

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de medidas de eficiencia energética en el sistema eléctrico de Aglomerados
Cotopaxi S. A

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico

Autor:

López Ramon Carlos Daniel

Quevedo Herrera Deybit Jair

Tutor Académico:

Ing. Gabriel Pesántez MsC.

LATACUNGA – ECUADOR

2023



DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotros, **LÓPEZ RAMÓN CARLOS DANIEL** con C.C: **1900858778** y **QUEVEDO HERRERA DEYBIT JAIR** con C.C: **0550377139**, declaramos ser los autores del presente proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE AGLOMERADOS COTOPAXI S. A”**, siendo el **Ing. MsC. Gabriel Pesántez** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Atentamente,

.....
López Ramón Carlos Daniel

C.C. 1900858778

.....
Quevedo Herrera Deybit Jair

C.C. 0550377139



AVAL DEL TUTOR

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

“EVALUACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE AGLOMERADOS COTOPAXI S. A”, de los estudiantes **López Ramón Carlos Daniel y Quevedo Herrera Deybit Jair**, de la carrera de Ingeniería en Electricidad, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2024

Tutor de Titulación

Ing. Gabriel Napoleón Pesántez Palacios MsC.

C.C. 0301893889



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: **López Ramón Carlos Daniel** con cedula de ciudadanía C.C: **1900858778** y **Quevedo Herrera Deybit Jair** con cedula de ciudadanía C.C: **0550377139**, con el título de Proyecto de titulación: “**EVALUACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE AGLOMERADOS COTOPAXI S. A**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Latacunga, Agosto 2024

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)

Ing. Franklin Hernán Vásquez Teneda MSc.
CC: 1710434497

Lector 2

Ing. Barbosa Galarza José Efrén MSc.
CC: 0501420723

Lector 3

Ing.. Wilian Patricio Guamán Cuenca MSc
C.C. 0603578956



AGRADECIMIENTOS

Agradezco de corazón a mis amigos y a IEEE UTC, cuya colaboración y amistad han sido invaluableles en este proceso. Un especial agradecimiento al Ingeniero Gabriel Pesántez y Al Ingeniero William Guamán por su constante apoyo, orientación, y por compartir sus conocimientos conmigo. Su ayuda ha sido fundamental para la culminación de este trabajo, y siempre estaré agradecido por su generosidad y dedicación.

Carlos López.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a Dios, quien ha sido un pilar fundamental en mi vida. También quiero expresar mi infinita gratitud a mis padres, quienes siempre fueron mi mayor apoyo y quienes jamás dejaron de creer en mí, ayudándome a alcanzar cada una de mis metas. También agradezco a todas las personas que, con sus enseñanzas y apoyo, contribuyeron a mi crecimiento personal y académico.

Además, agradezco a mis profesores, quienes siempre me guiaron e inspiraron hacia la ingeniería eléctrica. Un reconocimiento especial al Ingeniero Gabriel, mi tutor de tesis. Quiero expresar mi agradecimiento a mi compañero, mi amigo, Carlos, quien ha estado a mi lado a lo largo de este viaje académico.

Jair Quevedo.



DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi amor a mi madre, Isabel Ramón, y a padre Oscar Azuero, por ser mi mayor fuente de inspiración, apoyo y fortaleza a lo largo de este camino. Su cariño y sabiduría han sido fundamentales para alcanzar esta meta, y este logro es tanto suyo como mío. NEAG

Carlos López.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis queridos padres, Margoth Herrera y Federico Quevedo, quienes han sido mi mayor apoyo a lo largo de mi vida. Su amor incondicional y su fe en mis capacidades han sido fundamentales para que hoy pueda celebrar este logro. Gracias por enseñarme la importancia del esfuerzo, la perseverancia y la dedicación.

Cada sacrificio que han hecho y cada palabra de aliento que me han brindado me han impulsado a alcanzar mis metas, incluyendo la culminación de mi carrera como Ingeniero Eléctrico. Este logro no solo es mío, sino también de ustedes, que han estado a mi lado en cada paso del camino. Quiero agradecer a Anahís Espinosa, una persona muy especial que ha estado a mi lado. Tu apoyo constante ha sido fundamental en mi camino, y no podría haber llegado hasta aquí sin ti.

Jair Quevedo.



ÍNDICE GENERAL

1	INFORMACIÓN GENERAL	1
2	INTRODUCCIÓN	2
2.1	Situación Problemática	2
2.2	Formulación del problema	2
2.3	Objeto Y Campo De Acción	2
2.4	Beneficiarios	3
2.4.1	Beneficiarios directos:	3
2.4.2	Beneficiarios indirectos:	3
2.5	Justificación	3
2.6	Objetivos	4
2.6.1	General	4
2.6.1	Específicos	4
2.7	Sistema De Tareas	5
3	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
3.1	Eficiencia Energética	6
3.2	Demanda Energética	7
3.3	Gestión Energética	9
3.4	Protocolos para la Gestión de la Energía en la Eficiencia Energética	9
3.5	Principios y Definiciones	11
3.5.1	Energía	11
3.5.2	Modelado Del Sistema Eléctrico De Potencia	11
3.5.3	Auditorías	12
3.6	Beneficios de la eficiencia energética	14
3.6.1	Beneficios no energéticos de la eficiencia energética	14
3.6.2	Importancia de una evaluación de eficiencia energética	15
3.7	Estrategias De Eficiencia Energética	16
3.8	Normativa y Política de Eficiencia Energética	17
3.9	Marco Regulatorio (Normas o políticas internacionales y nacionales)	18
3.9.1	Marco legal ecuatoriano	18
3.9.2	Gestión Energética para Industrias 2024	19
3.9.3	Condiciones y requerimientos del Sistema Eléctrico en una industrial	19
3.10	Eficiencia Energética en Industrias	19
3.10.1	Casos de Eficiencia Energética en industrias ecuatorianas.	20
4	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	22
4.1	Introducción a industria Aglomerados Cotopaxi S.A.	23



4.2	Recopilación de datos del sistema eléctrico de Aglomerados Cotopaxi S.A.	25
4.3	Modelado del Sistema eléctrico (SE)	25
4.3.1	Caracterización de sistemas para este trabajo	26
4.4	Diagnóstico de motores eléctricos de la empresa	27
4.4.1	Análisis de los motores que cumplen la métrica 3	28
4.4.2	Determinación de la escala de prioridad para la actualización de nuevas tecnologías más eficientes	28
4.4.3	Identificación de nuevas tecnologías para la propuesta de actualización de nuevas tecnologías	30
4.5	Diagnóstico del sistema de iluminación en naves de producción	30
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
5.1	Análisis de la información recolectada	33
5.1.1	Diagnóstico del sistema de eléctrico de la empresa	34
5.1.2	Diagnóstico de la distribución de la empresa con el Diagrama Unifilar	35
5.1.3	Base de datos de las cargas por la línea de alimentación, producción y grupos	37
5.1.4	Diagnóstico del estado del consumo eléctrico de la industria desde 2009 a 2023	38
5.2	Diagnóstico de cargas eléctricas de áreas productivas de la empresa	41
5.3	Propuesta de estrategias para mejorar la eficiencia energética en la empresa	44
5.3.1	Propuesta de actualización de en nuevas tecnologías más eficientes para mejorar la eficiencia energética de la empresa	46
5.3.2	Propuesta de mejora de consumo eléctrico en el sistema eléctrico	54
6	CONCLUSIONES	60
7	BIBLIOGRAFIA	61



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Demanda energética del sector industrial del Ecuador.	8
Figura 3.2. Demanda energética del sector industrial en Ecuador.	8
Figura 3.3. Resultados del proyecto EEI en Ecuador [16].	20
Figura 4.1. Flujo de trabajo del trabajo de titulación.....	23
Figura 4.2. Diagrama del Proceso de Producción de Paneles de Aglomerado.....	24
Figura 4.3. Eficiencia de motores eléctricos por potencia de nominal[53].	29
Figura 5.1. Vista general de las líneas de alimentación y áreas de producción de la empresa.	37
Figura 5.2. Consumo Eléctrico por líneas de alimentación de Aglomerados Cotopaxi S.A (kW).	39
Figura 5.3. Consumo total de Energía (kW) VS M3 de producción de Aglomerados Cotopaxi S.A.	40
Figura 5.4. Distribución de Motores por área de producción de línea de alimentación MT AGLOMERADOS.....	41
Figura 5.5. Distribución de motores de línea alimentación MDF por área de producción.	42
Figura 5.6. Catálogo de motores de la marca WEG [54].	46
Figura 5.7. Programa de Software libre de mejorar de eficiencia energética en el sistema de iluminación de la empresa.	54
Figura 5.8. Espacio de trabajo consideramos para la mejora de eficiencia en el sistema de iluminación.....	55
Figura 5.9. Características de las lámparas propuestas de mejorar de eficiencia energética en la empresa.....	57



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO.	1
Tabla 2.1. Sistema de tareas.	5
Tabla 3.1. Vectores energéticos de la demanda energética de una industria [12], [13], [14].....	7
Tabla 3.2. Protocolo para la gestión de la Energía en la Eficiencia Energética [17], [18],[19].	10
Tabla 3.3. Tabla de beneficios no energéticos [6], [32], [33].....	15
Tabla 3.4. Estrategias para mejora de la eficiencia eléctrica en la industria enfocada en el sistema eléctrico [10][4], [5], [6], [16].	16
Tabla 3.5. Normas de gestión energética para una industria Ecuador [36], [37], [38], [39], [40].	17
Tabla 3.6. Casos de implementación de estrategias de Eficiencia Energética den empresas ecuatorianas [4], [16].....	21
Tabla 4.1. Proceso de auditoria energética general en industria aglomerados.	25
Tabla 4.2. Métricas de evolución de prioridad de actualización de motores eléctricos en la empresa.	27
Tabla 4.3. Requisitos para la selección de nuevas tecnologías para la mejorar de la eficiencia.	30
Tabla 4.4. Resultados del levantamiento de información de lámparas de naves de producción de empresa.	31
Tabla 4.5. Tabla resumen de los resultados de los puntos críticos de la iluminación principal de estudios posteriores de las naves de la empresa en horario nocturno.	32
Tabla 5.1. Información generada para el análisis de la eficiencia energética de la empresa. ..	34
Tabla 5.2. Distribución de Áreas de producción y grupos de motores buque lo conforman. ..	36
Tabla 5.3. Procesos de producción y motores involucrados.....	43
Tabla 5.4. Resultados del diagnóstico del levantamiento de la base de datos de las cargas eléctrica de la empresa.....	44
Tabla 5.5. Estrategias para mejorar la eficiencia energética implementadas actualmente de la Industria.	45
Tabla 5.6. Tabla de viabilidad de actualización de nuevas tecnologías de más eficientes basado en catálogos Motores WEG en área de producción MDF.	48
Tabla 5.7. Tabla de viabilidad de actualización de nuevas tecnologías de más eficientes basado en catálogos Motores WEG en área de producción Prensa Wemhoner.	49



Tabla 5.8. Tabla de viabilidad de actualización de nuevas tecnologías de más eficientes basado en catálogos Motores WEG en área de producción Prensa Siempelk.	49
Tabla 5.9. Tabla de viabilidad de actualización de nuevas tecnologías de más eficientes basado en catálogos Motores WEG en área de producción Trefilado.	50
Tabla 5.10. Motores considerados para la actualización de tecnologías amas eficientes	51
Tabla 5.11. Resultados del estudio económico de la propuesta de actualización de nuevas tecnologías.	53
Tabla 5.12. Tabla de iluminación mínima de área de trabajo según el reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo emitido mediante el decreto ejecutivo 2393.	56
Tabla 5.13. Comparación de características de lámparas del sistema de iluminación existente y el sistema de propuesta de mejora de eficiencia de energía.	56
Tabla 5.14. Comparación de resultados del estudio lumínico de la propuesta de mejora de la eficiencia energética en el sistema de iluminación por naves en diferentes sistemas de iluminación según el Decreto ejecutivo 2393.	57
Tabla 5.15. Comparación de consumo energético y ahorro de implementación de sistemas de propuesta de mejora de eficiencia energética en sistema de iluminación.	58
Tabla 5.16. Estudio económico de las propuestas de la propuesta de mejora de la eficiencia energética en el sistema de iluminación.	59



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE AGLOMERADOS COTOPAXI S. A”

Autores:

López Ramón Carlos Daniel

Quevedo Herrera Deybit Jair

RESUMEN

Este trabajo de titulación tiene como objetivo principal evaluar las medidas de eficiencia energética en la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., mediante un diagnóstico exhaustivo basado en la recolección y análisis detallado de información del sistema eléctrico y de iluminación. Se emplearon herramientas de software especializadas para caracterizar estos sistemas, asegurando un diagnóstico preciso de la eficiencia energética. La actualización de la información sobre el sistema eléctrico y lumínico fue un componente crucial en este estudio, incluyendo el diagrama unifilar, la base de datos de cargas eléctricas, y el diagnóstico del consumo energético. Esta información fue esencial para la caracterización precisa de los sistemas eléctricos y de iluminación de la empresa. Como resultado de este trabajo, se generaron dos propuestas estratégicas enfocadas en la mejora de la eficiencia energética, con el objetivo de reducir el consumo de energía y la actualización de nuevas tecnologías más eficientes en el rendimiento del sistema eléctrico. La implementación de nuevas tecnologías y la mejora del sistema de iluminación podrían lograr significativos ahorros en el consumo anual y mejorar el desempeño del sistema eléctrico. Este estudio ofrece un valioso aporte para el desarrollo de estrategias de eficiencia energética aplicables en industrias similares.

Palabras Clave: Eficiencia energética, Caracterización, Consumo Energético, Estrategias.



**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

TITLE: “EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY MEASURES IN THE ELECTRICAL SYSTEM OF AGLOMERADOS COTOPAXI S.A.”

Authors:

López Ramón Carlos Daniel

Quevedo Herrera Deybit Jair

ABSTRACT

This degree project aims to evaluate energy efficiency measures at Aglomerados Cotopaxi S.A, through a diagnosis based on detailed collection and analysis of information from the electrical and lighting systems. Specialized software tools were used to characterize these systems, ensuring an accurate diagnosis of energy efficiency. Updating information on the electrical and lighting systems was crucial component of this study, including the single-line diagram, the electrical load database, and the energy consumption diagnosis. This information was essential for the precise characterization of the company’s electrical and lighting systems. As a result of this study, two strategic proposals were developed focused on improving energy efficiency, with the goal of reducing energy consumption and updating to more efficient technologies for system performance. Implementing new technologies and improving the lighting system could lead to significant annual energy savings and enhance the performance of the electrical system. This study provides valuable insights for developing energy efficiency strategies applicable to similar industries.

Keywords: Energy efficiency, characterization, energy consumption, strategies.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRER DE ELECTRICIDAD

LÓPEZ RAMÓN CARLOS DANIEL

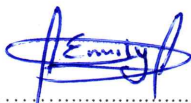
QUEVEDO HERRERA DEYBIT JAIR

AVAL DE TRADUCCIÓN- Profesional Externo

Emily Cristina Noroña Tapia con cédula de identidad número: 0503574881 Licenciada en: Pedagogía del idioma inglés, con número de registro de la SENESCYT No. 1010-2024-2830371; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“Evaluación de medidas de eficiencia energética en el sistema eléctrico de Aglomerados Cotopaxi S. A”** de **López Ramón Carlos Daniel y Quevedo Herrera Deybit Jair**, egresados de la carrera de Ingeniería en Electricidad, perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

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

Latacunga, agosto, 2024



.....
Lic.: Emily Cristina Noroña Tapia
CI: 0503574881

1 INFORMACIÓN GENERAL

Tema del Proyecto: Evaluación de medidas de eficiencia energética en el sistema eléctrico de Aglomerados Cotopaxi S.A

Modalidad de Titulación

Propuestas Tecnológicas

Proyectos de Investigación

Carrera: Ingeniería en Electricidad

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: Desarrollo de sistemas eléctricos eficientes a nivel residencial, comercial e industrial.

Equipo de Trabajo:

Quevedo Herrera Deybit Jair

López Ramón Carlos Daniel

Ing. Pesantez Palacios Gabriel Napoleón Ms.G.

Área de Conocimiento:

Tabla 1.1. Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO.

07 ingeniería, Industria y Construcción	071 ingeniería y Profesiones Afines	0713 electricidad y energía
---	---	-----------------------------

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

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

2 INTRODUCCIÓN

2.1 Situación Problemática

La empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. está comprometida con la evaluación y mejora continua de sus procesos de producción, enfocándose en reducir el consumo energético sin comprometer la calidad del producto. En este contexto, se ha emprendido una iniciativa para identificar y evaluar medidas de eficiencia energética, especialmente en el ámbito eléctrico, para mejorar su rendimiento operativo y rentabilidad. Aglomerados Cotopaxi S.A. se dedica a la fabricación de madera, tableros de MDF y otros derivados en la industria maderera. Esta industria incluye sistemas de control, análisis de datos, procesos de producción y generación de energía, formando un sistema complejo de equipos eléctricos [1]. La complejidad de sus operaciones se refleja en la diversidad de sus naves de producción, cada una con diferentes líneas de fabricación y equipos que van desde los más modernos hasta los más antiguos. El estudio de la eficiencia energética de sus instalaciones es crucial para la toma de decisiones, planificación y la identificación de puntos críticos y oportunidades de mejora continua hacia la eficiencia eléctrica. Esta meta es esencial para la seguridad, competitividad y el impacto ambiental y económico-productivo de la empresa, mejorando la calidad y costo de los productos fabricados. Un análisis detallado de la eficiencia del sistema eléctrico permitirá identificar oportunidades de optimización, reducir costos y garantizar la sostenibilidad operativa y ambiental de Aglomerados Cotopaxi S.A. [2].

2.2 Formulación del problema

El constante crecimiento de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. ha dado lugar a la incorporación de nuevos sistemas y equipos en su infraestructura eléctrica, lo que plantea la imperante necesidad de realizar una auditoría técnica para realizar un análisis del sistema eléctrico de la empresa con un software de acceso libre, con la finalidad de identificar posibles fallas, así como oportunidades de mejora del sistema eléctrico, además de obtener un modelo del sistema eléctrico que es útil para gestionar la calidad del sistema eléctrico en el transcurso del tiempo.

2.3 Objeto Y Campo De Acción

2.3.1 Objeto de investigación:

Sistema eléctrico de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A

2.3.2 Campo de Acción:

3306.02 Aplicaciones Eléctricas

2.4 Beneficiarios

2.4.1 Beneficiarios directos:

Aglomerados Cotopaxi S.A

2.4.2 Beneficiarios indirectos:

- Estudiantes
- Docentes
- Profesionales

2.5 Justificación

La investigación acerca de la eficiencia del sistema eléctrico de Aglomerados Cotopaxi S.A. es de suma importancia, ya que interviene directamente en la sostenibilidad empresarial, la reducción de costos operativos, el cumplimiento de normativas vigentes y la competitividad en un entorno globalizado [3]. El estudio pretende identificar áreas susceptibles de mejora en la gestión energética analizando el sistema eléctrico de la empresa. Estas mejoras, a su vez, desempeñarán un papel fundamental en la reducción del impacto ambiental, el cumplimiento de regulaciones cada vez más rigurosas, el fortalecimiento de la posición de la empresa en el mercado y la optimización de recursos, fomentando así tanto la eficiencia económica como la sostenibilidad ambiental de la organización en beneficio tanto de la empresa como de la sociedad en su conjunto [1].

La evaluación de medidas de eficiencia energética en el sistema eléctrico de Aglomerados Cotopaxi S.A. resulta fundamental para potenciar su rendimiento y consolidar su posición competitiva en el mercado. Este proceso permitirá mejorar la eficiencia energética de las máquinas y equipos dentro de la empresa sin impactar negativamente en la producción y las instalaciones, además de reducir el impacto medio ambiental. Como resultado, se ofrecerán productos y servicios de mayor calidad que satisfarán plenamente las demandas de los clientes, fortaleciendo así la posición de la empresa en el mercado y garantizando su sostenibilidad a largo plazo. A la vez, esta iniciativa contribuirá al bienestar de la sociedad [5] [1].

