos indica las principales especificaciones del analizador con la cual nos servirá para el presente análisis energético en la empresa.

Tabla 25: Principales especificaciones del Analizador “HT PQA 824”.

Visualizador	TFT, 65536 colores, (320x240pxl) de alto contraste, pantalla táctil
Alimentación	1x3.7V batería recargable Li-ION con adaptador externo, autonomía >3h auto apagado después de 5 mín., sin utilización
Memoria interna	15Mbytes (autonomía aprox. 3 meses @ IP=15min y 251 parámetros seleccionados) Expansión memoria Compact Flash externa (aprox.32Mb)
Interfaz	PC USB 2.0
Seguridad	IEC/EN61010 – 1
Aislamiento	Doble aislamiento
Categoría de medida	CAT IV 600V (Fase – Neutro) CAT IV 1000V (entre las entradas)
Calidad de red y Flicker	EN50160
Calidad energía eléctrica	EN61000 – 4 – 30, Clase B

Fuente: Autor.

2.7.2 Ubicación del Analizador.

Es importante destacar que el equipo registrará los valores en cada punto seleccionado y se efectuará durante un período de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, en intervalos de 10 minutos. Durante el día miércoles 12/06/2024 hasta el día miércoles 19/06/2024. En la figura 31, se representa un diagrama unifilar para identificar exactamente donde se instaló el analizador de calidad de energía. El cual está colocado en las barras de la salida del banco de transformadores del Taller de Resaneo con una capacidad de 250 * 3 con un total de 750 kVA de potencia instalada.

En la Figura 32, nos representa el tipo de configuración de conexión la cual será, sistema trifásico 4- hilos para la respectiva medición. En el Anexo 13, se visualiza su instalación.

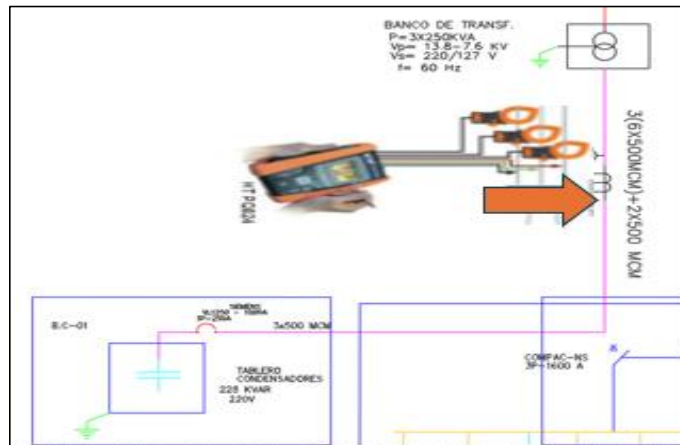


Figura 31: Identificación de instalación del Analizador.

Fuente: Autor.

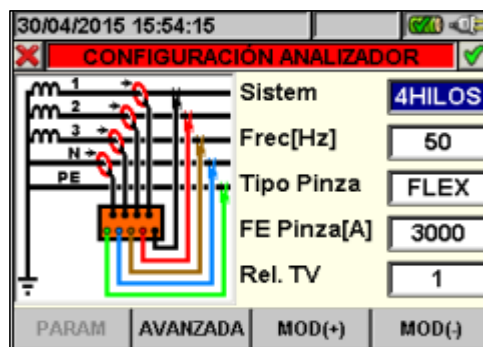


Figura 32: Configuración de conexión Trifásico 4 – hilos.

Fuente: Autor.

El análisis de calidad de energía es un proceso esencial para evaluar el desempeño de los sistemas eléctricos, especialmente en instalaciones industriales o comerciales donde la estabilidad y la eficiencia energética son factores críticos. Este análisis abarca variables fundamentales como el voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, factor de potencia y flickers, las cuales afectan directamente la confiabilidad y la seguridad del suministro eléctrico. El cumplimiento de los estándares y límites regulatorios establecidos por la Agencia de Regulación y Control de Energía

y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) es fundamental para garantizar que el sistema opere dentro de parámetros seguros y eficientes, minimizando las perturbaciones y fallos.

En la Tabla 26 se presenta los valores reguladores establecidos por el ARCERNNR 003-2023, con el fin de realizar un análisis comparativo y evaluar el cumplimiento de los estándares nacionales.

Tabla 26: Parámetros establecidos por el ARCERNNR.

Parámetro	Unidad	Valor Admisible
Fluctuaciones de Voltaje	V	90% a 110% del valor nominal
Fluctuaciones de Corriente	A	Según el diseño de la instalación
Potencia Activa (P)	kW	Control según demanda energética
Potencia Reactiva (Q)	kVAR	Evitar exceso para minimizar pérdidas
Potencia Aparente (S)	kVA	Valor ajustado al diseño del sistema
Factor de Potencia	$\text{Cos } \theta$	Mayor a 0.95
Flickers	-	$\text{Pst} \leq 1.0$

Fuente: Autor, ARCERNNR.

Las fluctuaciones de voltaje fuera del rango establecido (90% a 110%) pueden afectar la estabilidad del sistema eléctrico. Estos valores son recomendados para mantener la operación óptima de los equipos conectados a la red.

- La corriente debe ser monitoreada en función del diseño de la instalación y la capacidad de los conductores. Sobrecargas o corrientes desbalanceadas pueden generar calor excesivo y reducir la vida útil de los equipos.

- La potencia activa debe ser ajustada a la demanda, mientras que la reactiva debe mantenerse dentro de valores aceptables para evitar pérdidas adicionales en la red.

- Un factor de potencia superior a 0.95 es ideal para mejorar la eficiencia energética y reducir costos asociados con la potencia reactiva.

- Las variaciones rápidas de voltaje que provocan flickers deben controlarse dentro del límite permitido ($Pst \leq 1.0$) para garantizar la comodidad y evitar daños a los equipos.

Voltajes Promedio.

En la Figura 33, se aprecia los resultados obtenidos en la gráfica de voltajes promedio de las tres líneas se muestra un comportamiento estable durante la mayor parte del período analizado, con algunos aspectos puntuales que requieren atención.

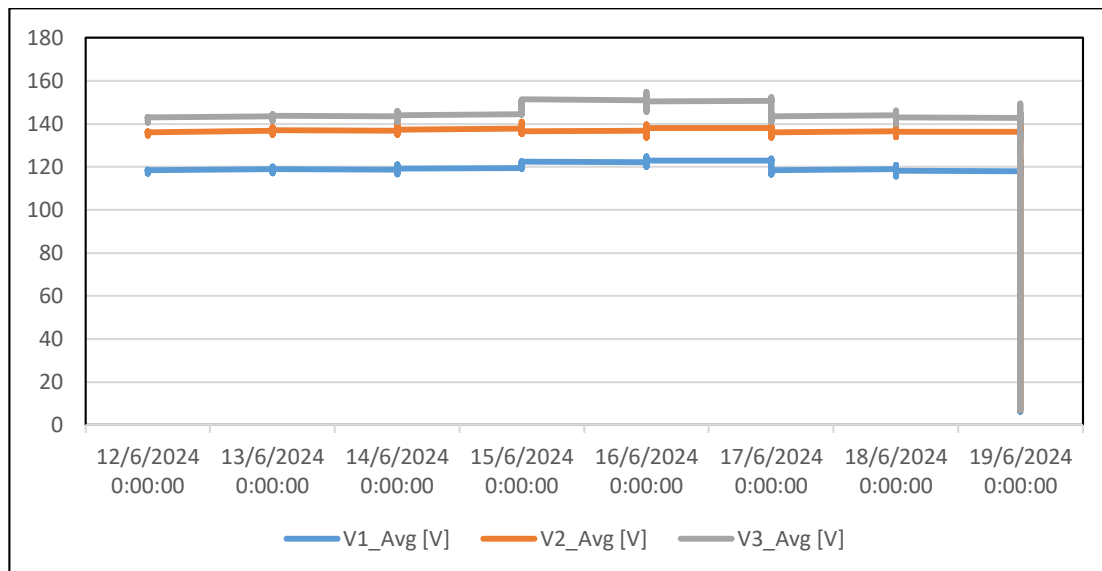


Figura 33: Grafica de valores de Voltaje Promedio.

Fuente: Autor.

Observaciones:

- Durante la mayoría de los días entre el 12 de junio y el 18 de junio de 2024, las tres líneas (V1, V2 y V3) muestran un comportamiento bastante estable. El voltaje promedio de cada línea se mantiene dentro de un rango relativamente constante, lo cual sugiere que no se produjeron fluctuaciones significativas durante este período.
- Aunque los voltajes de las tres líneas son relativamente estables, se observan ligeras diferencias entre ellas. V2 (en color naranja) se encuentra

consistentemente por encima de V1 (en azul), mientras que V3 (en plomo) tiende a oscilar ligeramente por encima o en línea con V2. Esto puede indicar pequeñas descompensaciones entre las fases, aunque no parecen ser lo suficientemente significativas como para generar un problema crítico.

- Se destaca una caída abrupta en el valor de la línea V3 el 19 de junio de 2024, donde el voltaje promedio desciende drásticamente hasta niveles por debajo de los 120 V. Este evento está relacionado con una interrupción en el suministro de energía.
- Exceptuando la caída observada el 19 de junio, los voltajes en las tres líneas se mantienen dentro de los márgenes de tolerancia aceptables de acuerdo con los estándares de calidad de energía. Esto sugiere que, durante la mayor parte del período, el sistema operó de manera eficiente y dentro de los parámetros de seguridad establecidos por la normativa vigente (ARCERNNR).

Corrientes Promedio.

En la Figura 34, se aprecia el análisis de los resultados obtenidos de la corriente promedio en las tres fases (L1, L2, L3) y el neutro (I_n) a lo largo del periodo del 12 al 19 de junio del 2024, refleja varios aspectos importantes sobre el comportamiento del sistema eléctrico y su operación.

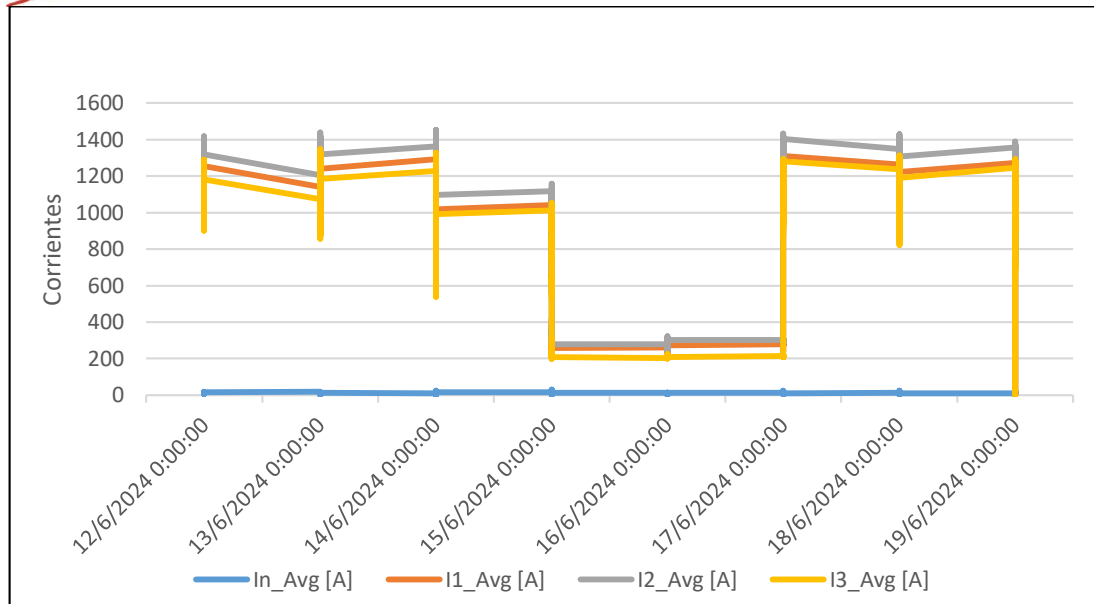


Figura 34: Grafica de Corrientes Promedio.

Fuente: Autor.

Observaciones:

- Las tres líneas (L1 en naranja, L2 en plomo y L3 en amarillo), presentan un comportamiento relativamente estable en cuanto a los valores de corriente, manteniéndose dentro de un rango similar a lo largo del período. No obstante, se puede observar que la corriente en L2 tiende a ser ligeramente más elevada que en L1 y L3. Esta diferencia podría estar relacionada con un leve desbalance de carga en el sistema, lo cual es común en instalaciones que operan con cargas no perfectamente distribuidas.
- Existen tres puntos destacados donde se observan caídas significativas en las corrientes de todas las fases (especialmente visibles el 16 de junio). Durante estos periodos, la corriente desciende abruptamente a niveles cercanos a los **200 A** o incluso menos, lo que es indicativo de una reducción en la demanda de carga o un corte de energía planificado.
- La corriente en el neutro (representada en azul oscuro) presenta un comportamiento peculiar. Durante la mayor parte del periodo, se mantiene casi inexistente o en niveles muy bajos, lo que sugiere que el sistema está bien

balanceado en términos de carga entre las fases. Sin embargo, en los mismos puntos en que se observan caídas en las corrientes de las fases, la corriente en el neutro aumenta, lo cual podría indicar un desbalance temporal en la carga.

- Después de las caídas abruptas de corriente observadas, el sistema recupera su operación normal, con las corrientes de las tres fases aumentando de nuevo a los niveles previos. Esto indica que los eventos de reducción de corriente fueron transitorios y que no se detectan daños permanentes o fallos prolongados en el sistema.

Potencia Activa Promedio.

En la Figura 35, se aprecia el análisis de los resultados de la potencia activa promedio en las tres fases (L1, L2, L3) refleja patrones importantes para comprender el comportamiento del sistema eléctrico durante el periodo del 12 al 19 de junio del 2024.

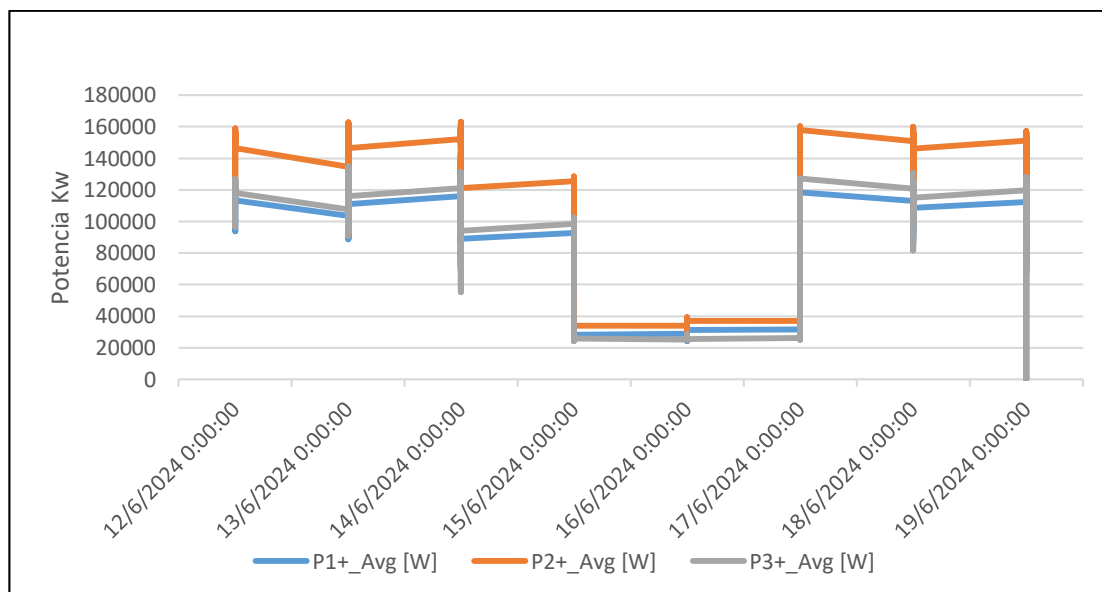


Figura 35: Grafica de Potencia Activa Promedio.

Fuente: Autor.

Observaciones:

- A lo largo del período analizado, las tres fases muestran un comportamiento estable, con pequeñas variaciones entre ellas. La fase L2 (representada en color naranja) mantiene los valores de potencia activa más altos en comparación con

L1 (azul oscuro) y L3 (plomo), lo que puede deberse a una distribución de carga ligeramente desbalanceada. A pesar de esto, las variaciones entre las fases no son excesivas, y se infiere que el sistema está operando dentro de un rango aceptable de equilibrio de cargas.

- Al igual que en los gráficos anteriores, se observan caídas significativas en la potencia activa promedio en todas las líneas alrededor del 16 de junio. Durante este período, las tres fases muestran un descenso simultáneo en la potencia activa hasta valores cercanos a los **40,000 W**, lo que podría estar relacionado con una reducción en la demanda de carga o un apagón momentáneo. Estos eventos de reducción se recuperan rápidamente, lo que sugiere que fueron transitorios y que el sistema eléctrico volvió a operar en niveles normales una vez superada la anomalía.
- Es evidente que la fase L2 maneja una mayor cantidad de potencia activa durante todo el período en comparación con L1 y L3. Esta diferencia podría deberse a un mayor consumo o carga en esa fase específica. Aunque esta diferencia no es crítica, sería recomendable investigar la distribución de las cargas para garantizar un equilibrio más homogéneo entre las fases, mejorando así la eficiencia del sistema.

Potencia Reactiva Promedio.

En la Figura 36, se aprecia el análisis de la potencia reactiva promedio en las tres fases (L1, L2, L3) muestra variaciones importantes a lo largo del período comprendido entre el 12 y el 19 de junio del 2024.

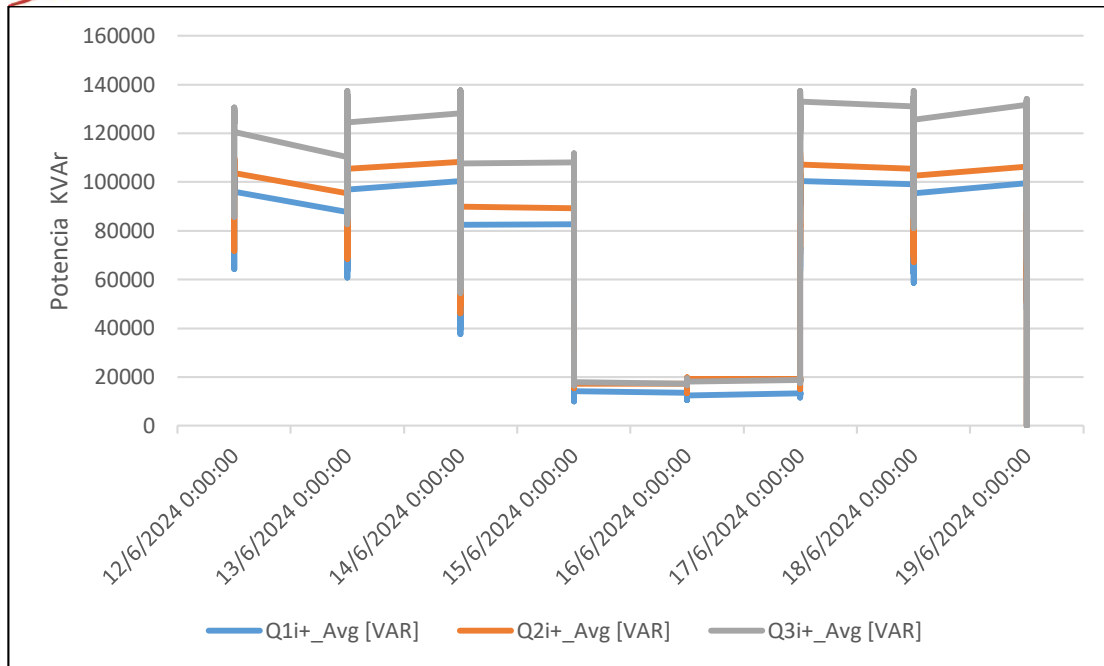


Figura 36: Grafica de Potencia Activa Promedio.

Fuente: Autor.

Observaciones:

- Las tres fases presentan comportamientos distintos en términos de potencia reactiva, con una clara diferencia en los valores de la fase L3 (plomo), que constantemente presenta los valores más elevados a lo largo de casi todo el período analizado. Las fases L1 (azul oscuro) y L2 (naranja) mantienen niveles más bajos y similares entre ellas, aunque con algunas variaciones puntuales.
- Al igual que en las gráficas anteriores de voltaje y potencia activa, se observan caídas significativas en los valores de potencia reactiva alrededor del 16 de junio. Durante estos períodos, las tres fases descienden a valores mínimos de potencia reactiva. Este fenómeno puede estar relacionado con una desconexión o reducción momentánea en la demanda de energía reactiva. Posteriormente, el sistema se recupera, y los valores de potencia reactiva vuelven a los niveles habituales, lo que indica que el evento fue transitorio.
- Una de las observaciones más relevantes es que la fase L3 maneja consistentemente una mayor cantidad de potencia reactiva en comparación con

L1 y L2. Esto se debe a una carga inductiva más alta en esta fase, lo que provoca un mayor consumo de energía reactiva. Si bien no hay un impacto crítico en la operación, esta descompensación entre las fases debe ser monitoreada para evitar posibles problemas de ineficiencia energética o sobrecargas.

Potencia Aparente Promedio.

En la Figura 37, se aprecia el análisis de los resultados de la potencia aparente promedio en las tres fases (L1, L2, L3) muestra un comportamiento similar al de las otras variables eléctricas observadas, con patrones que reflejan tanto estabilidad general como eventos transitorios que deben ser considerados.

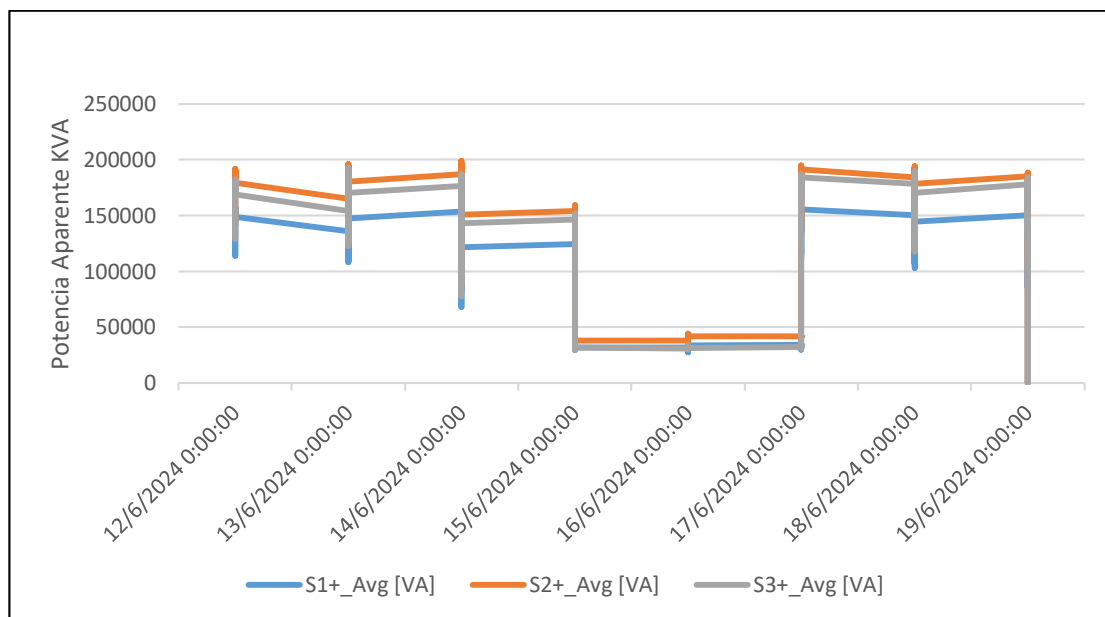


Figura 37: Grafica de Potencia Aparente Promedio.

Fuente: Autor.

Observaciones:

- Durante la mayor parte del período analizado, las fases L1 (azul oscuro), L2 (naranja) y L3 (plomo) mantienen valores de potencia aparente relativamente estables. Sin embargo, se observan diferencias notables en la magnitud de la

potencia aparente entre las fases. L2 presenta consistentemente los valores más altos, mientras que L1 y L3 muestran valores más moderados, aunque L3 parece tener picos más pronunciados en ciertos momentos.

- Al igual que en las otras variables eléctricas, se observa una caída abrupta en la potencia aparente de todas las fases alrededor del 16 de junio. En este momento, los valores de potencia aparente descienden a niveles significativamente bajos, cercanos a los **40,000 VA**, lo que sugiere una disminución considerable en la demanda de energía. Esta caída está asociada con apagón. Afortunadamente, el sistema muestra una rápida recuperación posterior a este evento, volviendo a los niveles normales de operación sin mayores perturbaciones.
- Se observan diferencias notables en la magnitud de la potencia aparente entre las fases. La fase L2 tiende a operar con mayor potencia aparente, lo que sugiere que esta línea está manejando una mayor carga, mientras que L1 y L3, aunque más equilibradas entre sí, presentan diferencias de magnitud menos significativas. Este comportamiento es resultado de una distribución desigual de las cargas o un diseño particular del sistema que asigna más demanda a la fase L2.

Factor de Potencia.

En la Figura 38, se aprecia el análisis de los resultados del factor de potencia promedio en las tres fases (L1, L2, L3) durante el período comprendido entre el 12 y el 19 de junio del 2024 muestra un comportamiento bastante estable, con algunas variaciones puntuales que merecen ser destacadas.

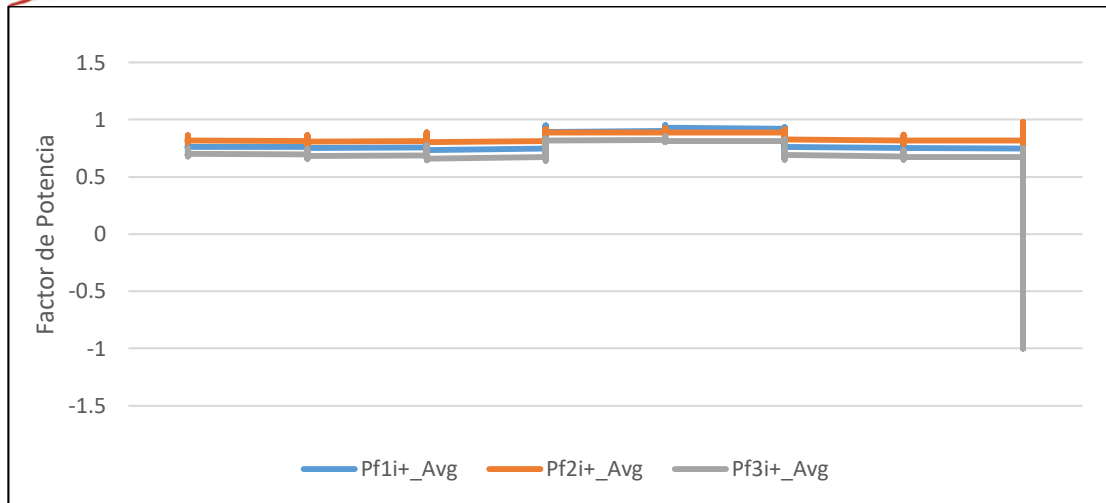


Figura 38: Grafica del Factor de Potencia.

Fuente: Autor.

Observaciones:

- A lo largo del período analizado, el factor de potencia promedio en las tres fases se mantiene entre 0,72 – 0,98, lo que indica que el sistema eléctrico está operando de manera ineficiente, con un desequilibrio entre la potencia activa y reactiva. Esto es un mal indicativo de que la energía suministrada está siendo utilizada ineficazmente por las cargas conectadas al sistema.
- Se observan ligeras variaciones entre las fases, especialmente en L2 (naranja) y L3 (plomo). A pesar de estas diferencias, los valores del factor de potencia en todas las fases se mantienen dentro de un rango no tan aceptable, cercano a 0,9 lo que refleja un sistema bien balanceado y con pérdidas mínimas de energía reactiva.
- Al igual que en los gráficos de otras variables, se observa una caída significativa del factor de potencia el 19 de junio, particularmente en L3 (plomo). Este evento es debido al apagón.

Flickers

En la Figura 39, se aprecia el análisis de los resultados de los flickers promedio en las tres fases (L1, L2, L3) durante el período del 12 al 19 de junio del 2024 revela un comportamiento relativamente estable en la mayor parte del tiempo, con algunas

variaciones puntuales que merecen atención. Los flickers se refieren a fluctuaciones rápidas y repetitivas en el voltaje, que pueden causar molestos parpadeos en la iluminación y afectar equipos sensibles.