2.6 Objetivos

2.6.1 General

Realizar una evaluación integral del sistema eléctrico de Aglomerados Cotopaxi S.A., utilizando técnicas avanzadas de modelado y análisis, con el fin de identificar y proponer medidas específicas de eficiencia energética que contribuyan a optimizar el consumo de energía y reducir los costos operativos en el sistema eléctrico.

2.6.1 Específicos

1. Investigar la literatura existente sobre eficiencia energética aplicada a entornos industriales, con énfasis en prácticas, tecnologías y metodologías.
2. Caracterizar el sistema eléctrico de la empresa mediante software libre.
3. Diagnosticar el consumo energético y las operaciones de los sistemas eléctricos, de iluminación y de cargas de la industria utilizando herramientas de software libre.
4. Proponer estrategias para mejorar la eficiencia energética del sistema eléctrico de la empresa basado en los diagnósticos realizados.

2.7 Sistema De Tareas

Tabla 2.1. Sistema de tareas.

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar y sintetizar la literatura existente sobre eficiencia energética aplicada a entornos industriales, con énfasis en prácticas, tecnologías y metodologías relevantes.	Búsqueda exhaustiva de literatura académica y técnica relacionada con la eficiencia energética en sistemas eléctricos.	Informe de la literatura existente sobre eficiencia energética en sistemas eléctricos. Generación de la sección de Fundamentación Teórica	Revisión de artículos científicos, técnicos, tesis y documentos científicos en general.
Caracterizar el sistema eléctrico de la empresa mediante el levantamiento de información del sistema eléctrico y software libre.	Recolección de datos eléctricos de la empresa	Actualización del diagrama unifilar a de la empresa	Revisión documental de la empresa y recolección de datos manuales Software de acceso libre especializado en dibujo
	Revisión del diagrama unifilar desactualizado de la empresa	Base de datos de cargas eléctricas por áreas de producción	
	Revisión desactualización y auditoría general de cargas eléctricas de las áreas de producción	Identificación de los equipos de mayor consumo Informe de ubicación de medidores verificados y ubicaciones adecuadas para su instalación	
Diagnosticar el consumo energético y operaciones de los sistemas eléctricos, de iluminación y cargas de la industria utilizando software libre.	Caracterización del sistema eléctrico de la empresa Aglomerados	Identificación de puntos críticos del sistema eléctrico de la empresa Diagnóstico de eficiencia energética del modelado del sistema eléctrico	Software especializado para el modelado del sistema
Proponer estrategias para mejorar la eficiencia energética del sistema eléctrico de la empresa, y utilizar herramientas de software libre para verificar la viabilidad y efectividad de estas medidas.	Generar propuestas de estrategias de mejora de eficiencia energética	Software de acceso libre del sistema de iluminación y eficiencia del sistema con cargas eléctricas Retorno de inversión de estrategias de mejora de eficiencia energética	Software de cálculo de mejora de eficiencia energética

3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 Eficiencia Energética

La eficiencia energética desempeña un papel fundamental en la competitividad empresarial y el desarrollo sostenible al optimizar la producción, distribución y consumo de energía de varios tipos utilizados por la empresa para garantizar la máxima calidad en los procesos. Al reducir el consumo energético, las empresas pueden cumplir con los estándares del cliente y reducir su huella ambiental, lo que no solo conduce a una disminución de los costos de producción, sino que también fortalece su competitividad sin comprometer la calidad de sus productos o servicios. Este enfoque tiene impactos positivos inmediatos en el medio ambiente al reducir el uso de recursos naturales y las emisiones contaminantes, contribuyendo así a la sostenibilidad a largo plazo [4], [5], [6].

El análisis de la eficiencia energética comprende un conjunto de actividades diseñadas para reducir el consumo de energía en un proceso determinado, mientras se mantiene el mismo nivel de producción o servicio [7], [8], [9]. El objetivo de la eficiencia energética es establecer una base de datos sobre el consumo de energía en diferentes entornos, ya sea residencial, comercial, industrial o empresarial. Esta información es fundamental para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía, que se convierte en la principal herramienta de optimización para empresas e industrias. De acuerdo [4] el análisis energético de un lugar determinado tiene como objetivo central el desarrollo de varias etapas:

- **Organización:** Establecimiento de una estructura organizativa adecuada para la gestión eficiente de la energía.
- **Análisis y Planificación:** Evaluación detallada del consumo energético actual y desarrollo de estrategias para mejorar la eficiencia.
- **Monitoreo:** Implementación de sistemas de monitoreo continuo para evaluar el desempeño energético y detectar posibles áreas de mejora.
- **Informe:** Generación de informes periódicos que resuman los resultados del análisis energético y proporcionen recomendaciones para optimizar el consumo de energía.
- **Implementación:** Ejecución de las acciones planificadas para mejorar la eficiencia energética, con el objetivo de reducir costos y minimizar el impacto ambiental.

3.2 Demanda Energética

La demanda energética representa la cantidad de energía que es consumida en un área geográfica determinada, como un país, una empresa o un usuario [10], [11]. Esta demanda energética se puede clasificar por vectores de energía de la cual cuenta la empresa, algunos de estos vectores se presentan en la Tabla 3.1. Los vectores energéticos son definidos también como los recursos que cuenta la empresa para generar trabajo en los procesos productivos de la empresa.

Tabla 3.1. Vectores energéticos de la demanda energética de una industria [12], [13], [14].

Vector Energético	Descripción
Combustión	Consta de toda la energía generada mediante por medio de la combustión, es decir mediante generadores de combustible como Diesel, entre otros. Y usados para la producción de la empresa
Vapor	Energía que generan o cogenan que utilizan el recurso de vapor. Y aprovechados para la producción de la empresa
Térmica	Energía generada o cogenera de recursos como líquidos o sistemas que aprovechan el calor. Y aprovechados para la producción de la empresa
Eléctrico	Energía generada o adquirida de electricidad y aprovechada por la empresa para su proceso productivo.

En el caso de Ecuador, el sistema energético se basa principalmente en las interacciones entre la oferta y la demanda, como se refleja en los Balances Energéticos del país. Estos balances son herramientas esenciales para comprender las tendencias en la producción, importación, exportación y consumo de energía. En el contexto ecuatoriano, la demanda energética en general ha alcanzado niveles significativos, con el transporte, la industria y el sector residencial destacándose como los principales consumidores de energía, representando un 46%, 19% y 13% respectivamente [4]. En la actualidad Ecuador 2022 la demanda energética en la industria representa la segunda mayor demanda energética del país (17,9% después del transporte que corresponde al 49,1%) [15]. En la comparación entre la actualidad y el pasado de la demanda del país por sectores no ha cambiado en porcentajes en los años 2012 a 2022. Se puede ver en la Figura 3.1, la distribuye de la demanda del sector industrial por fuente de energía de la siguiente manera: En primer lugar, la electricidad con un 40,8% seguido del Diesel con el 10,49% de la demanda del país. [15], [16].

DEMANDA ENERGÉTICA DEL SECTOR INDUSTRIAL DEL ECUADOR EN LA ACTUALIDAD

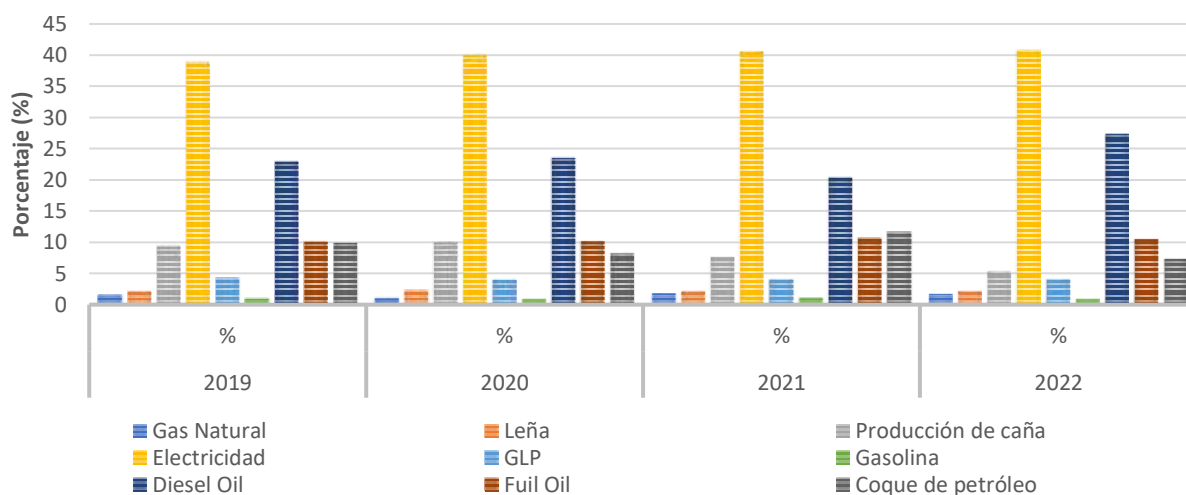


Figura 3.1. Demanda energética del sector industrial del Ecuador.

La Figura 3.2, señala a la electricidad como la fuente primordial, con un total de 7,313 kBEP en 2022. No obstante, la gasolina experimento reducciones significativas en 2022, alcanzó 156 kBEP, siendo la fuente de energía con menor demanda.

DEMANDA ENERGÉTICA DEL SECTOR INDUSTRIAL DEL ECUADOR EN LA ACTUALIDAD

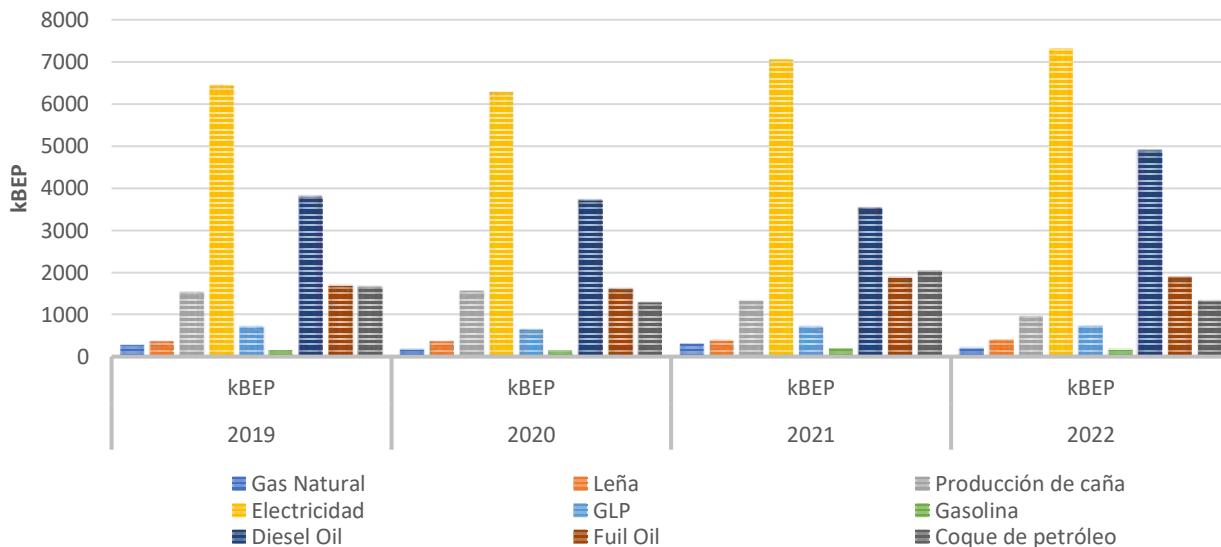


Figura 3.2. Demanda energética del sector industrial en Ecuador.

3.3 Gestión Energética

La gestión energética está enfocada en mejorar las prácticas de consumo energético logrando un uso eficiente de la energía, sin reducir el nivel de producción, prestaciones, etc. Mediante la gestión energética se buscan y desarrollan oportunidades de mejora continua, consiguiendo que los usuarios se familiaricen con el sistema, reconozcan los consumidores principales en el sistema e incorporen mejoras, obteniendo de esta manera estándares superiores de eficiencia energética, la gestión energética es una herramienta para lograr el mayor rendimiento posible de las cantidades de energía que necesita un proceso industrial, de acuerdo con la norma ISO 50001 [17], [18],[19]. De acuerdo con [6] la gestión de la energía busca alcanzar los siguientes objetivos:

- Optimizar el uso de las energías disponibles.
- Mantener o incluso aumentar la producción reduciendo el consumo de energía.
- Demostrar que existen importantes posibilidades de ahorro.
- Conseguir, de modo inmediato, los ahorros que no requieran inversión apreciable.

3.4 Protocolos para la Gestión de la Energía en la Eficiencia Energética

Para aumentar la productividad y la competitividad en una industria, el análisis en la eficiencia de la gestión de la energía eléctrica se debe determinar los principales puntos como se muestra en la Tabla 3.2, [17], [18],[19]:

Tabla 3.2. Protocolo para la gestión de la Energía en la Eficiencia Energética [17], [18],[19].

N	Proceso	Detalle
1	Descripción física del sitio	Ubicación geográfica, altitud, clima, temperatura, servicios y características principales de la empresa o industria.
2	Recolección de datos y documentación	Información sobre la estructura eléctrica, planos, diagramas eléctricos, consumo eléctrico, detalles de equipos y maquinaria eléctrica instalada.
3	Descripción del estado actual de la estructura eléctrica	Evaluación de la disponibilidad y calidad de energía, diagnóstico del consumo eléctrico, monitoreo con dispositivos de medición para analizar el flujo eléctrico y el factor de potencia.
4	Identificación y evaluación de maquinaria y equipos eléctricos	Observación y evaluación del estado físico de equipos eléctricos como máquinas, bombas, motores, conductores, entre otros, para comprender el estado del sistema eléctrico.
5	Descripción de la situación energética	Análisis del funcionamiento y operación de los sistemas de control, instalaciones eléctricas, mantenimiento, sistemas de iluminación y automatización para identificar oportunidades de mejora en tiempo real.
6	Identificación de factores que contribuyen al consumo energético	Análisis de los elementos consumidores de energía eléctrica en diferentes momentos del día para identificar patrones de consumo.
7	Recopilación de información sobre futuras expansiones	Datos sobre posibles expansiones o generaciones de nuevas áreas eléctricas para planificar adecuadamente y evitar futuros problemas eléctricos.
8	Análisis y evaluación de oportunidades de ahorro energético	Identificación de oportunidades para utilizar la energía de manera eficiente, implementación de tecnologías innovadoras para mejorar el rendimiento de la maquinaria y generación de un plan de gestión de la energía.
9	Informe de observaciones y recomendaciones	Elaboración de un informe detallado del estado actual de la estructura eléctrica, con soluciones y recomendaciones para garantizar la confiabilidad, competitividad y ahorro de energía eléctrica.

3.5 Principios y Definiciones

3.5.1 Energía

En el contexto de la ingeniería, la energía se define como la capacidad de un sistema para realizar un trabajo. Es una magnitud física fundamental que impulsa todos los procesos y actividades en diversos campos de la ingeniería, desde la producción industrial hasta el diseño de sistemas eléctricos y mecánicos. La energía puede manifestarse en varias formas, como energía cinética (movimiento), energía potencial (almacenada), energía térmica (calor), energía eléctrica y otras formas que son esenciales para el funcionamiento de máquinas, sistemas y dispositivos tecnológicos [16], [10].

3.5.2 Modelado Del Sistema Eléctrico De Potencia

El modelado de un sistema eléctrico es una herramienta muy útil para la toma de decisiones y análisis del estado del sistema, mediante este se puede calcular posibles fallas en el sistema que pueden afectar a la industria y medidas correctivas para mejorar el sistema [20], [21].

Existen varias herramientas digitales de software libre para el cálculo de los flujos de potencia de las líneas, pérdidas, cortocircuito y muchas más funciones. De acuerdo con [22], [23] un correcto modelado del sistema eléctrico considerar entre otras las siguientes premisas:

- I. Es necesario una recolección de datos o autoría general como mínimo para la obtención de información de los elementos que conforman el sistema eléctrico de la industria. Para este proyecto de titulación presentamos en la sección 4.2 el proceso adecuado y el desarrollado en este proyecto. Además, es importante la verificación de esta información para acercarse a valores calculados más cercanos a la realidad.
- II. Tener conocimientos básicos sobre el programa de software de acceso libre a utilizar, conceptos como: los elementos a utilizar, la forma de subir los datos de cada elemento y la forma de usar los cálculos del sistema como por ejemplo el cálculo de flujo de potencia.
- III. Tener claro los objetivos y lo que se busca al calcular los datos del sistema. Los programas de análisis de los sistemas eléctricos siempre cuentan con múltiples cálculos y pruebas del sistema y es fácil direccionarse en otras metas.

Para modelar el modelado del sistema eléctrico se debe contar con a la siguiente información: Datos técnicos de motores, la estructura del sistema eléctrico o diagrama unifilar, cargas adicionales, sistema iluminación y transformadores con los que cuenta la empresa. El modelo con un diagrama unifilar es más fácil al momento de comenzar a modelar [24].

El proceso de modelo de un sistema eléctrico en un software consta de los siguientes pasos:

1. Identificar la estructura eléctrica y la distribución de las cargas
2. Colocación de elementos del sistema eléctrico representados en el software. Cada software tiene su propia representación gráfica de los elementos como motores, generadores y conductores
3. Proceso de conexión y subida de información técnica de cada elemento del sistema eléctrico, estos datos se pueden subir seleccionando el mismo elemento.
4. Inicio de cálculo de resultados de casos de estudio, como, por ejemplo: flujo de potencia, cortocircuito, entre varios otros.
5. Proceso recomendado: Para un modelado más veloz y para encontrarse con menos errores o fallas del programa es recomendable modelar por completo una sección del sistema eléctrico y proceder a cálculos los casos de estudio y si no hay problemas en la bandeja de errores en el programa puede continuar con otra área igual. Repetir este proceso hasta terminar de modelar el sistema por completo.

Este proyecto de titulación se busca el análisis del sistema en flujos de carga para el análisis de estado de la red eléctrica de la industria ya que el objetivo principal del estudio de flujo de carga es determinar la capacidad para transportar energía con bajas pérdidas y un adecuado nivel de voltaje. Es decir, con el análisis de flujo de carga podemos obtener la capacidad de transmisión de energía de las líneas, las pérdidas, sobrecalentamientos de las líneas o equipos, sobrecarga de las líneas y equipos eléctricos. Información importante para generar propuesta de mejorar para la eficiencia de energía en la industria

3.5.3 Auditorías

La Auditoría Energética es esencial para desarrollar un programa de gestión de la energía, ya que proporciona información clave sobre el uso de la energía y permite identificar oportunidades para mejorar la eficiencia y reducir costos de consumo, así como para mitigar emisiones que contribuyen al cambio climático [25], [26]. Las Auditorías Energéticas se clasifican en varios tipos según el grado de complejidad que se desea alcanzar. Estas auditorías permiten identificar las áreas donde una casa, empresa, industria, institución pública o privada está perdiendo energía y determinar qué sistemas están funcionando de manera ineficiente. La elección del tipo de auditoría depende de los objetivos establecidos, así como de los recursos disponibles, tanto económicos como de tiempo y espacio. Las auditorías pueden ser desde un diagnóstico básico hasta una auditoría con un nivel máximo de profundidad [27] [17].

3.5.3.1 Auditoría Preliminar

La Auditoría Preliminar consiste en un diagnóstico general del sistema y es la más rápida y simple entre los tipos de auditorías existentes. Su grado de complejidad es mínimo, ya que no requiere un análisis exhaustivo, sino una evaluación más superficial. Por ejemplo, mediante una rápida inspección de las instalaciones se pueden identificar áreas donde se está desperdiciando energía o cualquier tipo de ineficiencia en el sistema. Se llevan a cabo entrevistas mínimas al personal de la institución, una breve revisión de las instalaciones y de las facturas de consumo, así como la recopilación de datos operativos. Generalmente, los problemas se identifican en las áreas donde se generan los mayores inconvenientes. Las decisiones correctivas se describen de manera general, sin entrar en muchos detalles, y se realiza una rápida estimación de costos y amortización [17], [27].