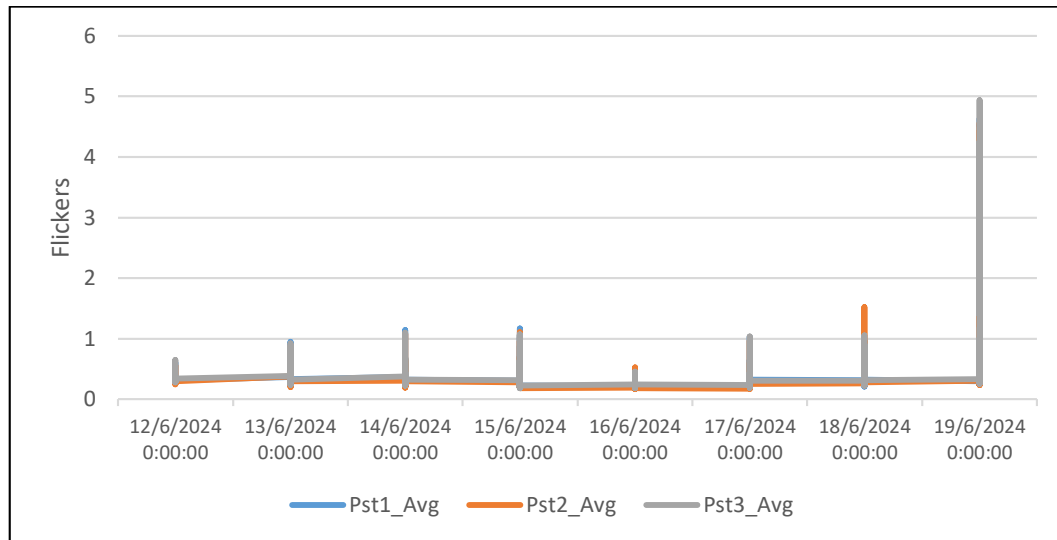


Figura 39: Grafica de Flickers.

Fuente: Autor.

Observaciones:

- En general, los valores promedio de flicker en las tres fases (Pst1 en azul, Pst2 en naranja, y Pst3 en plomo) se mantienen por debajo del valor de 1.5, lo que indica que las fluctuaciones de voltaje fueron mínimas y estuvieron dentro de los límites tolerables. Este comportamiento es positivo, ya que sugiere que la red operó sin generar perturbaciones significativas que pudieran afectar la calidad del suministro eléctrico.
- Aunque el comportamiento general fue estable, se observan algunos picos aislados en los resultados. En particular, el 19 de junio se registra un pico elevado en la fase Pst3 (plomo), alcanzando un valor de aproximadamente 5, lo que indica una fuerte fluctuación en el voltaje. Este tipo de eventos es motivo de preocupación, ya que los flickers con valores tan altos pueden causar interrupciones visibles y potencialmente dañar equipos conectados a esa fase.

- Otro pico menor se observa en Pst2 (naranja), también el 18 de junio, aunque este es mucho más moderado, alcanzando un valor ligeramente superior a 1. Este valor, aunque notable, no alcanza niveles críticos, pero sigue siendo un indicador de que hubo fluctuaciones en el sistema.
- Antes del evento del 19 de junio, los valores de flicker se mantienen consistentemente bajos, con pocas fluctuaciones y en general por debajo de 1. Este comportamiento sugiere que el sistema eléctrico operaba de manera estable, con una buena calidad de energía y sin grandes fluctuaciones de voltaje.

2.8 Termografía.

En la termografía, el contraste está asociado a las variaciones en temperatura y en la emisividad de las superficies analizadas. Normalmente, el objetivo es identificar las temperaturas y ajustar parcialmente el impacto de la emisividad. Sin embargo, la reflexión de radiaciones provenientes de otras áreas o del mismo sistema, así como los efectos de los flujos convectivos, complican la interpretación de las imágenes termográficas en ensayos no destructivos[70].

Para el desarrollo de la medición de Temperatura en la empresa "3A Composites – Plantabal S.A.", se ha utilizado una cámara termográfica “FLIRT T440”. La cual nos permitirá visualizar los índices con mayor grado de temperatura también llamados (puntos calientes). Cabe recalcar que la medición se realizó el día 22/07/2024 a las 08:00. Día en el cual la empresa está al 100% de demanda laboral.

Para garantizar un barrido termográfico se presenta en la Figura 27, los datos a programar para una medición eficaz.

Tabla 27: Barrido Termográfico.

Fecha de la inspección.	22/7/2024	Ubicación:	Quevedo/ Los Ríos/ Ecuador
Equipo.	Cámara Termográfica	Fabricante:	FLIR T440

Serie de la Cámara	ZLV-FLIRT62101	Rango de calibración.	-20 °C a 1200°C (-4 °F a 2192°F)
IR del sensor	320 x 240	DSP versión.	3.10.30
Norma a aplicar.	ANSI/NETA ATS-2017	Problema potencial	Puntos Calientes
Condiciones de Muestra			
Emisividad.	0,95	Humedad relativa.	21%
Temperatura Ambiente.	27 °C	Temperatura reflejada.	Prueba 27 °C
Temperatura de fondo.	27 °C	Velocidad del viento.	6 km/h soplando de dirección sur oeste

Fuente: Autor.

EL estudio de este tipo de análisis relacionado a la termografía desprende de los principios, magnitudes y leyes entre las cuales se pueden identificar en la siguiente Tabla 28.

Tabla 28: Magnitudes y Unidades de la Termografía.

MAGNITUDES	UNIDADES
Intensidad radiante	W/sr(estereorradián)
Radiancia integrada en tiempo	J/(sr*m2)
Flujo radiante	W
Irradiancia	W/m2
Dosis	J/m2
Radiancia	(L) W/ (sr*m2)

Fuente: [70].

Según [71], la norma ANSI / NETA ATS-2017 que, para una Ficha Termográfica se considera realizar una Inspección Visual y Mecánica que contenga un registro termográfico cuando se aplica una carga al sistema, retirar todas las cubiertas necesarias antes de la inspección termográfica tener cuidado apropiado en los dispositivos de seguridad y equipo de protección personal, realizar una inspección termográfica de seguimiento dentro de los 12 meses de la aceptación final por parte del propietario.

En el cual [71], la Norma ANSI / NETA ATS-2017, que para una Ficha Termográfica se considera proporcionar un Informe que contenga: descripción del equipo a ensayar, diferencia de temperatura, causa probable de diferencia de temperatura, identificar las áreas y equipos no observables y de difícil acceso, identificar las condiciones de carga en el momento de la inspección y proporcionar fotografías.

2.8.1. Parámetros de prueba.

-Inspeccionar los sistemas de distribución con el equipo de formación de imágenes capaces de detectar una diferencia mínima de temperatura de 1 ° C a 30 ° C.

-El equipo detectará la radiación emitida y convertir la radiación detectada a la señal visual.

-Encuestas termográficas se deben realizar durante los períodos de máxima carga posible.

La Asociación Internacional de Pruebas Eléctricas “NETA” en conjunto con el Instituto Nacional de Normas Estadounidense “ANSI”, fomentan la norma ANSI/NETA ATS-2009, con la cual se nos permite realizar la inspección termográfica[72].

En la Tabla 29, se indican las observaciones en base a los criterios de severidad para realizar termografía.

Tabla 29: Criterios de severidad.

Relevancia	Prioridad	ΔT (°C)	ΔT (°F)
Normal	1 (bajo)	$\Delta T \leq 10$	$\Delta T \leq 50$
Leve	2	$10 < \Delta T \leq 20$	$50 < \Delta T \leq 68$
Grave	3	$20 < \Delta T \leq 40$	$40 < \Delta T \leq 104$
Crítico	4 (alto)	$\Delta T > 40$	$\Delta T > 104$

Fuente: Autor,[72]

2.8.2. Desarrollo de Termografía en MT.

Mediciones en las zonas de mayor carga en media y baja tensión del sistema eléctrico de la empresa. En el cual se visualizarán como referencia en los diagramas unifilares.

Mediciones de Temperatura representadas en el Diagrama Unifilar en MT.

En la Figura 40, se visualiza el diagrama unifilar con zonas de mayor carga.

- Zona 1, Salida a nivel de 13,8 Kv del transformador de Potencia.
- Zona 2, Derivación Trifásica, Talleres de Aserrío.
- Zona 3, Protección del Alimentador (Parte Céntrica).
- Zona 4, Protección del Alimentador Aguas Abajo (mira hacia la Línea de producción).

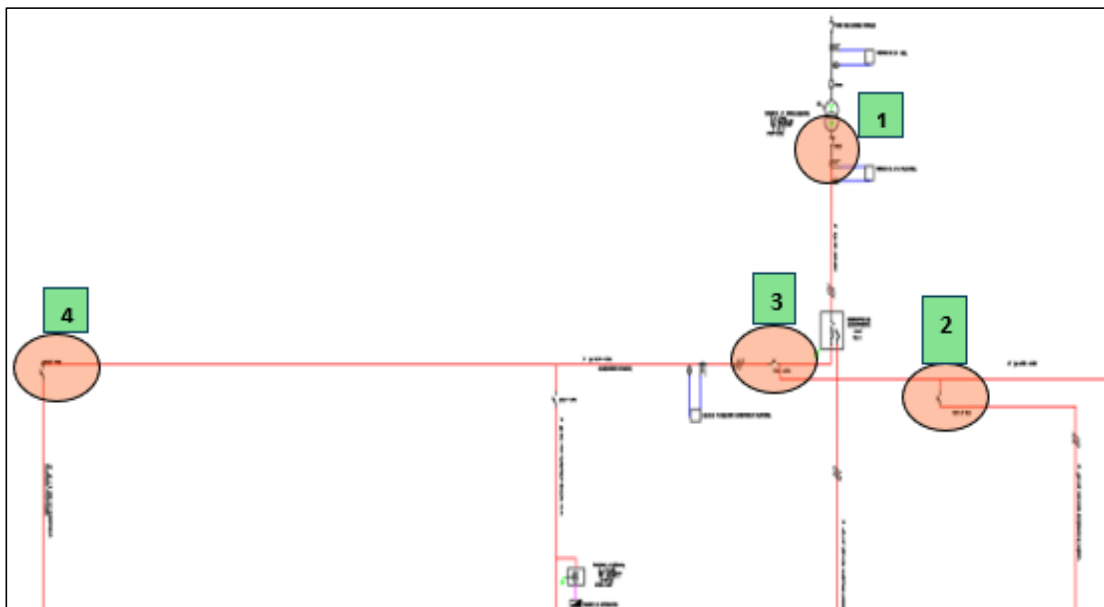


Figura 40: Diagrama Unifilar con representación de zonas de mayor carga.

Fuente: Autor.

De las 4 Zonas se escoge la más relevante, la cual se considera: Zona 3, Protección del Alimentador (Parte Céntrica).

Zona 3, Protección del Alimentador (Parte Céntrica).

En la presente Tabla 30, se presenta la ficha técnica de la termografía realizada en la protección del Alimentador (parte Céntrica). En la cual la $T_{\text{máx}} = 40.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en la Fase B y no se considera como anomalía.

Tabla 30: Ficha termográfica realizada en la protección del Alimentador (Parte Céntrica).

TERMOGRAFIA		Cámara FLIRT T440			
REALIZADO POR: AUTOR.		FECHA: 22/07/2024		HORA:	8:20:31
UBICACIÓN	LUGAR	EQUIPO CON O SIN ANOMALIA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALIA		SEVERIDAD
Empresa "Planta Bal"	Subestación	Protección del Alimentador (Parte céntrica)	Diferencia de temperatura		GRADO 4
IMAGEN TÉRMICA			IMAGEN VISUAL		
ANÁLISIS TÉRMICO					
PARÁMETROS TÉRMICOS		CONDICIONES DE TRABAJO		PARÁMETROS DE IMAGEN	
T MAX °C	40.5 °C	FASE A	Sp3 29.3 °C	EMISIVIDAD	0,95
T MIN °C	28.5 °C	FASE B	Sp2 28.5 – Sp1 40.5 °C	HUMEDAD RELATIVA %	21%
T AVG °C	32 °C	FASE C	Sp4 29.6 °C	T ATMOSFERICA °C	27 °C
OBSERVACIONES		MEDIDA CORRECTIVA REQUERIDA			
POSIBLES CAUSAS		Por el momento no se presentan afectaciones, se visualiza una T MAX = 40.5 °C la cual no es \geq a 60 °C, por lo cual no está considera como punto térmico pertinente.			
RECOMENDACIONES		Proceder a interrumpir el proceso, tomar medidas para el reajuste del punto térmico.			
FECHA DE ACCIÓN CORRECTIVA		N/A			

RESPONSABLE DE LA CORRECCIÓN	Técnico de mantenimiento.
------------------------------	---------------------------

Fuente: Autor.

Mediciones de Temperatura representadas en el Diagrama Unifilar de BT.

En la Figura 41, se visualiza el Diagrama Unifilar conjunto a las zonas de medición representadas en el mismo.

- Zona 5, Banco de transformadores de 250 kVA * 3 (alimenta el Taller de Resaneo).
- Zona 6, Tablero de Transferencia.
- Zona 7, Tablero Principal.
- Zona 8, Tablero de Banco de Capacitores.

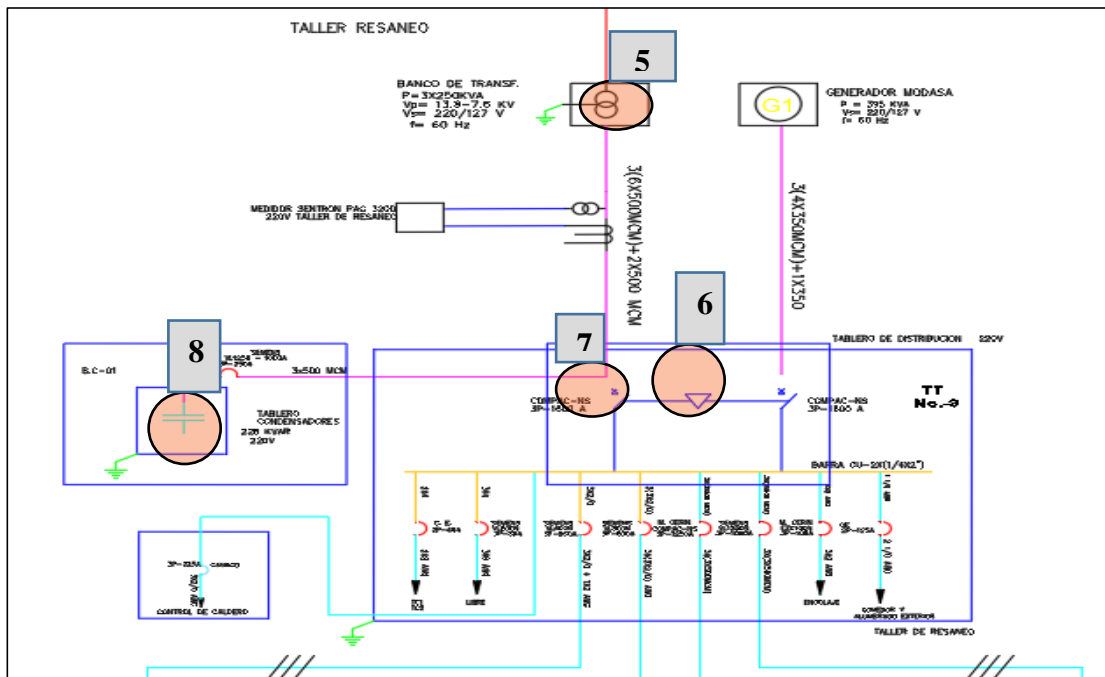


Figura 41: Diagrama Unifilar con representación de zonas de mayor carga en BT.

Fuente: Autor.

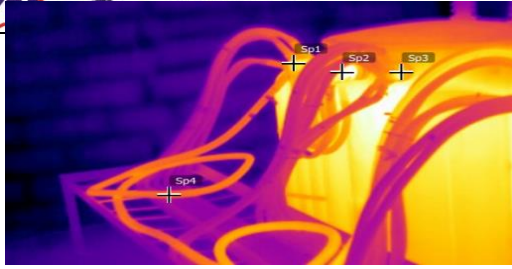
De las 4 Zonas se escoge la más relevante, la cual se considera: Zona 5, Banco de transformadores de 250 kVA * 3 (alimenta el Taller de Resaneo).

Zona 5, Banco de transformadores de 250 kVA * 3 (alimenta el Taller de Resaneo).

En la presente Tabla 31, se presenta la ficha técnica de la termografía realizada en el Banco de transformadores: X, Y, Z, de 250 KVA. En la cual la $T_{máx} = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$, en el transformador 1, la $T_{max} = 57,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, y en el transformador 2, y la $T_{max} = 52,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ y si se considera como anomalía de alta relevancia.

Tabla 31: Ficha técnica de la termografía realizada en el Banco de transformadores: X, Y, Z,

TERMOGRAFIA REALIZADA				
REALIZADO POR: ELABORACIÓN PROPIA			HORA:	8:30
UBICACIÓN	LUGAR	EQUIPO CON ANOMALIA	DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALIA	SEVERIDAD
Empresa "Planta Bal "	Línea de Producción	Banco de Transformadores.	DIFERENCIA DE TEMPERATURA	GRADO 4
IMAGEN TÉRMICA			IMAGEN VISUAL	



ANÁLISIS TÉRMICO

PARÁMETROS TÉRMICOS		CONDICIONES DE TRABAJO		PARÁMETROS DE IMAGEN	
TRANSFORMADOR X, 250KVA					
T MAX °C	65 °C	FASE A	56,4 °C	EMISIDAD	5
T MIN °C	56,4 °C	NEUTRO	56,7 °C	HUMEDAD RELATIVA %	65%
T AVG °C	60,7 °C	FASE B	65 °C	T AMBIENTE °C	25 °C
TRANSFORMADOR Y, 250KVA					
T MAX °C	57,8 °C	FASE A	57,8 °C	EMISIDAD	0,95
T MIN °C	54,1 °C	NEUTRO	59,2 °C	HUMEDAD RELATIVA %	65%
T AVG °C	55,9 °C	FASE B	54,1 °C	T AMBIENTE °C	25 °C
TRANSFORMADOR Z, 250KVA					
T MAX °C	52,6 °C	FASE A	44,9 °C	EMISIDAD	0,95
T MIN °C	44,1 °C	NEUTRO	52,6 °C	HUMEDAD RELATIVA %	65%
T AVG °C	50,1 °C	FASE B	49,8 °C	T AMBIENTE °C	25 °C
OBSERVACIONES		MEDIDA CORRECTIVA REQUERIDA			
POSIBLES CAUSAS		FALSO CONTACTO ENTRE TERMINAL DEL TRANSFORMADOR Y CONDUCTOR. AUMENTO DE CARGA EN LA DERIVACIÓN CON RESPONDIENTE A ESA FACE.			
RECOMENDACIONES		LIMPIAR SUPERFICIE DE UNIÓN Y REAJUSTAR CONTACTO ENTRE LOS TERMINALES DEL TRANSFORMADOR.			
FECHA DE ACCIÓN CORRECTIVA					
RESPONSABLE DE LA CORRECCIÓN		TECNICO DE MANTENIMIENTO.			

Fuente: Autor.

2.9 Modelo del Sistema Eléctrico.

En base al diagrama Unifilar el levantamiento de Información y las mediciones de corriente realizadas con la pinza amperimétrica de MT, se realiza una simulación mediante el software ETAP, el cual nos permite obtener una idea clara y datos reales de cómo está el estado actual de las instalaciones eléctricas de la empresa “3A Composites Plantabal”.

En el cual ETAP, ofrece poder simular programas incluidos como: Flujos de carga, análisis de corto circuito, análisis de arranque de motores, análisis de armónicos, estabilidad transitoria, coordinación de protecciones, estabilidad de voltaje, estabilidad de potencia entre otros.

2.9.1. Desarrollo de la Simulación.

Edición del Power Grid (Red de Energía).

Se representa la Línea de subtransmisión con un voltaje a nivel de 69kV, que parte desde la Subestación Quevedo Norte y Alimenta a la Subestación de la Empresa “3A Composites Plantabal”. En la figura 42, editamos el nombre del elemento en la ventana "Info" y especificamos su nivel de tensión en la venta "Rating", a más de esto se debe especificar el porcentaje de operación que debe ser 100%.

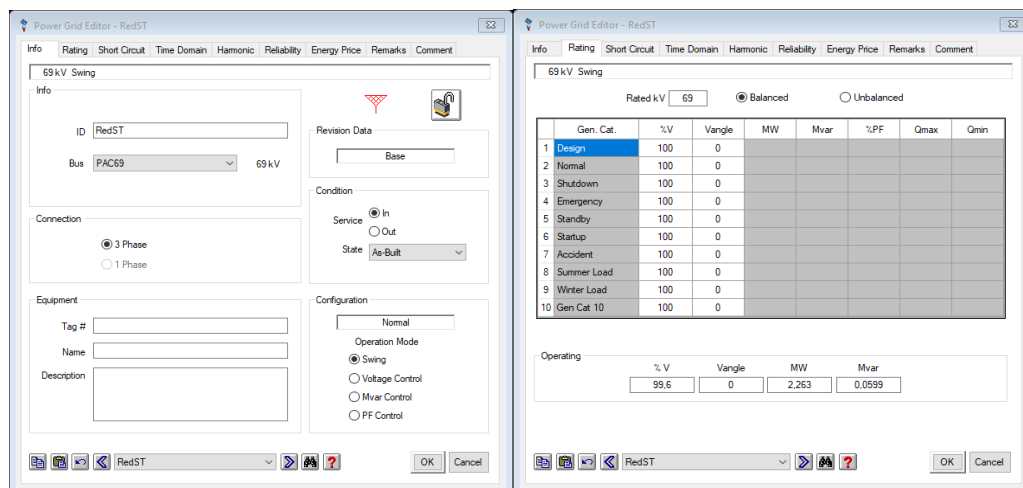


Figura 42: Edición del Power Grid (Red de Energía).

Fuente: Autor.

Adicional en la Figura 43, se representa la ventana de “Short Circuit” editamos el “SC Rating” donde se especifica las corrientes de cortocircuito en las barras estos valores los encontramos descritos por el operador nacional de electricidad CENACE.

Para el caso de Quevedo a nivel de 69 kV en Falla Trifásica se considera los siguientes parámetros:

I_k : Corriente inicial de Cortocircuito = 7,17 Ka.

S_k : Potencia Inicial de Cortocircuito= 857,45 MVA

X/R = 15,82

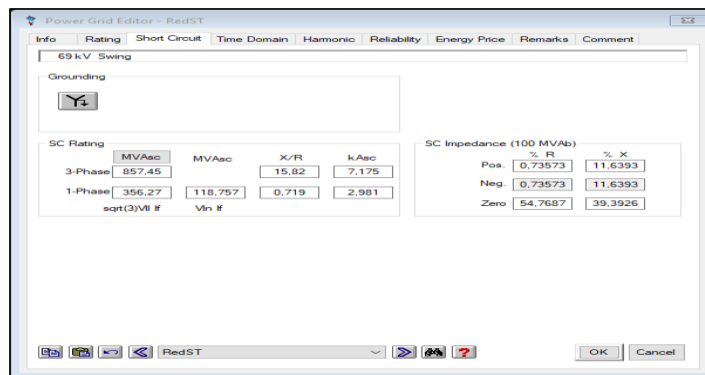


Figura 43: Edición de ventana de “Short Circuit”.

Fuente: Autor.

Edición de la barra (Bus). En la Fig. 44, elegimos el Bus cual será la barra Principal, la editaremos en la ventana “Info” la cual agregaremos con el nombre de PAC69 de Subtransmisión, se debe especificar el nivel de tensión en el que va a trabajar y el nombre.

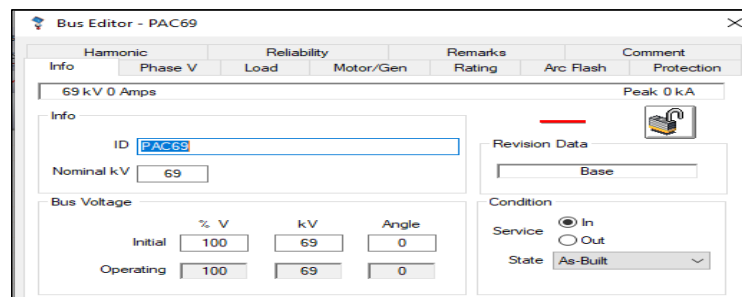


Figura 44: Edición de la barra (bus).

Fuente: Autor.

Transformador Trifásico (Winding Transformer).

En la configuración del Transformador que se representa en la Figura 45, se debe trabajar en dos ventanas distintas, en la ventana "Info" se debe especificar el nombre del elemento en la cual llamaremos T1 y el estándar de la norma con la que se va a trabajar, la elegida fue la norma IEC.

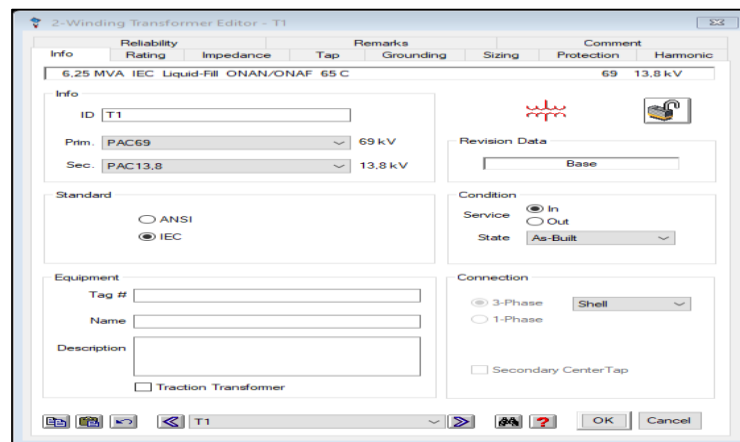


Figura 45: Edición del transformador.

Fuente: Autor.

En la Figura 46, la siguiente configuración se ejecuta en la opción "rating" donde se debe especificar la potencia del transformador, los niveles de tensión tanto en el devanado de Alta Tensión como de Media Tensión.

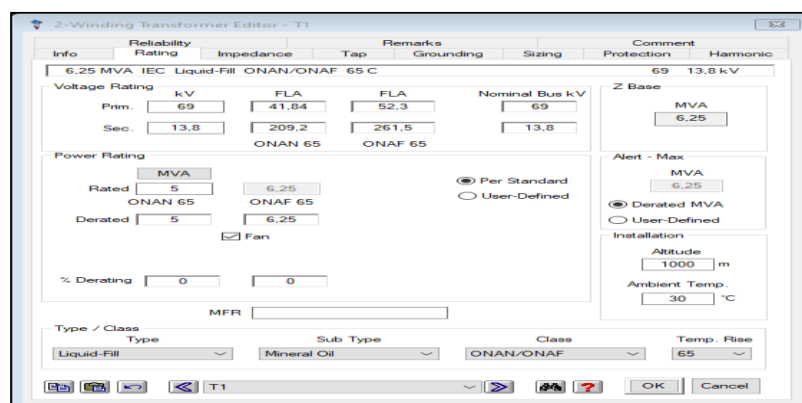


Figura 46: Configuración opción "rating" potencia del transformador.

Fuente: Autor.

Cable Editor.

En la Figura 47, para este caso la acometida de MT, la mismas que se realizarán en la ventana "Info" y luego en una sub-ventana de la misma pantalla. En la primera se especificará en nombre del elemento, la longitud de la acometida y se especificará la unidad de medida de la misma.

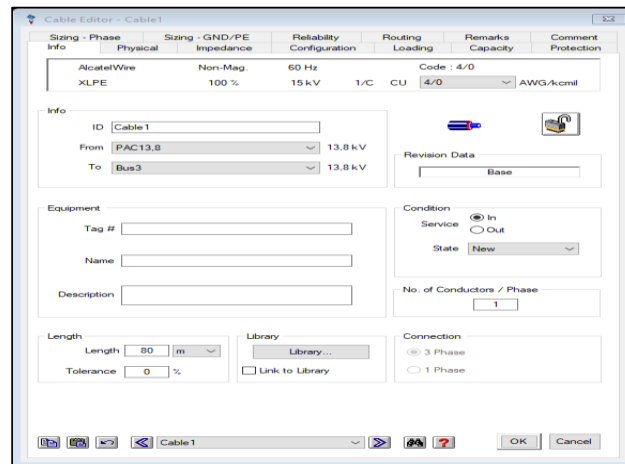


Figura 47: Edición de Cable su Longitud y su ID.

Fuente: Autor.

En la Figura 48, el siguiente paso en la configuración de una acometida es abrir la librería de conductores, donde elegiremos específicamente el calibre y tipo de conductor que deseamos para cada caso en particular.

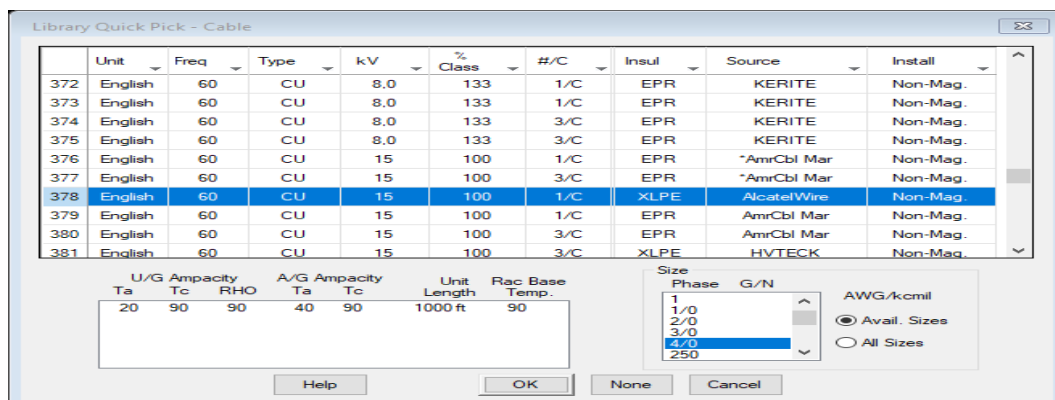


Figura 48: Configuración de la Acometida de MT calibre y tipo de conductor.

Fuente: Autor.

Cargas (Load Static).

En la Figura 49, para las cargas en general se deben considerar los casos de estudio a realizar en la simulación y se deben crear los escenarios a examinar colocándole a cada situación el porcentaje en el que trabajara la carga y poder evaluar el comportamiento del sistema.

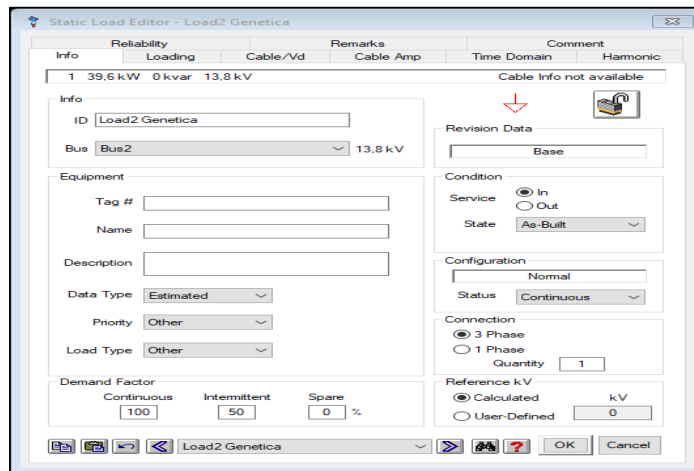


Figura 49: Edición de Configuración de porcentaje de carga y evaluación.

Fuente: Autor.

Luego de realizar dicha configuración en la Figura. 50, se especificará la potencia de la carga en KVA, así como su nombre y el nivel de voltaje en el que debe trabajar.

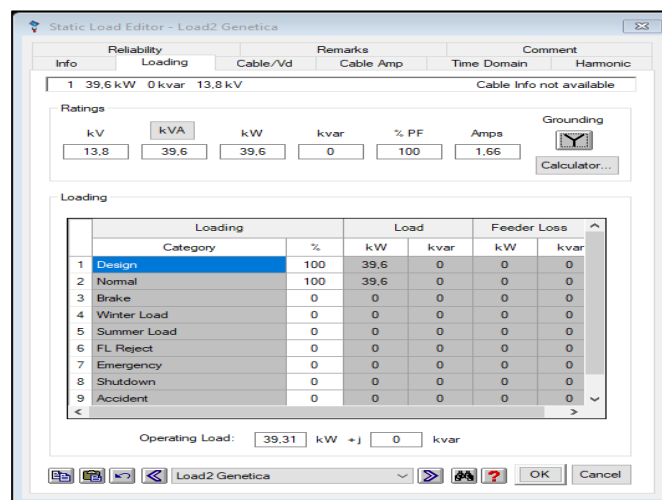


Figura 50: Potencia de la carga en KVA, nombre y nivel de voltaje.

Fuente: Autor.

Línea (Transmisión line).

Para este caso en la Figura 51, será el alimentador y las derivaciones trifásicas, la mismas que se realizarán en la ventana "Info" y luego en una sub-ventana de la misma pantalla. En la primera se especificará en nombre del elemento, la longitud de la línea de MT y se especificará la unidad de medida de la misma.

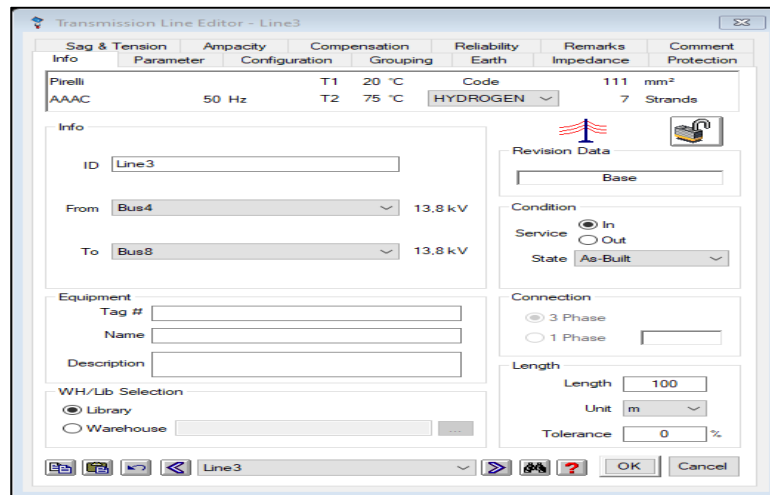


Figura 51: Configuración del Alimentador y derivaciones trifásicas en línea de MT.

Fuente: Autor.

En la Figura 52, el siguiente paso en la configuración de la línea de MT, es ir a Parámetros y abrir la librería de conductores, donde elegiremos específicamente el calibre y tipo de conductor que deseamos para cada caso en particular.

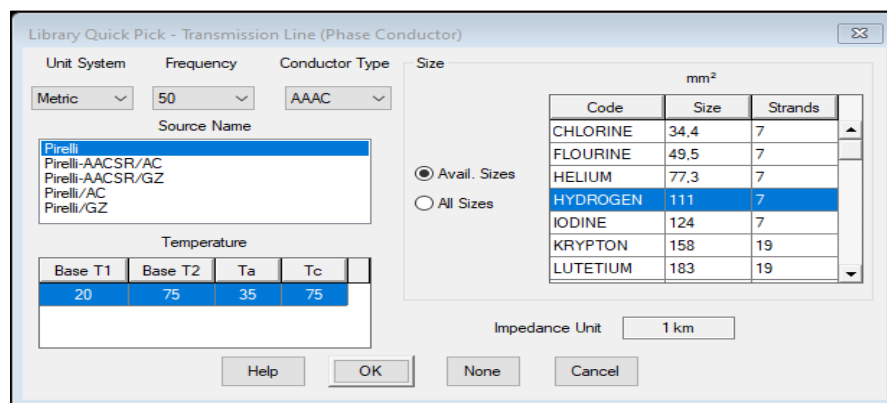


Figura 52: Configuración de calibre y tipo de conductor en línea de MT.

Fuente: Autor.

Una vez colocados todos elementos que conforman el sistema a analizar se debe proceder a la conexión de todos los mismos con el bloque de dibujo, una vez unificados los elementos proceder a las pruebas que brindaran el respaldo al diseño realizado.

Finalización del Desarrollo del Diagrama a simular.

En la Figura 53, una vez realizadas la configuración de cada elemento de manera individual y luego la conexión de los mismos mediante el bloque cable se obtiene la estructura del diagrama unifilar del sistema en el cual se procederá a realizar las pruebas requeridas.

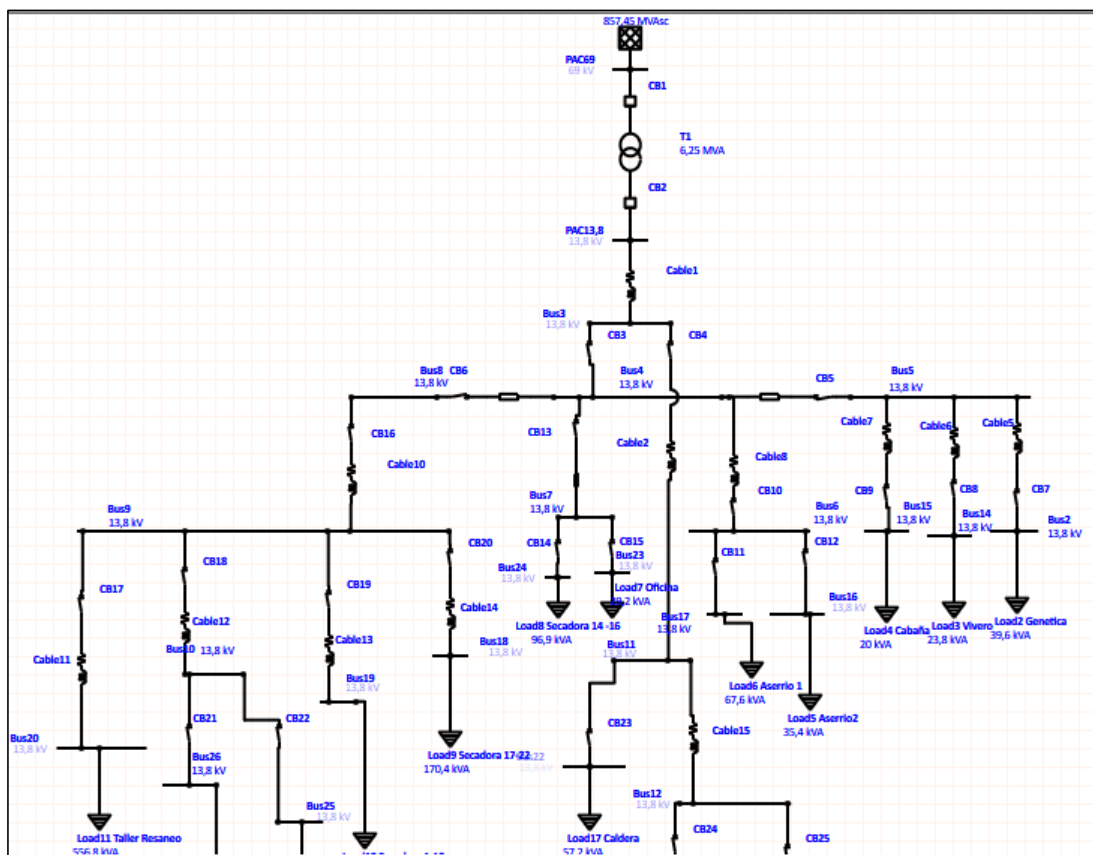


Figura 53: Estructura del Diagrama Unifilar.

Fuente: Autor y Software ETAP.

2.10 Propuesta Técnica.

2.10.1 Corrección y mejoramiento del Factor de potencia del banco de capacitores existente e instalado en las barras del conjunto de transformadores de 750 kVA.

Con el Analizador de Calidad de Energía, se han conseguido datos de los parámetros eléctricos como: (S) Potencia aparente VA, (Q) Potencia reactiva VAR, (P) Potencia activa (W) y factor de potencia (FP), además se han obtenido las curvas de conducta de los parámetros eléctricos mediante el software del equipo del analizador de calidad de energía que permaneció tomando mediciones, durante un período de tiempo que va desde el 12/06/2024 hasta el 19/06/2024.

Con las mediciones de los parámetros eléctricos y los datos obtenidos en el levantamiento de información, se procederá al mejoramiento del banco de condensadores existente en la empresa y al cálculo correcto del valor de los condensadores en kVAr, que permitirá realizar la corrección del factor de potencia.

De esta manera el analizador de calidad de energía toma mediciones de los parámetros eléctricos, cada 10 minutos; los mismos que facilitarán el análisis al obtener una mejor información de los parámetros eléctricos. Esto se conoce como demanda de Bloque, el analizador se colocó a las 19:35 pm del 12 de junio hasta las 17:00 pm del 19 de junio del 2024, teniendo un total de 997 mediciones.

Una vez obtenidos estos datos se procedió a seleccionar parámetros eléctricos como: Potencia activa, Potencia reactiva y Factor de potencia. **Estos datos se tomaron del periodo de 00:05 am del 13 de junio al 23:55 pm del 14 de junio del 2024, con un total de 24 horas**, para ser analizados y poder determinar cuanta potencia reactiva solicita la empresa y cómo varía el factor de potencia a diferentes horas del día.

Estas mediciones se las realizó en un intervalo de 10 minutos cada una, teniendo como resultado 288 mediciones en este período de tiempo. Así, se elegirán los datos sugeridos basados en las mediciones presentadas en el Anexo 14.

Estos datos permitirán llevar a cabo los cálculos necesarios para establecer la potencia reactiva requerida para corregir el factor de potencia.

En el resumen del Anexo 14, se muestra en la Tabla 32, en la cual se presentan la potencia activa, potencia reactiva y el factor de potencia con valores medios, máximos, mínimos.

Tabla 32: Representación de parámetros eléctricos con valores promedios, máximos y mínimos.

Valores:	Pt+_Avg [W]	Qti+_Avg [VAR]	Pfti+_Avg
Promedio	352092	298903	0,7630208
Máximo	421100	358200	0,848
Mínimo	189800	138300	0,723

Fuente: Autor.

En la Figura 54, se muestra la gráfica de las curvas de la potencia activa, potencia reactiva demandada y del factor de potencia en el periodo de 00:05 am del 13 de junio al 23:55 pm del 14 de junio del 2024. Esta curva se obtiene mediante los datos del Anexo 14; cabe mencionar que las curvas se obtuvieron con valores promedio totales de potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia originados por el analizador de calidad de energía.

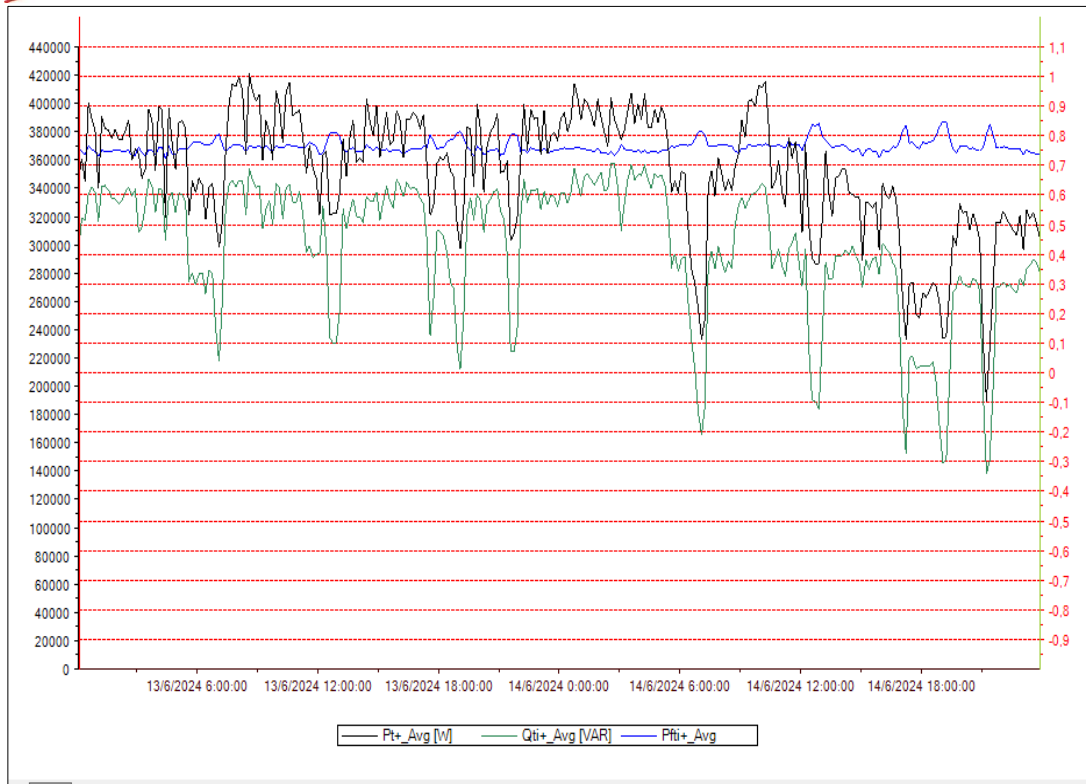


Figura 54: Gráfica de las curvas de la potencia activa, potencia reactiva, y del factor de potencia.

Fuente: Autor.

En la cual se puede visualizar cómo el factor de potencia va variando en el período de tiempo de análisis, aquí el factor de potencia presenta valores por debajo del límite permitido (0,92) lo cual implica una penalización por bajo factor de potencia. En el lapso de 12:00 pm a 18:00 pm del 14 de junio (período uno) se tiene un factor de potencia máximo de 0,85 lo cual indica menor demanda de potencia reactiva.

Mientras que a partir de las 06:00 am del 13 de junio hasta las 12:00 pm del 14 de junio (período dos) se presentan valores mínimos de factor de potencia por debajo de los (0,72), dando lugar a una mayor demanda de potencia reactiva debido a que se tiene un aumento de carga.

2.10.2. Desarrollo del Banco de Capacitores.

Con los parámetros eléctricos que se adquirieron con el analizador de calidad de energía, mostrados en el Anexo 14: los valores de potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia se procederá a realizar el desarrollo del banco de capacitores para el mejoramiento y corrección del factor de potencia en la Empresa “3A – Composites Plantabal”.

Estos parámetros permitirán seleccionar el tipo de banco de condensadores a mejorar, es decir, si se va a utilizar la compensación existente o cambiar por o una compensación variable automática.

Calculo de la Potencia Reactiva en kVAr para el mejoramiento de corrección de Factor de Potencia.

Este cálculo permitirá obtener el valor de los kVAr necesarios para no tener penalizaciones por un bajo factor de potencia y obtener mejoras de compensación. A continuación, se muestra el desarrollo para obtener el valor de la potencia reactiva necesaria que corregirá el factor de potencia.

Con los datos obtenidos por el analizador de calidad de energía mostrados en el Anexo 15, se procederá a calcular los kVAr necesarios en el período de tiempo de análisis (00:05 am del 13 de junio al 23:55 pm del 14 de junio del 2024). Con la ayuda de la ecuación presentada a continuación, se obtendrán los kVAr necesarios que solicita la planta para corregir el factor de potencia.

$$Q_i = P \times \tan \phi_i$$

$$Q_f = P \times \tan \phi_f$$

$$Q_c = P(\tan \phi_i - \tan \phi_f) \text{ Ec. (1)}$$

Para obtener la potencia reactiva expresada en Var, se expresa:

La potencia activa en vatios (P).

El $\text{Cos}\emptyset$ inicial (originado por el analizador de calidad),

El ángulo \emptyset inicial (Arcos del $\text{Cos}\emptyset$ inicial)

El ángulo \emptyset final ($\text{Cos}\emptyset$ final deseado 0,92 debido que para el cálculo se necesitará el ángulo \emptyset este es igual a 23,07).

En la Tabla 33, se muestran valores calculados de potencia reactiva (Q_c) necesarios para corregir el factor de potencia los mismos que fueron tomados del Anexo 15, del periodo de tiempo de (00:05 am del 13 de junio al 23:55 pm del 14 de junio del 2024). para asegurar un factor de potencia que se acerque lo más posible a 0,92 logrando así mejorar el factor de potencia.

A continuación, se realizará un ejemplo para validar la Tabla 33. Calcular la potencia reactiva (Q_c) necesarios para corregir el factor de potencia en los horarios visualizados.

$$Q_c(VAr) = P \times (\tan(40.36) - \tan(23,07))$$

$$Q_c(VAr) = 345,600 \times (0,8498 - 0,4259)$$

$$Q_c(VAr) = 345,600 \times (0,4239)$$

$$Q_c(VAr) = 146,480$$

Tabla 33: Valores calculados de potencia reactiva (Q_c)

Tiempo	Pt+_Avg [W]	Pfti+_Avg	cos-1 (Pfinicial)	cos-1 (0,92final)	$Q_c (VAr) = P(\text{Tan}\emptyset_i - \text{Tan}\emptyset_f)$
13/6/2024 0:05:00	345600	0,762	40,35916788	23,07391807	146479
13/6/2024 1:05:00	340600	0,731	43,02970678	23,07391807	172850
13/6/2024 2:05:00	374600	0,751	41,32292462	23,07391807	169781
13/6/2024 3:05:00	364300	0,762	40,35916788	23,07391807	154405
13/6/2024 4:05:00	397800	0,76	40,53580211	23,07391807	170721
13/6/2024 5:05:00	386800	0,754	41,06193147	23,07391807	172199
13/6/2024 6:05:00	347000	0,779	38,83089269	23,07391807	131482
13/6/2024 7:05:00	298400	0,807	36,19614963	23,07391807	91247
13/6/2024 8:05:00	418800	0,771	39,5562269	23,07391807	167515
13/6/2024 9:05:00	406000	0,765	40,09300799	23,07391807	168844
13/6/2024 10:05:00	398200	0,759	40,62388077	23,07391807	171954
13/6/2024 11:05:00	395700	0,76	40,53580211	23,07391807	169820



13/6/2024 12:05:00	321300	0,736	42,60821753	23,07391807	158662
13/6/2024 13:05:00	336900	0,797	37,1554291	23,07391807	111789
13/6/2024 14:05:00	361200	0,748	41,58257254	23,07391807	166621
13/6/2024 15:05:00	361800	0,75	41,40962211	23,07391807	164951
13/6/2024 16:05:00	388500	0,75	41,40962211	23,07391807	177124
13/6/2024 17:05:00	382400	0,754	41,06193147	23,07391807	170240
13/6/2024 18:05:00	362100	0,76	40,53580211	23,07391807	155400
13/6/2024 19:05:00	297300	0,814	35,51139617	23,07391807	85502
13/6/2024 20:05:00	382100	0,755	40,97463023	23,07391807	169084
13/6/2024 21:05:00	351200	0,735	42,69278389	23,07391807	174386
13/6/2024 22:05:00	361900	0,747	41,6688274	23,07391807	167919
13/6/2024 23:05:00	364100	0,745	41,84090107	23,07391807	170905
14/6/2024 0:05:00	389600	0,756	40,88717556	23,07391807	171361
14/6/2024 1:05:00	388200	0,757	40,79956645	23,07391807	169708
14/6/2024 2:05:00	389800	0,742	42,09793529	23,07391807	186132
14/6/2024 3:05:00	374400	0,77	39,64611115	23,07391807	150745
14/6/2024 4:05:00	388800	0,743	42,01239951	23,07391807	184601
14/6/2024 5:05:00	397400	0,75	41,40962211	23,07391807	181182
14/6/2024 6:05:00	352300	0,772	39,46617162	23,07391807	139985
14/6/2024 7:05:00	232800	0,813	35,60991626	23,07391807	67557
14/6/2024 8:05:00	350100	0,771	39,5562269	23,07391807	140036
14/6/2024 9:05:00	388000	0,758	40,71180186	23,07391807	168584
14/6/2024 10:05:00	411400	0,767	39,91474948	23,07391807	168908
14/6/2024 11:05:00	337500	0,763	40,27061014	23,07391807	142149
14/6/2024 12:05:00	308600	0,75	41,40962211	23,07391807	140697
14/6/2024 13:05:00	317600	0,801	36,7742983	23,07391807	102076
14/6/2024 14:05:00	354000	0,77	39,64611115	23,07391807	142531
14/6/2024 15:05:00	289300	0,73	43,11360595	23,07391807	147610
14/6/2024 16:05:00	343700	0,752	41,23607767	23,07391807	154854
14/6/2024 17:05:00	261400	0,816	35,31364005	23,07391807	73819
14/6/2024 18:05:00	266000	0,778	38,92217972	23,07391807	101489
14/6/2024 19:05:00	233400	0,848	32,00519986	23,07391807	46446
14/6/2024 20:05:00	322500	0,763	40,27061014	23,07391807	135831
14/6/2024 21:05:00	230000	0,76	40,53580211	23,07391807	98708
14/6/2024 22:05:00	323800	0,763	40,27061014	23,07391807	136379
14/6/2024 23:05:00	296600	0,737	42,52351525	23,07391807	145657

Fuente: Autor.

En la cual según la Tabla 33, a la 1:05 am se necesitará una potencia reactiva de 172,8 kVAr que asegurará un factor de potencia de 0,92; a las 9:05 am se necesitará una potencia reactiva de 168,8 kVAr. Se establece entonces que la potencia reactiva necesaria para compensar el factor de potencia es totalmente variable y por ende se necesitará de un banco de condensadores automático que suministre potencia reactiva según la demanda de la empresa.

En la Tabla 34, se muestra un resumen del Anexo 15, (valores calculados de la potencia reactiva necesaria), en el cual se presenta valores medios, máximos y mínimos de todas las 288 mediciones realizadas por el analizador de calidad en el período de tiempo de análisis (00:05 am del 13 de junio al 23:55 pm del 14 de junio del 2024).

Tabla 34: Valores calculados de la potencia reactiva necesaria. (Resumen del Anexo17).

Valores	$Q_c \text{ (VAr)} = P * (\text{Tan}\phi_i - \text{Tan}\phi_f)$
Promedio	149,660
Máximo	192,857
Mínimo	46,446

Fuente: Autor.

Los datos representados en la Tabla 34, son los kVAr necesarios con un total de 288 mediciones, estos datos están representados de la siguiente manera:

Demanda mínima de potencia reactiva 46,446 VAr/día

Demanda máxima de potencia reactiva 192,857 VAr/día

Demanda media de potencia reactiva 149,660 VAr/día

Estos son los valores necesarios reales de potencia reactiva que necesitará la planta en cuanto a sus valores existentes. Cabe recalcar que, de los 7 días de instalación del Analizador, se estableció 2 días: el 13 de junio hasta el 14 de junio del 2024, por motivo de que la empresa demanda una Potencia Activa estable sin reducción de carga.

2.11 Conclusiones del Capítulo II.

Mediante el levantamiento de información, reconocimiento del sistema eléctrico en MT y BT, inspección visual de las áreas y rediseño del diagrama unifilar nos ha permitido poder evidenciar las falencias e inconvenientes que engloban estudio energético en la empresa “3A Composites– Plantabal S.A”.

En Base a un análisis de calidad de energía es un proceso esencial que permite evaluar el desempeño de los sistemas eléctricos, especialmente en instalaciones industriales o comerciales donde la estabilidad y la eficiencia energética son factores críticos. El cumplimiento de los estándares y límites regulatorios establecidos por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) es fundamental para garantizar que el sistema opere dentro de parámetros seguros y eficientes, minimizando las perturbaciones y fallos.

Mediante el análisis de Termografía se utilizó la norma ANSI / NETA ATS-2017, que nos dictamina que para una evaluación Termográfica se considera realizar una Inspección Visual y Mecánica que contenga criterios en base al reconocimiento termográfico cuando se aplica una carga al sistema. En este caso el estudio Termográfico se lo realizo en horarios de hora pico de demanda laboral donde el sistema se encuentra a plena carga.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis efectuado en las instalaciones de la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01 de la empresa “3A Composites – Plantabal S.A”, se presentó un estudio a través de mediciones de campo, estudio de calidad de energía y estudio termográfico en base a la normativa vigente encaminado al uso racional de la energía que contribuyan al cuidado del medio ambiente teniendo los siguientes resultados.

3.1 . Mediciones

3.1.1. Resultados de la medición de MT

Los Resultados de las medidas realizadas en la salida de la protección a 13,8kV del Transformador de potencia 5/6,23kVA. Se observan en la Figura 55, la cual nos indica que entre los días miércoles, jueves y viernes se presentan corrientes entre los 86 A y los 90 A, además que las fases A, B, C, se encuentran balanceadas en la mayoría del tiempo, finalmente se puede observar que en el horario comprendido entre las 18:00 – 20:00, se presenta la mayor potencia de consumo, lo cual está asociado a una mayor corriente.

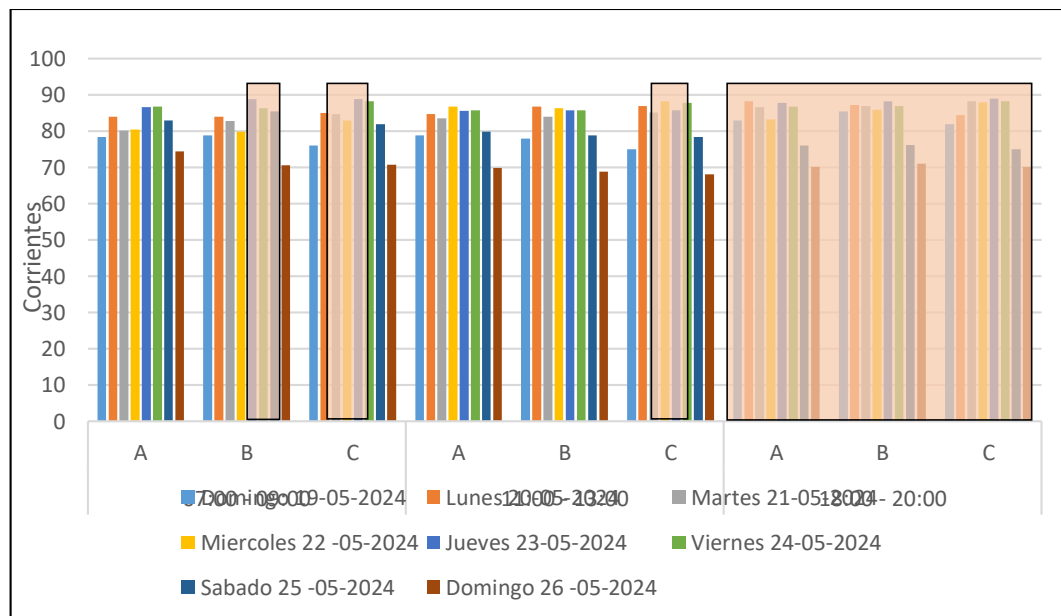


Figura 55: Resultado de mediciones en la salida de la protección del Transformador de potencia.

Fuente: Autor.

Los resultados en los horarios de 07:00 – 09:00, en la salida de la protección a 13,8kV del Transformador de potencia 5/6,23kVA, se observan en Figura 56, la cual nos indica que el día jueves 23-05-2024, se registra en la fase C una medición de 88,9 A, considerada la lectura de medición más alta durante los días y horario visualizados en la gráfica, finalmente se puede observar que en los días jueves y viernes en el horario 07:00 – 09:00, se presenta la mayor potencia de consumo, lo cual está asociado a una mayor corriente.