3.5.3.2 Auditoría General

La Auditoría General implica un trabajo más detallado con una recopilación de información muy precisa sobre las instalaciones y operaciones de la institución. Se analizan las facturas de consumo durante un periodo más extenso como de 12 a 36 meses, para obtener una imagen clara del consumo realizado y evaluar la demanda y las instalaciones. Se llevan a cabo entrevistas más profundas al personal que opera las máquinas y equipos instalados, para comprender los patrones de consumo a corto y largo plazo. Esta auditoría permite detallar todas las medidas de conservación y consumo adecuadas, así como realizar un análisis financiero detallado. Es necesario adaptarse a las circunstancias y necesidades específicas de los usuarios, ya que el alcance de la auditoría dependerá de los objetivos establecidos [1] ,[27].

3.5.3.3 Requisitos de Cumplimiento de la Auditoría Energética

Aunque las Auditorías Energéticas pueden variar en complejidad y enfoque, pero cada auditoria siguen los siguientes pasos generales para su desarrollo [27]:

- Recolección y revisión de datos fiables de la industria.
- Levantamiento de datos y mediciones del sistema.
- Observación y revisión de prácticas operativas.
- Análisis de los datos

3.6 Beneficios de la eficiencia energética

La eficiencia energética no solo genera beneficios medioambientales, como la reducción de emisiones de CO₂ y la disminución de la dependencia energética exterior, sino que también se ha convertido en una necesidad tanto para las organizaciones como para el país, dada la creciente factura energética y la importancia de mantener la competitividad y promover el desarrollo sostenible. A nivel medioambiental, un SGE representa un avance en la gestión medioambiental de cualquier organización al definir un sistema optimizado para el uso de la energía. Además, es compatible con sistemas de Gestión Ambiental y de Verificación del Comercio de Derechos de Emisión de Gases de Efecto Invernadero. Económicamente, un SGE permite el ahorro de costos y marca una diferencia frente a los competidores. Aunque implica un costo inicial, un SGE genera rápidamente una disminución de costos en cadena, logrando ahorros significativos en pocos años [9] ,[29], [30], [31]. A su vez la gestión de la energía ofrece los siguientes beneficios a la industria:

- Ahorro en costos energéticos.
- Identifica, prioriza y selecciona las acciones para la mejora del desempeño energético de bajo o de ningún costo que se pueden aplicar en las operaciones todos los días.
- Menores emisiones de gases de efecto invernadero.
- Impulsa la productividad y el crecimiento corporativo (mayor aprovechamiento, menor desperdicio).
- Promueve las mejores prácticas de gestión energética y facilita la integración de sistemas de gestión ya existentes.

3.6.1 Beneficios no energéticos de la eficiencia energética

Además de los beneficios económico, y medio ambientales de la empresa existen varios otros beneficios que es no están relacionados a ahorro energético o a la reducción de emisiones de gas invernadero, pero igual de importantes para una industria y la podemos observar en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Tabla de beneficios no energéticos [6], [32], [33].

Beneficios no energéticos para una industria	
Ambiente de trabajo	Menor ruido
	Mayor seguridad laboral
	Mejores condiciones de iluminación, temperatura y calidad de aire
	Mayor confort
	Mejora de la salud de personal
Producción	Mayor eficiencia
	Mayor productividad y calidad del producto
	Mayor fiabilidad
	Mejora en el rendimiento de equipos y procesos
Operación y mantenimiento	Menores costes
	Mejor control de la climatización
	Menor desgaste y mayor durabilidad de equipos
	Menores procesos auxiliares
Residuos	Reducción de residuos de material, agua, productos, sustancias peligrosas.
	Menor coste de gestión de los residuos
	Mayor eficiencia
Emisiones / medio ambiente	Menor emisiones de gases de efecto invernadero
	Menor coste de cumplimiento de normativa
Otros	Mejora de moral
	Menor responsabilidad civil
	Mejora de imagen pública
	Mayor competitividad
	Menores riesgos legales y comerciales

3.6.2 Importancia de una evaluación de eficiencia energética

El grupo McKinsey [34], [35], analizan el impacto de las inversiones en equipamientos y tecnologías energéticamente eficientes tanto en el punto de energía ahorrada como del costo evitado para la economía ligados a las emisiones. Nos comenta que muchas de las inversiones en eficiencia energética pueden ser rentables para una industria privada, esto teniendo en cuenta solo la energía no consumida por la industria. La evaluación de la eficiencia energética permite:

- Identificar áreas de mejora en el consumo energético.
- Cuantificar los beneficios económicos y ambientales de las medidas de eficiencia.
- Establecer indicadores para medir el desempeño energético.

3.7 Estrategias De Eficiencia Energética

En esta subsección presentaremos las estrategias para la implementación y mejora de eficiencia energética enfocadas en las estrategias en la mejora de la eficiencia energética en el sistema eléctrico de una industria. En la Tabla 3.4, presentaremos las estrategias que normas e industrias han implementado para la mejora de eficiencia energética.

Tabla 3.4. Estrategias para mejora de la eficiencia eléctrica en la industria enfocada en el sistema eléctrico [10][4], [5], [6], [16].

Proceso	Descripción
Implementación de Sistema de Gestión de Energía (SGen)	La implementación de un sistema de gestión de energía es crucial para mejorar la eficiencia energética en la industria. Este sistema se basa en un enfoque de mejora continua. Para su ejecución, es fundamental contar con [28], [29]: <ul style="list-style-type: none"> • Informe detallado del sistema eléctrico actual. • Reporte de equipos instalados por áreas de producción específicas. • Identificación de los principales consumidores de energía. • Análisis del consumo en las áreas productivas.
Actualización a nuevas tecnologías	La actualización de equipos con tecnología avanzada que optimice los procesos productivos y mejore la eficiencia energética es una inversión a largo plazo. Esta renovación suele implicar una inversión inicial media a alta que se amortiza con el tiempo.
Sistemas de control integrado al proceso	La instalación de sistemas de control integrado representa una tecnología madura que ofrece una alta rentabilidad. Estos sistemas facilitan la optimización energética en diferentes sectores industriales.
Sistemas de control avanzado con ajustes de velocidad automáticos	Los sistemas de control avanzados con ajustes de velocidad automáticos en bombas, ventiladores, motores, etc., generan grandes ganancias de eficiencia en diferentes sectores industriales, aunque requieren mayores periodos de recuperación de la inversión.
Calidad actual del sistema eléctrico de la industria	Evaluar y mantener la calidad del sistema eléctrico industrial es crucial para detectar problemas que afecten la eficiencia energética, como pérdidas eléctricas y caídas de voltaje causadas por el envejecimiento de equipos o la expansión de la planta.
Optimización de procesos de producción	Los procesos productivos pueden optimizarse en la forma de realización del producto, uso de recursos y métodos que reducen el número de equipos utilizados y el consumo de energía. Es decir, optimización de procesos industriales busca reducir el consumo de recursos y energía mediante métodos más eficientes y la minimización del uso de equipos.
Implementación de tecnologías de generación renovables	Aunque no directamente relacionadas con la eficiencia energética, las tecnologías de generación renovable, como sistemas híbridos y microrredes, pueden mejorar significativamente la gestión energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero’
Campañas de concientización de uso de energía al personal	Las campañas educativas dirigidas al personal son fundamentales en la industria para reducir el consumo eléctrico irracional, especialmente en áreas como la iluminación, donde hasta el 50% del consumo puede atribuirse a prácticas de uso ineficiente.

3.8 Normativa y Política de Eficiencia Energética

Según el estudio de [12], se identifica, analiza y comparara todas las normas de eficiencia energética y consumo de la demandan para la implementación efectiva de sistemas de gestión de energía. En el contexto de la eficiencia energética y gestión de energía, tanto a nivel internacional como nacional, industrial como sistemas complejos compuestos por múltiples subsistemas, requieren enfoques diversos para una gestión integral eficaz. Esto se refleja en la variedad de normas y estándares aplicables a lo largo de su ciclo de vida. La literatura consultada afirma que las normas y sistemas de gestión más utilizadas, completa con casos de implementación y éxitos para el mantenimiento de edificaciones e industrias considerando la eficiencia energética, son:

UNE-EN ISO 50001 (ISO 50001:2011): Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.

UNE-ISO 55001 de abril 2015: Gestión de activos. Sistemas de gestión. Requisitos.

UNE-EN 15331:2012: Criterios para el diseño, gestión y control de servicios de mantenimiento de edificios.

UNE-EN 16464:2015: Mantenimiento. Mantenimiento en la gestión de activos físicos.

En la Tabla 3.5, se resumen las normas de gestión energética y eficiencia energética para la industria ecuatoriana detallando sus enfoques y áreas de aplicación específicas:

Tabla 3.5. Normas de gestión energética para una industria Ecuador [36], [37], [38], [39], [40].

Normas	Enfoque	Referido a
NTE INEN ISO 50001	Sistemas de Gestión de Energía. Requisitos con orientación para su uso	El sistema se basa en el marco de mejora continua de Deming (PHVA), además incluye la capacitación de optimización de sistemas motrices y de vapor.
RTE INEN 094	Eficiencia energética de bombas y conjunto motor-bomba, para bombeo de agua limpia, en potencias de 0,187 kW y etiquetado	Este Reglamento Técnico establece los niveles mínimos de eficiencia energética que debe cumplirse para las bombas y los valores máximos de consumo de energía para el conjunto motor-bomba
RTE INEN 141	Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución”	Establece requisitos de seguridad y eficiencia energética que deben cumplir los transformadores de distribución.
NTE INEN 2498	Eficiencia Energética en motores eléctricos estacionarios”	Establece los valores de eficiencia energética nominal y mínima asociadas a las características de la etiqueta informática en cuanto a la eficiencia de los motores.
RTE INEN 122	“Eficiencia energética en hornos eléctricos. Reporte de consumo de energía y etiquetado”	Etiquetado correcto de la demanda energética.

3.9 Marco Regulatorio (Normas o políticas internacionales y nacionales)

Ecuador atravesado varios cambios gubernamentales durante los periodos 2008 a 2024 donde ha provocado una reducción de la tasa de crecimiento de la producción industrial a una recuperación de esta tasa de crecimiento de producción en los últimos años. Y cabe destacar que esta recuperación se debe a los proyectos y estrategias de eficiencia energética para las industrias como el proyecto conocido como "Eficiencia Energética para la Industria (EEI)" ha logrado reducir el consumo anual de electricidad en 13,000 MWh (Megavatios-hora). Además, este proyecto ha proporcionado una "Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de Energía" basada en la norma ISO 50001. Gracias a esta guía, se han registrado casos destacados de implementación en varias empresas de la industria ecuatoriana, como INDIMA S.A, NOVACERO S.A, GM OBB S.A, INDURAMA S.A, DELLTEX INDUSTRIAL S.A, entre otros ejemplos exitosos [41],[16].

3.9.1 Marco legal ecuatoriano

En Ecuador, la norma ISO 50001:2019, conocida localmente como NTE INEN-ISO 50001, segunda edición, 2019-07, se integra en un marco legal definido en el Registro Oficial 449-Suplemento. A partir de enero de 2025, su implementación se torna obligatoria en el país [41]. El cumplimiento de esta norma se rige por las políticas y regulaciones energéticas nacionales, así como por las iniciativas y objetivos de sostenibilidad de las organizaciones. Esta norma ISO 50001 es un componente esencial de un marco legal más amplio destinado a promover la eficiencia energética en Ecuador y asegurar la estabilidad en el suministro de energía. En este contexto, se establece el marco legal y las pautas operativas para el Sistema Nacional de Eficiencia Energética (SNEE). El SNEE tiene como propósito fomentar la utilización eficiente, responsable y sostenible de la energía en todas sus formas en el territorio ecuatoriano. Este enfoque busca fortalecer la seguridad energética y, en última instancia, contribuir al desarrollo sostenible del país. En síntesis, la norma ISO 50001:2019 se enmarca en una estructura legal más amplia en Ecuador, con la misión de impulsar la eficiencia energética, promover la sostenibilidad y garantizar la confiabilidad en el suministro de energía en el país. Su cumplimiento se convierte en obligatorio a partir de enero de 2025, y su aplicación se rige por las políticas y regulaciones energéticas nacionales, así como por los objetivos de sostenibilidad de las organizaciones [42], [43], [44].

3.9.2 Gestión Energética para Industrias 2024

En nuestro país Ecuador es mandatorio a partir de enero de 2025 según el Registro Oficial 449-Suplemento y su ejecución dependerá de las políticas y regulaciones energéticas nacionales, así como de las iniciativas y objetivos de sostenibilidad de las organizaciones [41], [43], [44]. La mencionada Ley tiene por objeto establecer el marco legal y régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética – SNEE, y promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética del país. El ámbito de esta Ley se circunscribe a todas las actividades de carácter público o privado, institucional o particular, para las que se efectúe una transformación y/o consumo de energía de cualquier forma y para todo fin, si se habla de empresas catalogadas como “Grandes Consumidores” la norma es de aplicación obligatoria debiendo reportar al Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables los indicadores que haya seleccionado la empresa para su certificación con la norma en mención.

3.9.3 Condiciones y requerimientos del Sistema Eléctrico en una industrial

La seguridad es un aspecto primordial en cualquier instalación industrial, ya que además de la producción, se debe garantizar la protección de quienes trabajan en ella. En el contexto de las instalaciones eléctricas, existe un riesgo latente de incendio por cortocircuito y de contacto directo con elementos energizados. Por lo tanto, es crucial considerar el aislamiento de los conductores, la calidad de las canalizaciones utilizadas y el estado técnico de todos los elementos que componen el sistema eléctrico. La capacidad del sistema eléctrico industrial es otro factor esencial a tener en cuenta. Los sistemas deben diseñarse para poder suministrar la totalidad de la carga requerida. Esto implica que los transformadores deben tener una capacidad nominal al menos igual a la carga servida, y los conductores deben ser seleccionados para soportar la corriente sin riesgo de sobrecalentamiento o fallo. La confiabilidad del servicio eléctrico es igualmente crítica. Es imperativo que no haya interrupciones en el suministro eléctrico, lo que incluye períodos de mantenimiento programado. La evaluación de la confiabilidad se realiza considerando las pérdidas en la producción que ocurren cuando se interrumpe el suministro eléctrico. Es esencial para garantizar la continuidad de las operaciones industriales y minimizar cualquier impacto negativo en la productividad y la rentabilidad.

3.10 Eficiencia Energética en Industrias

La eficiencia energética en las industrias es crucial para mejorar la eficiencia de producción y maximizar los beneficios al reducir costos. Tanto empresas nacionales como internacionales

han implementado estrategias de eficiencia energética en sus áreas de producción, logrando resultados positivos significativos. En esta sección, nos centraremos en empresas que han adoptado estas estrategias en sus sistemas eléctricos, detallando sus procesos y los resultados obtenidos [4].

3.10.1 Casos de Eficiencia Energética en industrias ecuatorianas.

En Ecuador, la conciencia sobre la eficiencia energética ha impulsado al gobierno a implementar medidas clave para mejorar el rendimiento energético en el sector industrial. Entre 2012 y 2015, el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MEER), actualmente ARCERNNR, en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), desarrolló el Plan Nacional de Eficiencia Energética. Este plan incluyó reformas normativas y el proyecto "Eficiencia Energética para la Industria" (EEI), que consistió en la instalación de 39 sistemas de gestión de energía en empresas ecuatorianas y la capacitación de 200 técnicos en optimización de motores eléctricos y sistemas de vapor. Además, se promovió la adopción de estándares nacionales de gestión de energía, mejorando significativamente la eficiencia energética en la industria ecuatoriana. El proyecto, iniciado en 2011 y concluido en 2015, alcanzó los resultados mostrados en la Figura 3.3, [45].

El proyecto EEI logró resultados significativos, incluyendo un ahorro anual de 13,000 MWh en consumo eléctrico y la reducción de 2 millones de galones de diésel. A continuación, se presentan algunos ejemplos destacados de empresas industriales ecuatorianas que implementaron estrategias de eficiencia energética bajo este proyecto, detallando sus procesos y resultados en la Tabla 3.6, [4], [16].

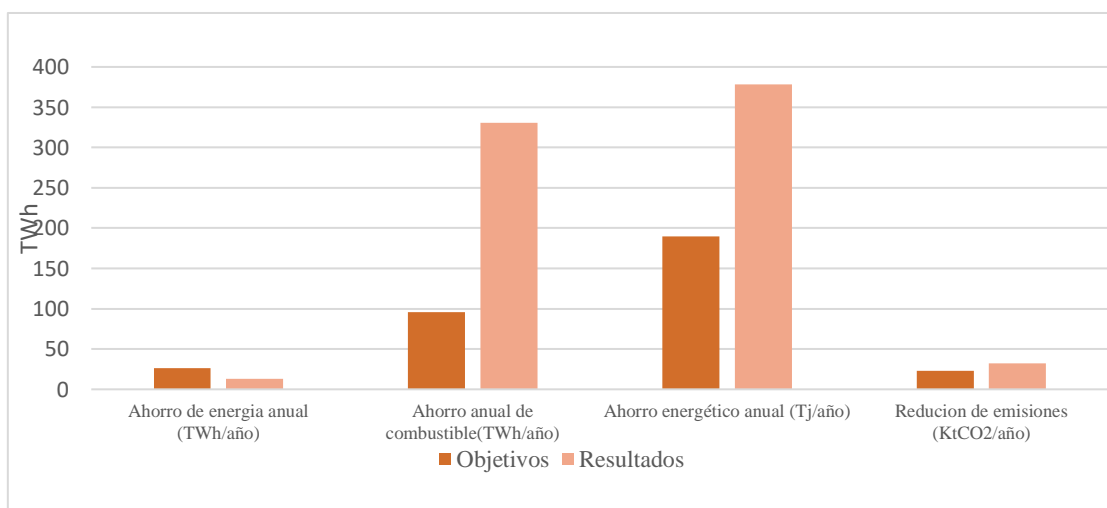


Figura 3.3. Resultados del proyecto EEI en Ecuador [16].

Tabla 3.6. Casos de implementación de estrategias de Eficiencia Energética den empresas ecuatorianas [4], [16].