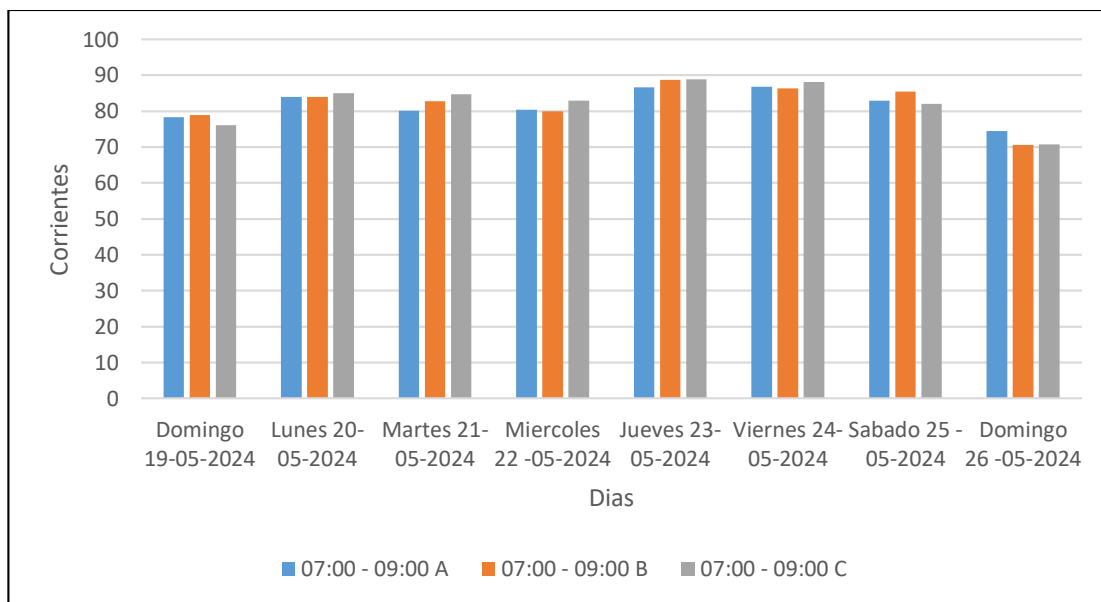


Figura 56: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 07:00 – 09:00.

Fuente: Autor.

Los resultados en los horarios de 11:00 – 13:00, en la salida de la protección a 13,8kV del Transformador de potencia 5/6,23kVA, se observan en Figura 57, la cual nos indica que el día jueves 23-05-2024, se registra en la fase C una medición de 80,4 A, considerada la lectura de medición más alta durante los días y horario visualizados en la gráfica, finalmente se puede observar que en los días martes, miércoles y viernes en el horario 11:00 – 13:00, se presenta la mayor potencia de consumo, lo cual está asociado a una mayor corriente.

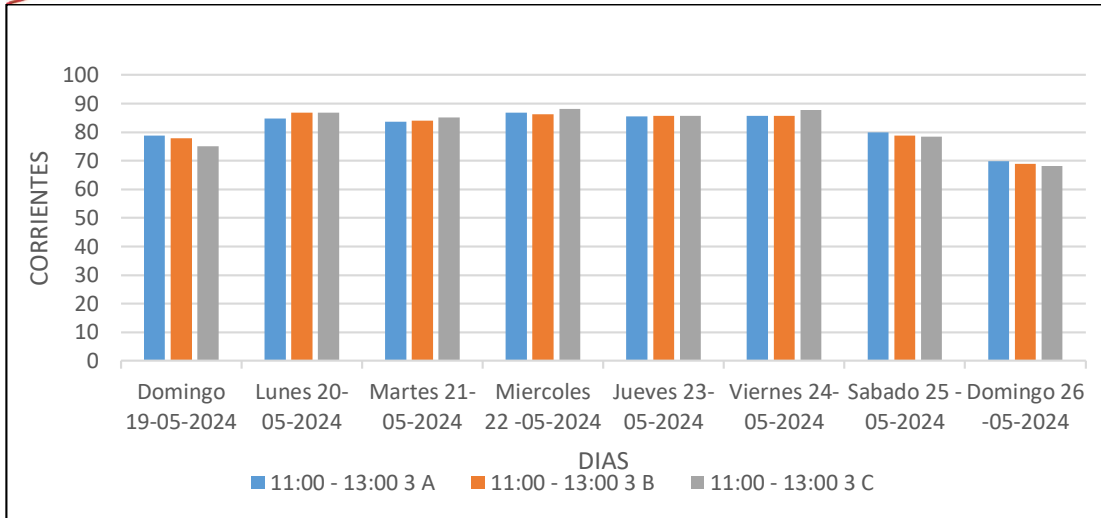


Figura 57: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 11:00 – 13:00.

Fuente: Autor.

Los resultados en los horarios de 18:00 – 20:00 , en la salida de la protección a 13,8kV del Transformador de potencia 5/6,23kVA, se observan en Figura 58, la cual nos indica que el día jueves 23-05-2024, se registra en la fase C una medición de 90 A, considerada la lectura de medición más alta durante los días y horario visualizados en la gráfica, finalmente se puede observar que en los días lunes, martes, miércoles, jueves y viernes en el horario 18:00- 20:00, se presenta la mayor potencia de consumo, lo cual está asociado a una mayor corriente.

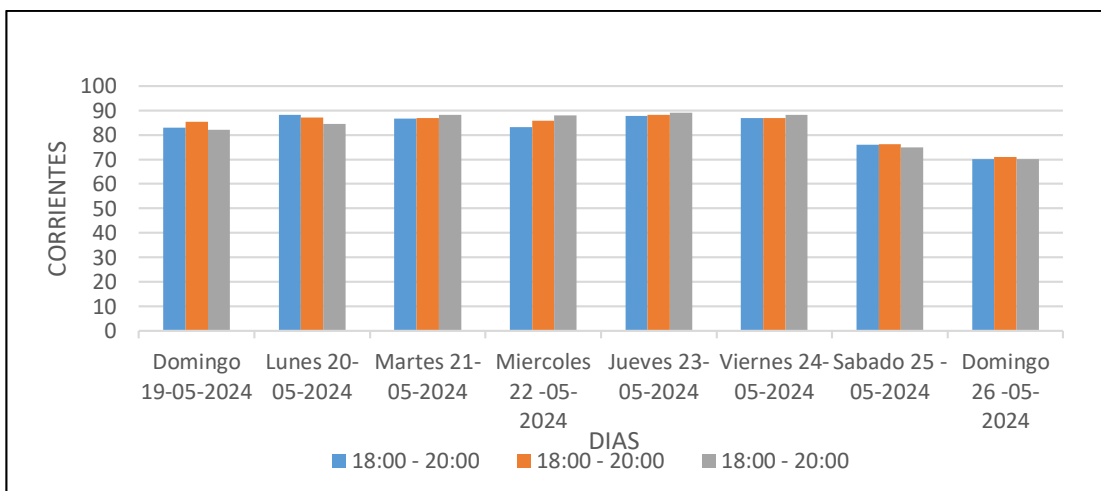


Figura 58: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 18:00 – 20:00.

Fuente: Autor.

Los Resultados de las medidas realizadas en la salida de la Protección Secundaria del Alimentador (parte céntrica). Se observan en la Figura 59, la cual nos indica que entre los días miércoles, jueves y viernes se presentan corrientes entre los 74 A y los 82 A, además que las fases A, B, C, se encuentran balanceadas en la mayoría del tiempo, finalmente se puede observar que en el horario comprendido entre las 18:00 – 20:00, se presenta la mayor potencia de consumo, lo cual está asociado a una mayor corriente.

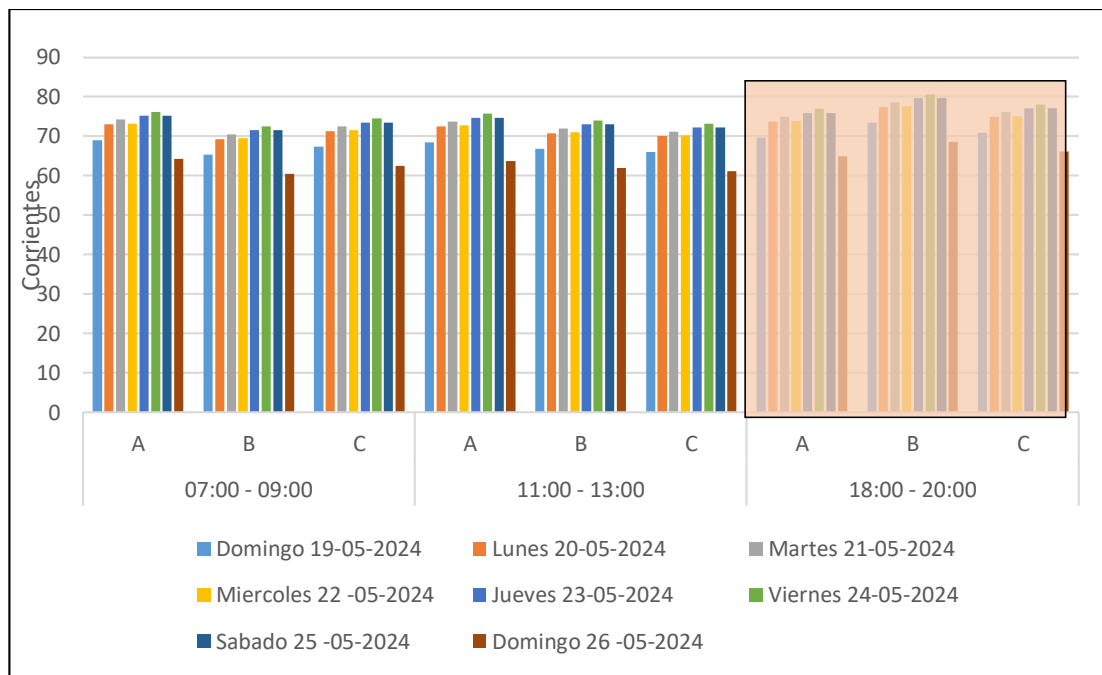


Figura 59: Resultado de mediciones en la salida de la Protección Secundaria del Alimentador.

Fuente: Autor.

Los resultados en los horarios de 07:00 – 09:00, en la salida de la Protección Secundaria del Alimentador (parte céntrica). Se observan en Figura 60, la cual nos indica que el día viernes 24-05-2024, se registra en la fase A una medición de 76,2 A, considerada la lectura de medición más alta durante los días y horario visualizados en la gráfica, finalmente se puede observar que entre los días lunes y viernes en el horario 07:00 – 09:00, se presenta la mayor potencia de consumo en la fase A, lo cual está asociado a una mayor corriente.

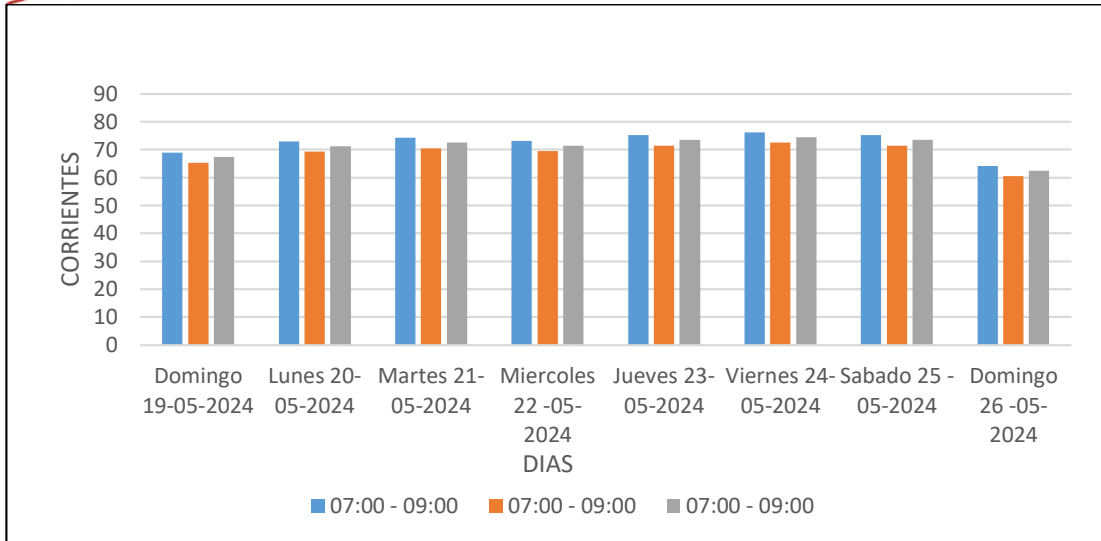


Figura 60: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 07:00 – 09:00.

Fuente: Autor.

Los resultados en los horarios de 11:00 – 13:00, en la salida de la Protección Secundaria del Alimentador (parte céntrica). Se observan en Figura 61, la cual nos indica que el día viernes 24-05-2024, se registra en la fase A una medición de 75,7 A, considerada la lectura de medición más alta durante los días y horario visualizados en la gráfica, finalmente se puede observar que entre los días jueves, viernes y sábado en el horario 11:00 - 13:00, se presenta la mayor potencia de consumo, lo cual está asociado a una mayor corriente.

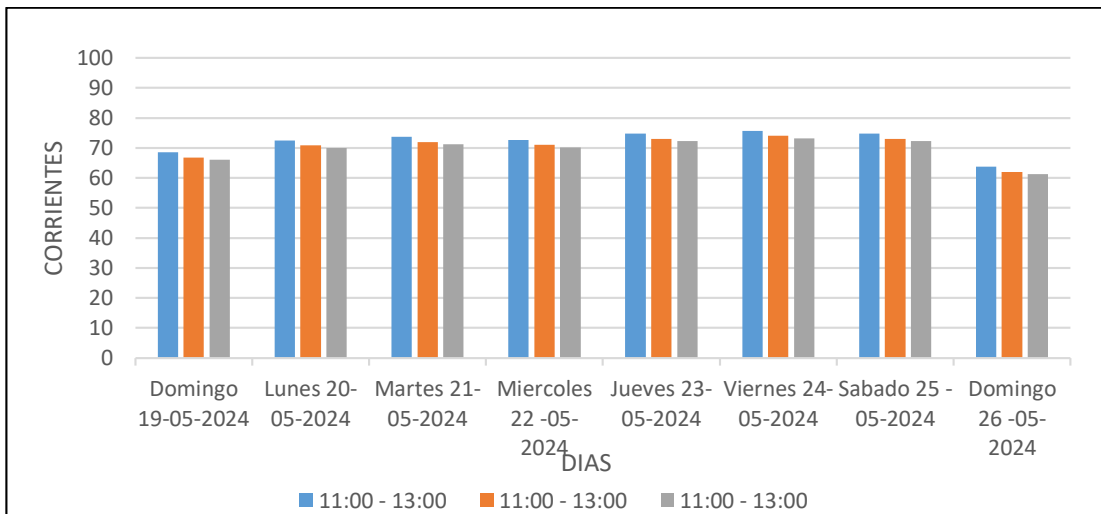


Figura 61: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 11:00 – 13:00.

Fuente: Autor.

Los resultados en los horarios de 18:00 – 20:00, en la salida de la Protección Secundaria del Alimentador (parte céntrica). Se observan en Figura 62, la cual nos indica que el día viernes 24-05-2024, se registra en la fase B una medición de 80,6 A, considerada la lectura de medición más alta durante los días y horario visualizados en la gráfica, finalmente se puede observar que entre los días jueves, viernes y sábado en el horario 18:00 – 20:00, se presenta la mayor potencia de consumo, lo cual está asociado a una mayor corriente.

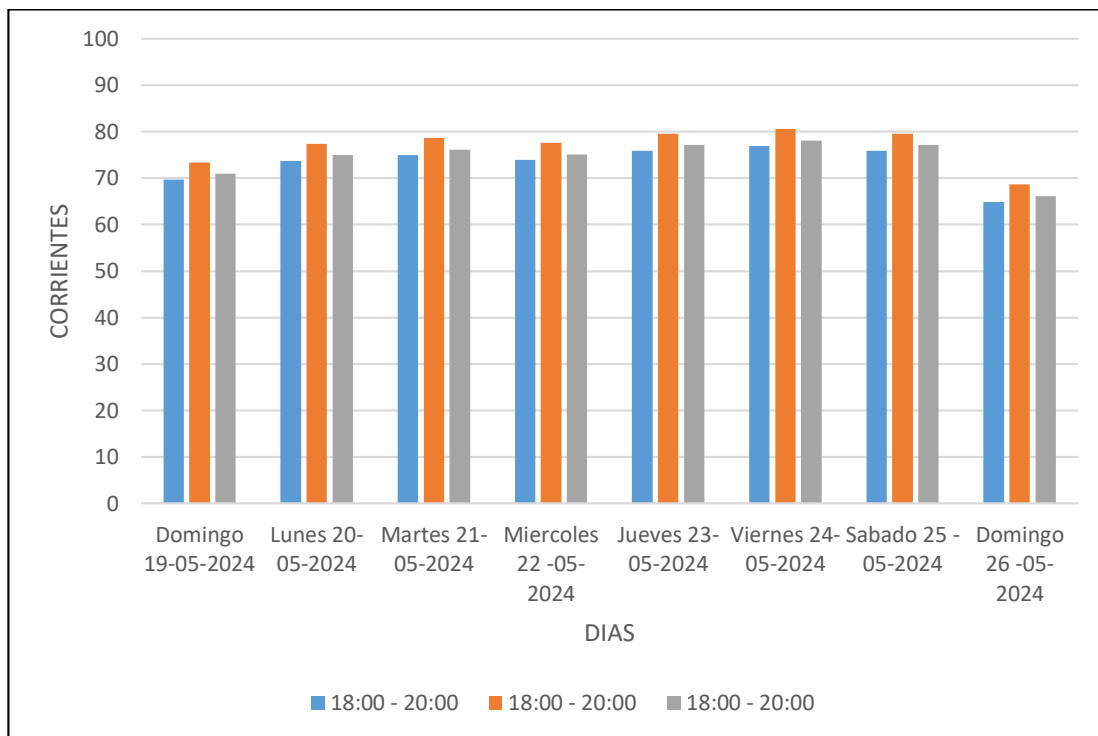


Figura 62: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 18:00 – 20:00.

Fuente: Autor.

Los Resultados de las medidas realizadas en la salida de la Protección Abajo del Alimentador (mira hacia la Línea de producción). Se observan en la Figura 63, la cual nos indica que entre los días miércoles, jueves y viernes se presentan corrientes entre los 70 A y los 75 A, además que las fases A, B, C, se encuentran balanceadas en la mayoría del tiempo, finalmente se puede observar que en el horario comprendido entre las 18:00 – 20:00, se presenta la mayor potencia de consumo, lo cual está asociado a una mayor corriente

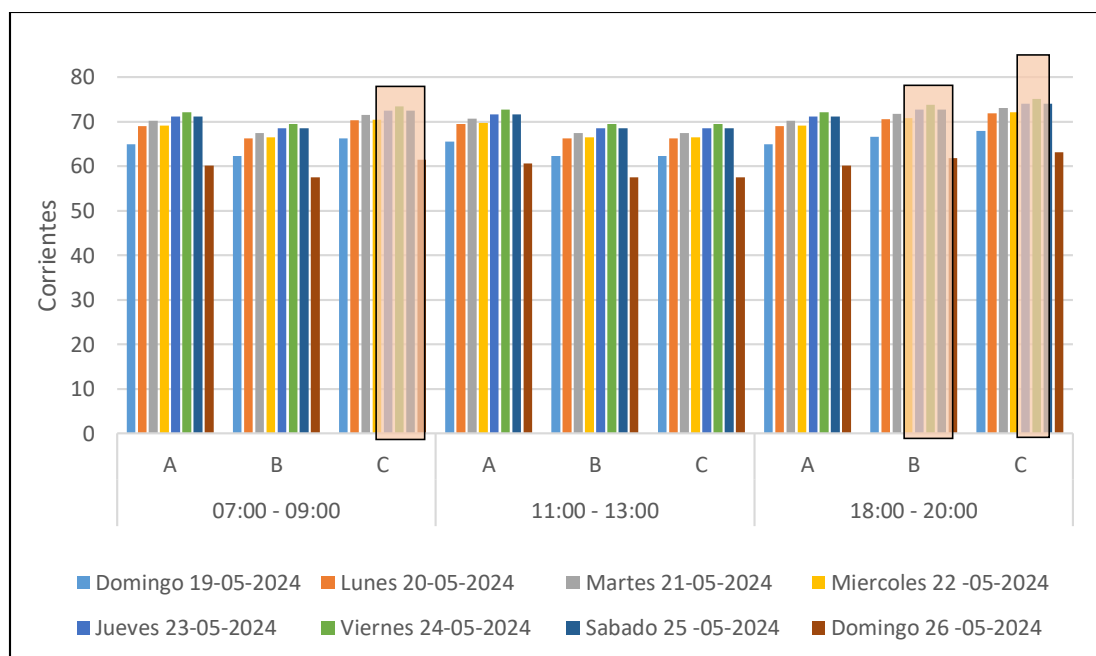


Figura 63: Resultado de mediciones salida de la Protección Abajo del Alimentador.

Fuente: Autor.

Los resultados en los horarios de 07:00 – 09:00, en la salida de la Protección Abajo del Alimentador (mira hacia la Línea de producción). Se observan en Figura 64, la cual nos indica que el día viernes 24-05-2024, se registra en la fase C una medición de 73,5 A, considerada la lectura de medición más alta durante los días y horario visualizados en la gráfica, finalmente se puede observar que entre los días lunes y viernes en el horario 07:00 – 09:00, se presenta la mayor potencia de consumo, lo cual está asociado a una mayor corriente y un sistema Balanceado.

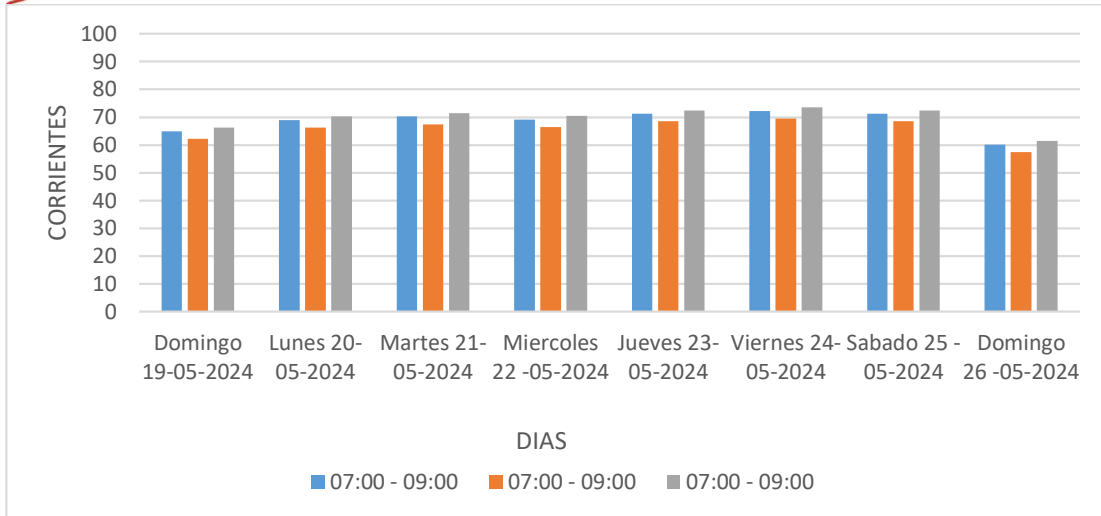


Figura 64: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 07:00 – 09:00.

Fuente: Autor.

Los resultados en los horarios de 11:00 – 13:00, en la salida de la Protección Abajo del Alimentador (mira hacia la Línea de producción). Se observan en Figura 65, la cual nos indica que el día viernes 24-05-2024, se registra en la fase A una medición de 72,7 A, considerada la lectura de medición más alta durante los días y horario visualizados en la gráfica, finalmente se puede observar que en el día viernes en el horario 11:00 - 13:00, se presenta la mayor potencia de consumo, lo cual está asociado a una mayor corriente.

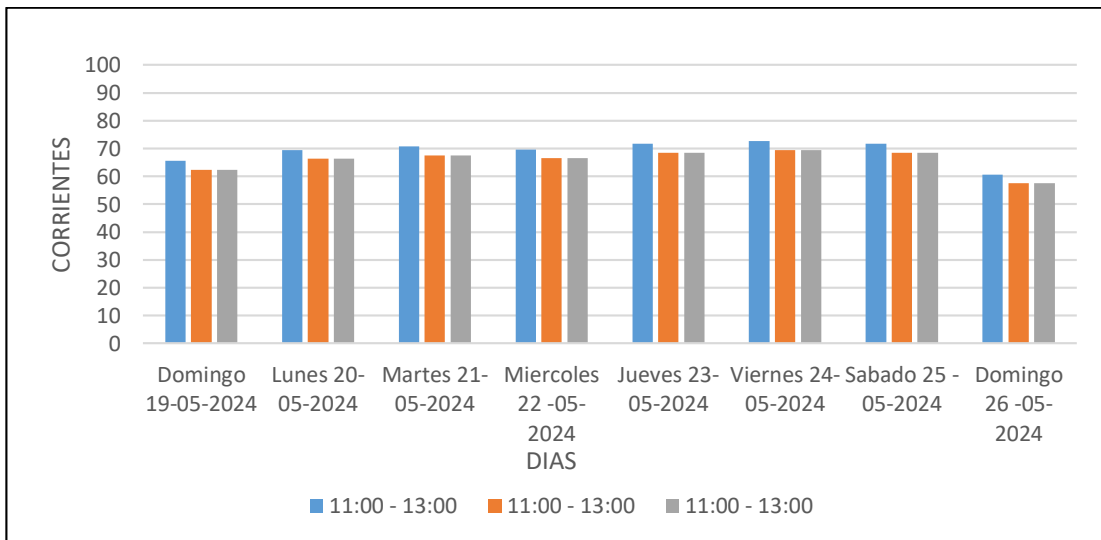


Figura 65: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 11:00 – 13:00.

Fuente: Autor.

Los resultados en los horarios de 18:00 – 20:00, en la salida de la Protección Abajo del Alimentador (mira hacia la Línea de producción). Se observan en Figura 66, la cual nos indica que el día viernes 24-05-2024, se registra en la fase c una medición de 75,1 A, considerada la lectura de medición más alta durante los días y horario visualizados en la gráfica, finalmente se puede observar que entre los días jueves, viernes y sábado en el horario 18:00 – 20:00, se presenta la mayor potencia de consumo, lo cual está asociado a una mayor corriente.

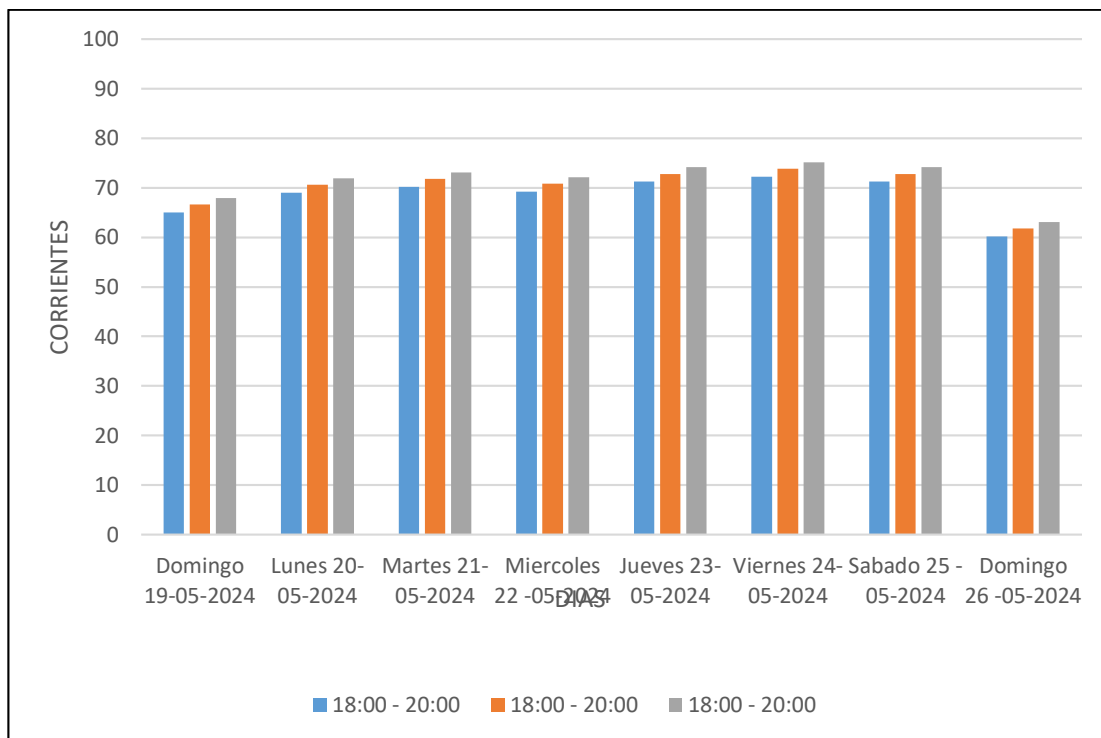


Figura 66: Grafico de Mediciones de Corrientes en horarios de 18:00 – 20:00.
Fuente: Autor.

3.2 . Resultado del Análisis de Calidad de Energía.

3.2.1. Grafica de Tensiones Promedio.

Los resultados de la gráfica de Tensiones promedio analizadas durante los 7 días como lo dictamina el (ARCERNNR). Se observan en la Figura 67, la concatenada de tensión promedio de las faces 1-2, 2-3 y 3-1 con valores promedio de tensión = 241.20 V, 237.10 V y 241.6 V. Se visualiza que estas lecturas de tensión promedio son las más altas durante el 16 y 17 de junio del 2024. Esto sugiere que, durante la mayor parte del período, el sistema operó de manera eficiente y dentro de los parámetros de seguridad establecidos por la normativa vigente (ARCERNNR).

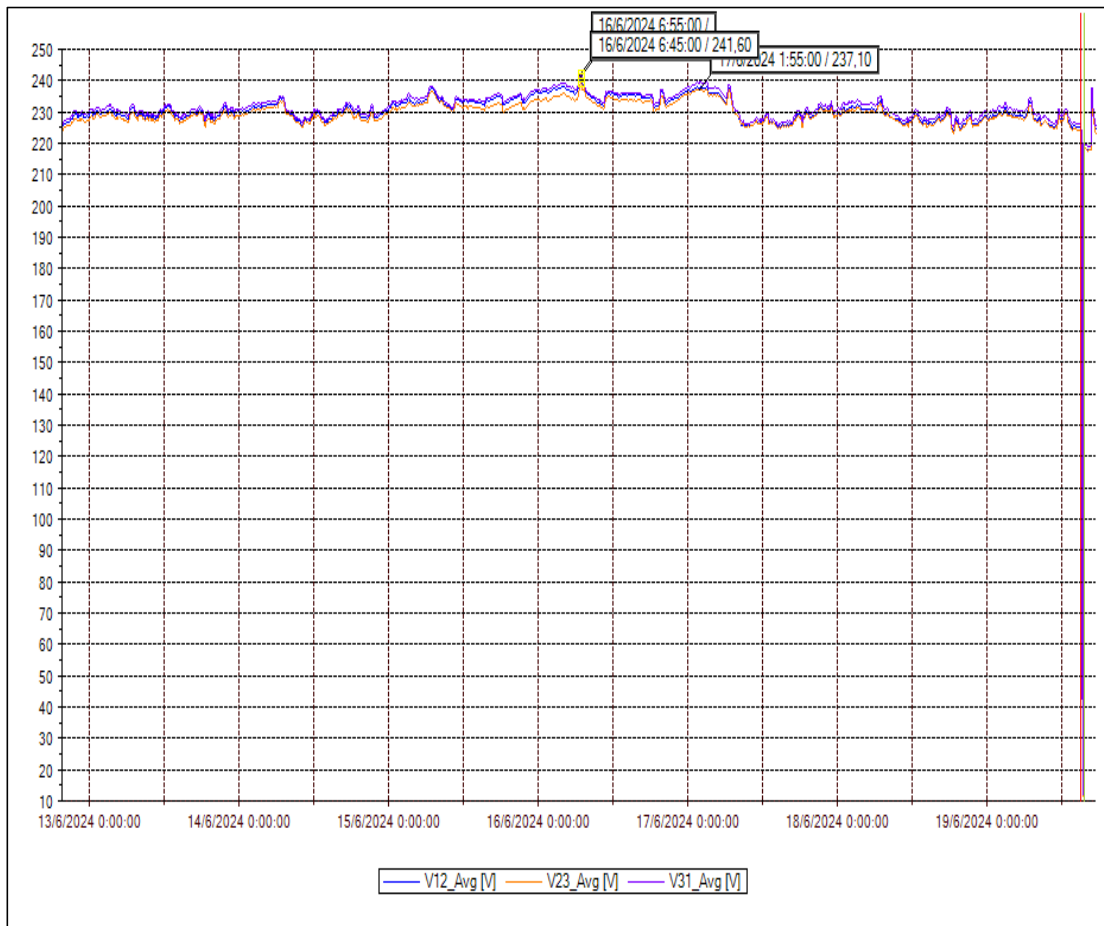


Figura 67: Grafica de resultados de Tensiones Promedio.

Fuente: Autor.

3.2.2. Grafica de Intensidades Promedio.

Los resultados de la gráfica de intensidades promedio analizadas durante los 7 días como lo dictamina el (ARCERNNR). Se observan en la Figura 68, la intensidad de las faces 1, 2, 3 con valores promedio en la $f1= 1,379$ A, $f2= 1,453$ A y $f3= 1350$ A. Se visualiza que estas lecturas de intensidades promedio son las más altas durante el 13 y 15 de junio del 2024 y un mínimo de intensidades durante el 16 y 17 de junio del 2024, que no superan los 400 A. Esto sugiere que, durante la mayor parte del período, el sistema operó de manera eficiente y dentro de los parámetros. Excepto por el 19/06/2024 que se presentó una desconexión permanente de 40 mnts.

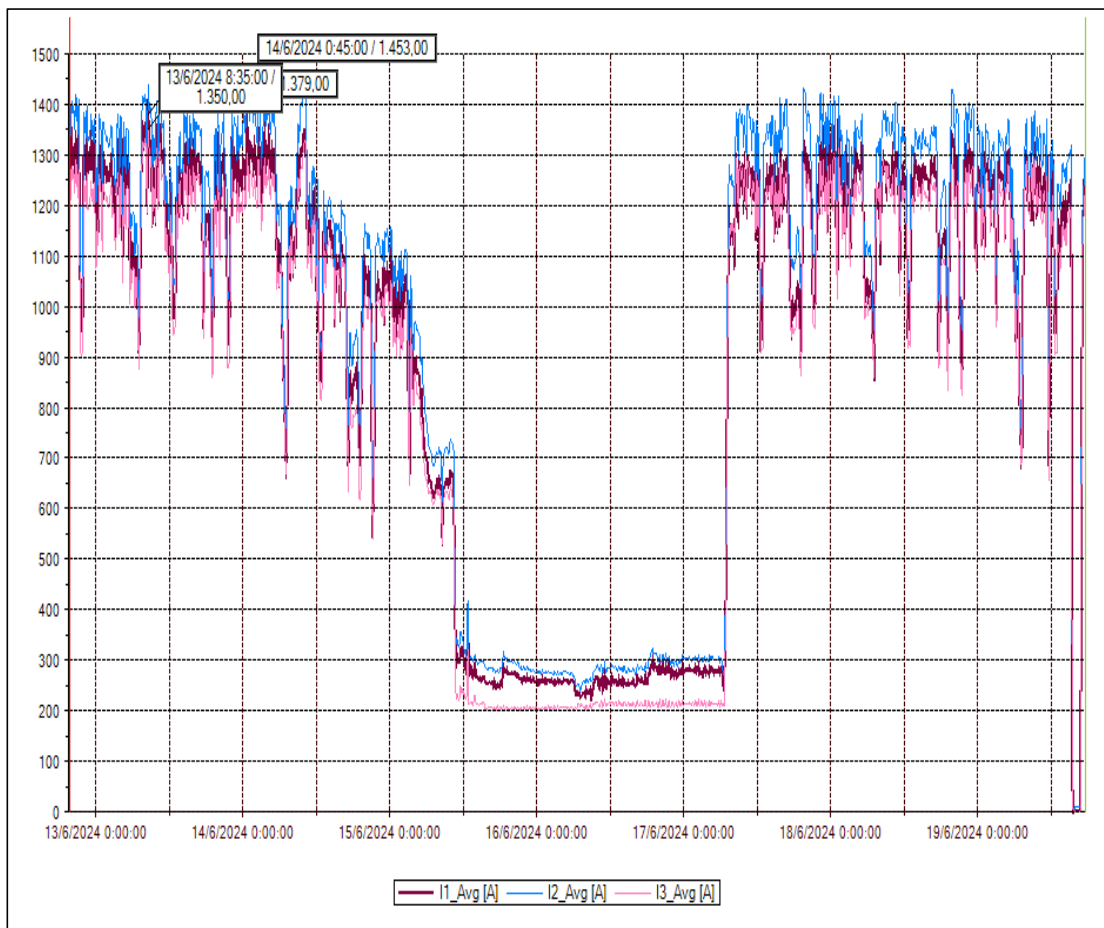


Figura 68: Grafica de resultados de Intensidades Promedio.

Fuente: Autor.

3.2.3. Grafica de Potencia Activa Promedio.

Los resultados de la gráfica de potencia activa promedio analizadas durante los 7 días como lo dictamina el (ARCERNNR). Se observan en la Figura 69, la potencia activa de las fases 1, 2, 3 con valores promedio en la $f1= 122,9 \text{ kW}$, $f2= 169,9 \text{ Kw}$ y $f3= 134,8 \text{ kW}$. Se visualiza que estas lecturas de potencia activa promedio son las más altas durante el 13 y 15 de junio del 2024 y un mínimo de potencias activas durante el 16 y 17 de junio del 2024, que no superan los 5kW. Esto sugiere que, durante la mayor parte del período, el sistema operó de manera eficiente y dentro de los parámetros. Excepto por el 19/06/2024 que se presentó una desconexión permanente de 40 mnts.

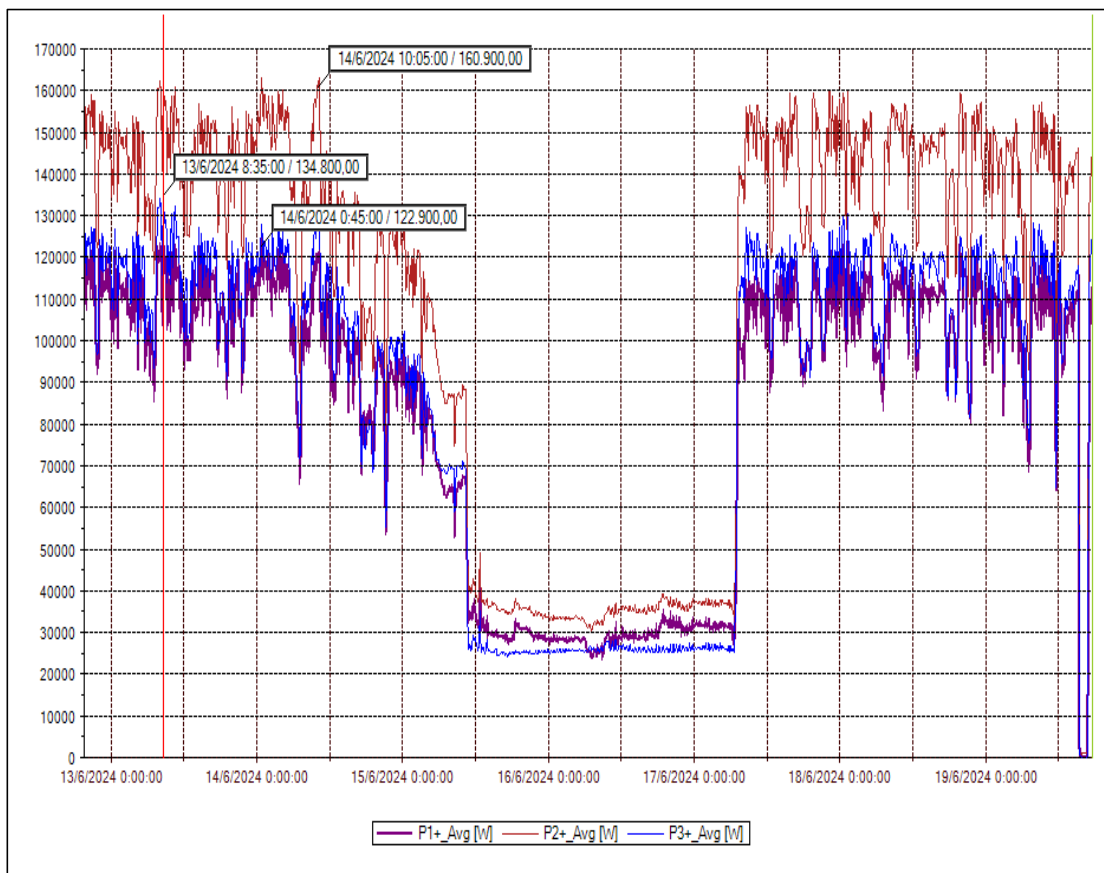


Figura 69: Grafica de resultados de Potencia Activa Promedio.

Fuente: Autor.

3.2.4. Grafica de Potencia Reactiva Promedio.

Los resultados de la gráfica de potencia reactiva promedio analizadas durante los 7 días como lo dictamina el (ARCERNNR). Se observan en la Figura 70, la potencia reactiva de las fases 1, 2, 3 con valores promedio en la $f1= 106,4$ kVAR, $f2= 114$ kAVR y $f3= 137,7$ kVAR. Se visualiza que estas lecturas de potencia reactiva promedio son las más altas durante el 13 y 15 de junio del 2024 y un mínimo de intensidades durante el 16 y 17 de junio del 2024, que no superan los 3kVAR. Esto sugiere que, durante la mayor parte del período, el sistema operó de manera eficiente. Excepto por el 19/06/2024 que se presentó una desconexión permanente de 40 mnts.

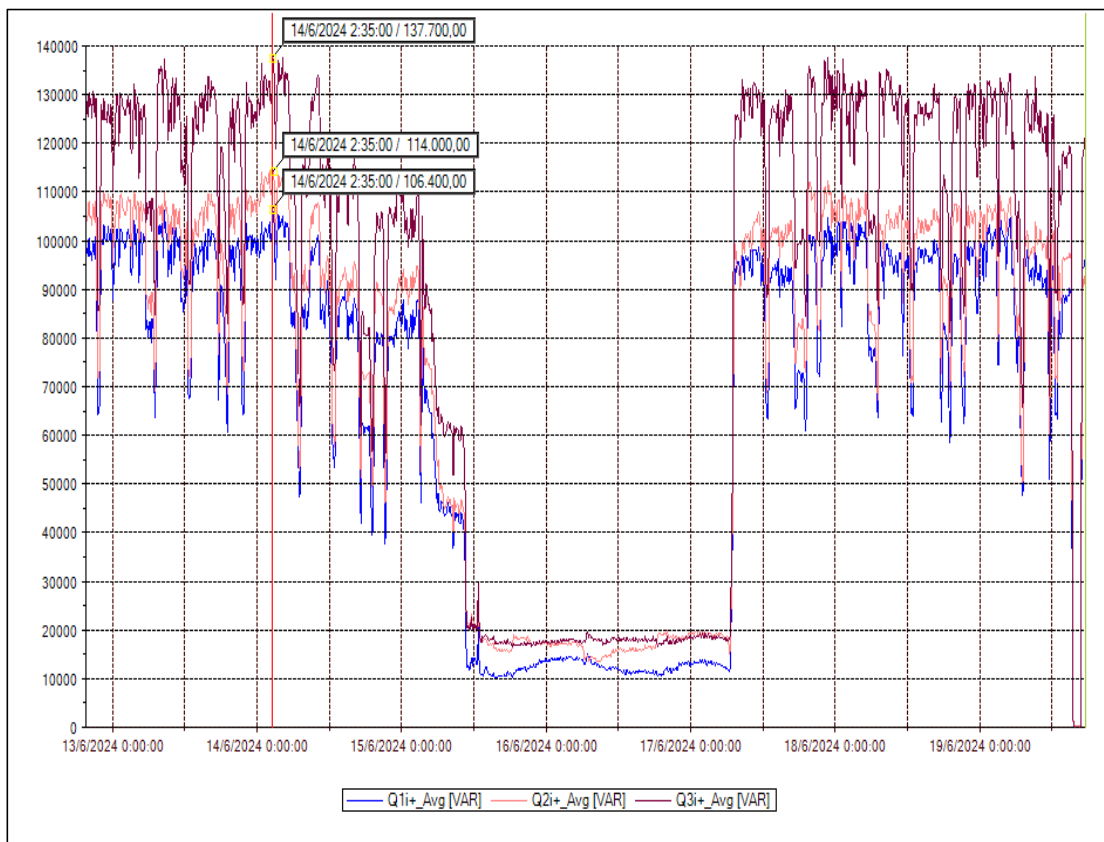


Figura 70: Grafica de resultados de Potencia Reactiva Promedio.

Fuente: Autor.

3.2.5. Grafica de Potencia Aparente Promedio.

Los resultados de la gráfica de potencia aparente promedio analizadas durante los 7 días como lo dictamina el (ARCERNNR). Se observan en la Figura 71, la potencia aparente de las fases 1, 2, 3 con valores promedio en la $f1= 163$ kVA, $f2= 199$ kVA y $f3= 192,5$ kVA. Se visualiza que estas lecturas de potencia aparente promedio son las más altas durante el 13 y 15 de junio del 2024 y un mínimo de intensidades durante el 16 y 17 de junio del 2024, que no superan los 6kVA. Esto sugiere que, durante la mayor parte del período, el sistema operó de manera eficiente. Excepto por el 19/06/2024 que se presentó una desconexión permanente de 40 mnts.

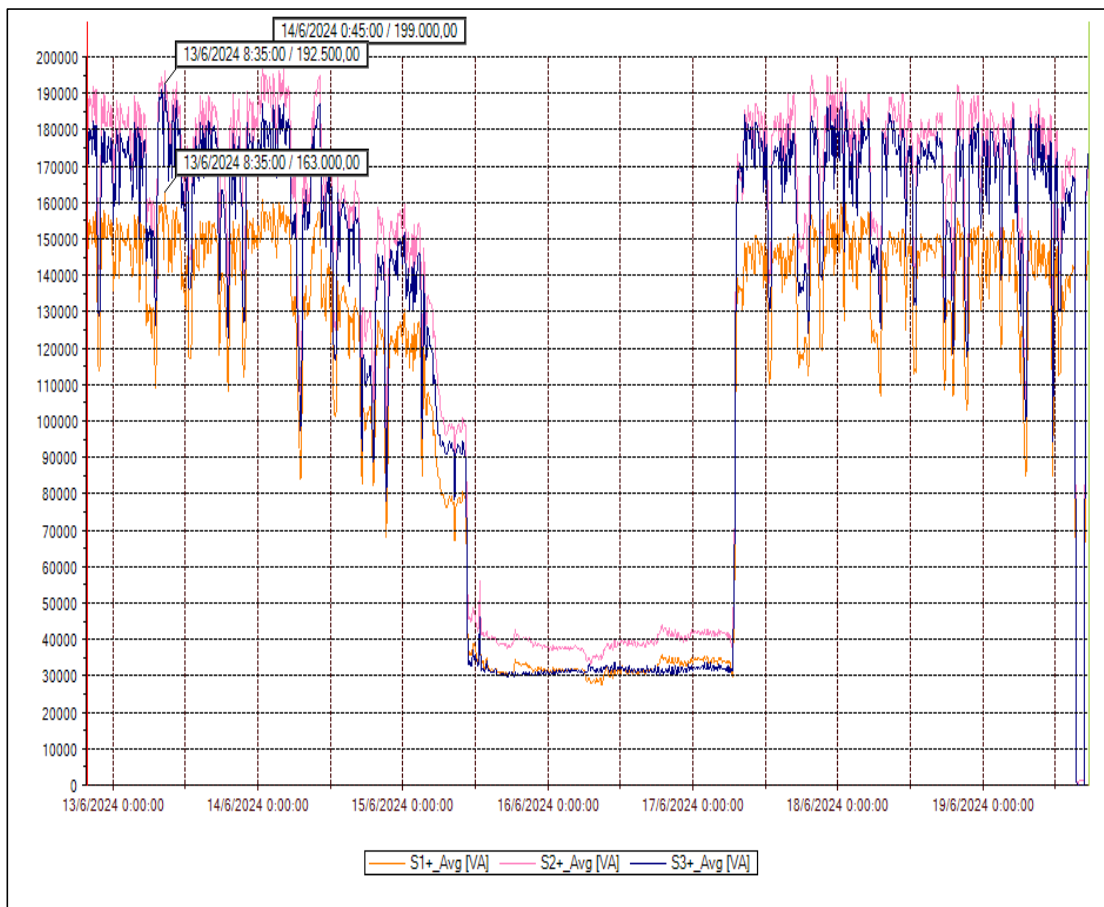


Figura 71: Grafica de resultados de Potencia Aparente Promedio.

Fuente: Autor.

3.2.6. Factor de Potencia Promedio.

Los resultados de la gráfica de factor de potencia promedio analizadas durante los 7 días como lo dictamina el (ARCERNNR). Se observan en la Figura 72, se observa dos factores de potencia un alto y un bajo en el cual el Máximo es de 0.98 y el Mínimo es de 0,73. El cual indica problemas con la demanda de potencia reactiva. Se visualiza un factor de potencia promedio estable durante el 16 y 17 de junio del 2024, que no superan los 0,99. De Igual manera se debe corregir el factor de potencia según los parámetros de seguridad establecidos por la normativa vigente (ARCERNNR). Excepto por el 19/06/2024 que se presentó una desconexión permanente de 40 mnts.

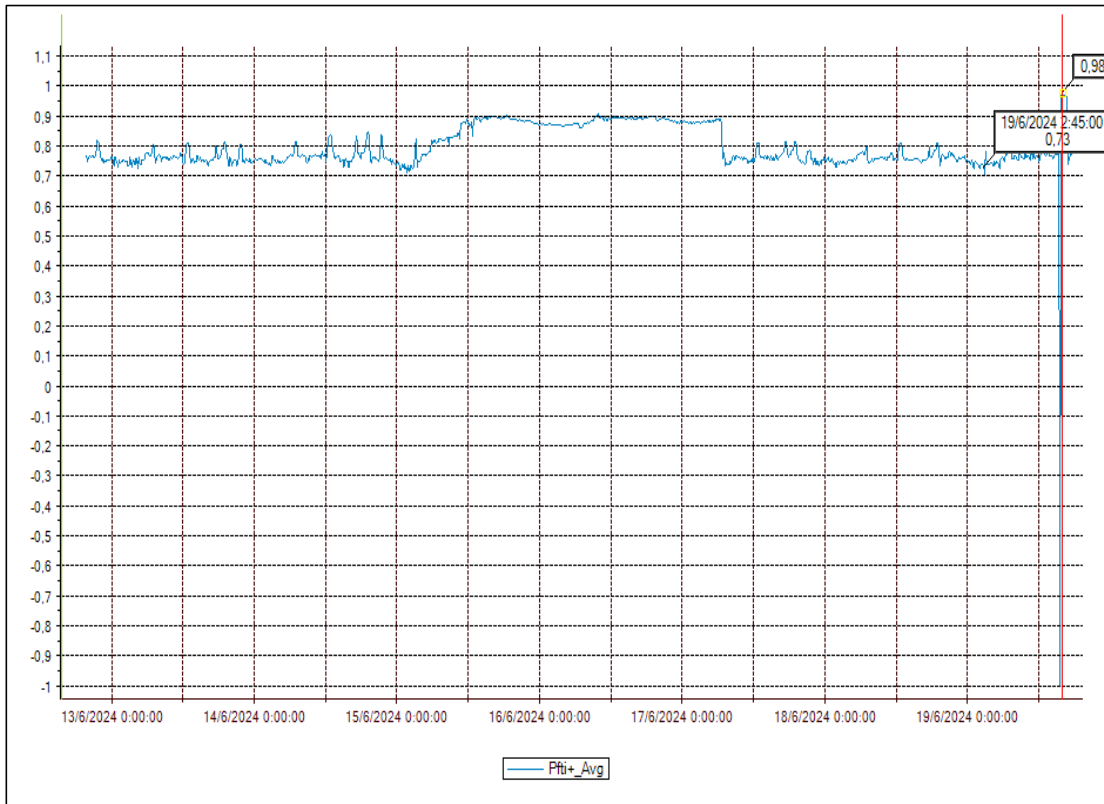


Figura 72: Grafica de Resultado del Factor de Potencia.

Fuente: Autor.

3.3 . Análisis de la Termografía.

Para el análisis de Termografía se toma como referencia el sistema eléctrico de media y baja tensión de la empresa “3A Composites– Plantabal S.A”. Considerando las protecciones principales del alimentador, protecciones secundarias, banco de transformadores, tableros principales y secundarios.

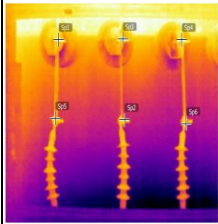
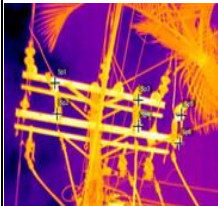
Al realizar el análisis termográfico se determinó, la situación actual de las redes eléctricas, su problemática de factores que inciden en la desconexión inoportuna del fluido eléctrico, donde se localizó que existen puntos calientes críticos que podrían causar fallas mínimas como máximas.

En el Capítulo 2, se presentó en base a normas el desarrollo y realización de una inspección visual termográfica en la cual se escogieron dos fichas técnicas de mayor relevancia.

3.3.1. Resultados de la Termografía.


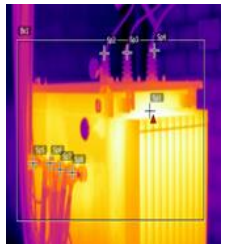
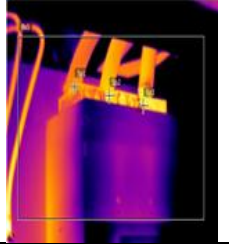
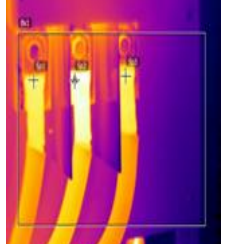

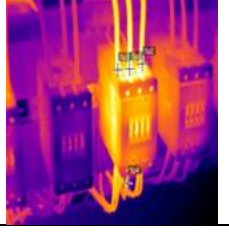
En la Tabla 35, se muestra el consolidado termográfico realizado con la cámara FLIR T440, donde se visualizan los puntos evaluados en el sistema eléctrico.

Tabla 35: Resultado del Consolidado Termográfico.

Parámetros Térmicos.						
Equipo	Descripción del Equipo.	Temp AVG. °C	Temp MIN. °C	Temp MAX. °C	Relevancia Prioridad	Imagen
Terminales a nivel de 13,8 Kv del transformador de potencia	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 13,8 kv, en el cual la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	30,8	30,5	32	Grado 2 Leve	
Protección derivación trifásica, talleres Aserriós	Se visualiza el conjunto de protecciones a nivel de voltaje de 13,8 kv, en el cual la fase C se considera para la medición por su aumento de T.	33,2	29,9	42	Grado 3 Grave	

Protección del Alimentador (Parte céntrica)	Se visualiza el conjunto de protecciones a nivel de voltaje de 13,8 kv, en el cual la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	32	28,5	40,5	Grado 3 Grave	
Protección del Alimentador derivación (línea de producción).	Se visualiza el conjunto de protecciones a nivel de voltaje de 13,8 kv, en el cual la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	28.9	26.7	31.7	Grado 2 Leve	
Terminales del transformador, Banco X	Se visualiza el Transformador X, a nivel de voltaje de 240 V, en el cual el terminal de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	59,4	56,4	65	Grado 4 Critico	
Terminales del transformador, Banco Y	Se visualiza el Transformador Y, a nivel de voltaje de 240 V, en el cual el terminal del Neutro se considera para la medición por su aumento de T.	57,03	54,1	59,2	Grado 4 Critico	
Terminales del transformador, Banco Z	Se visualiza el Transformador X, a nivel de voltaje de 240 V, en el cual el terminal de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	49,2	45,9	52	Grado 3 Grave	
Terminales del Tablero de Transferencias.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de entrada de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	40,5	40,5	41,1	Grado 3 Grave	

<p>Terminales del Breaker Principal.</p>	<p>En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de entrada de la fase A se considera para la medición por su aumento de T.</p>	41	39,5	41,9	Grado 3 Grave	
<p>Banco de capacitores.</p>	<p>En el equipo se visualiza un banco de capacitores, en el cual el capacitor número 8 se considera para la medición por su aumento de T.</p>	36,7	32,6	40,8	Grado 3 Grave	
<p>Salida de los terminales del Tablero de Transferencia.</p>	<p>En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de salida de la fase C se considera para la medición por su aumento de T.</p>	80,2	71,7	88,7	Grado 4 Crítico	
<p>Breaker S. filtro de Aspiración</p>	<p>En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de salida de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.</p>	40,7	39,9	41,6	Grado 3 Grave	
<p>Terminales del Breaker Principal.</p>	<p>En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de entrada de la fase C se considera para la medición por su aumento de T.</p>	35,1	35,3	34,9	Grado 3 Grave	
<p>Terminales del Breaker Principal.</p>	<p>En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de entrada de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.</p>	40,3	39,4	41,3	Grado 3 Grave	

Breaker S. Lonted Medidor.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de salida de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	44,5	41, 8	47,3	Grado 4 Critico	
Transformador de 500 KVA. CK	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de MT y BT, en el cual se considera el terminal de la fase C de BT para la medición por su aumento de T.	37,05	32	42, 1	Grado 3 Grave	
Terminales de entrada del breaker P. Línea de Manufactura.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de entrada de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	44,5	41, 8	47,5	Grado 4 Critico	
Terminales de la salida del breaker P. Línea de Manufactura.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de salida de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	46,2	44,8	47,6	Grado 4 Critico	
Protecciones del Banco de Capacitores.	En el equipo se visualiza los fusibles a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de salida de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	90,6	81,1	100,1	Grado 4 Critico	
Contactor del Banco de Capacitores.	En el equipo se vizualisa el contactor a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de salida de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	71,3	69,3	73,6	Grado 4 Critico	

Breaker T. Tablero de Señales.	En el equipo se visualiza el breaker nivel de voltaje de 220 v, en el cual el terminal de salida de la fase A se considera para la medición por su aumento de T.	34,8	27,3	42,3	Grado 3 Grave	
Breaker S. Sierras.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de entrada de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	62,3	61,8	62,8	Grado 4 Crítico	
Breaker S. Extractores.	En el equipo se visualiza el breaker nivel de voltaje de 220 v, en el cual el terminal de salida de la fase C se considera para la medición por su aumento de T.	43,1	40,1	46,1	Grado 4 Crítico	
Breaker T. Contactor de Banco de Capacitores.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de entrada de la fase C se considera para la medición por su aumento de T.	71,3	69,3	73,6	Grado 4 Crítico	
Breaker S. Iluminación.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de entrada de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	34,8	27,3	42,3	Grado 3 Grave	
Breaker S. Taller de Mantenimiento.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de salida de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	44,5	41,8	47,3	Grado 4 Crítico	

Breaker S. Transformador elevador en seco.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de entrada de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	43,1	40,1	46,1	Grado 4 Critico	
Breaker S. Sullair.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de salida de la fase B se considera para la medición por su aumento de T.	63,7	46,2	81,2	Grado 4 Critico	
Contactor de Banco de Capacitores	En el equipo se visualiza un banco de capacitores, en el cual el capacitor y el contactor se considera para la medición por su aumento de T.	48	43,7	52,3	Grado 4 Critico	
Terminales del Breaker Principal.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de entrada de la fase C se considera para la medición por su aumento de T.	63,7	46,2	81,2	Grado 4 Critico	
Breaker S. Péndulo M.	En el equipo se visualiza sus terminales a nivel de voltaje de 240 v, en el cual el terminal de salida de la fase C se considera para la medición por su aumento de T.	43,1	40,1	46,1	Grado 4 Critico	

Fuente: Autor.