Empresa	Descripción	Estrategias	Resultados
REPSOL	Empresa de explotación de petróleo en Ecuador.	Reemplazo de bombas modelo Centurión por tecnologías de bombeo electro sumergible más eficientes.	Ahorro de energía eléctrica a diésel en 0,62 MW-D, promedio de diésel ahorrado de 30 dbpd.
INDIMA	Empresa de fabricación de productos metalmecánicos en serie y proveedora del 99% de equipo original para la industria automotriz.	<p>Invierte 1 millón de dólares anuales para la adquisición de los equipos de última tecnología, con el fin de mejorar la optimización de su producción.</p> <p>Las áreas de soldadura cuentan con equipos de punta actualizados, por ende, se optó por mitigar el 1% de energía en consumo eléctrico en iluminación y el 1% en mejoras en mantenimiento en el área de suelda y el 0,5% en equipos de oficina.</p> <p>Implementación de un sistema de Gestión de Energía, con varias actividades por áreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> I. Programar mantenimiento preventivo de motores eléctricos y accionamientos mecánicos enfocados a la eficiencia energética. II. Uso de sensores de movimiento y temporizadores, además de reemplazar lámparas por otras de mayor eficiencia. III. Control del encendido y apagado de equipos de computación. 	Reducción del 4,23% de energía, ahorro de 17.828 kWh, alcanzando el 95% de la meta establecida
GENERAL MOTORS	Empresa del sector automotor estadounidense con 40 años de crecimiento en Ecuador.	<p>Implementación de un sistema de SGen en las 3 áreas de producción</p> <p>Acciones en el área de producción:</p> <ul style="list-style-type: none"> I. Área de Pintura: Mantenimiento a los medios de transmisión motor-carga y análisis de uso de motores II. Área de Suelda: Estudio de las características de trabajo a cargas parciales y del costo de ciclo para determinar la manera más eficiente de trabajar con varios compresores III. Área de Ensamble: Uso de compresores de menor potencia, implementación de programa de mantenimiento-eficiencia del uso de energía y programas de disminución de fugas y caídas de presión IV. Iluminación: Cambio de toda la iluminación a sistemas LED e instalación de sistemas de acumulaciones fotovoltaicas 	Ahorro del 2,3% del consumo total de energía eléctrica y diésel en 2014, ahorro de 111.743 dólares en 2014, ahorro del 9% en 2015 gracias a la estrategia continuada.
INDURAMA	Empresa de fabricación de electrodomésticos destacada por su innovación tecnológica.	<p>Implementación del sistema SGen , con un objetivo del 15% de reducción en los índices de desempeño. Esta implementación se enfocó en la eficiencia del control operacional en las áreas que representan el 78%.</p> <p>Optimización de cargas de producción, disminuyendo o eliminando cargas en vacío.</p> <ul style="list-style-type: none"> I. Optimizar horas de funcionamiento de máquinas de inyección, establecer control operacional. II. Instalar un sistema de control automático de funcionamiento de compresores. III. Cambios de equipos obsoletos e ineficientes. 	Ahorro de 1.642.857 kWh en consumo eléctrico en 2014, ahorro en costos de 115.000 dólares al año.

4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El desarrollo de este trabajo de titulación se basó en una metodología estructurada y rigurosa para evaluar y mejorar la eficiencia energética del sistema eléctrico de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. Primero, se recopiló información detallada del sistema eléctrico de la empresa, incluyendo diagramas unifilares, características de los equipos y registros de consumo energético. En este proceso se identificó la desactualización de la información del sistema eléctrico, por lo que se procedió a realizar una autoría general del sistema eléctrico para la actualización de los datos del sistema. Logrando obtener un diagrama unifilar actualizado, las cargas instaladas del sistema, características de equipos de iluminación y su consumo de corriente real de motores. Este levantamiento de datos permitió una comprensión del estado actual del sistema eléctrico. En segundo lugar, se realizó un análisis exhaustivo de los patrones de consumo energético de la empresa. Se identificaron las principales áreas de consumo, los picos de demanda y puntos críticos. Este análisis fue fundamental para detectar oportunidades de mejora y áreas críticas que requerían atención.

En tercer lugar, se evaluó el sistema de iluminación de las instalaciones de la empresa, considerando la distribución de las luminarias, su eficiencia y el nivel de iluminación en las diferentes áreas. Se utilizaron herramientas de simulación para identificar mejoras en la distribución y tipo de luminarias que optimicen el consumo energético y mejoren la calidad de la iluminación. Como cuarto paso, se llevó a cabo un diagnóstico de los motores eléctricos utilizados en la empresa en las áreas de producción, generando una base de datos.

Finalmente, se desarrollaron propuestas de estrategias de mejora de eficiencia energética, basadas en los diagnósticos y análisis previos. Estas medidas incluyeron la optimización del uso de motores, mejoras en la iluminación y la implementación de tecnologías de control y monitoreo. Las propuestas fueron verificadas mediante el uso de herramientas de software especializadas, que permitieron simular el impacto de las medidas y garantizar su efectividad antes de su implementación. Este enfoque metodológico permitió realizar una evaluación integral del sistema eléctrico de la empresa y proponer medidas específicas que optimicen el consumo de energía y reduzcan los costos operativos. Todo lo antes mencionado se puede observar de forma gráfica en la Figura 4.1, en donde se detalla el proceso detallado en un diagrama de flujo de trabajo.

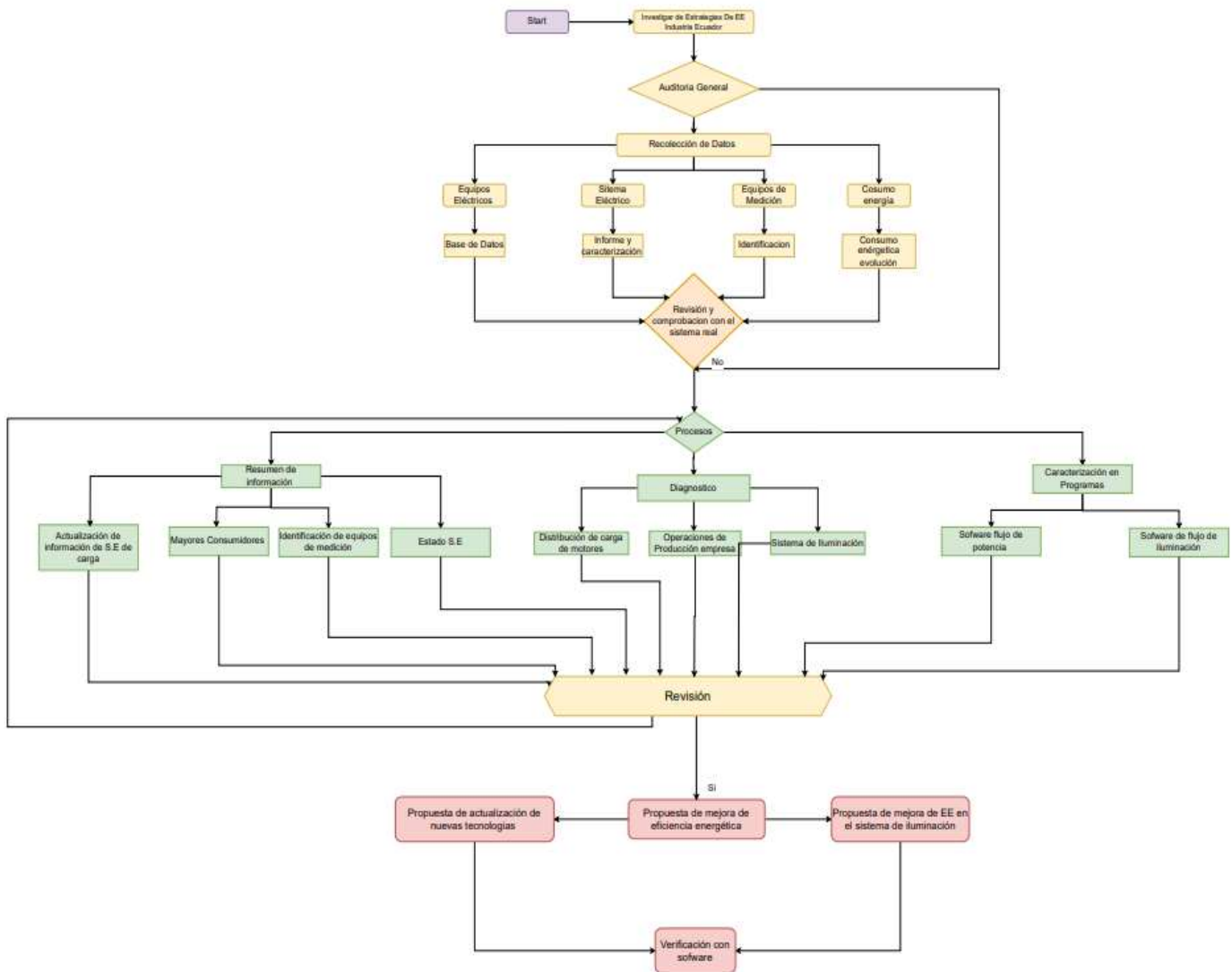


Figura 4.1. Flujo de trabajo del trabajo de titulación.

4.1 Introducción a industria Aglomerados Cotopaxi S.A.

Ubicada en la provincia de Cotopaxi, Aglomerados Cotopaxi S.A. se destaca como una empresa líder en el ámbito forestal e industrial de la madera. Su enfoque se centra en la producción de tableros de alta calidad para el mercado nacional e internacional, utilizando instalaciones de última tecnología y procesos de producción controlados meticulosamente. Esto se respalda con un equipo altamente capacitado en la elaboración de tableros de fibra (MDF) y de partículas (Aglomerado), cumpliendo estrictamente con los estándares internacionales. Aglomerados Cotopaxi S.A. opera tres líneas de producción especializadas: Aglomerado, MDF (tablero de densidad media) y el aserrado de piezas de madera sólida de pino.

Dentro de la línea de Aglomerado, la empresa fabrica una variedad de productos, incluyendo Acoplac, Acoplac RH, Pacoplac, Duraplac, Duraplac RH y Madeplac. El MDF es un tablero versátil diseñado para aplicaciones en interiores, elaborado mediante la aglutinación de fibras de madera de pino con un adhesivo sintético de resinas [3], [46], [47]. El tablero de aglomerado se compone de partículas de madera seleccionadas, como aserrín, virutas y astillas. Estas partículas se compactan con un adhesivo de resina de Urea Formaldehído bajo alta presión y temperatura, siguiendo estándares internacionales como DIN 68761, DIN 68750, ANSI A208.1(M-3) y ANSI A208.1(M-S). El acabado final se logra con materiales como chapas de madera decorativa, melaninas y papeles decorativos.

En la tercera línea de producción, la unidad principal se dedica a la creación de listones "finger joint" a partir de listones de madera sólida de pino, eliminando imperfecciones presentes en la madera para garantizar listones de alta calidad. La segunda unidad de esta línea produce tableros de listones encolados de canto, completando el proceso de fabricación de productos de madera [48]. El proceso de producción del tablero de Aglomerado y de MDF se divide en varias etapas secuenciales: recepción de materias primas, desbaste y obtención de virutas, secado, tamizado, aplicación del adhesivo, formación del tablero, prensado, enfriamiento y corte a medida, lijado, aplicación de recubrimiento, almacenamiento y distribución. [46], [49].

Todo este proceso se puede ver gráficamente en la Figura 4.2.

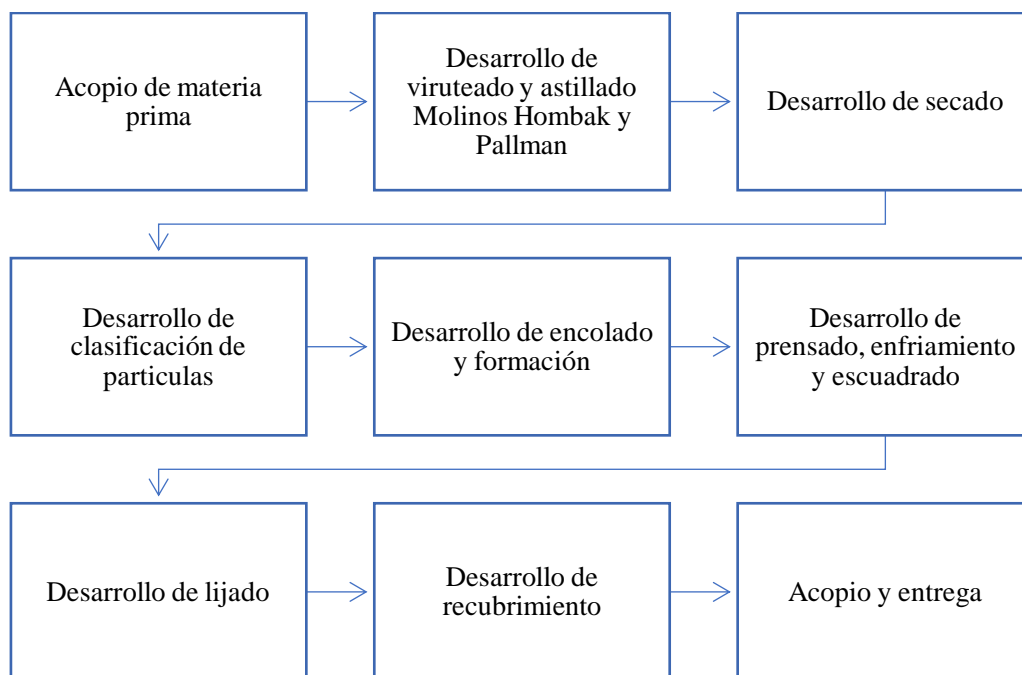


Figura 4.2. Diagrama del Proceso de Producción de Paneles de Aglomerado.

4.2 Recopilación de datos del sistema eléctrico de Aglomerados Cotopaxi S.A.

La primera etapa de este trabajo de titulación es la realización de un levantamiento de información del sistema eléctrico, sistema de iluminación, consumo energético y varia otra información sobre el estado de la eficiencia de empresa.

Mediante este proceso crucial de este trabajo se identificó una desactualización de información de toda la información antes mencionada, por esta a razón este trabajo genero un proceso de generación de información de eficiencia energética de toda la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. Proceso que se puede observar en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Proceso de auditoria energética general en industria aglomerados.

N	Procesos	Descripción
1	Recopilación de información	Recopilación de información del sistema de iluminación, cargas eléctricas, y sistema de iluminación.
2	Inspecciones de Sistemas	Verificación de datos recopilados mediante una inspección de campo de las cargas eléctricas, sistema eléctrico y sistema de iluminación. Identificando una desactualización de todos estas cargas y sistemas.
3	Actualización de diagrama unifilar	La empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. dispone de varios planos unificables de su sistema eléctrico que datan del 2018. Sin embargo, desde entonces, el sistema eléctrico de la empresa ha experimentado cambios destinados a mejorar su productividad y calidad. Estos cambios no se han reflejado en los planos unificables existentes, por lo que, al iniciar este proyecto, se contaba con planos desactualizados. Por esta razón, una de las tareas clave del trabajo es la actualización de los planos unificables de la empresa.
4	Generación de Base de datos de cargas eléctricas	En la empresa las cargas eléctricas por motivos de cambios de equipos y expansión de las áreas de producción, cambios en distribución y varias otras contrariedades la base de datos de motores se encuentran desactualizados. En este trabajo se propone generar una base de datos contemplando a todas las cargas de la empresa.
5	Identificación de equipos de medición	La desactualización también se presenta en la ubicación y falta de información de los consumos de las áreas de producción. Este trabajo identifica los equipos de medición importante para diagnosticar el comportamiento del consumo energético de la empresa.
6	Identificación de usuarios de mayor consumo	La identificación de los usuarios de mayor consumo de la empresa es uno de los puntos primordiales para analizar el comportamiento de la eficiencia energética en la empresa, gracias a su gran representación en el consumo de energía.

4.3 Modelado del Sistema eléctrico (SE)

El modelado del sistema eléctrico de una industria es una tarea fundamental para evaluar su eficiencia y detectar posibles puntos de mejora. En el caso de la empresa Aglomerados

Cotopaxi S.A., se llevó a cabo un proceso exhaustivo para recolectar y analizar los datos necesarios, utilizando software especializado para simular y estudiar el comportamiento del sistema eléctrico [46]. Para el modelado o caracterización del sistema eléctrico de una industria en un software especializado, es importante considerar los siguientes aspectos:

En primer lugar, es fundamental reconocer que existen diversos softwares especializados para simular sistemas reales, por lo que es esencial verificar si el software cuenta con las herramientas necesarias para obtener los resultados esperados. En segundo lugar, la recolección de información del sistema eléctrico es crucial para realizar una caracterización precisa. En este trabajo, la información se actualiza y verifica, generando un nuevo diagrama unifilar y una base de datos de cargas actualizadas.

En tercer lugar, al utilizar software de modelado, es necesario considerar varios eventos eléctricos para que el sistema modelado refleje adecuadamente el sistema eléctrico real. En este estudio, se incorporan elementos como las longitudes y calibres de los conductores, transformadores, cargas eléctricas estáticas y variables (como motores de corriente alterna y continua), sistemas de iluminación, tomacorrientes, capacitores, entre otros.

4.3.1 Caracterización de sistemas para este trabajo

Este trabajo se divide en dos grupos de programas para la caracterización del sistema eléctrico y del sistema de iluminación de las naves de producción de la empresa. Para el modelado del sistema eléctrico en la actualidad, se empleó ETAP con una licencia estudiantil universitaria. El objetivo es analizar el estado actual del sistema y su evolución en eficiencia a través del programa de actualización de nuevas tecnologías, el cual se detalla más adelante en este trabajo (ver sección 5.3). Para el modelado del sistema de iluminación, se empleó DIALUX Evo, un software especializado que ayudara a simular la estructura de las naves de producción de la empresa y la distribución de las luminarias. Se generarán tres programas:

- **Programa 1:** Caracterización del sistema de iluminación existente, reflejando la realidad actual.
- **Programa 2:** Caracterización del mismo sistema con una actualización de luminarias de mayor eficiencia.
- **Programa 3:** Caracterización del sistema con una actualización de luminarias de mayor eficiencia, incluyendo una nueva distribución de las lámparas para minimizar el consumo energético y cumplir con el mínimo de luxes en las áreas de trabajo, según el decreto 2393.

4.4 Diagnóstico de motores eléctricos de la empresa

Con el diagnóstico de la eficiencia energética se ha identificado una oportunidad de mejora de eficiencia energética en la empresa con la realización de la actualización de nuevas tecnologías. Esta propuesta se basa en la actualización de nuevos motores con mayor eficiencia energética, con la gran dimensión y cantidades de cargas eléctricas de la empresa se determinó una lista de prioridad de actualización de motor basado en varias métricas. A continuación, en la Tabla 4.2, presentamos las métricas que se toman en consideración en la base de datos de los motores eléctricos para determinar la prioridad en la actualización de los equipos eléctricos.

Tabla 4.2. Métricas de evolución de prioridad de actualización de motores eléctricos en la empresa.

Métrica	Denominación	Descripción	
1	Edad de los equipos eléctricos	Esta métrica identifica a todos los motores que actualmente tienen una edad mayor a la vida útil que un dispositivo eléctrico puede operar, esta edad es mayor a los 25 años. Además, considerando que la eficiencia energética de los motores en los años de fabricación desde 1987 al 2021 se presentan un aumento obligatorio de la eficiencia energética de los motores. Es quiere decir que motores que fueron fabricados antes del 2001 tenían un requerimiento de eficiencia energética menor de los motores que fueron fabricados desde de 2001. Esta eficiencia se puede observar en la marca IEC de los motores y en los artículos [51], [52].	
2	Motores con FP menores a 0.8	Esta métrica identifica a todos los motores que se identificaron con un factor de potencia menor al 0.8. Un bajo factor de potencia en los equipos eléctricos representa un consumo de energía no aprovechada para el trabajo de producción. En la actualidad en el mercado existen motores con factores de potencia superiores al 0,8 que trabajan con una eficiencia mayor, utilizando mejorar la potencia para convertirla en trabajo.	
3	Motores eléctricos con cargabilidad estable	Una condición para la identificar la prioridad de actualización de los motores es el cálculo de la cargabilidad de los cada uno de los motores. Para ello se clasifica cada motor por sus límites de cargabilidad presentados a continuación. Cada clasificación por límite de cargabilidad tiene su propio análisis y razones para este dimensionamiento de cada motor.	3.1 Motores eléctricos con cargabilidad menor de 25%
			3.2 Motores eléctricos con cargabilidad entre el 25% y 50%
			3.3 Motores eléctricos con cargabilidad entre el 50% y 75%
4	Motores eléctricos con cargabilidad no estable	Esta métrico clasifica e identifica los motores que se cuentan con una cargabilidad entre 75% y 100%. Estos motores son utilizados para mejorar la eficiencia eléctrica en la propuesta de mejora de actualización de nuevas tecnologías.	
5	Motores eléctricos con cargabilidad fuera de limites	Esta métrica identifica a los motores que actualmente sobrecargados en sus procesos productivos es decir sobrepasan el 100% de su cargabilidad	

4.4.1 Análisis de los motores que cumplen la métrica 3

Los motores que cumple con la métrica no serán utilizados en esta propuesta de actualización de nuevas tecnologías, la razón es que como presentamos en el diagnostico existen mucha presencia de motores que trabajan en líneas de transporte tanto de materia prima como de producto ya terminado. Estos procesos ocasionalmente en el día de trabajo presentan momento donde la materia prima o producto terminado excede el peso o carga automatizada en el proceso de transporte y existe esta sobrecarga de los equipos. Pero al existir sistemas y sensores correctivos esta situación ocasional se corrige en pocos segundos. Es por esta razón que los motores eléctricos de la empresa se encuentran subdimensionados en varias áreas de producción.