Como se puede observar en la Figura 73, se presenta un histograma en el cual podemos compadecer que existe un resultado de 31 analices termográficos en diferentes niveles de voltaje tanto de MT y BT.

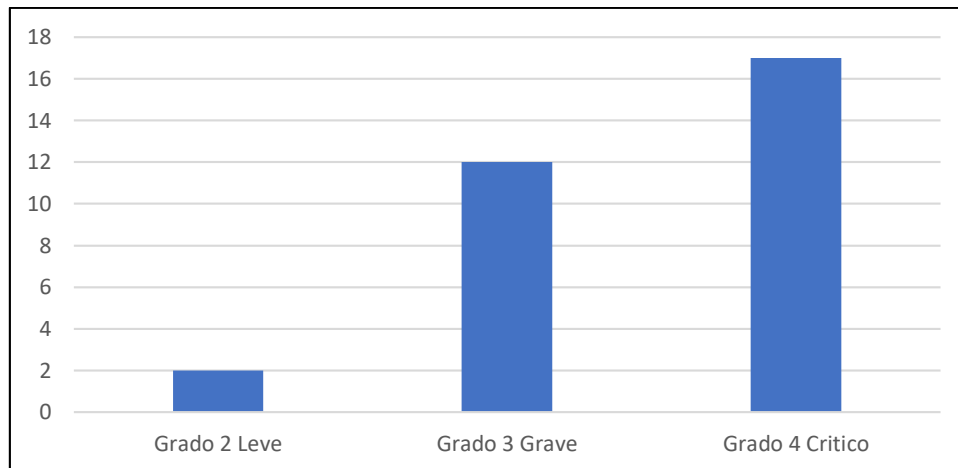


Figura 73: Resultado de 31 analices termográficos en diferentes niveles de voltaje tanto de MT y BT.

Fuente: Autor.

En la cual existen:

Dos de grado 2, considerada con relevancia (Leve)

Doce de grado 3, considerada con relevancia (Grave)

Diecisiete de grado 4, considerada con relevancia (Critica)

Cabe indicar que el Estudio Termográfico se consideró como un plan de Mantenimiento a futuro por los técnicos de la empresa 2 “3A – Composites Plantabal”.

3.4 . Análisis Comparativo en Base a las mediciones de MT con la Simulación.

Como resultado de las mediciones de los parámetros eléctricos que nos arrojó la simulación en el software ETAP. Se procede a validar con el resultado de las mediciones de Intensidades que se realizaron con la Pinza Amperimétrica de MT, en cada punto de salidas de las protecciones, derivaciones trifásicas y monofásicas. Posterior se obtendrá un análisis comparativo para visualizar las mediciones arrojadas por el software y las mediciones reales.

En la Figura 74, se muestra el modelo del diagrama unifilar ya realizado para el análisis comparativo correspondiente. Para validar el modelo se procedió a realizar una simulación de flujo de carga con el fin de obtener un contraste de los valores de las mediciones registradas en MT, con respecto a los valores obtenidos por el software.

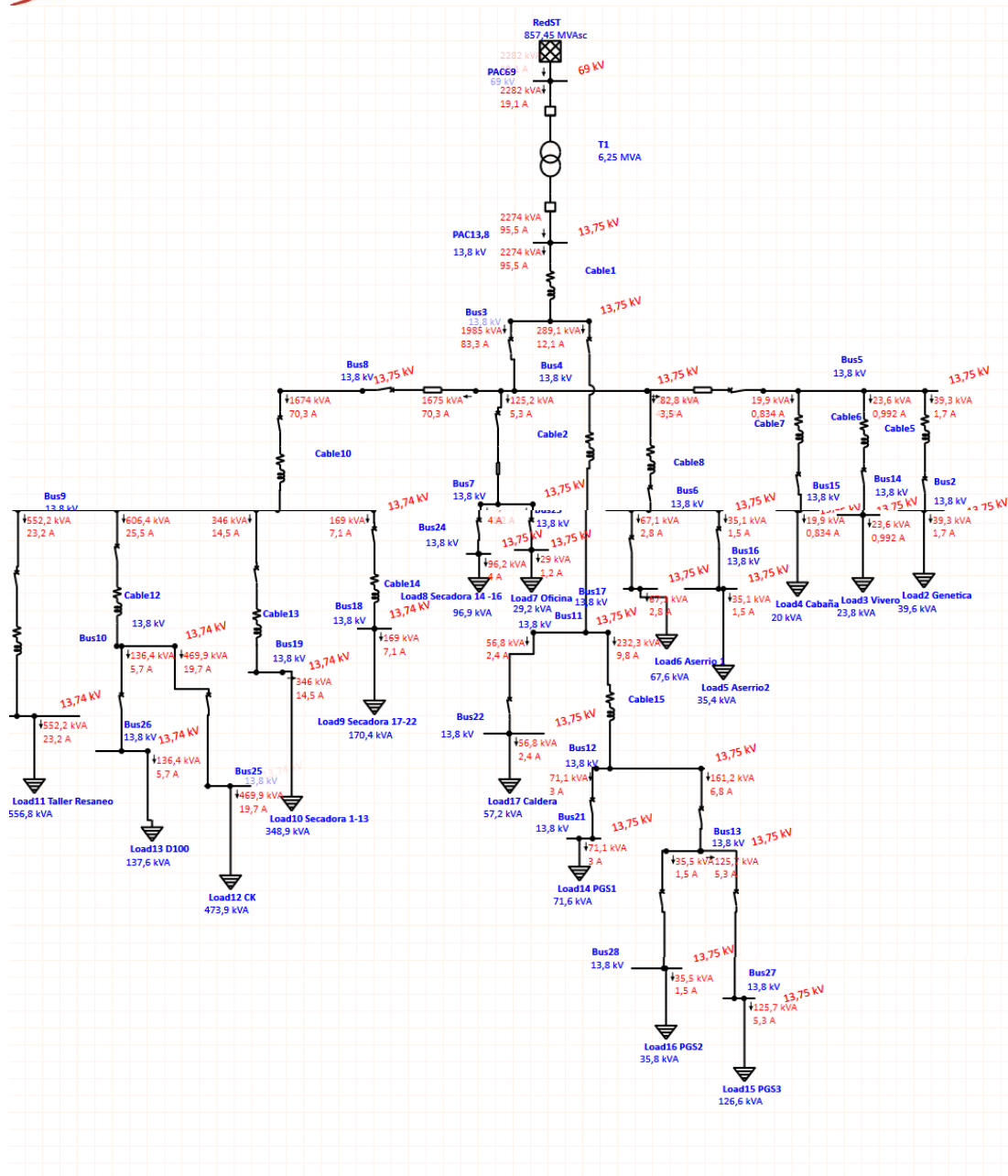


Figura 74: Modelo del Diagrama Unifilar Simulado.

Fuente: Autor.

La Figura 74, muestra una diferencia comparativa entre los valores de tensión medidos con la Pinza Amperimétrica y simulados con el software ETAP, en los que se obtuvieron pequeñas diferencias entre los valores medidos y los simulados.

3.4.1. Resultado de los valores obtenidos de la simulación en cada Barra.

En la presente Tabla 36, se visualiza los resultados obtenidos por el software ETAP, en la cual se evidencia los voltajes, corrientes, potencia activa, potencia aparente y caída de tensión de cada Barra o también llamado Bus.

Tabla 36: Resultados obtenidos por el software ETAP.

Resultados de la Simulación en ETAP.							
N.º	Barra ID	Tipo	Nominal KV	kV	kVA	Amp	Caída de Tensión
1	PAC69	Load	69	2282,091	2328,664	19,1	100,000
2	PAC13,8	Load	13,8	2282,091	2328,664	90,5	99,660
3	Bus2	Load	13,8	39,315	40,117	1,7	99,639
4	Bus3	Load	13,8	2273,893	2320,299	95,5	99,641
5	Bus4	Load	13,8	1984,805	2025,311	83,3	99,641
6	Bus5	Load	13,8	82,800	84,490	3,5	99,640
7	Bus6	Load	13,8	102,259	104,346	4,3	99,640
8	Bus7	Load	13,8	125,193	127,748	5,3	99,640
9	Bus8	Load	13,8	1674,068	1708,233	70,3	99,612
10	Bus9	Load	13,8	1673,693	1707,850	70,3	99,590
11	Bus10	Load	13,8	606,370	618,744	25,5	99,580
12	Bus11	Load	13,8	289,073	294,973	12,1	99,632
13	Bus12	Load	13,8	232,280	237,020	9,8	99,632
14	Bus13	Load	13,8	161,206	164,496	6,8	99,640
15	Bus14	Load	13,8	23,629	24,111	1,0	99,640
16	Bus15	Load	13,8	19,856	20,261	0,8	99,640
17	Bus16	Load	13,8	35,145	35,863	1,5	99,640
18	Bus17	Load	13,8	67,114	68,483	2,8	99,589
19	Bus18	Load	13,8	169,002	172,451	7,1	99,586
20	Bus19	Load	13,8	346,019	353,081	14,5	99,587
21	Bus20	Load	13,8	552,213	563,482	23,2	99,632
22	Bus21	Load	13,8	71,074	72,524	3,0	99,636
23	Bus22	Load	13,8	56,784	57,943	2,4	99,640
24	Bus23	Load	13,8	28,990	29,582	1,2	99,640
25	Bus24	Load	13,8	96,203	98,166	4,0	99,580
26	Bus25	Load	13,8	469,924	479,514	19,7	99,580
27	Bus26	Load	13,8	136,446	139,230	5,7	99,632
28	Bus27	Load	13,8	125,669	128,234	5,3	99,632
29	Bus28	Load	13,8	35,537	36,262	1,5	99,632

Fuente: Autor.

3.4.2. Resultado de los valores obtenidos en base a las mediciones reales en MT.

En base a las mediciones en MT de corriente, las mismas que fueron tomadas del Capítulo 2 y de los Anexos. Se realiza un cálculo matemático para obtener los valores de la Potencia Activa y la Potencia Aparente.

A continuación, se realizará un ejemplo para validar la Tabla 37. En el cual consiste calcular la potencia activa y la potencia aparente en base a las corrientes promediadas.

Ecuaciones:
$$Pp = \sqrt{3} \times Vll \times I \times \cos \emptyset$$

$$Ps = Pp / \cos \emptyset$$

Para este caso tomaremos el valor del FP en media tensión que es = 0,96 originario de la empresa “3A – Composites Plantabal”. Como referencia del $\cos \emptyset$.

$$Pp = \sqrt{3} \times 13,800v \times 1,66 \text{ amp} \times \cos 0,96$$

$$Pp = 38,1 \text{ kW}$$

$$Ps = 38,1 \text{ kW} / \cos 0,96$$

$$Ps = 39,6 \text{ kVA}$$

Tabla 37: Calculo de la potencia activa y la potencia aparente.

Cargas		Mediciones en MT Promedio (Amp)	Voltaje de L-L	$Pp=1.73*VL*I*0,96$	$Ps=Pp/0,96$
Alimentación Barra 2	Genética	1,7	13,800 V	38,1kW	39,6 kVA
Alimentación Barra 14	Vivero	1,0	13,800 V	22,9kW	23,8 kVA
Alimentación Barra 15	Cabaña	1,6	13,800 V	37,4kW	38,9 kVA
Alimentación Barra 17	Aserrío 1	2,8	13,800 V	64,9kW	67,6 kVA
Alimentación Barra 16	Aserrío 2	1,5	13,800 V	34kW	35,4 kVA
Alimentación Barra 23	Oficina	2,2	13,800 V	28,1kW	29,2 kVA
Alimentación Barra 24	Secadora 14-16	4,1	13,800 V	93,1kW	96,9 kVA

Alimentación Barra 22	Caldera Bremmer	2,4	13,800 V	55kW	57,2 kVA
Alimentación Barra 21	PGS1	3,0	13,800 V	68,8kW	71,6 kVA
Alimentación Barra 28	PGS2	1,5	13,800 V	34,4kW	35,8 kVA
Alimentación Barra 27	PGS3	5,3	13,800 V	121,6 kW	126,6 kVA
Alimentación Barra 18	Secadora 17-22	7,1	13,800 V	163,6kW	170,4 kVA
Alimentación Barra 19	Secadora 1-13	14,6	13,800 V	33,5kW	348,9 kVA
Alimentación Barra 26	D100	5,8	13,800 V	132,1kW	137,6 kVA
Alimentación Barra 25	CK	19,8	13,800 V	455kW	473,9 kVA
Alimentación Barra 20	Taller de Resaneo	23,3	13,800 V	534,6kW	556,8 kVA

Fuente: Autor.

3.5. Resultado del análisis Comparativo de la Simulación con los valores de mediciones reales en MT.

Dado el caso, con los resultados obtenidos por el software ETAP y los resultados de las mediciones podemos encontrar que existe una similitud de valores de Potencias. En la presente Tabla 38, se valida los resultados obtenidos del Software con los resultados del cálculo matemático de mediciones en MT.

Tabla 38: Validación de resultados en función de Potencia Activa y Aparente.

Resultados ETAP					Resultados de los cálculos de las mediciones de MT.				
Barra ID	Nominal KV	Kw	Kva	Amp	Cargas	Mediciones Promedio (Amp)	Voltaje de L-L	Kw	Kva
Bus2	13,8	39,315	40,117	1,5	Alimentación Barra 2	1,7	13,800 V	38,1kW	39,6 kVA
Bus14	13,8	23,629	24,111	1	Alimentación Barra 14	1	13,800 V	22,9kW	23,8 kVA
Bus15	13,8	19,856	20,261	1,8	Alimentación Barra 15	1,6	13,800 V	37,4kW	38,9 kVA
Bus16	13,8	35,145	35,863	1,5	Alimentación Barra 16	1,5	13,800 V	34kW	35,4 kVA
Bus17	13,8	67,114	68,483	2,8	Alimentación Barra 17	2,8	13,800 V	64,9kW	67,6 kVA

Bus21	13,8	71,074	72,524	3	Alimentación Barra 21	3,1	13,800 V	68,8kW	71,6 kVA
Bus22	13,8	56,784	57,943	2,4	Alimentación Barra 22	2,4	13,800 V	55kW	57,2 kVA
Bus23	13,8	28,99	29,582	1,2	Alimentación Barra 23	2,2	13,800 V	28,1kW	29,2 kVA
Bus24	13,8	96,203	98,166	4	Alimentación Barra 24	4,1	13,800 V	93,1kW	96,9 kVA
Bus26	13,8	136,446	139,23	5,7	Alimentación Barra 26	5,8	13,800 V	132,1kW	137,6 kVA
Bus27	13,8	125,669	128,234	5,3	Alimentación Barra 27	5,3	13,800 V	121,6 kW	126,6 kVA
Bus28	13,8	35,537	36,262	1,5	Alimentación Barra 28	1,5	13,800 V	34,4kW	35,8 kVA
Bus18	13,8	169,002	172,451	7,1	Alimentación Barra 18	7,1	13,800 V	163,6kW	170,4 kVA
Bus19	13,8	346,019	353,081	14,5	Alimentación Barra 19	14,6	13,800 V	33,5kW	348,9 kVA
Bus20	13,8	552,213	563,482	23,2	Alimentación Barra 20	23,3	13,800 V	534,6kW	556,8 kVA
Bus25	13,8	469,924	479,514	19,7	Alimentación Barra 25	19,8	13,800 V	455kW	473,9 kVA

Fuente: Autor.

3.6. Análisis Técnico y Económico.

Para poder realizar un análisis técnico económico en base a los estudios realizados propuestos en el mejoramiento del factor de potencia se considera tener a mano el planillaje de consumo eléctrico de los últimos 12 meses. Permitiendo poder hacer un análisis técnico económico de la manera más adecuada.

En este caso para nuestro análisis no contamos con las planillas de consumo eléctrico de la empresa “3A – Composites Plantabal”. Por motivos de que esta derivación trifásica proveniente del alimentador que alimenta al banco de transformadores de 3*250 kVA, no cuenta con un medidor.

Se realiza el análisis técnico económico en base a las mediciones que se realizaron con el analizador de calidad de energía durante un período de evaluación no inferior a siete (7) días continuos, en intervalos de 10 minutos. Durante el día miércoles 12/06/2024 hasta el día miércoles 19/06/2024. Teniendo en consideración que se aplicara las formulas antes mencionadas en el Capítulo II.

En la Tabla 39, se representa el promedio de la potencia activa y el factor de potencia que se determinó durante el día miércoles 12/06/2024 hasta el día miércoles 19/06/2024, con un total de 7 días.

Tabla 39: Promedio de la Potencia Activa y el Factor de Potencia.

Promedio de la Potencia Activa y el Factor de Potencia.		
Promedio	P activa	Pf
	277,145	0,795

Fuente: Autor.

En la Tabla 39, se puede identificar que existe un bajo factor de potencia de 0,795, que proviene del banco de transformadores donde se realizó el análisis de calidad de energía. En la cual el ángulo requerido a tener es de 0,92.

Para el análisis Técnico se necesita el ángulo proveniente del banco de transformadores que es 0,795 y el ángulo a requerir el cual es 0,92. En base al ángulo original y el ángulo requerido aplicaremos la formula para calcular las Intensidades mediante la ecuación a continuación.

Donde:
$$P_{3f} = \sqrt{3} \times V_{ll} \times I_l \times \cos \phi$$

Remplazando obtenemos:
$$I_1 = \frac{P_{3f}}{\sqrt{3} \times V_{ll} \times \cos \phi}$$

Angulo Original, $\cos \phi = F_p = 0,79$

Angulo Nuevo, $\cos \phi = F_p = 0,92$

Potencia Activa Promedio = 277,145 W

Potencia Activa Promedio = 277,145 W

Voltaje l-l = 230 V

Voltaje l-l = 230 V

$$I_1 = \frac{P_{3f}}{\sqrt{3} \times V_{ll} \times \cos \phi}$$

$$I_2 = \frac{P_{3f}}{\sqrt{3} \times V_{ll} \times \cos \phi}$$

$$I_1 = \frac{277145 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 230 \text{ V} \times 0,79}$$

$$I_2 = \frac{277145 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 230 \text{ V} \times 0,92}$$

$$I_1 = 880.63 \text{ Amp}$$

$$I_2 = 756.19 \text{ Amp}$$

Conociendo las intensidades I_1 e I_2 , consideramos buscar la Intensidad de Ahorro con la siguiente ecuación.

$$\text{Intensidad de ahorro} = I_1 - I_2$$

Donde: $\text{Intensidad de ahorro} = 880.63 \text{ Amp} - 756.19 \text{ Amp}$

$$\text{Intensidad de ahorro} = 124.44 \text{ Amp}$$

En base al tener la intensidad de ahorro aplicaremos la ecuación antes vista con el ángulo requerido que en este caso es 0,92 y el valor de voltaje de línea – línea el cual es 230 v.

Obteniendo la potencia de ahorro:

$$P_{3\text{ahorro}} = \sqrt{3} \times V_{ll} \times I_{\text{ahorro}} \times \cos \phi$$

$$P_{3\text{ahorro}} = \sqrt{3} \times 230v \times 124,44 \text{ amp} \times 0,92$$

$$P_{3\text{ahorro}} = 45.607 \text{ w} = 45,60 \text{ kW}$$

Obteniendo la energía de ahorro:

$$E_{\text{ahorro}} = P_{\text{ahorro}} \times \text{horas anuales}$$

$$E_{\text{ahorro}} = 45.60 \text{ kW} * 8760 \frac{h}{\text{año}}$$

$$E_{\text{ahorro}} = 399.456,00 \text{ kWh/año}$$

Obteniendo el costo ahorrado en \$:

Para obtener el costo ahorrado en \$, debemos tener en cuenta el pliego tarifario de servicio público de energía eléctrica que es regido por la agencia de regulación y control de energía y recursos naturales no renovables. Resolución Nro. ARCERNNR 009/2022.

En el cual se presenta la Tabla 40, que indica los cargos tarifarios por el nivel de voltaje. En este caso la empresa esta como; categoría general con un nivel de voltaje de 69000 voltios y en un grupo de consumo a nivel industrial con demanda horaria diferenciada.

Tabla 40: Pliego tarifario del servicio publico de energía eléctrica.

Nivel de Voltaje	Tarifa	Horarios	Energía USD/kWh	Categoría
Alto voltaje 69000 voltios	Demanda horaria diferenciada (Industrial)	L-V 08:00 hasta 18:00 L-V 18:00 hasta 22:00 L-V 22:00 hasta 08:00	0,0837 0,0967 0,0501	General

Fuente: Autor.

Se realiza un promedio por los tres horarios ya que la empresa ejerce labores las 24 horas en los cinco días de la semana, dando como resultado un costo de energía de 0,0768 USD/kWh.

Costo ahorrado en \$: $C \text{ ahorro} = \text{costo de energia} \times E \text{ ahorro}$

$$C \text{ ahorro} = 0,0768 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}} \times 399,456 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

$$C \text{ ahorro} = 30,678.22 \text{ USD /año}$$

Para el análisis económico se debe evaluar los costos y beneficios que generará el proyecto, valorándolos para concluir si su implementación es viable o no. Este análisis es crucial en el ámbito corporativo, ya que permite predecir si la inversión será recuperable y si se podrán cubrir los costos operativos y de mantenimiento que garanticen la sostenibilidad del proyecto. Por ello, resulta esencial este tipo de estimación para identificar los métodos adecuados para valorar el proyecto.

Existen algunos rubros el cual consideramos:

Costo de mano de Obra.

Costo de Materiales.

Costo de Mantenimiento Anual.

En la presente Tabla 41, se identifica el costo de materiales que engloba la descripción, cantidad, precio por unidad y precio total de cada material.

Tabla 41: Costo de Materiales.

Costo de Materiales			
Descripción	Cantidad	Precio Unit \$	Precio Total
Sistema de Compensación Reactiva (incluye: banco de condensadores de 10 kVar, contactores, protecciones, controlador de factor de potencia y conexionado)	1	3.000,00	3000
Gabinete metálico de 70x70x20cm	3	170	510
Conductor THHN - FLEX AWG #10 (mtrs)	6	0,95	5,7
Conductor THHN - FLEX AWG #6 (mtrs)	11	1,45	15,95
Materiales Extras	1	22	22
Sub Total			3553,65
15%			533,05
Total			4.086,70

Fuente: Autor.

En la presente Tabla 42, se identifica el costo de mano de obra que engloba la descripción, cantidad, horas hombre, costo por hora y el precio total.

Tabla 42: Costo de Mano de Obra.

Costo de Mano de Obra				
Descripción	Cantidad	Horas Hombre	Costo hora \$	Precio Total
Mano de Obra (Electricista)	5	24	4,10	492,0
Dirección Técnica (Supervisor)	2	20	4,50	180
Costos Indirectos e Imprevistos	1	2	22	44
Sub Total				716,0
15%				107,4
Total				823,40

Fuente: Autor.

En la presente Tabla 43, se identifica el costo de mantenimiento anual que engloba la descripción, cantidad, horas hombre, costo por hora y el precio total.

Tabla 43: Costo de Mantenimiento Anual.

Costo de Mantenimiento Anual				
Descripción	Cantidad	Horas Hombre	Costo hora \$	Precio Total
Técnico Electricista	5	72	4,10	1476,0
Ing. Supervisor Eléctrico	2	20	4,50	180
			Sub Total	1656,0
			15%	248,4
			Total	1904,40

Teniendo en cuenta el costo de materiales y el costo de mano de obra podemos concluir el costo de instalación que será tomado como la inversión inicial.

Costo de Inst o Inversión I = Costo de materiales + Costo de mano de obra.

$$\text{Costo de Inst o Inversión I} = (4.086,70 \$ + 823,40 \$)$$

$$\text{Costo de Inst o Inversión I} = 4.910,00 \$$$

Debido a que estos desembolsos se realizarán en diferente tiempo, es necesario llevarlos a un punto común en el tiempo, lo cual se puede lograr calculando su valor presente. Teniendo en cuenta los ingresos, egresos y el flujo de caja para 10 años. Donde:

$$\text{Costo de Inst o Inversión I} = 4.910,00 \$$$

$$\text{Costo de Mantenimiento Anual cada año} = 1.904,40 \$$$

$$\text{Costo ahorrado de Energía por Penalización por bajo Fp} = 30.678,22 \text{ USD.}$$

Cálculo del valor presente (Vp) de los costos de inversión.

Aplicando el concepto de valor presente con una tasa de interés del 8,77%, se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor presente de una serie de anualidades constantes, que se realizan durante un período de tiempo fijo.

Para el cálculo del Valor Presente, aplicaremos la siguiente ecuación:

$$VP = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n - 1} \right]$$

Donde:

VP: es el valor presente.

A: es la anualidad que se requiere traer a valor presente.

AIn: es el valor que se requiere traer a valor presente.

i: es la tasa de inversión anual.

n: es el periodo de años.

Calculo de VP1 Costo de Inversión.

Dado que este valor corresponde al año cero, permanecerá igual.

$$VP1 = INV$$

$$VP1 = 4.910,00 \$$$

Calculo VP2 Costos de Mantenimiento Anual.

Los costos de operación y mantenimiento representan anualidades constantes que se desembolsan en un período de tiempo previamente establecido, se tiene:

$$VP 2 = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$VP 2 = 1.904,40 \left[\frac{(1 + 0,0877)^1 - 1}{0,0877(1 + 0,0877)^1} \right]$$

$$VP 2 = 1.752,42 \$$$

Calculo VP total de los Costos de Inversión.

$$VP = CI = VP1 + VP2$$

$$CI = 4.910,00 + 1.752,42$$

$$CI = 6.662,42 \$$$

Calculo del VP del Costo ahorrado de Energía por Penalización por bajo Fp.

El costo de energía por penalización presenta anualidades constantes que se pagan en un lapso de tiempo previamente establecido, se tiene:

$$VP = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$VP = 30.678,22 \left[\frac{(1+0,0877)^1 - 1}{0,0877(1+0,0877)^1} \right]$$

$$VP = 28.230,09 \$$$

Representación del Valor Presente Neto (VPN).

El valor presente neto (VPN) representa la resta entre el valor actual de los flujos de efectivo futuros y el costo de la inversión inicial.

$$VPN = VP - CI$$

$$VPN = 28.230,09 - 6.662,42$$

$$VPN = 21.567,67 \$$$

Calculo de Relación Beneficio / Costo.

Teniendo en cuenta que la relación beneficio / costo es la relación entre el valor presente y el costo de inversión inicial, se tiene:

$$\frac{B}{C} = \frac{28.230,09}{6.662,42}$$

$$\frac{B}{C} = 4.23$$

Resumen del análisis Técnico Económico.

De acuerdo al análisis técnico económico en base a las mediciones que se realizaron con el analizador de calidad de energía durante un período de evaluación no inferior a siete (7) días continuos. Se encuentra un factor de potencia con un ángulo de 0.795. Requiriendo un factor de potencia con un ángulo 0.92, se obtiene una intensidad de ahorro, potencia de ahorro y una energía ahorrada anual de 399.456.00 kWh al año.

En base a esta información, se considera un costo de energía del pliego tarifario dictaminado por el ARCERNNR, que nos permite obtener un costo de ahorro de energía de 30.678,22 dólares anuales. Y de acuerdo con el costo de instalación, costo de mantenimiento anual para cada año y el costo de ahorro de energía consideramos un valor presente neto de 21.567,67 dólares.

Dictaminando que, para el mejoramiento de corrección de Factor de Potencia, se necesita un costo de inversión de 6.662,42 dólares, en el cual esta inversión esta planificada para un retorno de cinco meses se considera un proyecto sostenible.

3.7. Conclusiones del Capítulo III.

Con la ayuda del instrumento de medición de corrientes en media tensión se recopiló la información real de las lecturas de las intensidades del Alimentador 01, sus protecciones y derivaciones trifásicas que alimentan cada transformador de distribución de las áreas de trabajo. Esto nos corroboró con la inspección y visualización de las tiras fusible que se encuentran mal dimensionadas en las protecciones principales del Alimentador.

Con los resultados obtenidos del analizador se visualizó los parámetros eléctricos que inciden del banco de transformadores dando a conocer que se encuentra al 73,3% de su Potencia Aparente nominal la cual es 750 kVA, con un valor demasiado bajo de 0,73 de factor de potencia.

Con respecto al desarrollo de los estudios de medición de Temperatura en la empresa "3A Composites – Plantabal S.A.", se ha utilizado una cámara termográfica "FLIRT T440". La cual nos permite visualizar los índices con mayor grado de temperatura también llamados (puntos calientes). En la cual la ficha técnica termográfica realizada en el Banco de transformadores: X, Y, Z, de 250 KVA, nos indica que para el transformador (X) existe una temperatura máxima de 65 °C, y se considera como anomalía de temperatura de alta relevancia.

Con respecto al análisis comparativo del resultado de las mediciones de los parámetros eléctricos que nos arrojó la simulación en el software ETAP, y el resultado de las mediciones reales de Intensidades que se realizaron con la Pinza Amperimétrica de MT, se realizó una simulación de flujo de carga con el fin de obtener un contraste de los valores de las mediciones registradas en MT, corroborando el 92 % de similitud en el análisis comparativo.

Conclusiones generales.

La ejecución de un estudio energético enfocado en la línea de producción principal que corresponde al alimentador 01. Permitió realizar un estado de arte y revisión bibliográfica que determino entender los parámetros, técnicas y herramientas que conlleva un estudio energético. Dentro del levantamiento de información del sistema eléctrico actual en la empresa, se evidencio las falencias de mantenimiento que existe a nivel general de las redes de BT y MT.

Con respecto al análisis de calidad se consideró los estándares y límites regulatorios establecidos por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNR), evidenciando los parámetros eléctricos que inciden del banco de transformadores dando a conocer que se encuentra con un voltaje promedio de cada línea y se mantiene dentro de un rango relativamente constante. Teniendo en cuenta que está a un 73,3% de su Potencia Aparente nominal la cual es 750 kVA, con un valor demasiado bajo de 0,73 de factor de potencia.

Con respecto al análisis termográfico aplicando la Norma ANSI / NETA ATS, se determinaron 31 estudios de los cuales 17 corresponden a un grado 4 con relevancia crítica y con un porcentaje del 54.8 % de puntos calientes a nivel de voltaje en BT. En la cual 14 corresponden los grados 2,3 con relevancia leve y grave, teniendo un porcentaje de 45.1 % de puntos calientes a nivel de voltaje en MT. Considerando una de las problemáticas de factores que inciden en la desconexión inoportuna del fluido eléctrico.

Se considera que, en base al levantamiento de información, mediciones de lectura en MT, termografía y simulaciones, se realiza un estudio energético en la empresa “3 A - Composites Plantabal” mejorando la eficiencia energética en el alimentador hasta la Línea de Producción favoreciendo a un des incremento de desconexiones inoportunas por fallas en el sistema.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un plan de mantenimientos preventivos y correctivos en las instalaciones donde se encontraron puntos calientes y desgastes de borneras mayores a 40° C. Considerando que en el Transformador de Potencia de 5/6 MVA exactamente en los bushing a nivel de 69 kV, persisten puntos calientes con una temperatura de 38 ° C. En la cual se encomienda realizar una desconexión planificada por parte de la empresa y proceder con el ajuste de la bornera.

Revisar con frecuencias el estado de banco de capacitores, barras principales y conectores tipo talón que se encuentran en el tablero principal para evitar pérdidas eléctricas.

Instalar el analizador de red en los transformadores de Aserrío 1 y Aserrío 2 con una capacidad de 300 KVA y 400 KVA, ya realizado el estudio tomar lectura de las potencias aparente de cada transformador con el fin brindar un análisis de capacidad de sobre carga.

Referencias bibliográficas.

- [1] A. L. Fabre-Villamar *et al.*, “Análisis de los efectos que provocan las perturbaciones eléctricas en una instalación domiciliaria,” *Ibero-American J. Eng. Technol. Stud.*, vol. 3, no. 1, pp. 311–316, May 2023, doi: 10.56183/IBEROTECS.V3I1.603.
- [2] R. O. Erazo Plasencio and P. D. Quevedo Moreira, “Análisis de calidad de energía y rediseño del sistema eléctrico en la planta industrial corporación de proyectos múltiples multiproyectos S.A.,” 2018, Accessed: Apr. 18, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16515>
- [3] J. E. Rodríguez-Salazar and N. M. Caruso, “Soluciones para la mejora de la calidad del servicio de energía eléctrica en Barranquilla. Revisión de la literatura.” *Boletín Innovación, Logística y Operaciones*, vol. 3, no. 1, Sep. 2021, doi: 10.17981/BILO.3.1.2021.08.
- [4] A. Giampieri, J. Ling-Chin, Z. Ma, A. Smallbone, and A. P. Roskilly, “A review of the current automotive manufacturing practice from an energy perspective,” *Appl. Energy*, vol. 261, no. October 2019, 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.114074.
- [5] G. Halkos, J. Moll de Alba, and C. Bampatsou, “Determinants of environmental efficiency and sources of productivity change in the manufacturing sector: A comparative analysis between Europe and Asia,” *Energy*, vol. 291, no. December 2023, p. 130355, 2024, doi: 10.1016/j.energy.2024.130355.
- [6] J. Ottonelli, L. L. B. Lazaro, J. C. S. Andrade, and S. Abram, “Do solar photovoltaic clean development mechanism projects contribute to sustainable development in Latin America? Prospects for the Paris Agreement,” *Energy Policy*, vol. 174, no. October 2021, 2023, doi: 10.1016/j.enpol.2023.113428.
- [7] G. P. Ibáñez Figueroa, “Estudio de carga eléctrica para la repotenciación del circuito eléctrico en baja tensión del transformador existente número 1 de la

- empresa Sucesores de J Paredes M S.A.,” 2023. Accessed: Apr. 20, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24574>
- [8] M. F. BUELVAS SARABIA, “ESTUDIO PARA EL MEJORAMIENTO DE CALIDAD DEL SERVICIO, DEL ACTUAL ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN LOCAL SDL PARA UNA ACTUALIZACIÓN DE TECNOLOGÍA: DE REDES ABIERTAS DESCUBIERTAS A REDES DE CABLEADO XLPE TRENZADO DE FORMA AISLADA PARA VOLTAJES EN BAJA Y MEDIA TENSIÓN,” *Espec. ECACEN*, pp. 1–67, 2018, Accessed: Apr. 20, 2024. [Online]. Available: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/24411>
- [9] C. Vásquez, M. Luna, R. Perez, W. Osal, and C. Blanco, “Interrupciones del suministro eléctrico: Una revisión de su impacto y de las técnicas de mantenimiento preventivo,” *Laccei*, pp. 1–2, 2012, Accessed: Apr. 20, 2024. [Online]. Available: <http://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP025.pdf>
- [10] G. De Carne *et al.*, “The role of energy storage systems for a secure energy supply: A comprehensive review of system needs and technology solutions,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 236, no. May, p. 110963, 2024, doi: 10.1016/j.epsr.2024.110963.
- [11] S. K. H. Shah, A. Hellany, M. Nagrial, and J. Rizk, “Impact of Wind Speed on Total Harmonic Distortion in a Hybrid Renewable Energy System,” *2022 IEEE Int. Conf. Power Syst. Technol. Embrac. Adv. Technol. Power Energy Syst. Sustain. Dev. POWERCON 2022*, pp. 1–5, 2022, doi: 10.1109/POWERCON53406.2022.9929674.
- [12] S. Wang *et al.*, “A Simplified DC-Bias Injection Method for Characterizing Power Magnetics Using a Voltage Mirror Transformer,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 39, no. 6, pp. 6608–6612, 2024, doi: 10.1109/TPEL.2024.3373266.

- [13] A. López-Vargas, A. Ledezma-Espino, and A. Sanchis-de-Miguel, “Methods, data sources and applications of the Artificial Intelligence in the Energy Poverty context: A review,” *Energy and Buildings*, vol. 268. Elsevier, p. 112233, Aug. 01, 2022. doi: 10.1016/j.enbuild.2022.112233.
- [14] “Electricity Market Report,” *Electr. Mark. Rep.*, 2020, doi: 10.1787/f0aed4e6-en.
- [15] J. García-García, J. Rey-López, and G. Osma-Pinto, “Evaluación del desempeño de microrredes: una revisión,” *TecnoLógicas*, vol. 26, no. 58, p. e2656, 2023, doi: 10.22430/22565337.2656.
- [16] S. Zhou, “Energy efficiency,” *Dict. Ecol. Econ. Terms New Millenn.*, p. 186, 2023, doi: 10.4337/9781788974912.E.94.
- [17] W. Alsaba, S. A. Al-Sobhi, and M. A. Qyyum, “Recent advancements in the hydrogen value chain: Opportunities, challenges, and the way Forward—Middle East perspectives,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 48, no. 68, pp. 26408–26435, 2023, doi: 10.1016/j.ijhydene.2023.05.160.
- [18] C. H. Tang, “Electrical power system modeling and simulation of large-scale industrial enterprise,” *APAP 2011 - Proc. 2011 Int. Conf. Adv. Power Syst. Autom. Prot.*, vol. 3, pp. 2076–2081, 2021, doi: 10.1109/APAP.2011.6180775.
- [19] A. O. Ali, A. S. Morshedy, A. A. El-Zahhar, M. M. Alghamdi, and A. M. A. El Naggar, “African continent: Rich land of minerals and energy sources,” *Inorg. Chem. Commun.*, vol. 169, no. September, p. 113123, 2024, doi: 10.1016/j.inoche.2024.113123.
- [20] Ministerio de Energías y Recursos Naturales No Renovables., “Plan Maestro de Electricidad – Ministerio de Energía y Minas,” Portal Ministerio. Accessed: Apr. 21, 2024. [Online]. Available: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>
- [21] COLLAGUAZO CHIPANTASI PEDRO JAVIER, “Análisis Del Sistema

- Eléctrico En Baja Tensión (Bt) De La Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur Usando La Captura De Datos En Campo Para Mejorar La Eficiencia Energética,” 2020. Accessed: Apr. 22, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19249>
- [22] C. A. Vargas-Isaza, J. C. Posada-Correa, L. Y. Jaramillo-Zapata, and L. A. García, “Consumos de energía en la industria del plástico: revisión de estudios realizados,” *Rev. CEA*, vol. 1, no. 1, p. 93, 2015, doi: 10.22430/24223182.70.
- [23] I. T. AZNARÁN BALCÁZAR and G. J. REYES ARANDA, ““Aplicación De La Termografía Infrarroja En Tableros Electricos De Distribución Para Mejorar La Seguridad Y La Calidad De La Energía Electrica,”” *FORMULACION Y Caracter. UNA BEBIDA REHIDRATANTE A PARTIR ZUMO AGUAYMANTO (Physallis Peruviana) Elabor. PARA Agroind. LA MORINA*”, pp. 1–162, 2015, Accessed: Apr. 23, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2651>
- [24] Y. Liu, Y. Li, G. Hou, and H. Qin, “Multi-Objective Short-Term Operation of Hydro – Wind – Photovoltaic – Thermal Hybrid System Considering Power Peak Shaving , the Economy and the Environment †,” pp. 1–24, 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/en17184698> (registering DOI).
- [25] C. Citadini de Oliveira, I. Catão Martins Vaz, and E. Ghisi, “Retrofit strategies to improve energy efficiency in buildings: An integrative review,” *Energy Build.*, vol. 321, no. April, 2024, doi: 10.1016/j.enbuild.2024.114624.
- [26] N. A. Zabidi *et al.*, “Economic Sanctions and Energy Efficiency: Evidence from Iranian Industrial Sub-Sectors,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 2, no. 2, pp. 33–47, 2022, doi: 10.1016/j.eneco.2024.107920.
- [27] T. Zhang, D. Wei, M. Zhu, S. Gu, and Y. Zheng, “Industry demand response in dispatch strategy for high- proportion renewable energy power system,” *Med. Image Anal.*, p. 103151, 2024, doi: 10.1016/j.jai.2024.08.002.

- [28] L. M. Ningsih, J. Mazancová, U. Hasanudin, and H. Roubík, “Energy audits in the tofu industry; an evaluation of energy consumption towards a green and sustainable industry,” *Environ. Dev. Sustain.*, no. 0123456789, 2024, doi: 10.1007/s10668-024-05109-z.
- [29] Y. Jee, E. Lee, K. Baek, W. Ko, and J. Kim, “Data-Analytic Assessment for Flexumers Under Demand Diversification in a Power System,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 33313–33319, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3162077.
- [30] S. Wu, “Renewable energy Internet microelectronics technology for industrial demand,” *2021 IEEE 4th Int. Conf. Inf. Syst. Comput. Aided Educ. ICISCAE 2021*, pp. 288–292, 2021, doi: 10.1109/ICISCAE52414.2021.9590662.
- [31] A. Alegría-sala, D. M. Lopez, L. C. Casals, J. Fonollosa, and M. Macarulla, “A Novel Approach to Energy Management in the Dairy Industry using Performance Indicators and Load Profiles: Application to a Cheese Dairy Plant in Tuscany, Italy,” *J. Build. Eng.*, vol. c, p. 108404, 2024, doi: 10.1016/j.energy.2024.133240.
- [32] J. D. Chaves, M. I. Gallego, D. Aguilar, F. Gonzalez Perez, J. R. Vidal Medina, and E. C. Quispe, “Estimation of the Energy Saving Potentials in Foundry Industries Based on ISO 50001,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 18, no. 12, pp. 2155–2165, 2020, doi: 10.1109/TLA.2020.9400444.
- [33] A. S. M. Monjurul Hasan and A. Trianni, “Energy management: Sustainable approach towards industry 4.0,” *IEEE Int. Conf. Ind. Eng. Eng. Manag.*, vol. 2020-Decem, pp. 537–541, 2020, doi: 10.1109/IEEM45057.2020.9309939.
- [34] Minenergia, “Eficiencia energética,” 2024.
- [35] J. M. Clairand, M. Briceno-Leon, G. Escriva-Escriva, and A. M. Pantaleo, “Review of energy efficiency technologies in the food industry: Trends, barriers, and opportunities,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 48015–48029, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2979077.

- [36] Y. Yao, C. Li, B. Hu, and K. Xie, “Modeling of Freshwater Production for Optimal Operation of Integrated Electrical-Water System,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 38, no. 5, pp. 4958–4961, 2023, doi: 10.1109/TPWRS.2023.3295186.
- [37] M. Akbaba, O. Dakkak, B. S. Kim, A. Cora, and S. A. Nor, “Electric Circuit-Based Modeling and Analysis of the Translational, Rotational Mechanical and Electromechanical Systems Dynamics,” *IEEE Access*, vol. 10, no. May, pp. 67338–67349, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3185422.
- [38] S. Zuloaga and V. Vittal, “Integrated Electric Power/Water Distribution System Modeling and Control under Extreme Mega Drought Scenarios,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 36, no. 1, pp. 474–484, 2021, doi: 10.1109/TPWRS.2020.3001588.
- [39] F. Ruiz-Tipán and A. Valenzuela, “Despacho económico en centrales de generación térmicas considerando restricciones económicas y ambientales para la operación en isla de una red eléctrica industrial,” *Brazilian Appl. Sci. Rev.*, pp. 851–871, 2022, doi: 10.34115/basrv6n3-002.
- [40] B. Oner, J. W. Pomeroy, and M. Kuball, “Time Resolved Hyperspectral Quantum Rod Thermography of Microelectronic Devices: Temperature Transients in a GaN HEMT,” *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 41, no. 6, pp. 812–815, 2020, doi: 10.1109/LED.2020.2989919.
- [41] B. Gao, L. Bai, W. L. Woo, G. Y. Tian, and Y. Cheng, “Automatic defect identification of eddy current pulsed thermography using single channel blind source separation,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 63, no. 4, pp. 913–922, 2014, doi: 10.1109/TIM.2013.2285789.
- [42] L. M. Wilcox, G. S. Member, M. Bonmarin, S. Member, K. M. Donnell, and S. Member, “Effect of Signal Modulation on Active Microwave Thermography,” *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 73, pp. 1–12, 2024, doi: 10.1109/TIM.2024.3440402.

- [43] Ingrosuppliers, “Cámara termográfica FLIR T 440”.
- [44] A. Pellegrino, V. R. M. Lo Verso, L. Blaso, A. Acquaviva, E. Patti, and A. Osello, “Lighting Control and Monitoring for Energy Efficiency: A Case Study Focused on the Interoperability of Building Management Systems,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 52, no. 3, pp. 2627–2637, 2019, doi: 10.1109/TIA.2016.2526969.
- [45] L. Angel Iturralde Carrera *et al.*, “Integration of Energy Management and Efficiency System for Buildings With Zero Carbon Emissions: A Case of Study,” *IEEE Access*, vol. 12, no. February, pp. 64237–64251, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3396816.
- [46] Y. Yang, G. Hu, and C. J. Spanos, “HVAC Energy Cost Optimization for a Multizone Building via a Decentralized Approach,” *IEEE Trans. Autom. Sci. Eng.*, vol. 17, no. 4, pp. 1950–1960, 2020, doi: 10.1109/TASE.2020.2983486.
- [47] S. Ali *et al.*, “Demand Response Program for Efficient Demand-Side Management in Smart Grid Considering Renewable Energy Sources,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 53832–53853, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3174586.
- [48] N. Wu, H. Wang, L. Yin, X. Yuan, and X. Leng, “Application Conditions of Bounded Rationality and a Microgrid Energy Management Control Strategy Combining Real-Time Power Price and Demand-Side Response,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 227327–227339, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3045754.
- [49] R. Chandra, S. Banerjee, K. K. Radhakrishnan, and S. K. Panda, “Transactive Energy Market Framework for Decentralized Coordination of Demand Side Management within a Cluster of Buildings,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 57, no. 4, pp. 3385–3395, 2021, doi: 10.1109/TIA.2021.3069412.
- [50] H. Fan, C. Hu, M. Chen, and D. Zhou, “Cooperative predictive maintenance of repairable systems with dependent failure modes and resource constraint,” *IEEE Trans. Reliab.*, vol. 60, no. 1, pp. 144–157, 2020, doi:

10.1109/TR.2011.2104432.

- [51] E. Ali, L. Batool, and Z. B. T. Baig, “Perception of Managers Regarding Implementation of Energy Management Practices: Barriers and Challenges - A Focus Group Discussion in Pakistan’s Manufacturing Sector,” *2023 25th Int. Multi Top. Conf. INMIC 2023 - Proc.*, pp. 1–5, 2023, doi: 10.1109/INMIC60434.2023.10466158.
- [52] X. You, X. Lv, Z. Zhao, J. Han, and X. Ren, “A Survey and Taxonomy on Energy-Aware Data Management Strategies in Cloud Environment,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 94279–94293, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2992748.
- [53] L. Olmos and I. J. Pérez-Arriaga, “Evaluation of three methods proposed for the computation of inter-TSO payments in the internal electricity market of the European union,” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 22, no. 4, pp. 1507–1522, 2020, doi: 10.1109/TPWRS.2007.907118.
- [54] A. Rahman, A. R. Hafeez, A. Faizan, and I. Kanwal, “The Impact of Domestic Energy Efficiency: Retrofit Study of Lights Fans Using Deemed Saving Method,” *2019 3rd Int. Conf. Energy Conserv. Effic. ICECE 2019 - Proc.*, 2019, doi: 10.1109/ECE.2019.8921020.
- [55] H. Mahfoodh, S. Shubbar Hameed Naser, K. Jabby, A. Tumayhi, and A. Alghamdi, “Reflections on the Kigali Amendment Implementation in the GCC,” *2021 3rd Int. Sustain. Resil. Conf. Clim. Chang.*, no. 2019, pp. 48–52, 2021, doi: 10.1109/IEEECONF53624.2021.9668082.
- [56] Asamblea Nacional, “Suplemento Ley Orgánica de eficiencia energética,” *Adm. Const. del Ecuador*, pp. 1–8, 2021.
- [57] ISO, “Iso 50001:2018,” 2018.
- [58] MEER, *Plan Nacional de Eficiencia Energética*. 2017.
- [59] B. Zhao, N. Xu, H. Chen, K. Guo, and Y. Huang, “Design and Experimental

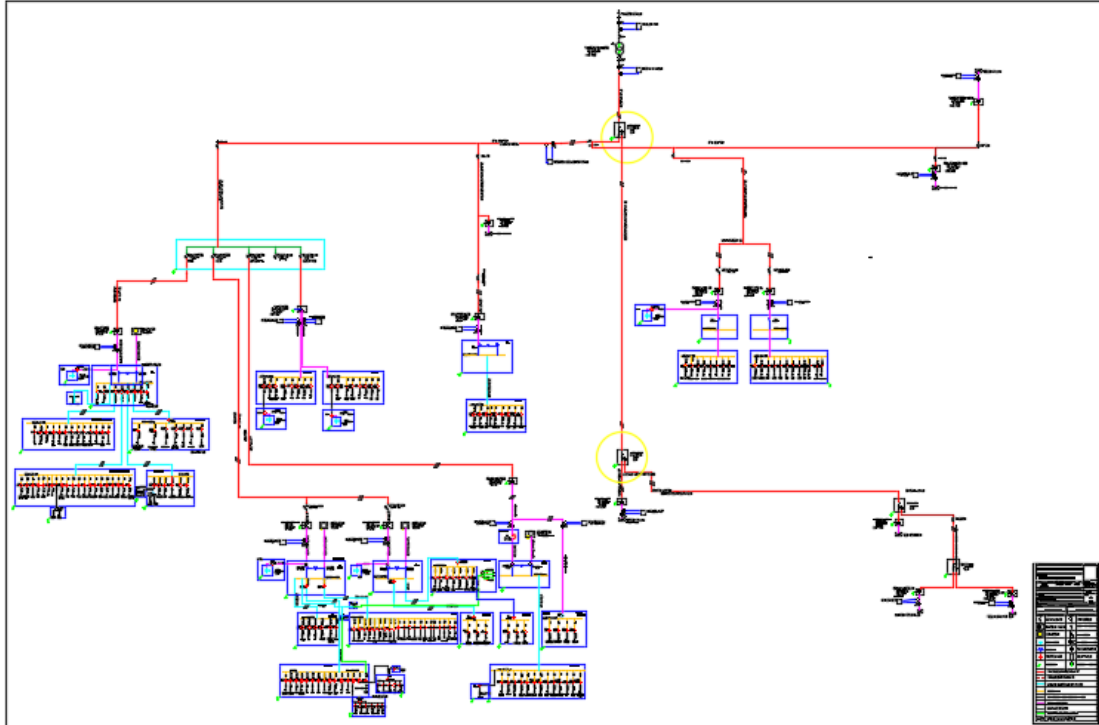
- Evaluations on Energy-Efficient Control for 4WIMD-EVs Considering Tire Slip Energy,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 69, no. 12, pp. 14631–14644, 2020, doi: 10.1109/TVT.2020.3032377.
- [60] S. M. Lukic, J. Cao, R. C. Bansal, F. Rodriguez, and A. Emadi, “Energy storage systems for automotive applications,” *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 6, pp. 2258–2267, 2008, doi: 10.1109/TIE.2008.918390.
- [61] Sport, “Industri automotriz Toyota,” 2024.
- [62] J. S. Guillen-Sanchez and A. M. Depaz - Paucar, “Mantenimiento productivo total en la eficiencia productiva de las empresas industriales: una breve revisión de literatura,” *SIGNOS - Investig. en Sist. gestión*, vol. 16, no. 1, 2024, doi: 10.15332/24631140.8807.
- [63] Economiasustentable, “Industria alimentaria Nestlé,” 2024.
- [64] C. Delgado, “Uso del Bambú en la Construcción para reducir el impacto ambiental: una revisión de literatura,” pp. 1–14, 2023.
- [65] J. Panta and R. Peña, “Valorización Energética por Coprocesamiento de Residuos Sólidos Municipales: Revisión Sistemática,” *Univ. Andin. del Cusco*, pp. 1–118, 2020.
- [66] Americaeconomia, “Industria cementera Cemex,” 2024.
- [67] F. Gil, “Objetivos de desarrollo sostenible: Una revisión en las empresas de IBEX 35,” pp. 1–17, 2023.
- [68] Contruccionlatinoamericana, “Industria de acero Acelormittal,” 2024.
- [69] C. L. Góngora Alexander, “Análisis de la calidad de la potencia y suministro eléctrico en el sistema fotovoltaico de 150 kWp de la Universidad Autónoma de Occidente,” 2018.
- [70] W. I. Loor-Fernández, L. I. Santiago Quiroz-Fernández, and Y. Llosas-Albuerne

- III, “Thermographic analysis and its impact on network and equipment maintenance indicators for S / E Portoviejo # 1, Manabí Business Unit,” *Ciencias técnicas y Apl.*, vol. 7, no. 3, pp. 848–876, 2021, [Online]. Available: <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index>
- [71] InterNational Electrical Testing Association, *ANSI/NETA ATS-2017 Standard for Acceptance Testing Specifications for Electrical Power Equipment and Systems*, MI 49024. United States of America: May,2017, 2017. [Online]. Available: <http://www.netaworld.org/>
- [72] M. G. R. M. Lozano Guaman Sandro Luis, “Rediseño Del Sistema Eléctrico En Baja Tensión Para La Universidad Politécnica Salesiana Campus El Girón Bloque B Basado En Una Campaña De Medidas Para La Ejecución De Un Plan De Mejoras,” *Tesis*, p. 130, 2020.

IV. ANEXOS

Anexo 1

Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico de la Empresa “3A-Compocites Plantabab S.A.”



Anexo 2.

Salida de la Protección Principal del Módulo extraíble con interruptor de potencia tipo 3AF 2321-4.

Lectura en MT en la salida de las celdas del Módulo extraíble con interruptor de potencia tipo 3AF 2321-4 (Protección Principal del Alimentador)										
Horas Pico en dicha Empresa	Numero de Conductores	Determinación de Faces	Domingo 19-05-2024	Lunes 20-05-2024	Martes 21-05-2024	Miercoles 22-05-2024	Jueves 23-05-2024	Viernes 24-05-2024	Sabado 25-05-2024	Domingo 26-05-2024
07:00 - 09:00	3	A	74,2	78,2	79,4	78,4	80,4	81,4	80,4	69,4
		B	74,1	78,1	79,3	78,3	80,3	81,3	80,3	69,3
		C	72,2	76,2	77,4	76,4	78,4	79,4	78,4	67,4
11:00 - 13:00	3	A	74	78	79,2	78,2	80,2	81,2	80,2	69,2
		B	71,5	75,5	76,7	75,7	77,7	78,7	77,7	66,7
		C	70	74	75,2	74,2	76,2	77,2	76,2	65,2
18:00 - 20:00	3	A	78,8	82,8	84	83	85	86	85	74
		B	80,4	84,4	85,6	84,6	86,6	87,6	86,6	75,6
		C	79,9	83,9	85,1	84,1	86,1	87,1	86,1	75,1

Anexo 3.

Salida de la Protección Aguas Arriba del Alimentador (mira hacia: Vivero, Cabañas, Genética).

Lectura en MT parte inferior del Seccionador fusible de línea – Clase 100 A (Protección Aguas Arriba del Alimentador - Avastece sectores: Vivero, Cabañas, Genética)										
Horas Pico en dicha Empresa	Numero de Conductores	Determinación de Faces	Domingo 19-05-2024	Lunes 20-05-2024	Martes 21-05-2024	Miercoles 22-05-2024	Jueves 23-05-2024	Viernes 24-05-2024	Sabado 25-05-2024	Domingo 26-05-2024
07:00 - 09:00	3	A	6	10	11,2	10,2	12,2	13,2	12,2	1,2
		B	6,3	10,3	11,5	10,5	12,5	13,5	12,5	1,5
		C	5,8	9,8	11	10	12	13	12	1
11:00 - 13:00	3	A	6,7	10,7	11,9	10,9	12,9	13,9	12,9	1,9
		B	5,8	9,8	11	10	12	13	12	1
		C	6,9	10,9	12,1	11,1	13,1	14,1	13,1	2,1
18:00 - 20:00	3	A	6,2	10,2	11,4	10,4	12,4	13,4	12,4	1,4
		B	6,9	10,9	12,1	11,1	13,1	14,1	13,1	2,1
		C	6,3	10,3	11,5	10,5	12,5	13,5	12,5	1,5

Anexo 4.