4.4.1.1 Métrica 3.1 Motores eléctricos con cargabilidad menores del 25%

Esta métrica identifica la cargabilidad de los motores menor de su 25%, estos motores como ya se explicó se encuentra en áreas de materia prima con una demanda en la presión. Es por esta razón que identificarlos es importante para no afectar al sistema productivo de la empresa.

4.4.1.2 Métrica 3.2 Motores eléctricos con cargabilidad entre el 25% y 50%

Esta métrica identifica los motores con una cargabilidad entre el 25% al 50%. Mediante el análisis de las operaciones productivas de la empresa estos tipos de motores son reducidos en la escala de la prioridad. La razón de esta decisión de cargabilidad de la empresa es porque estos motores no presentan una carga uniforme, es decir en los procesos que contribuyen estos motores son en bandas y rodillos de transporte donde la carga en unos instantes se puede duplicar por instantes de tiempo, y estos son situaciones inesperadas.

4.4.1.3 Métrica 3.3 Motores eléctricos con cargabilidad entre el 50% y 75%

Esta métrica identifica los motores con cargabilidad entre 50% a 75%, estos motores están identificados como un punto que tampoco aumenta en la escala de prioridad al momento de cumplir esta métrica para la propuesta de actualización nuevas tecnologías más eficientes. Ya que estos motores como se vio en el diagnóstico de los motores eléctricos estos motores son de menor cantidad y están enfocados en procesos que no presentan momentos de sobrecarga en tu tiempo de operación de los equipos.

4.4.2 Determinación de la escala de prioridad para la actualización de nuevas tecnologías más eficientes

Para el estudio de prioridad de actualización de motores se considerando la métrica 1, métrica 2 y la métrica 4 para identificar los motores con más alta prioridad para la actualización a nuevas tecnologías. Esta lista de motores de más alta prioridad se puede observar en la ANEXO C. En el mercado existen variedad de motores para mejórala eficiencia con el reemplazo de uno de ellos, provocando un ahorro en el consumo por la razón de que a la ser más eficiente aprovechan mejora la energía, es decir haría el mismo trabajo ahora con menos energía, provocando esto una reducción en el consumo eléctrico y en costos de producción. Para la propuesta de actualización de nuevas tecnologías más eficientes se consideración dos cuestiones importantes:

- I. Los motores existentes con el tiempo se ha perdido información de placa y eficiencia, es por esto que a estos motores se les tomara los siguientes criterios
- II. La línea de producción de MDF fue implementada den 1978, con esto podemos darnos una idea de la vida útil de los motores actualmente instalados
- III. La eficiencia de los motores se tomará con el criterio de años de fabricación y requerimientos mínimos de eficiencia mínima en la fabricación de estos motores en estos años.
- IV. Además, la eficiencia de potencia de estos motores eléctricos se tomará basados también en la potencia nominal de los motores eléctricos, estos valores de eficiencia se pueden observar en la Figura 4.3.

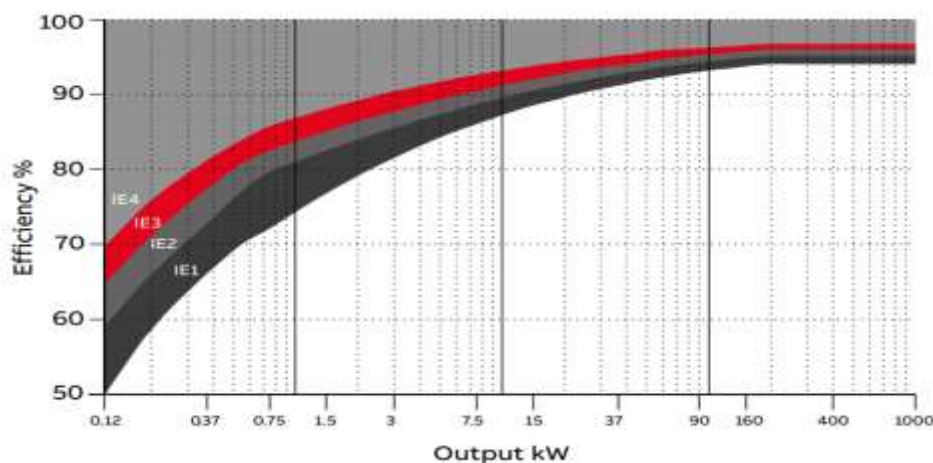


Figura 4.3. Eficiencia de motores eléctricos por potencia de nominal [53].

- Para la propuesta de nuevas tecnologías se realizó una investigación de catálogos de motores eléctricos con mayor eficiencia energética.
- Finalmente se da una recuperación de la inversión de cada actualización de nuevas tecnologías individualmente de cada uno de los motores como se puede observar en la Tabla 5.6, Tabla 5.7 , Tabla 5.8 y Tabla 5.9.

4.4.3 Identificación de nuevas tecnologías para la propuesta de actualización de nuevas tecnologías

Para la propuesta de actualización de nuevas tecnologías más eficientes es primordial la investigación de estas nuevas tecnologías que existen en el mercado [51],[52]. Para este programa de actualización de nuevas tecnologías se consideran los siguientes parámetros para la elección de motores eléctricos que se puede observar en la Tabla 4.3, los cuales son características que los motores deben respetar para las operaciones de la empresa.

Tabla 4.3. Requisitos para la selección de nuevas tecnologías para la mejorar de la eficiencia.

Marca de motores	Comercial
Temperatura	Temperaturas media-alta
Eficiencia	Igual o mayor IE3
Potencia	Similar o mayor
Inversión	Reducir al mínimo
Instalación de equipo	Instalación simple para reducir costo en inversión

4.5 Diagnóstico del sistema de iluminación en naves de producción

Durante el levantamiento de información para evaluar la eficiencia energética de la empresa, se llevó a cabo un análisis detallado del sistema de iluminación en áreas clave de producción. Mediante un diagnóstico exhaustivo del sistema eléctrico y del proceso productivo, se identificaron las naves de producción como sectores críticos debido a su papel esencial en la fabricación de MDF, aglomerados, y otros productos complementarios. La eficiencia en la iluminación es una de las estrategias más efectivas para mejorar la eficiencia energética en la industria. Basándonos en la investigación de estrategias de optimización energética, se realizó un levantamiento exhaustivo de las lámparas y su distribución en las naves de producción, cuya información se encuentra documentada en el ANEXO D. Para el diagnóstico del sistema de iluminación, se utilizó una herramienta digital que permitió caracterizar tanto el sistema de iluminación existente como el propuesto, el cual se describe en una sección posterior. Se

desarrolló un programa de diagnóstico para evaluar el consumo del sistema actual y se comparó con un nuevo programa que incluye mejoras en la eficiencia energética del sistema de iluminación. Los programas de análisis de la eficiencia lumínica se encuentran en los ANEXOS G y H. Este estudio se basa en estudios lumínicos previos de la empresa, limitando el análisis a las naves de producción. El análisis lumínico completo de la empresa se presenta en el ANEXO K. Finalmente, en la Tabla 4.4, se presentan los resultados del levantamiento de información sobre el sistema de iluminación de las naves de aglomerados.

Tabla 4.4. Resultados del levantamiento de información de lámparas de naves de producción de empresa.

N	Tipo de lampara	Cantidad de lámparas	Potencia Unitaria	Utilización anual		
				horas/día	Días/semana	Semanas/años
1	Lampara hermética 2x18W LED	394	36	12	7	52
2	Lampara tipo campana interior	167	200	12	7	52
3	Reflector LED	18	60	12	7	52
4	Lampara Hermética 2x32W fluorescente	3	64	12	7	52
5	Lámpara de sodio alta presión	8	400	12	7	52
6	Lampara vapor de mercurio	8	400	12	7	52
7	Reflector vapor de mercurio	5	12	12	7	52

La Tabla 4.5, muestra la variedad de lámparas utilizadas en las diferentes operaciones de producción de la empresa. La instalación de estas lámparas sigue el decreto 2393 de la legislación el Ecuador, el cual nos presenta la iluminación mínima por áreas que se puede observar en la tabla y es tomado en cuenta en este trabajo. También se identificaron puntos críticos en las naves de producción que presentan problemas de iluminación, los cuales fueron diagnosticados en estudios previos. Estos puntos críticos se detallan en el ANEXO G, correspondientemente en la Tabla 4.5, se presenta un resumen de los problemas identificados en el área de iluminación.

Tabla 4.5. Tabla resumen de los resultados de los puntos críticos de la iluminación principal de estudios posteriores de las naves de la empresa en horario nocturno.

Área	Puntos Monitoreados	Puntos Incumplidos	Porcentaje de Incumplimiento (%)
AREA DE CARGA	60	30	50 %
ALIMENTACION CALDEO BENECKE	65	8	12.31%
DESFRIBRADO, TORNILLO Y CUARTO DE BOMBAS	74	27	36.49%
REPASADO, GIBEN Y KUPER	87	6	6.9%
SIERRA PAUL Y MOLDURA	66	0	0%
CARPINTERÍA Y MATRICERÍA	50	2	4%
MOLDURAS	132	12	9.09%
LIJADO	116	12	10.34%
PRENSA WEMHONER	83	16	19.28%
PRENSAS BURKLE Y SIEMPELKAMP	256	51	19.92%

En este estudio de iluminación los datos presentamos en la Tabla 4.5 considera los puntos monitoreados de horario diurno y de horario nocturno, concluimos que la mayoría de las analizadas no cumple con la iluminación mínima según el decreto 2393 en el horario nocturno. Con todo el diagnóstico del sistema de iluminación, el enfoque de este trabajo se centra en la iluminación principal de las naves de producción, donde se llevan a cabo la mayoría de los procesos productivos de la empresa. Esta decisión está justificada por las grandes dimensiones de la empresa y la identificación de problemas en la iluminación, basada en la recopilación de información de estudios previos y en la caracterización del sistema de iluminación utilizando un programa de diseño de acceso libre. Esto permite proponer estrategias de mejora de la eficiencia energética en esta área, las cuales se presentarán más adelante en este trabajo. Es importante tener en cuenta las solicitudes de la empresa para el desarrollo de mejoras continuas en la eficiencia energética, mediante proyectos individuales y prácticos que puedan implementarse en cualquier momento. Por esta razón, este trabajo propone una mejora en el consumo energético del sistema de iluminación, enfocada en resolver los problemas de iluminación principal en las naves de producción.

5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., ubicada en la parroquia Lasso, Cantón Latacunga, centra su actividad principal en la producción de materiales derivados de la madera. En esta sección, se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de este trabajo de titulación, siguiendo los objetivos planteados. Primero, se recopiló y analizó la información del sistema eléctrico de la empresa utilizando software de acceso libre, lo que permitió caracterizar las condiciones actuales del sistema en dos sectores clave: las áreas de producción con motores eléctricos y el sistema de iluminación de las naves de producción. A partir de este análisis, se realizó un diagnóstico detallado de la eficiencia energética en ambos sectores. En el diagnóstico de cargas eléctricas, se evaluaron los motores eléctricos de las áreas de producción, identificando oportunidades para mejorar su rendimiento energético. En paralelo, se diagnosticó la eficiencia del sistema de iluminación, revelando áreas críticas donde la eficiencia podría optimizarse significativamente. Como resultado del análisis, se desarrollaron dos propuestas concretas de mejora de la eficiencia energética. La primera se enfoca en la actualización tecnológica de los motores eléctricos, considerando estrategias implementadas y nuevas tecnologías aún no adoptadas por la empresa. La segunda propuesta busca optimizar el sistema de iluminación, implementando soluciones más eficientes. Finalmente, se validaron las propuestas utilizando simulaciones en software especializado. Para los motores eléctricos, se emplearon programas de flujo de potencia, mientras que el sistema de iluminación fue evaluado utilizando Dialux, un software de simulación de iluminación de acceso libre. Los resultados de estas simulaciones demuestran una mejora significativa en la eficiencia energética de la empresa tras la implementación de las estrategias propuestas.

5.1 Análisis de la información recolectada

Como primer paso para desarrollar este trabajo de titulación, la recolección de la información se materializó con información necesaria para el diagnóstico de la eficiencia de la empresa en al Tabla 5.1, presentamos la toda la información que en este trabajo genero para el diagnóstico de la eficiencia de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A

Tabla 5.1. Información generada para el análisis de la eficiencia energética de la empresa.

Información para el diagnóstico de la eficiencia	ANEXOS
Revisión y actualización del Diagrama Unifilar del sistema eléctrico completo.	ANEXO A
Caracterización del sistema eléctrico de la empresa mediante programa de simulación	ANEXO B
Actualización y generación de basa de datos del estado de los motores eléctricos en las diferentes áreas productivas.	ANEXO C
Identificación de los medidores instalados y recomendaciones para la ubicación óptima de nuevos medidores que mejoren el control.	ANEXO J
Identificación de los principales consumidores de energía en las áreas de producción.	ANEXO K

5.1.1 Diagnóstico del sistema de eléctrico de la empresa

El sistema eléctrico es uno de los puntos calves en este trabajo. En este trabajo se centró en una parte importante en el diagnóstico del sistema eléctrico de la empresa, para esto se caracterizó el sistema eléctrico de la empresa con un software especializado enfocado en presentar lo más fielmente la realidad del estado del sistema eléctrico de la empresa. Además, más adelante en este trabajo se convertirá en una herramienta clave para la verificación de mejora en la eficiencia en el sistema eléctrico. Esta caracterización del sistema real se llevó a cabo a mano del grupo de técnicos del área de mantenimiento de la empresa y ingenieros encargados de áreas de producción. En el ANEXO B podemos ver la caracterización del sistema eléctrico de la empresa.

Consideraciones que se tomaron al momento de caracterizar el sistema eléctrico de la empresa:

- I. La empresa trabaja las 24 horas, los 7 días a la semana todas las áreas de producción, excepto el domingo donde la única área de producción es aserradero.
- II. Cuenta con sistemas de control en todas las áreas de producción, esto quiere decir que los motores se encuentran constantemente arrancando y desactivándose continuamente
- III. En las áreas de producción existe mantenimiento en periodos cada 15 y 8 días correspondiente a un cronograma de mantenimiento esto dificultando un consumo estable igual en todos los días.

- IV. Las áreas de producción inician su trabajo dependiendo de la producción necesaria determinada por los encargados de la producción, es decir en varios días existen áreas y grupos de motores que se encuentran desactivados.
- V. Para la verificación de los cálculos se asemejen a la realidad se tomaron mediciones de los consumos de los transformadores que alimentas a alas áreas de producción un día de trabajo. Identificando un consumo poco uniforme esto por los constantes trabajos de diferentes áreas que trabajan individualmente.

Por estas consideraciones en este estudio de caracterización del sistema eléctrico se optó por tomar un factor de diversificación del 0.55, esto considerando sus constantes y desactivación de áreas de producción que se encuentra sin uso en esta temporada. Esto con el objetivo de comparar mediciones tomadas de campo de la MVA real con los calculas con el software.

5.1.2 Diagnóstico de la distribución de la empresa con el Diagrama Unifilar

En la auditoria General realizada en la empresa para identificar las condiciones que se encuentra la empresa en la utilización de la energía eléctrica en la empresa, se identificó la desactualización de los diagramas unifilares de la empresa. Información fundamental para comenzar el análisis del uso eficiente de la empresa. En el ANEXO A podemos observar el diagrama unifilar actualizado por parte de este trabajo. Esta información sobre el sistema eléctrico podemos identificar dos líneas de alimentación que alimentan a áreas de trabajo en diferentes áreas de la empresa:

- Línea de alimentación MT AGLOMERADOS
- Línea de alimentación MT MDF

Además, se identifica las áreas de producción las cuales son grupos de motores que trabajan para generar un producto, estas áreas de producción y grupos de motores se pueden clasificar de la siguiente manera como se muestra en la Tabla 5.2:

Tabla 5.2. Distribución de Áreas de producción y grupos de motores buque lo conforman.

Línea de alimentación MT AGLOMERADOS	AREA DE PRODUCCION AGLOMERADOS	Grupo Motores Quemador
		Grupo Motores G400
		Grupo Motores G300
		Grupo Motores G200
		Grupo Motores G145
		Grupo Motores G100
		Grupo Motores G450
		Grupo Motores G380 Encolado
	AREA DE PRODUCCION ASERRADERO	Grupo Motores Bandas
		Grupo Motores Caldero Ecuaboiler
		Grupo Motores Cámaras De Secado IMS
		Grupo Motores Cb-10
		Grupo Motores Chipiador
		Grupo Motores Descortezador MEDEZ
		Grupo Motores HMK-16
		Grupo Motores KBO 40
		Grupo Motores KV-2 Despunte
		Grupo Motores Remanofactura
AREA DE PRODUCCION LIJADO	Grupo Aspiración G560	
	Motores Calibradora G450	
	Motores Calibradora G520	
	Motores Lijado G500	
	Motores Lijadora G560	
Línea de alimentación MT MDF	AREA DE PRODUCCION PRENSA BURKLE	Grupo Caldero Burkle
	AREA DE PRODUCCION PRENSA SIEMPELK	Grupo Siempelkamp
	AREA DE PRODUCCION PRENSA WEMHONER	Grupo Prensa Wemhoner
	AREA DE PRODUCCION TREFILADO	Grupo Envolvedora
		Grupo Trefilado
	AREA DE PRODUCCION MOLDURERA	Grupo Moldurera
	AREA DE PRODUCCION SIERRA PAUL	Grupo Aspiración Moldura
		Grupo Sierra Paul
	AREA DE PRODUCCION CALDERO BELNECK	Grupo Caldero Belneck
	AREA DE PRODUCCION CALDERO VYNCKE	Grupo Caldero Vynck
		Grupo Planta Residuales De Agua
		Grupo Atlas Copco 4
		Grupo Atlas Copco 5
	AREA DE PRODUCCION JUNTADO DE CHAPA	Grupo Sierra Giben
		Grupo Grabado
		Grupo Juntado De Chapa
	AREA DE PRODUCCION FOIL	Grupo Foil 1
		Grupo Foil 2
AREAS EN STAND BY	Grupo Desfibrado 2	
	Grupo Taimec	
	Grupo Chipeador Phama	
	Grupo Humectadora	
	Grupo Moldura 2	
	Motor Siemens 2	

Para facilitar la comprensión de la distribución de la alimentación por línea y la organización de las áreas de producción, la Figura 5.1, presenta estas divisiones de manera gráfica. La línea amarilla representa la línea de media tensión que se extiende desde la subestación Lasso hasta la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. Como se muestra, esta línea se divide en dos ramales que ingresan a la empresa, suministrando energía a distintas áreas de producción. Cada una de estas áreas de producción está equipada con grupos de motores que permiten la generación de productos.



Figura 5.1. Vista general de las líneas de alimentación y áreas de producción de la empresa.

5.1.3 Base de datos de las cargas por la línea de alimentación, producción y grupos

La recolección de información sobre las cargas instaladas utilizadas en la producción de una empresa es esencial para realizar un análisis eficiente del consumo de energía. Durante este proceso, se identificó una desactualización en la base de datos de las cargas instaladas. En el ANEXO C se presenta la base de datos actualizada de los motores en las áreas de producción. Esta base de datos incluye: datos de placa de los motores, valores técnicos reales de los motores durante su funcionamiento, y demás datos de armarios, entre varios otros.

Cabe destacar que algunos motores, debido al tiempo de uso, han perdido sus placas de identificación y registros de información. En este estudio, también se calcula la cargabilidad de los motores eléctricos, comparando los valores nominales de placa con los valores medidos en tiempo real. Esto permite determinar el porcentaje de carga que soportan los motores eléctricos en cada área de producción.

5.1.4 Diagnóstico del estado del consumo eléctrico de la industria desde 2009 a 2023

Una información importante para el diagnóstico de la eficiencia energética en la empresa es la del historial de consumo anual y mensual de las líneas de alimentación de las áreas de producción. En la recolección de información recopilamos información de los consumos mensuales de la empresa entre los años 2009 a 2023. En la Figura 5.2, se puede observar la evolución del consumo eléctrico de la empresa en sus dos líneas de Alimentación: Líneas de alimentación MT AGLOMERDOS y Líneas de alimentación MDF.

Adicionalmente en la Figura 5.3, podemos observar la evolución del consumo eléctrico total de la empresa y la evolución de producción de aglomerados en metros cúbicos.

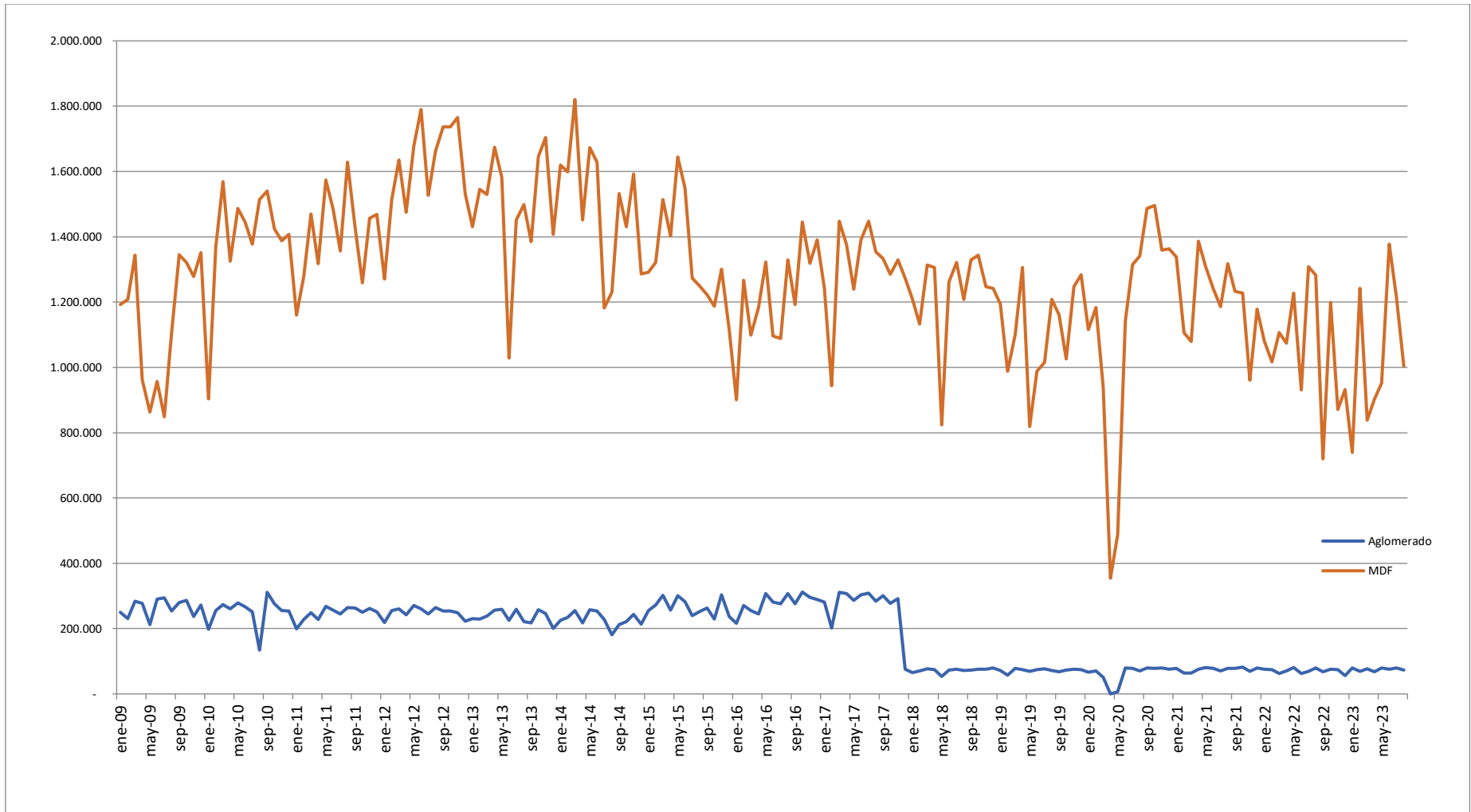


Figura 5.2. Consumo Eléctrico por líneas de alimentación de Agglomerados Cotopaxi S.A (kW).

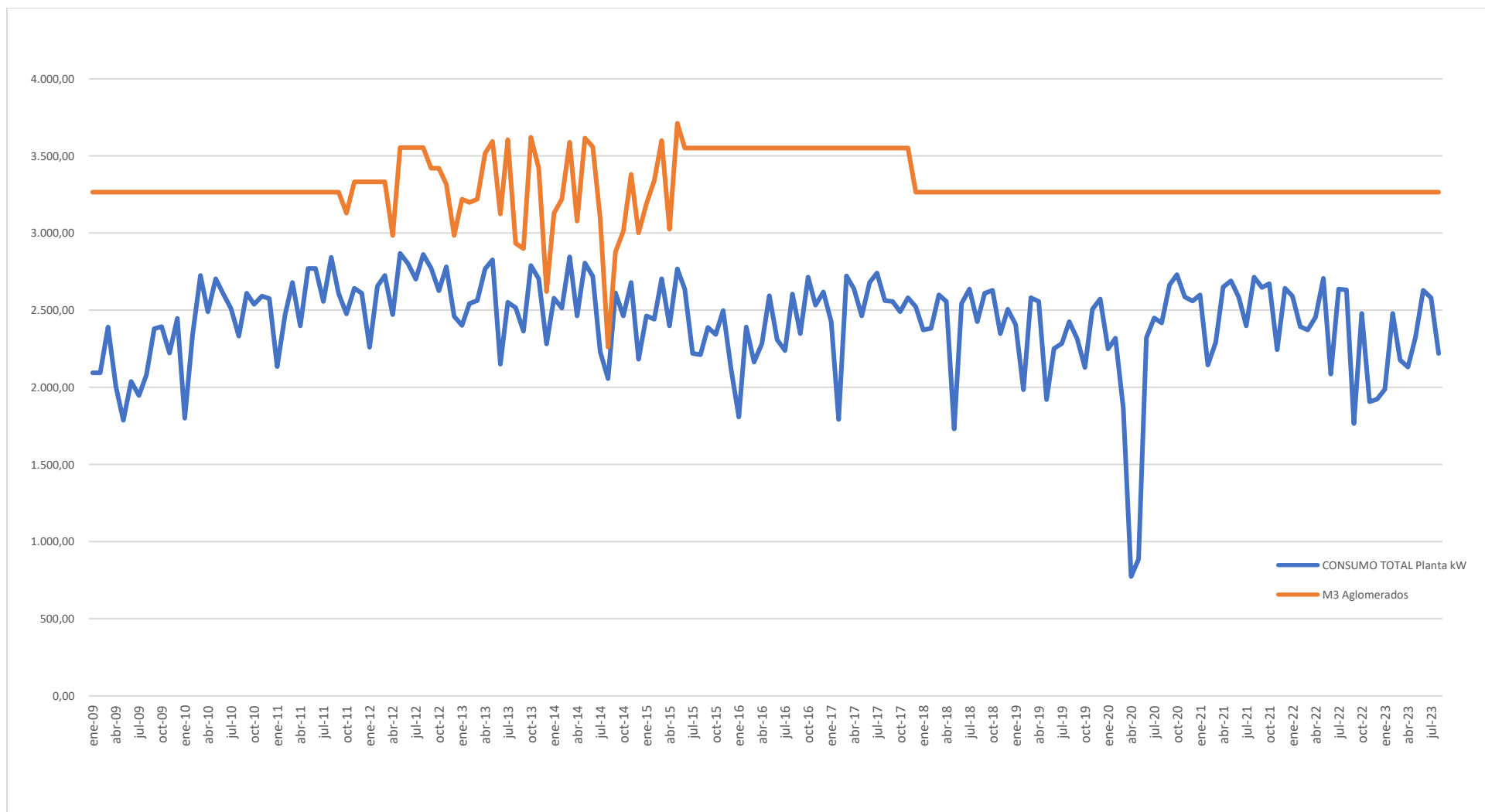


Figura 5.3. Consumo total de Energía (kW) VS M3 de producción de Aglomerados Cotopaxi S.A.

5.2 Diagnóstico de cargas eléctricas de áreas productivas de la empresa

A partir de este levantamiento de información y la creación de una base de datos que clasifica los motores desde el alimentador hasta el área productiva y los grupos de motores, se obtuvo una distribución detallada y un diagnóstico preciso de cada área de producción. Para realizar este diagnóstico, los motores en las áreas de producción de la empresa se clasificaron según su potencia nominal. La clasificación se organizó en intervalos de 5 kW, abarcando desde 0 kW en adelante, según la diferencia de potencias nominales de los motores.

En la línea de alimentación de “MT de AGLOMERADOS”, se identificaron los siguientes resultados en la distribución de motores en las tres áreas productivas, como se muestra en la Figura 5.4.

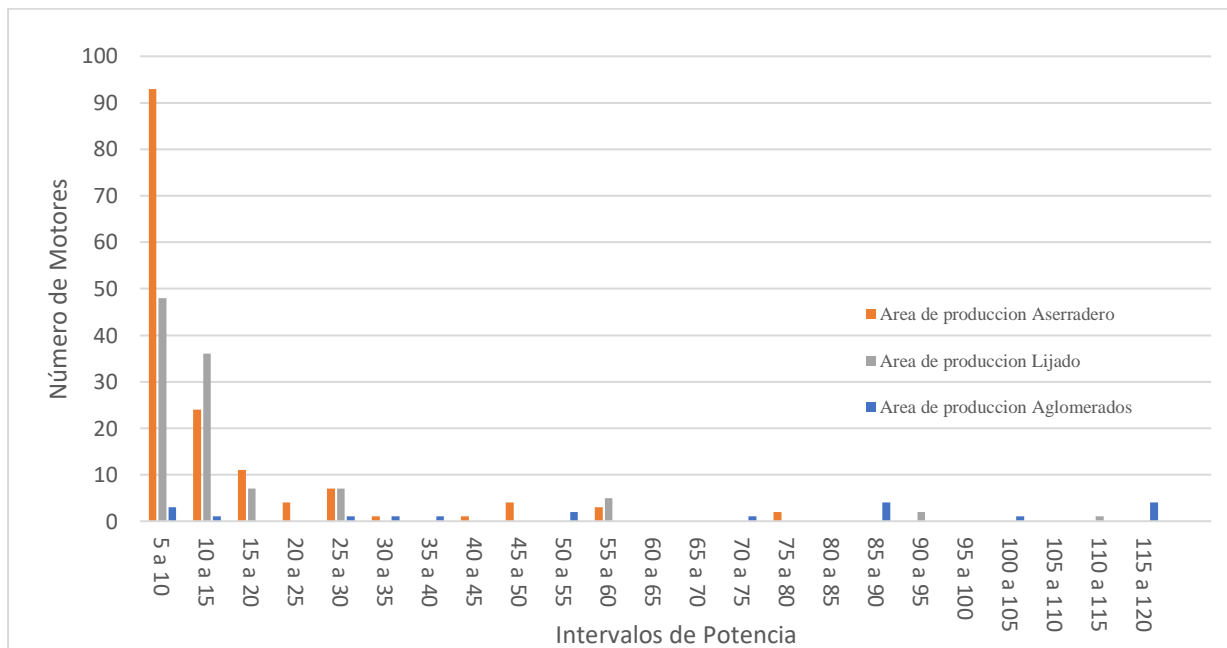


Figura 5.4. Distribución de Motores por área de producción de línea de alimentación MT AGLOMERADOS.

En las áreas de producción de Aglomerados y en el área de producción Aserradero se puede observar una gran presencia de motores de entre 0 a 5 kW de potencia nominal, concluyendo que existen una notoria presencia de motores de potencia pequeñas. En un análisis de los procesos de estas dos áreas productivas podemos concluir que esto se debe a la gran presencia de líneas de transporte de troncos, sobrantes y desprecios que luego son utilizados para más procesos de producción de la empresa como por ejemplo en la fabricación de aglomerados o MDF. En contraparte el área de lijado es un área que presenta una gran variedad motores en

una pequeña cantidad. Este proceso se caracteriza por el lijado de tableros de aglomerados y MDF proceso que consta de líneas de transporte, línea de elevación y bajada, máquinas de lijado con grandes motores y aspiración de polvo. En la línea de alimentación MT MDF se encontró las siguientes áreas de producción en las Figura 5.5.

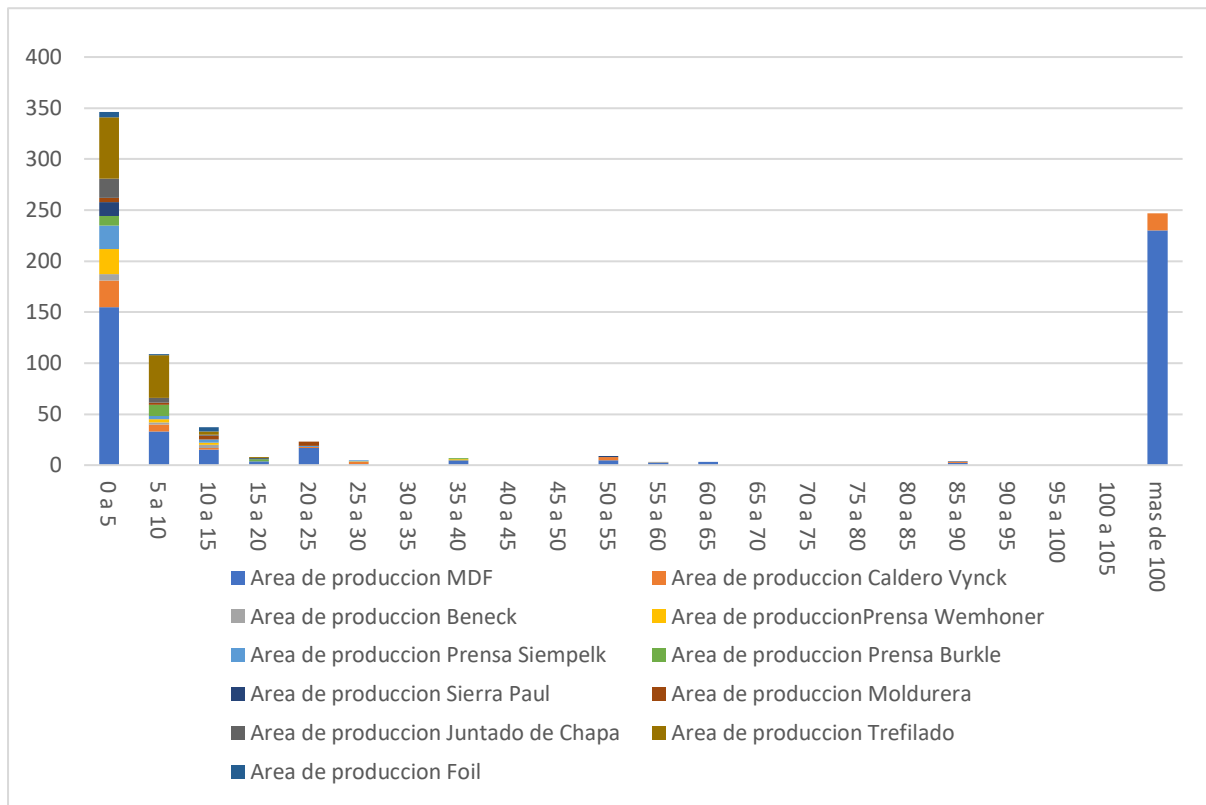


Figura 5.5. Distribución de motores de línea alimentación MDF por área de producción.

En un diagnóstico general de las áreas de producción de la línea de alimentación MT aglomerados podemos ver que la empresa cuenta con mucha cantidad de motores de entre 0 a 5 kW y con algunos motores de muy grande potencia en puntos de gran esfuerzo de carga. Al tratarse de una empresa de creación de tableros de MDF y aglomerados es lógico esta gran presencia de motores para líneas de transporte de materia prima, producto crudo o en proceso de terminar y productor terminado. Después de obtener la información de las distribuciones de los motores procedemos a identificar los procesos donde se ven involucrados para comprender los procesos de producción y la razón esta distribución de motores por áreas de producción. En la Tabla 5.3, se puede ver los procesos donde los motores eléctricos se encuentran involucrados clasificados por los productos elaborados en la empresa, esta información es gracias a el levantamiento de la información, investigación de los procesos y conocimiento empíricos de los jefes y técnicos de mantenimientos de la planta.

Tabla 5.3. Procesos de producción y motores involucrados.

Producción	Procesos con motores involucrados	Detalles
Aserradero	Transporte	Involucra motores pequeños y mucha cantidad en líneas de bandas, correas o mecánicas para materia prima
	Descortezado	Motor de gran consumo para aguantar este proceso pesado.
	Cortes	Cierras con motores eléctricos con cantidad y demanda moderada
	Pulverización	Motor de gran consumo para aguantar este proceso pesado.
	Madera	Líneas de transporte de madera por líneas de bandas mecánicas
Aglomerados	Mescla	Transporte de material primo por tuberías, es necesario motores de precisión para mescla correcta
	Transporte	Involucra motores pequeños y mucha cantidad en líneas de bandas, correas o mecánicas para materia prima
	Prensa	Formación de tablero, necesarios varios motores de precisión y de potencia
	Horno	Proceso térmico de los tableros, no involucrar motores eléctricos directamente
	Secado	Rodillo y aire caliente para secado al aire libre los tableros. Motores moderados
	Distribución	Involucra motores pequeños y mucha cantidad en líneas de bandas, correas o mecánicas para tableros
MDF	Mescla	Transporte de material primo por tuberías, es necesario motores de precisión para mescla correcta
	Transporte	Involucra motores pequeños y mucha cantidad en líneas de bandas, correas o mecánicas.
	Prensa	Formación de tablero, necesarios varios motores de precisión y de potencia
	Horno	Proceso térmico de los tableros, no involucrar motores eléctricos directamente
	Secado	Rodillo y aire caliente para secado al aire libre los tableros. Motores moderados
	Distribución	Involucra motores pequeños y mucha cantidad en líneas de bandas, correas o mecánicas para tableros
Prensas	Ubicación de tableros	Involucra de brazos mecánicos con motores eléctricos
	Alineación	Proceso manual, no involucra motores
	Prensa	Formación de tablero, necesarios varios motores de precisión y de potencia
	Distribución	Involucra motores pequeños y mucha cantidad en líneas de bandas, correas o mecánicas para tableros
Molduras	Transporte	Involucra motores pequeños y mucha cantidad en líneas de bandas, correas o mecánicas.
	Corte	Motores de demanda moderada para generar detalles en los tableros.
Trefilado	Pintura	Presencia de motores moderados-bajos
	Transporte	Involucra motores pequeños y mucha cantidad en líneas de bandas, correas o mecánicas para materia prima
	Detalles	Motores pequeños para detalles
	Distribución	Involucra motores pequeños y mucha cantidad en líneas de bandas, correas o mecánicas para productos

En conclusión, en el diagnóstico de las cargas de la empresa se puede observar en la Tabla 5.4. En esta tabla se clasifica a los motores por tipos, los cuales dependen de la potencia de los motores analizados, además de explicar la distribución de los motores en la empresa. Identificando que cada tipo de motores están sujetos a un trabajo determinado en la producción de la empresa.