Salida de la Protección, derivación trifásica del Alimentador (mira hacia el taller de aserrió).

Lectura en MT parte inferior del Seccionador fusible de línea – Clase 100 A. Derivación trifasica del Alimentador (Protección - Avastece: Taller de aserrió.)							
Horas Pico en dicha Empresa	Numero de Conductores	Determinación de Faces	Lunes 6-05-2024	Martes 7-05-2024	Miercoles 8-05-2024	Jueves 9-05-2024	Viernes 10-05-2024
07:00 - 09:00	3	A	2,1	2,4	3,6	2,6	4,6
		B	3,6	3,9	5,1	4,1	6,1
		C	3,9	4,2	5,4	4,4	6,4
11:00 - 13:00	3	A	3,4	3,7	4,9	3,9	5,9
		B	2,1	2,4	3,6	2,6	4,6
		C	3,6	3,9	5,1	4,1	6,1
18:00 - 20:00	3	A	3,9	4,2	5,4	4,4	6,4
		B	2,8	3,1	4,3	3,3	5,3
		C	3	3,3	4,5	3,5	5,5

Anexo 5.

Salida de la Protección, derivación trifásica del Alimentador (mira hacia la secadora 14 – 16 y la Oficina de Administración Principal).

Lectura en MT parte inferior del Seccionador fusible de línea – Clase 100 A. Derivación trifásica del Alimentador (Protección - Avastece: Secadora 14 -16, Oficina Administración Principal.)							
Horas Pico en dicha Empresa	Numero de Conductores	Determinación de Faces	Lunes 6-05-2024	Martes 7-05-2024	Miercoles 8-05-2024	Jueves 9-05-2024	Viernes 10-05-2024
07:00 - 09:00	3	A	3,9	4,2	5,4	4,4	6,4
		B	5	5,3	6,5	5,5	7,5
		C	4	4,3	5,5	4,5	6,5
11:00 - 13:00	3	A	4	4,3	5,5	4,5	6,5
		B	5,8	6,1	7,3	6,3	8,3
		C	5,1	5,4	6,6	5,6	7,6
18:00 - 20:00	3	A	3,9	4,2	5,4	4,4	6,4
		B	4,8	5,1	6,3	5,3	7,3
		C	5,8	6,1	7,3	6,3	8,3

Anexo 6.

Salida de la Protecciones que alimenta a los transformadores: Vivero, Cabaña, Genética.

Lectura en MT parte inferior del Seccionador fusible de línea – Clase 100 A (Protecciones: Vivero, Cabañas, Genética)						
Horas Pico en dicha Empresa	Sector	Transformador	Determinación de Faces	Lunes 27-05-2024	Martes 28-05-2024	Miercoles 29-05-2024
07:00 - 09:00 11:00 - 13:00 18:00 - 20:00	Cabaña	Transformador 1- F				
		P = 50 KVA	A	2,3	1,7	2,1
		F= 60 Hz	B	2,5	1,9	2,3
		Vs = 220 - 127v Vp = 13,8 - 7,9 kv	C	1,9	1,3	1,7
07:00 - 09:00 11:00 - 13:00 18:00 - 20:00	Vivero	Transformador 3 - F				
		P = 100 KVA	A	2,4	1,8	2,2
		F= 60 Hz	B	2,6	2	2,4
		Vs = 220 - 127v Vp = 13,8 - 7,9 kv	C	1,9	1,3	1,7
07:00 - 09:00 11:00 - 13:00 18:00 - 20:00	Genética	Transformador 3 - F				
		P = 200 KVA	A	2	1,4	1,8
		F= 60 Hz	B	1,9	1,3	1,7
		Vs = 220 - 127v Vp = 13,8 - 7,9 kv	C	2	1,4	1,8

Anexo 7.

Salida de la Protecciones que alimenta a los transformadores: Aserrió 1 y Aserrió 2.

Lectura en MT parte inferior del Seccionador fusible de línea – Clase 100 A (Protecciones: Taller de Aserrio 1 y Aserrio 2)						
Horas Pico en dicha Empresa	Sector	Transformador	Determinación de Faces	Lunes 27-05-2024	Martes 28-05-2024	Miercoles 29-05-2024
07:00 - 09:00 11:00 - 13:00 18:00 - 20:00	Aserrio 1	Transformador 3- F				
		P = 400 KVA	A	3	2,4	2,8
		F= 60 Hz	B	3,8	3,2	3,6
		Vs = 440 - 220v	C	3,5	2,9	3,3
		Vp = 13,8 - 7,9 kv				
07:00 - 09:00 11:00 - 13:00 18:00 - 20:00	Aserrio 2	Transformador 3 - F				
		P = 300 KVA	A	1,9	1,3	1,7
		F= 60 Hz	B	2,6	2	2,4
		Vs = 220 - 120v	C	2,3	1,7	2,1
		Vp = 13,8 - 7,9 kv				

Anexo 8.

Salida de la Protecciones que alimenta a los transformadores: Secadora 14 – 16 y la Oficina de Administración Principal.

Lectura en MT parte inferior del Seccionador fusible de línea – Clase 100 A (Protecciones: Secadora 14 -16, Oficina Administración Principal.)						
Horas Pico en dicha Empresa	Sector	Transformador	Determinación de Faces	Lunes 27-05-2024	Martes 28-05-2024	Miercoles 29-05-2024
07:00 - 09:00 11:00 - 13:00 18:00 - 20:00	Secadora 14 -16	Banco de Transformador 3- F				
		P = 3 x 75 KVA	A	2,8	2,2	2,6
		F= 60 Hz	B	3,5	2,9	3,3
		Vs = 440 - 220v	C	3,2	2,6	3
		Vp = 13,8 - 7,9 kv				
07:00 - 09:00 18:00 - 20:00	Oficina Administración Principal	Transformador 1 - F				
		P = 300 KVA	B	1,6	1	1,4
		F= 60 Hz				
		Vs = 220 - 127v				
		Vp = 13,8 - 7,9 kv				

Anexo 9.

Salida de la Protecciones que alimenta al banco de transformadores: Secadora 17 – 22.

Lectura en MT parte inferior del Seccionador fusible de línea – Clase 100 A, celdas cuarto de Producción (Protecciones: Secadora 17 - 22.)						
Horas Pico en dicha Empresa	Sector	Transformador	Determinación de Faces	Lunes 27-05-2024	Martes 28-05-2024	Miercoles 29-05-2024
07:00 - 09:00 11:00 - 13:00 18:00 - 20:00	Secadora 17 - 22	Banco de Transformador 3- F				
		P = 150 +250 KVA	A	8,5	7,9	8,3
		F= 60 Hz	B	9,3	8,7	9,1
		Vs = 440 - 220v	C	9,1	8,5	8,9
		Vp = 13,8 - 7,9 kv				

Anexo 10.

Salida de la Protecciones que alimenta el transformador: Secadora 1 – 13.

Lectura en MT parte inferior del Seccionador fusible de línea – Clase 100 A, (Protecciones: Secadora 1 - 13.)						
Horas Pico en dicha Empresa	Sector	Transformador	Determinación de Faces	Lunes 27-05-2024	Martes 28-05-2024	Miercoles 29 -05-2024
07:00 - 09:00 11:00 - 13:00 18:00 - 20:00	Secadora 1 - 13	Transformador 3- F				
		P = 400 KVA	A	14,5	13,9	14,3
		F= 60 Hz	B	14,3	13,7	14,1
		Vs = 220 - 127v	C	15,8	15,2	15,6
		Vp = 13,8 - 7,9 kv				

Anexo 11.

Salida de la Protecciones que alimenta el transformador: Sector CK.

Lectura en MT parte inferior del Seccionador fusible de línea – Clase 100 A, (Protecciones: Sector CK.)						
Horas Pico en dicha Empresa	Sector	Transformador	Determinación de Faces	Lunes 27-05-2024	Martes 28-05-2024	Miercoles 29 -05-2024
07:00 - 09:00 11:00 - 13:00 18:00 - 20:00	CK	Transformador 3- F				
		P = 1 MVA	A	20	19,4	19,8
		F= 60 Hz	B	18,5	17,9	18,3
		Vs = 440 - 220v	C	21	20,4	20,8
		Vp = 13,8 - 7,9 kv				

Anexo 12.

Salida de la Protecciones que alimenta el transformador: Sector D100.

Lectura en MT parte inferior del Seccionador fusible de línea – Clase 100 A, (Protecciones: Sector D100.)						
Horas Pico en dicha Empresa	Sector	Transformador	Determinación de Faces	Lunes 27-05-2024	Martes 28-05-2024	Miercoles 29 -05-2024
07:00 - 09:00 11:00 - 13:00 18:00 - 20:00	D100	Transformador 3- F				
		P = 500 KVA	A	6	5,4	5,8
		F= 60 Hz	B	5,6	5	5,4
		Vs = 240 - 130v	C	5,7	5,1	5,5
		Vp = 13,2 - 7,6 kv				

Anexo 13.



Anexo 14.

Tiempo	Pt+_Avg [W]	Qti+_Avg [VAR]	Pfti+_Avg	Tiempo	Pt+_Avg [W]	Qti+_Avg [VAR]	Pfti+_Avg
13/6/2024 0:05:00	345600	293300	0,76	14/6/2024 0:05:00	389600	337100	0,756
13/6/2024 0:15:00	360700	318900	0,75	14/6/2024 0:15:00	393300	336800	0,759
13/6/2024 0:25:00	345400	317700	0,74	14/6/2024 0:25:00	380000	329400	0,755
13/6/2024 0:35:00	400900	335900	0,77	14/6/2024 0:35:00	388900	337000	0,755
13/6/2024 0:45:00	388800	340600	0,75	14/6/2024 0:45:00	414100	354200	0,759
13/6/2024 0:55:00	380400	337700	0,75	14/6/2024 0:55:00	404700	343100	0,762
13/6/2024 1:05:00	340600	316800	0,73	14/6/2024 1:05:00	388200	334300	0,757
13/6/2024 1:15:00	390600	341600	0,75	14/6/2024 1:15:00	403300	348400	0,756
13/6/2024 1:25:00	382100	341900	0,75	14/6/2024 1:25:00	399800	350000	0,752
13/6/2024 1:35:00	381100	339000	0,75	14/6/2024 1:35:00	393500	346300	0,75
13/6/2024 1:45:00	375500	333100	0,75	14/6/2024 1:45:00	383600	342200	0,745
13/6/2024 1:55:00	381700	332600	0,75	14/6/2024 1:55:00	402900	347000	0,757
13/6/2024 2:05:00	374600	329200	0,75	14/6/2024 2:05:00	389800	351100	0,742
13/6/2024 2:15:00	374400	331400	0,75	14/6/2024 2:15:00	379000	337900	0,745
13/6/2024 2:25:00	380700	337400	0,75	14/6/2024 2:25:00	370000	339500	0,736
13/6/2024 2:35:00	388100	341100	0,75	14/6/2024 2:35:00	403800	358200	0,747

13/6/2024 2:45:00	360000	334600	0,73	14/6/2024 2:45:00	388400	357200	0,735
13/6/2024 2:55:00	368300	339100	0,73	14/6/2024 2:55:00	381900	340600	0,745
13/6/2024 3:05:00	364300	309000	0,76	14/6/2024 3:05:00	374400	309900	0,77
13/6/2024 3:15:00	347300	312600	0,74	14/6/2024 3:15:00	381600	330100	0,755
13/6/2024 3:25:00	353900	329000	0,73	14/6/2024 3:25:00	395500	347000	0,751
13/6/2024 3:35:00	396200	346400	0,75	14/6/2024 3:35:00	407500	356600	0,752
13/6/2024 3:45:00	386900	341800	0,75	14/6/2024 3:45:00	385700	346000	0,744
13/6/2024 3:55:00	352600	322900	0,74	14/6/2024 3:55:00	399300	349700	0,752
13/6/2024 4:05:00	397800	339800	0,76	14/6/2024 4:05:00	388800	349300	0,743
13/6/2024 4:15:00	395400	338800	0,76	14/6/2024 4:15:00	406800	356400	0,752
13/6/2024 4:25:00	319700	303800	0,72	14/6/2024 4:25:00	382900	345900	0,741
13/6/2024 4:35:00	396700	333900	0,76	14/6/2024 4:35:00	382700	339900	0,747
13/6/2024 4:45:00	371900	336900	0,74	14/6/2024 4:45:00	395700	350700	0,748
13/6/2024 4:55:00	353700	323000	0,74	14/6/2024 4:55:00	386500	347600	0,743
13/6/2024 5:05:00	386800	336400	0,75	14/6/2024 5:05:00	397400	349500	0,75
13/6/2024 5:15:00	387700	335300	0,76	14/6/2024 5:15:00	390900	342900	0,751
13/6/2024 5:25:00	381700	330700	0,76	14/6/2024 5:25:00	369900	322600	0,753
13/6/2024 5:35:00	321000	274300	0,76	14/6/2024 5:35:00	337400	283900	0,765
13/6/2024 5:45:00	345000	280200	0,78	14/6/2024 5:45:00	345200	293600	0,761
13/6/2024 5:55:00	337200	271800	0,78	14/6/2024 5:55:00	336700	281500	0,766
13/6/2024 6:05:00	347000	279200	0,78	14/6/2024 6:05:00	352300	289800	0,772
13/6/2024 6:15:00	342500	280200	0,77	14/6/2024 6:15:00	350000	291800	0,768
13/6/2024 6:25:00	318000	265500	0,77	14/6/2024 6:25:00	311400	259500	0,767
13/6/2024 6:35:00	340400	282200	0,77	14/6/2024 6:35:00	282300	232300	0,771
13/6/2024 6:45:00	343200	279300	0,78	14/6/2024 6:45:00	272900	212000	0,789
13/6/2024 6:55:00	317600	240200	0,8	14/6/2024 6:55:00	254200	181300	0,813
13/6/2024 7:05:00	298400	217700	0,81	14/6/2024 7:05:00	232800	166100	0,813
13/6/2024 7:15:00	316800	261800	0,77	14/6/2024 7:15:00	248500	185500	0,8
13/6/2024 7:25:00	368500	328800	0,75	14/6/2024 7:25:00	341500	285900	0,766
13/6/2024 7:35:00	400800	342900	0,76	14/6/2024 7:35:00	352400	295200	0,766
13/6/2024 7:45:00	413800	345700	0,77	14/6/2024 7:45:00	334400	282700	0,763
13/6/2024 7:55:00	412200	340900	0,77	14/6/2024 7:55:00	362000	299100	0,77
13/6/2024 8:05:00	418800	345700	0,77	14/6/2024 8:05:00	350100	288600	0,771
13/6/2024 8:15:00	408000	345400	0,76	14/6/2024 8:15:00	337900	280200	0,769
13/6/2024 8:25:00	363600	321700	0,75	14/6/2024 8:25:00	346200	288800	0,767
13/6/2024 8:35:00	421100	353600	0,77	14/6/2024 8:35:00	338700	283700	0,766
13/6/2024 8:45:00	408400	345900	0,76	14/6/2024 8:45:00	355400	314200	0,748
13/6/2024 8:55:00	401600	340700	0,76	14/6/2024 8:55:00	363800	327300	0,742
13/6/2024 9:05:00	406000	341400	0,77	14/6/2024 9:05:00	388000	333600	0,758



13/6/2024 9:15:00	359800	311600	0,76	14/6/2024 9:15:00	375800	325800	0,755
13/6/2024 9:25:00	388400	325500	0,77	14/6/2024 9:25:00	401500	331600	0,77
13/6/2024 9:35:00	380100	330900	0,75	14/6/2024 9:35:00	402700	335900	0,767
13/6/2024 9:45:00	360600	315100	0,75	14/6/2024 9:45:00	398000	336800	0,763
13/6/2024 9:55:00	409100	343100	0,77	14/6/2024 9:55:00	412500	339500	0,771
13/6/2024 10:05:00	398200	341000	0,76	14/6/2024 10:05:00	411400	343100	0,767
13/6/2024 10:15:00	372500	318900	0,76	14/6/2024 10:15:00	415400	340300	0,773
13/6/2024 10:25:00	407900	340300	0,77	14/6/2024 10:25:00	384400	321700	0,766
13/6/2024 10:35:00	414700	342600	0,77	14/6/2024 10:35:00	339600	283100	0,767
13/6/2024 10:45:00	391100	330100	0,76	14/6/2024 10:45:00	345200	290200	0,765
13/6/2024 10:55:00	393300	330100	0,77	14/6/2024 10:55:00	359700	296700	0,771
13/6/2024 11:05:00	395700	337500	0,76	14/6/2024 11:05:00	337500	285400	0,763
13/6/2024 11:15:00	375800	322300	0,76	14/6/2024 11:15:00	327100	278100	0,76
13/6/2024 11:25:00	350700	294900	0,76	14/6/2024 11:25:00	375900	297600	0,783
13/6/2024 11:35:00	370400	299300	0,78	14/6/2024 11:35:00	361400	301100	0,768
13/6/2024 11:45:00	354300	290900	0,77	14/6/2024 11:45:00	373200	308300	0,77
13/6/2024 11:55:00	347100	293200	0,76	14/6/2024 11:55:00	350500	288500	0,771
13/6/2024 12:05:00	321300	294500	0,74	14/6/2024 12:05:00	308600	271000	0,75
13/6/2024 12:15:00	363500	327500	0,74	14/6/2024 12:15:00	370700	297000	0,78
13/6/2024 12:25:00	366300	299200	0,77	14/6/2024 12:25:00	314300	227200	0,809
13/6/2024 12:35:00	321300	234400	0,81	14/6/2024 12:35:00	291000	190200	0,836
13/6/2024 12:45:00	322200	230700	0,81	14/6/2024 12:45:00	286000	189100	0,834
13/6/2024 12:55:00	322100	230900	0,81	14/6/2024 12:55:00	287200	183900	0,841
13/6/2024 13:05:00	336900	254500	0,8	14/6/2024 13:05:00	317600	235700	0,801
13/6/2024 13:15:00	375100	325400	0,76	14/6/2024 13:15:00	366900	287700	0,786
13/6/2024 13:25:00	348200	311400	0,74	14/6/2024 13:25:00	336000	275600	0,772
13/6/2024 13:35:00	375600	323600	0,76	14/6/2024 13:35:00	320600	275500	0,757
13/6/2024 13:45:00	388300	332600	0,76	14/6/2024 13:45:00	347400	292300	0,764
13/6/2024 13:55:00	358100	319900	0,75	14/6/2024 13:55:00	348700	292000	0,766
13/6/2024 14:05:00	361200	320000	0,75	14/6/2024 14:05:00	354000	292700	0,77
13/6/2024 14:15:00	358400	315900	0,75	14/6/2024 14:15:00	353400	296300	0,766
13/6/2024 14:25:00	403400	334500	0,77	14/6/2024 14:25:00	336400	293100	0,753
13/6/2024 14:35:00	387400	331400	0,76	14/6/2024 14:35:00	335900	299200	0,746
13/6/2024 14:45:00	377300	330900	0,75	14/6/2024 14:45:00	333500	292000	0,752
13/6/2024 14:55:00	398500	337300	0,76	14/6/2024 14:55:00	333900	287900	0,757
13/6/2024 15:05:00	361800	317700	0,75	14/6/2024 15:05:00	289300	270100	0,73
13/6/2024 15:15:00	377700	330500	0,75	14/6/2024 15:15:00	330600	289400	0,752
13/6/2024 15:25:00	393400	341800	0,75	14/6/2024 15:25:00	329500	282900	0,758
13/6/2024 15:35:00	370300	330900	0,75	14/6/2024 15:35:00	326300	289900	0,747



13/6/2024 15:45:00	373500	326500	0,75	14/6/2024 15:45:00	330200	291100	0,749
13/6/2024 15:55:00	394600	346200	0,75	14/6/2024 15:55:00	296500	279200	0,726
13/6/2024 16:05:00	388500	341900	0,75	14/6/2024 16:05:00	343700	300900	0,752
13/6/2024 16:15:00	361600	333900	0,73	14/6/2024 16:15:00	335000	297600	0,747
13/6/2024 16:25:00	389200	344300	0,75	14/6/2024 16:25:00	332800	294900	0,748
13/6/2024 16:35:00	389200	339700	0,75	14/6/2024 16:35:00	341400	287500	0,764
13/6/2024 16:45:00	393900	340400	0,76	14/6/2024 16:45:00	332200	283700	0,76
13/6/2024 16:55:00	390100	339300	0,75	14/6/2024 16:55:00	307400	245900	0,78
13/6/2024 17:05:00	382400	332700	0,75	14/6/2024 17:05:00	261400	184500	0,816
13/6/2024 17:15:00	392300	329500	0,77	14/6/2024 17:15:00	233500	152800	0,836
13/6/2024 17:25:00	356900	304200	0,76	14/6/2024 17:25:00	272100	220300	0,776
13/6/2024 17:35:00	321100	236100	0,81	14/6/2024 17:35:00	273900	220800	0,778
13/6/2024 17:45:00	327900	262100	0,78	14/6/2024 17:45:00	251400	212600	0,763
13/6/2024 17:55:00	357400	309900	0,76	14/6/2024 17:55:00	248500	213800	0,757
13/6/2024 18:05:00	362100	309500	0,76	14/6/2024 18:05:00	266000	214000	0,778
13/6/2024 18:15:00	359900	305900	0,76	14/6/2024 18:15:00	263000	214600	0,774
13/6/2024 18:25:00	364900	294300	0,78	14/6/2024 18:25:00	267600	214100	0,78
13/6/2024 18:35:00	352600	273900	0,79	14/6/2024 18:35:00	273200	217300	0,782
13/6/2024 18:45:00	348000	269200	0,79	14/6/2024 18:45:00	271000	202500	0,8
13/6/2024 18:55:00	315600	229000	0,81	14/6/2024 18:55:00	258200	172000	0,831
13/6/2024 19:05:00	297300	211900	0,81	14/6/2024 19:05:00	233400	145600	0,848
13/6/2024 19:15:00	325600	248700	0,79	14/6/2024 19:15:00	235700	147800	0,847
13/6/2024 19:25:00	383000	320900	0,77	14/6/2024 19:25:00	268600	205900	0,792
13/6/2024 19:35:00	381600	333000	0,75	14/6/2024 19:35:00	306100	266000	0,754
13/6/2024 19:45:00	341100	317700	0,73	14/6/2024 19:45:00	299700	269900	0,742
13/6/2024 19:55:00	399200	335400	0,77	14/6/2024 19:55:00	329000	278300	0,763
13/6/2024 20:05:00	382100	330800	0,76	14/6/2024 20:05:00	322500	272300	0,763
13/6/2024 20:15:00	337000	309300	0,74	14/6/2024 20:15:00	323800	271200	0,766
13/6/2024 20:25:00	369400	328800	0,75	14/6/2024 20:25:00	310800	270000	0,754
13/6/2024 20:35:00	379400	332100	0,75	14/6/2024 20:35:00	322200	276000	0,759
13/6/2024 20:45:00	384200	337500	0,75	14/6/2024 20:45:00	314500	274700	0,752
13/6/2024 20:55:00	392600	339400	0,76	14/6/2024 20:55:00	302900	267100	0,749
13/6/2024 21:05:00	351200	323100	0,74	14/6/2024 21:05:00	230000	195900	0,76
13/6/2024 21:15:00	351800	318900	0,74	14/6/2024 21:15:00	189800	138300	0,804
13/6/2024 21:25:00	359300	291900	0,78	14/6/2024 21:25:00	228500	147600	0,839
13/6/2024 21:35:00	303200	225200	0,8	14/6/2024 21:35:00	271400	200200	0,803
13/6/2024 21:45:00	307600	224100	0,81	14/6/2024 21:45:00	316200	269800	0,76
13/6/2024 21:55:00	319300	239800	0,8	14/6/2024 21:55:00	315300	270400	0,758
13/6/2024 22:05:00	361900	320900	0,75	14/6/2024 22:05:00	323800	273800	0,763

13/6/2024 22:15:00	399100	346600	0,75	14/6/2024 22:15:00	318900	270500	0,762
13/6/2024 22:25:00	367100	330000	0,74	14/6/2024 22:25:00	314000	271900	0,755
13/6/2024 22:35:00	395800	338200	0,76	14/6/2024 22:35:00	310100	268200	0,756
13/6/2024 22:45:00	389100	338100	0,75	14/6/2024 22:45:00	306700	266000	0,754
13/6/2024 22:55:00	390200	339900	0,75	14/6/2024 22:55:00	320900	276600	0,757
13/6/2024 23:05:00	364100	325100	0,75	14/6/2024 23:05:00	296600	271100	0,737
13/6/2024 23:15:00	395400	337600	0,76	14/6/2024 23:15:00	324500	283300	0,753
13/6/2024 23:25:00	364300	328200	0,74	14/6/2024 23:25:00	318700	285400	0,744
13/6/2024 23:35:00	376300	335300	0,75	14/6/2024 23:35:00	323100	289800	0,744
13/6/2024 23:45:00	379700	333900	0,75	14/6/2024 23:45:00	314000	287400	0,737
13/6/2024 23:55:00	373600	326800	0,75	14/6/2024 23:55:00	304400	280000	0,735

Anexo 15.

Tiempo	Pt+_Avg [W]	Pfti+_Avg	cos-1 (Pfinicial)	cos-1 (0,92final)	Qc (VAr) = P(TanØi - TanØf)
13/6/2024 0:05:00	345600	0,762	40,35916788	23,07391807	146479
13/6/2024 1:05:00	340600	0,731	43,02970678	23,07391807	172850
13/6/2024 2:05:00	374600	0,751	41,32292462	23,07391807	169781
13/6/2024 3:05:00	364300	0,762	40,35916788	23,07391807	154405
13/6/2024 4:05:00	397800	0,76	40,53580211	23,07391807	170721
13/6/2024 5:05:00	386800	0,754	41,06193147	23,07391807	172199
13/6/2024 6:05:00	347000	0,779	38,83089269	23,07391807	131482
13/6/2024 7:05:00	298400	0,807	36,19614963	23,07391807	91247
13/6/2024 8:05:00	418800	0,771	39,5562269	23,07391807	167515
13/6/2024 9:05:00	406000	0,765	40,09300799	23,07391807	168844
13/6/2024 10:05:00	398200	0,759	40,62388077	23,07391807	171954
13/6/2024 11:05:00	395700	0,76	40,53580211	23,07391807	169820
13/6/2024 12:05:00	321300	0,736	42,60821753	23,07391807	158662
13/6/2024 13:05:00	336900	0,797	37,1554291	23,07391807	111789
13/6/2024 14:05:00	361200	0,748	41,58257254	23,07391807	166621
13/6/2024 15:05:00	361800	0,75	41,40962211	23,07391807	164951
13/6/2024 16:05:00	388500	0,75	41,40962211	23,07391807	177124
13/6/2024 17:05:00	382400	0,754	41,06193147	23,07391807	170240
13/6/2024 18:05:00	362100	0,76	40,53580211	23,07391807	155400
13/6/2024 19:05:00	297300	0,814	35,51139617	23,07391807	85502
13/6/2024 20:05:00	382100	0,755	40,97463023	23,07391807	169084
13/6/2024 21:05:00	351200	0,735	42,69278389	23,07391807	174386



13/6/2024 22:05:00	361900	0,747	41,6688274	23,07391807	167919
13/6/2024 23:05:00	364100	0,745	41,84090107	23,07391807	170905
14/6/2024 0:05:00	389600	0,756	40,88717556	23,07391807	171361
14/6/2024 1:05:00	388200	0,757	40,79956645	23,07391807	169708
14/6/2024 2:05:00	389800	0,742	42,09793529	23,07391807	186132
14/6/2024 3:05:00	374400	0,77	39,64611115	23,07391807	150745
14/6/2024 4:05:00	388800	0,743	42,01239951	23,07391807	184601
14/6/2024 5:05:00	397400	0,75	41,40962211	23,07391807	181182
14/6/2024 6:05:00	352300	0,772	39,46617162	23,07391807	139985
14/6/2024 7:05:00	232800	0,813	35,60991626	23,07391807	67557
14/6/2024 8:05:00	350100	0,771	39,5562269	23,07391807	140036
14/6/2024 9:05:00	388000	0,758	40,71180186	23,07391807	168584
14/6/2024 10:05:00	411400	0,767	39,91474948	23,07391807	168908
14/6/2024 11:05:00	337500	0,763	40,27061014	23,07391807	142149
14/6/2024 12:05:00	308600	0,75	41,40962211	23,07391807	140697
14/6/2024 13:05:00	317600	0,801	36,7742983	23,07391807	102076
14/6/2024 14:05:00	354000	0,77	39,64611115	23,07391807	142531
14/6/2024 15:05:00	289300	0,73	43,11360595	23,07391807	147610
14/6/2024 16:05:00	343700	0,752	41,23607767	23,07391807	154854
14/6/2024 17:05:00	261400	0,816	35,31364005	23,07391807	73819
14/6/2024 18:05:00	266000	0,778	38,92217972	23,07391807	101489
14/6/2024 19:05:00	233400	0,848	32,00519986	23,07391807	46446
14/6/2024 20:05:00	322500	0,763	40,27061014	23,07391807	135831
14/6/2024 21:05:00	230000	0,76	40,53580211	23,07391807	98708
14/6/2024 22:05:00	323800	0,763	40,27061014	23,07391807	136379
14/6/2024 23:05:00	296600	0,737	42,52351525	23,07391807	145657