Tabla 5.4. Resultados del diagnóstico del levantamiento de la base de datos de las cargas eléctrica de la empresa.

Tipo de motores	Procesos involucrados los motores eléctricos	Potencia nominal	Detalles
TIPO I	Bandas de transporte	Baja Potencia nominal (entre 0 a 10 KW)	Existe la mayor cantidad de motores y una potencia nominal no muy alta en líneas de transporte tanto de materia prima como de productos terminados.
TIPO II	Equipos de detalles de productos terminado	Potencia nominal baja- moderada (entre 10 kW a 50 kW)	Motores de pintura y detalles de productos terminados, con consumo indirecto por motores.
TIPO III	Procesos intermedios de la producción	Potencia nominal moderada (entres 50 kW a 100 kW)	Aquí entra los motores de corte y precisión del proceso de producción
TIPO IV	Proceso de gran demanda de trabajo	Potencia nominal de gran consumo (>100 kW)	Motores que trabajan para con una gran demanda de energía. Se caracteriza por ser entre 1 y 3 motores eléctricos para el trabajo específico.

5.3 Propuesta de estrategias para mejorar la eficiencia energética en la empresa

En la última etapa del trabajo, se proponen estrategias para mejorar la eficiencia energética, basadas en el diagnóstico y las necesidades específicas de la empresa. Antes de identificar estas estrategias, es esencial realizar un análisis exhaustivo de los sistemas de producción y automatización para determinar si ya existen iniciativas de eficiencia energética implementadas. Para mejorar la precisión de las propuestas, se analizaron las estrategias actuales de la empresa para optimizar su eficiencia. Dichas estrategias están detalladas en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Estrategias para mejorar la eficiencia energética implementadas actualmente de la Industria.

ESTRATEGIAS DE EE	Estrategias existentes en la empresa
Implementación de Sistema de Gestión de Energía (SGen)	
Actualización a nuevas tecnologías	
Sistemas de control integrado al proceso	X
Sistemas de control avanzado con ajustes de velocidad automáticos	X
Calidad actual del sistema eléctrico de la industria	
Optimización de procesos de producción	
Implementación de tecnologías de generación renovables	
Campañas de concientización de uso de energía al personal	X

Una vez identificadas las estrategias de mejorar de eficiencia energética que la empresa ya posee podemos ser más precisos en el proceso de propuestas de estrategias de mejorar de eficiencia energética. El último paso de este trabajo de titulación es la propuesta de estrategias de mejora de eficiencia energética en la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. En este trabajo se presentará dos propuestas de mejora de la eficiencia eléctrica para la empresa basado en el diagnóstico y presentado más adelante en el texto:

1. Propuesta de actualización de en nuevas tecnologías más eficientes para mejorar la eficiencia energética de la empresa
2. Propuesta de reducción de consumo eléctrico en el sistema eléctrico

5.3.1 Propuesta de actualización de en nuevas tecnologías más eficientes para mejorar la eficiencia energética de la empresa

Una de las estrategias para mejorar el eficiencia energetica en la industria muy utilizada a nivel mundial es la actualizacion a nuevas tecnologias mas eficientes en sus procesos productivos. Mediante el diagnostico de la eficiencia energetica realizado a la empresa este trabajo propone esta estrategia de mejora. En la busqueda de nuevas tecnologias de mayor eficiencia en este estudio se determino generar el program con los motores de la Marca WEG los denominados “MOTORES TRIFAISCOS W21 MULTIMONTAJE” Y “MOTORES TRIFAISCOS W22”. En la Figura 5.6, se presenta el ejemplo del catalogos W21 consultados en el catalogo [54] para este estudio.

The image shows a technical catalog for WEG three-phase motors. The title is "MOTORES TRIFÁSICOS W21 MULTIMONTAJE CARCASA EN ALUMINIO - USO GENERAL" with a sub-note "IEC IE3 EFICIENCIA PREMIUM". The table lists various motor models with columns for power (kW), voltage (V), current (A), speed (rpm), efficiency, and other technical parameters. The data is organized in a grid format with alternating light blue and white rows.

Figura 5.6. Catálogo de motores de la marca WEG [54].

En esta presenta en las tablas Tabla 5.6, Tabla 5.7 , Tabla 5.8 y Tabla 5.9 se presenta el análisis de comprobación de mejora de eficiencia con la actualización a nuevas tecnologías. En este análisis se considera la potencia mecánica constante ya que los motores actualizados van continuar expuesto a mismo estrés mecánico. En este análisis se compara la potencia eléctrica de los motores existente con los motores eléctricos propuestos obteniendo una corriente de los nuevos motores eléctricos que van a consumir con la misma potencia mecánica que el motor existente.

5.3.1.1 Estudio económico de actualización de nuevas tecnologías considerando el mercado de motores eléctricos en Aglomerados Cotopaxi S.A.

En este apartado se analiza la viabilidad de la actualización de cada motor de manera individual, un enfoque que responde a los requerimientos de la empresa para realizar inversiones progresivas en el tiempo. Para determinar la viabilidad de un proyecto de inversión a largo plazo, es crucial considerar aspectos como el valor del dinero en el futuro y el ahorro económico proyectado. Estos parámetros han sido incorporados en el estudio de viabilidad para la actualización a nuevas tecnologías más eficientes. Es importante destacar que, para calcular el retorno de la inversión en cada uno de los proyectos individuales, se tomaron en cuenta las siguientes condiciones de la empresa

- Los costos de mano de obra no se consideran en este estudio, ya que la empresa cuenta con técnicos capacitados, eliminando la necesidad de incurrir en costos adicionales para el proyecto de actualización de los motores eléctricos.
- Los costos de materiales eléctricos, como conductores, tampoco se incluyen en este análisis, dado que se seleccionaron motores eléctricos con potencias nominales similares para evitar la necesidad de reemplazar el cableado existente.

A continuación, se presenta la rentabilidad de la actualización de los motores en las áreas de MDF, producción de prensa Wemhoner, y producción de trefilado, mostrada en las Tabla 5.6, Tabla 5.7 y Tabla 5.8 respectivamente.

Tabla 5.6. Tabla de viabilidad de actualización de nuevas tecnologías de más eficientes basado en catálogos Motores WEG en área de producción MDF.

MOTOR EXISTENTE					MOTOR PROPUESTO				Diferencia entre corrientes	Potencia de Ahorro (kW/año)	Ahorro anual (\$/kW)
VALORES NOMINALES			VALORES REALES		VALORES NOMINALES			VALORES REALES			
DENOMINACION	HP	Corriente	IE	Corriente real	IE	HP	Corriente	Corriente real			
M320	0,25	0,29	IE1	0,28	IE3	0,25	0,48	0,26	0,02	95674,68	6697,23
M260.1	0,33	0,42	IE1	0,354	IE3	0,33	0,67	0,32	0,04	150047,64	10503,33
M112	0,50	1,15	IE1	1,00	IE3	0,50	1,72	0,95	0,05	219829,79	15388,09
M203	0,50	1,16	IE1	0,90	IE3	0,50	1,12	1,06	-0,16	-585820,46	-41007,43
M306	0,75	0,75	IE1	0,73	IE3	0,75	1,08	0,53	0,20	1019778,23	71384,48
M151.18	1,00	1,50	IE1	1,36	IE3	1,00	1,46	1,12	0,24	1150700,12	80549,01
M151.17	1,00	1,50	IE1	1,33	IE3	1,00	1,46	1,04	0,29	1394809,21	97636,64
M205	1,00	2,10	IE1	1,60	IE3	1,00	1,25	1,52	0,08	328605,68	23002,40
M241	1,00	2,00	IE1	1,60	IE3	1,00	1,46	1,08	0,52	2484784,68	173934,93
M245S	1,50	1,59	IE1	1,46	IE3	1,50	2,09	1,11	0,35	1693608,95	118552,63
M101	1,50	2,90	IE1	2,80	IE3	1,50	2,54	2,84	-0,04	-168235,62	-11776,49
M202	1,50	1,89	IE1	1,80	IE3	1,50	2,09	1,56	0,24	1150281,52	80519,71
M232	1,50	1,95	IE1	1,50	IE3	1,50	2,09	1,30	0,20	958567,94	67099,76
M242	1,50	1,96	IE1	1,75	IE3	1,50	2,09	1,52	0,23	1118329,26	78283,05
M245A	4,00	3,88	IE1	3,73	IE3	4,00	2,96	4,40	-0,67	-2411839,77	-168828,78
10M11	4,00	7,85	IE1	6,30	IE3	4,00	6,31	5,66	0,64	2748172,60	192372,08
10M16	4,00	7,85	IE1	6,20	IE3	4,00	6,31	5,57	0,63	2732399,56	191267,97
10M10	4,00	7,85	IE1	6,00	IE3	4,00	6,31	5,39	0,61	2644257,64	185098,03
10M13	4,00	7,85	IE1	6,00	IE3	4,00	6,31	5,39	0,61	2644257,64	185098,03
10M12	4,00	7,85	IE1	5,90	IE3	4,00	6,31	5,30	0,60	2600186,68	182013,07
10M14	4,00	7,85	IE1	5,90	IE3	4,00	6,31	5,30	0,60	2600186,68	182013,07
10M17	4,00	7,85	IE1	5,90	IE3	4,00	6,31	5,30	0,60	2600186,68	182013,07
M259	4,00	4,77	IE1	4,33	IE3	4,00	6,31	3,89	0,44	1908272,59	133579,08
M258	5,00	5,25	IE1	5,08	IE3	5,00	7,64	4,48	0,60	2573118,82	180118,32
M151.3	5,00	6,70	IE1	5,99	IE3	5,00	7,64	5,81	0,18	782137,87	54749,65
90M19	10,00	13,90	IE1	12,50	IE3	10,00	12,70	10,96	1,54	7771754,15	544022,79

Tabla 5.7. Tabla de viabilidad de actualización de nuevas tecnologías de más eficientes basado en catálogos Motores WEG en área de producción Prensa Wemhoner.

MOTOR EXISTENTE					MOTOR PROPUESTO				DIFERENCIA	Potencia de Ahorro (kW/año)	Ahorro anual (\$/kW)
VALORES NOMINALES			VALORES REALES		VALORES NOMINALES			VALORES REALES			
DENOMINACION	HP	Corriente de placa (A)	IE	Corriente real	IE	HP	Corriente de placa (A)	Corriente Medida (A)			
3M1.2	3,00	3,50	IE1	2,80	IE3	3,00	4,08	2,50	0,30	1410735,55	98751,49
3M1.3	3,00	3,50	IE1	2,80	IE3	3,00	4,08	2,50	0,30	1410735,55	98751,49
90M1	10	17,10	IE1	15,00	IE3	15,00	12,70	11,60	3,40	17163167,98	1201421,76
90M2	15	21,70	IE1	18,50	IE3	15,00	19,30	15,76	2,74	13345899,13	934212,94
3M2	2	3,60	IE1	3,10	IE3	2,00	2,71	3,19	-0,09	-479235,95	-33546,52
90M3	5	5,70	IE1	4,45	IE3	5,00	6,45	4,57	-0,12	-594500,79	-41615,06
19M3	5	5,70	IE1	4,50	IE3	5,00	6,45	4,27	0,23	1193206,11	83524,43
52M1	10	12,50	IE1	9,50	IE3	10,00	1,15	8,91	0,59	3088365,09	216185,56

Tabla 5.8. Tabla de viabilidad de actualización de nuevas tecnologías de más eficientes basado en catálogos Motores WEG en área de producción Prensa Siempelk.

MOTOR EXISTENTE					MOTOR PROPUESTO				DIFERENCIA	Potencia de Ahorro (kW/año)	Ahorro anual (\$/kW)
VALORES NOMINALES			VALORES REALES		VALORES NOMINALES			VALORES REALES			
DENOMINACION	HP	Corriente de placa (A)	IE	Corriente real	IE	HP	Corriente de placa (A)	Corriente Medida (A)			
16M4	1,5	1,45	IE1	1,24	IE3	1,50	2,09	1,03	0,21	993104,17	69517,29
4M10	2,5	15,00	IE1	14,50	IE3	20,00	24,90	12,45	2,05	10587219,03	741105,33
4M30	3,5	1,20	IE1	0,87	IE3	0,75	1,16	0,66	0,21	962123,56	67348,65
16M6	4,5	1,50	IE1	1,65	IE3	0,75	1,16	1,28	0,37	1729367,78	121055,74
4M1	5,5	2,00	IE1	1,14	IE3	1,00	1,46	0,96	0,18	849060,80	59434,26
4M2	6,5	2,00	IE1	1,19	IE3	1,00	1,46	1,00	0,19	886300,31	62041,02

Tabla 5.9. Tabla de viabilidad de actualización de nuevas tecnologías de más eficientes basado en catálogos Motores WEG en área de producción Trefilado.

MOTOR EXISTENTE					MOTOR PROPUESTO				DIFERENCIA	Potencia de Ahorro (kW/año)	Ahorro anual (\$/kW)
VALORES NOMINALES			VALORES REALES		VALORES NOMINALES		VALORES REALES				
DENOMINACION	HP	Corriente de placa (A)	IE	Corriente real	IE	HP	Corriente de placa (A)	Corriente Medida (A)			
0K51-M6	1	1,92	IE1	1,80	IE3	1,00	15,70	1,26	0,54	2559139,61	179139,77
0K51-M6	1	1,92	IE1	1,48	IE3	1,00	15,70	1,04	0,44	2104181,46	147292,70
0K52-M7	1	1,92	IE1	1,56	IE3	1,00	15,70	1,09	0,47	2217921,00	155254,47
12K5-M11	0,75	1,07	IE1	0,83	IE3	0,75	15,70	0,57	0,26	1181995,25	82739,67
1F6-MV1	0,12	0,40	IE1	0,32	IE3	0,12	0,72	0,51	-0,19	-502264,93	-35158,55
1F6-MV1	0,12	0,40	IE1	0,31	IE3	0,12	0,72	0,49	-0,18	-486569,16	-34059,84
1K5-M1	0,25	4,70	IE1	4,50	IE3	0,25	0,72	4,11	0,39	1646851,92	115279,63
2K5-M2	4	7,10	IE1	6,02	IE3	4,00	7,07	5,29	0,73	3146424,74	220249,73
2K5-M2	0,5	1,07	IE1	0,81	IE3	0,50	1,00	0,62	0,19	856378,67	59946,51
2U1-1M1	0,75	1,43	IE1	1,21	IE3	0,75	1,00	0,88	0,33	1544308,60	108101,60
3K5-M3	3	5,60	IE1	4,50	IE3	3,00	1,00	4,09	0,41	1687909,93	118153,70
3K5-M3	0,75	1,70	IE1	1,46	IE3	0,75	1,00	1,16	0,30	1235909,36	86513,66
3K5-M3	0,75	1,70	IE1	1,44	IE3	0,75	1,00	1,14	0,30	1223542,03	85647,94
4K5-M4	3	5,60	IE1	4,40	IE3	3,00	5,49	4,00	0,40	1650400,82	115528,06
4K5-M4	0,75	1,07	IE1	0,93	IE3	0,75	0,92	0,01	0,92	417744119,70	29242088,38

Después del análisis de los proyectos de actualización de motores a motores más eficientes arroja los siguientes proyectos individuales viables que se muestran en la Tabla 5.10. Esta tabla representa todos los motores considerando los motores en el mercado con su eficiencia y su viabilidad en el ahorro y tiempo de retorno de la inversión, demostrando así la viabilidad del proyecto, Además se considera el VAN y el TIR de un periodo de 10 años.

Tabla 5.10. Motores considerados para la actualización de tecnologías amas eficientes

MOTOR EXISTENTE						MOTOR PROPUESTO					
VALORES NOMINALES				VALORES REALES		VALORES NOMINALES				VALORES REALES	
DENOMINACION	HP	Corriente de placa (A)	EFICIENCIA	IE	Corriente Medida (A)	IE	EFICIENCIA	HP	Corriente de placa (A)	Corriente Calculada (A)	
M320	0,25	0,29	57%	IE1	0,28	IE3	66%	0,25	0,48	0,26	
M260.1	0,33	0,42	55%	IE1	0,354	IE3	73%	0,33	0,67	0,32	
M112	0,50	1,15	68%	IE1	1,00	IE3	75%	0,50	1,72	0,95	
M306	0,75	0,75	68%	IE1	0,73	IE3	77%	0,75	1,08	0,53	
M151.18	1,00	1,50	72%	IE1	1,36	IE3	85%	1,00	1,46	1,12	
M151.17	1,00	1,50	72%	IE1	1,33	IE3	85%	1,00	1,46	1,04	
M205	1,00	2,10	72%	IE1	1,60	IE3	83%	1,00	1,25	1,52	
M241	1,00	2,00	72%	IE1	1,60	IE3	85%	1,00	1,46	1,08	
M245S	1,50	1,59	75%	IE1	1,46	IE3	87%	1,50	2,09	1,11	
M202	1,50	1,89	75%	IE1	1,80	IE3	87%	1,50	2,09	1,56	
M232	1,50	1,95	75%	IE1	1,50	IE3	87%	1,50	2,09	1,30	
M242	1,50	1,96	75%	IE1	1,75	IE3	87%	1,50	2,09	1,52	
M245A	4,00	3,88	80%	IE1	3,73	IE3	81%	4,00	2,96	4,40	
10M11	4,00	7,85	80%	IE1	6,30	IE3	87%	4,00	6,31	5,66	
10M16	4,00	7,85	80%	IE1	6,20	IE3	87%	4,00	6,31	5,57	
10M10	4,00	7,85	80%	IE1	6,00	IE3	87%	4,00	6,31	5,39	
10M13	4,00	7,85	80%	IE1	6,00	IE3	87%	4,00	6,31	5,39	
10M12	4,00	7,85	80%	IE1	5,90	IE3	87%	4,00	6,31	5,30	
10M14	4,00	7,85	80%	IE1	5,90	IE3	87%	4,00	6,31	5,30	
10M17	4,00	7,85	80%	IE1	5,90	IE3	87%	4,00	6,31	5,30	
M259	4,00	4,77	80%	IE1	4,33	IE3	87%	4,00	6,31	3,89	
M258	5,00	5,25	80%	IE1	5,08	IE3	90%	5,00	7,64	4,48	
M151.3	5,00	6,70	80%	IE1	5,99	IE3	90%	5,00	7,64	5,81	
90M19	10	13,9	88%	IE1	12,5	IE3	92%	10	12,7	10,96	
3M1.2	3,0	3,5	79%	IE1	2,8	IE3	90%	3,0	4,1	2,5	
3M1.3	3,0	3,5	79%	IE1	2,8	IE3	90%	3,0	4,1	2,5	

90M1	10,0	17,1	83%	IE1	15,0	IE3	92%	15,0	12,7	11,6
90M2	15,0	21,7	85%	IE1	18,5	IE3	92%	15,0	19,3	15,8
19M3	5,0	5,7	84%	IE1	4,5	IE3	89%	5,0	6,5	4,3
52M1	10,0	12,5	84%	IE1	9,5	IE3	91%	10,0	1,2	8,9
16M4	1,5	1,5	73%	IE1	1,2	IE3	87%	1,5	2,1	1,0
4M10	2,5	15,0	86%	IE1	14,5	IE3	92%	20,0	24,9	12,5
4M30	3,5	1,20	66%	IE1	0,87	IE3	81%	0,75	1,16	0,66
16M6	4,5	1,50	69%	IE1	1,65	IE3	81%	0,75	1,16	1,28
4M1	5,5	2,00	72%	IE1	1,14	IE3	85%	1,00	1,46	0,96
4M2	6,5	2,00	72%	IE1	1,19	IE3	85%	1,00	1,46	1,00
0K51-M6	1	1,92	84%	IE1	1,80	IE3	85%	1,00	15,70	1,26
0K51-M6	1	1,92	77%	IE1	1,48	IE3	85%	1,00	15,70	1,04
0K52-M7	1	1,92	81%	IE1	1,56	IE3	85%	1,00	15,70	1,09
12K5-M11	0,75	1,07	78%	IE1	0,83	IE3	81%	0,75	15,70	0,57
1K5-M1	0,25	4,70	96%	IE1	4,50	IE3	70%	0,25	0,72	4,11
2K5-M2	4	7,10	85%	IE1	6,02	IE3	90%	4,00	7,07	5,29
2K5-M2	0,5	1,07	76%	IE1	0,81	IE3	75%	0,50	1,00	0,62
2U1-1M1	0,75	1,43	85%	IE1	1,21	IE3	81%	0,75	1,00	0,88
3K5-M3	3	5,60	80%	IE1	4,50	IE3	90%	3,00	1,00	4,09
3K5-M3	0,75	1,70	86%	IE1	1,46	IE3	82%	0,75	1,00	1,16
3K5-M3	0,75	1,70	85%	IE1	1,44	IE3	82%	0,75	1,00	1,14
4K5-M4	3	5,60	79%	IE1	4,40	IE3	90%	3,00	5,49	4,00
4K5-M4	0,75	1,07	87%	IE1	0,93	IE3	80%	0,75	0,92	0,67

Para la propuesta de actualización de nuevas tecnologías en este trabajo se consideró una propuesta una implementación de varios motores descritos en la Tabla 5.11, en esta propuesta contemplamos una inversión de \$ 23 674,25 dólares para la implementación de 49 motores, lo cual se corresponde 9,1 % de los motores en funcionamiento de la empresa. En la Tabla 5.4 se presenta el cálculo del estudio económico con un VAN de 10 años.

Tabla 5.11. Resultados del estudio económico de la propuesta de actualización de nuevas tecnologías.

AHORRO (\$/año)	INVERSION (\$)	AHORRO AÑO 1 (\$/año)	AHORRO AÑO 2 (\$/año)	AHORRO AÑO 3 (\$/año)	AHORRO AÑO 4 (\$/año)	AHORRO AÑO 5 (\$/año)	AHORRO AÑO 6 (\$/año)	AHORRO AÑO 7 (\$/año)	AHORRO AÑO 8 (\$/año)	AHORRO AÑO 9 (\$/año)	AHORRO AÑO 10 (\$/año)	VAN	TIR
\$ 7.645,48	\$- 23.674,25	\$ 7.023,22	\$ 7.645,48	\$ 5.926,52	\$ 5.444,17	\$ 5.001,07	\$ 4.594,04	\$ 4.220,14	\$ 3.876,66	\$ 3.561,15	\$ 3.271,31	\$ 26.889,52	21%

5.3.2 Propuesta de mejora de consumo eléctrico en el sistema eléctrico

Una de las estrategias de eficiencia energética identificadas en este estudio es la optimización del sistema de iluminación en las áreas de producción más importantes de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., las cuales se encuentran en las naves de producción. La propuesta de mejora de la eficiencia energética en estas áreas se desarrolló utilizando herramientas digitales de acceso libre, como se muestra en la Figura 5.7.

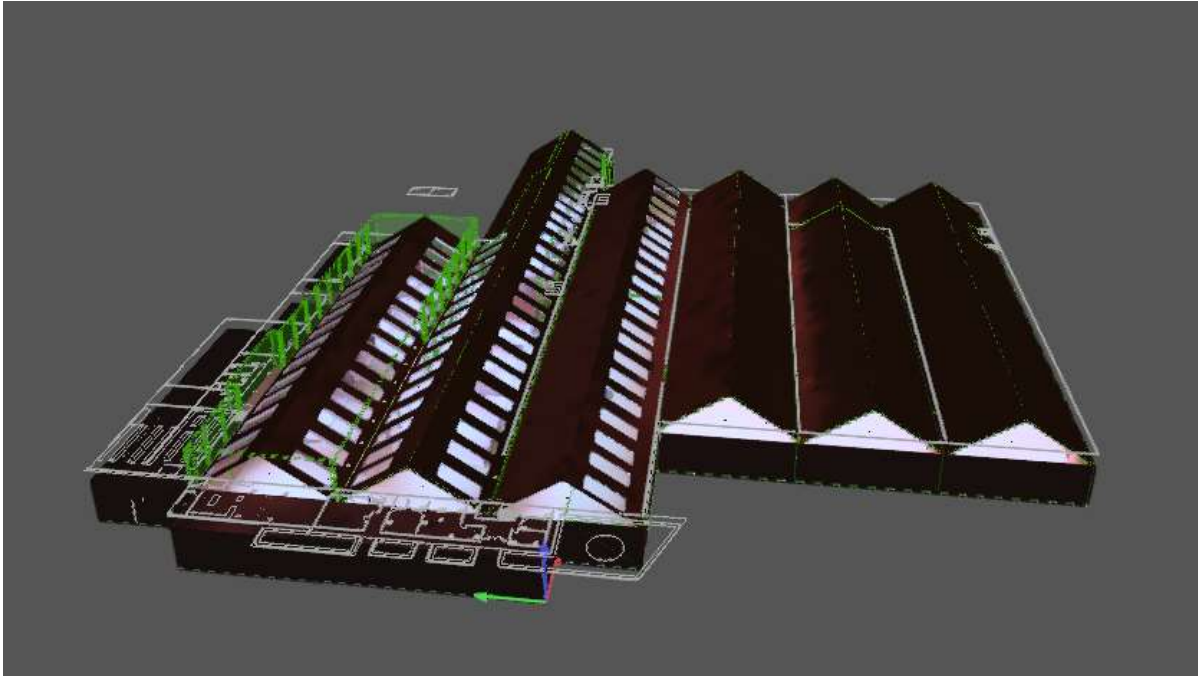


Figura 5.7. Programa de Software libre de mejorar de eficiencia energética en el sistema de iluminación de la empresa.

Dado el tamaño y la complejidad de la empresa, se decidió enfocar la propuesta de mejora en las áreas críticas para el proceso de producción. Por esta razón, se realizó un diagnóstico detallado de las naves de producción que albergan las líneas de fabricación de MDF, aglomerados, prensas y otros procesos descritos anteriormente. La distribución de estas áreas de estudio se presenta en la Figura 5.8.

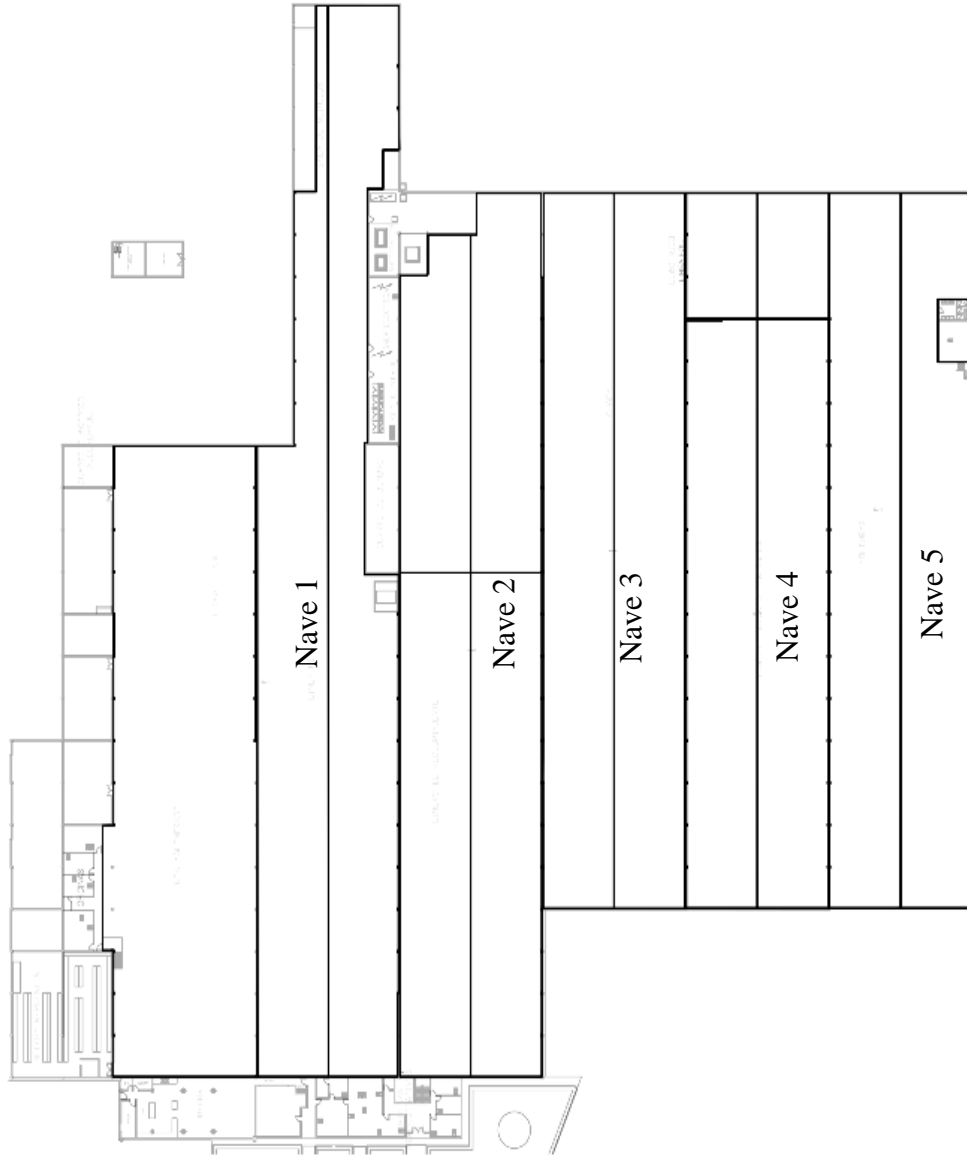


Figura 5.8. Espacio de trabajo consideramos para la mejora de eficiencia en el sistema de iluminación.

El diagnóstico de la eficiencia energética del sistema de iluminación se centró en los sectores con mayor producción de la empresa. Para este análisis se utilizó un software de acceso libre, tomando en cuenta el Decreto Ejecutivo 2393, que establece los niveles mínimos de iluminación (luxes) requeridos para cada zona de trabajo. En la Tabla 5.12, se presenta una síntesis de dicho decreto y su comparación con las áreas de trabajo de Aglomerados Cotopaxi S.A.

Tabla 5.12. Tabla de iluminación mínima de área de trabajo según el reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo emitido mediante el decreto ejecutivo 2393.

LEGISLACION ECUATORIANA (Decreto Ejecutivo 2393)		TRABAJOS ESPECIFICOS Y SIMILARES AGLOMERADOS COOTPAXI S.A
ILUMINACION MINIMA	ACTIVIDADES	
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso.	N/A
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.	Pasillos en general
100 luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores.	Pasillos y Válvulas
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.	Maquinas, Mesas de Trabajo, Válvulas y Líneas producción
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.	Escritorios
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.	N/A
1000 luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.	N/A

La propuesta de mejora en el sistema de iluminación incluyó la recopilación de información sobre las lámparas actualmente instaladas y la investigación de nuevas tecnologías de iluminación más eficientes. En la Tabla 5.13, se comparan las características de las lámparas del sistema existente con las lámparas propuestas.

Tabla 5.13. Comparación de características de lámparas del sistema de iluminación existente y el sistema de propuesta de mejora de eficiencia de energía.

Características de lámparas industriales				
Sistema de iluminación	Nombre de Lampara Industrial	Potencia	Lúmenes	Eficiencia de lámparas
Existente	LED HIGHT GC015- SYLVANIA	200 W	25 000	125 lm/W
Propuesta para la mejora de eficiencia energética	Spartan PE D29 On/Off CEL-1,5 -Auran light	200 W	34160	170.8 lm/W

En la Figura 5.9, se observó las características de la lámpara investigada para la propuesta para mejorar en el sistema de iluminación.

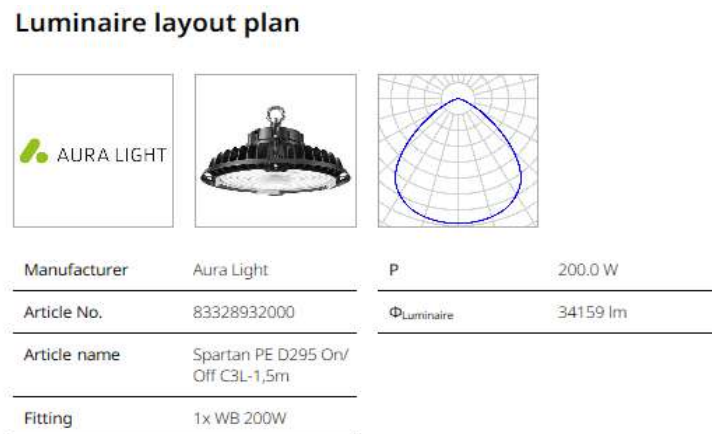


Figura 5.9. Características de las lámparas propuestas de mejorar de eficiencia energética en la empresa.

En la Tabla 5.14, se muestran los resultados del estudio de verificación de la mejora en el consumo energético del sistema de iluminación, comparando tres escenarios:

1. Sistema de iluminación actual de la empresa.
2. Sistema propuesto con lámparas de mayor eficiencia.
3. Sistema propuesto con lámparas de mayor eficiencia y una nueva distribución optimizada.

Tabla 5.14. Comparación de resultados del estudio lumínico de la propuesta de mejora de la eficiencia energética en el sistema de iluminación por naves en diferentes sistemas de iluminación según el Decreto ejecutivo 2393.

NAVE	Sistema existente (luxes)	Sistema propuesto (luxes)	Sistema propuesto con nueva distribución (luxes)	Mínimo de luxes en naves de trabajo según el decreto 2393 (luxes)
NAVE 1	81.8	116	20	200
NAVE 2	117	164	209	200
NAVE 3	299	399	397	200
NAVE 4	449	601	365	200
NAVE 5	418	558	301	200

Cabe destacar que el escenario 1 cuenta con 167 lámparas "LED HIGHT GC015 - SYLVANIA", mientras que los escenarios 2 y 3 utilizan 167 y 151 lámparas "Spartan PE D29 On/Off CEL-1,5 - Auran light", respectivamente. La redistribución en el escenario 3 permite

cumplir con los niveles mínimos de iluminación establecidos para cada área de trabajo, según el Decreto 2393.

5.3.2.1 Estudio económico de la propuesta de mejora de consumo eléctrico en el sistema eléctrico

Además de verificar el cumplimiento de los niveles mínimos de iluminación, se realizó una comparación del consumo energético anual de cada sistema, como se detalla en la Tabla 5.15. Este análisis consideró las siguientes condiciones:

1. Las lámparas operan desde las 18:00 hasta las 06:00 durante días laborales.
2. La empresa opera los 7 días de la semana, por lo que las luminarias están en uso continuo.
3. La empresa aglomerados tiene un costo de electricidad de 0.07 \$/Kwh
4. En uno de los escenarios se considera una redistribución de las lámparas para cumplir con los luxes adecuados según el Decreto 2393.

Tabla 5.15. Comparación de consumo energético y ahorro de implementación de sistemas de propuesta de mejora de eficiencia energética en sistema de iluminación.

N	Sistema de iluminación	Consumo (kWh-año)	Ahorro entre sistema 1 y 2		Ahorro entre sistema 1 y 3	
			(\$/año)	%	(\$/año)	%
1	Sistema de iluminación existente	142 321	\$ 2812,2	28.2%	\$ 2470.44	24.7%
2	Sistema de iluminación con lámparas más eficientes	102 146				
3	Sistema de iluminación con lámparas más eficientes con nueva distribución	107 029				

La propuesta de mejora del sistema de iluminación demostró que la opción más eficiente es la actualización con lámparas más eficientes y una nueva distribución. Esto no solo mejora la iluminación mínima en las áreas de trabajo, sino que también reduce el consumo anual de energía eléctrica, generando un mayor ahorro para la empresa. Además de los cálculos de ahorro que presentados en el año con a la implementación de las dos propuestas de mejora de eficiencia en el sistema de iluminación en este estudio realiza un estudio económico de la viabilidad y tiempo de recuperación de la inversión. En la Tabla 5.16, presentamos los resultados de los cálculos económicos de las dos propuestas para mejorar la eficiencia en el sistema, de iluminación de las naves de producción de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.

Tabla 5.16. Estudio económico de las propuestas de la propuesta de mejora de la eficiencia energética en el sistema de iluminación.

							TASA ACTIVA REFERENCIAL	8,68%
Numero de lámparas	Precio de lámparas individuales	REST	AHORRO (\$/año)	Inversión (\$)	Tiempo de retorno de Inversión (años)	Inversión (\$)	VAN (10 AÑOS)	TIR (10 AÑOS)
167	300	40175	2812,25	\$ -50.100	17,81	\$ -50.100	\$ -31.795	-17%
150	300	39357	2754,99	\$ -45.300	16,44	\$ -45.300	\$ -27.368	-15%

Para este estudio económico, se consideran las siguientes condiciones:

1. Este análisis se centra en la comparación individual de las dos propuestas de mejora en relación con el sistema de iluminación existente.
2. No se incluyen los costos de instalación de los equipos de iluminación, ya que la empresa cuenta con técnicos capacitados, por lo que no se incurre en gastos adicionales.
3. Tampoco se consideran los costos de materiales eléctricos adicionales para la instalación de los equipos, debido a la reducción de costos y al reemplazo de los equipos de iluminación por otros de características similares, pero con mayor eficiencia.

6 CONCLUSIONES

Este trabajo de titulación fue fundamental para diagnosticar la eficiencia energética de la empresa en varias áreas clave. Se identificó una desactualización significativa en la información del sistema eléctrico, lo que llevó a la generación de datos actualizados, que incluyen: un diagrama unifilar completo de la empresa, una base de datos exhaustiva de los motores eléctricos en todas las áreas de producción, y la identificación de los principales equipos de medición y consumidores de energía.

El análisis de los motores eléctricos permitió la creación de una base de datos actualizada que abarca 545 motores operativos, cada uno evaluado individualmente. Para evaluar el comportamiento del sistema eléctrico bajo diferentes escenarios, se utilizó un software de simulación de flujos de potencia que modela el sistema eléctrico real de la empresa. Esta herramienta permitió verificar cómo se comportaría el sistema eléctrico con la implementación de nuevas tecnologías más eficientes, como los motores de clase IE3. A partir de estas simulaciones, se priorizó la actualización de motores utilizando métricas específicas de rendimiento. Un estudio económico reveló que la actualización de 20 motores podría generar un ahorro significativo, con un retorno de inversión estimado entre 1 y 2 años.

La actualización de la información del sistema eléctrico, que incluye el diagrama unifilar y la base de datos de los motores eléctricos, facilitó la caracterización del sistema eléctrico existente mediante software especializado. Este análisis comparativo mostró que el sistema actual tiene un consumo anual de 142.321 kWh con 167 luminarias instaladas.

En el diagnóstico del sistema de iluminación, se desarrollaron dos propuestas de mejora de eficiencia. La primera implicó la actualización a tecnologías más eficientes, logrando un ahorro del 28,2% con un retorno de inversión de 17,2 años, manteniendo el mismo número de luminarias (167). La segunda propuesta combinó la actualización tecnológica con una nueva distribución de las lámparas, consiguiendo un ahorro del 24,7% y un retorno de inversión de 16 años, reduciendo la cantidad de luminarias a 150.

En resumen, este trabajo no solo actualizó y mejoró significativamente la información disponible sobre el sistema eléctrico de la empresa, sino que también propuso soluciones concretas y viables para optimizar el consumo energético, con beneficios económicos a corto y largo plazo.

7 BIBLIOGRAFIA

- [1] ISO, “NTE INEN-ISO 50004, ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS — GUIDANCE FOR THE IMPLEMENTATION, MAINTENANCE AND IMPROVEMENT OF AN ISO 50001 ENERGY MANAGEMENT SYSTEM,” 2020.
- [2] B. Barbosa, A. Colombo, J. Souza, V. Baptista, and A. Araújo, “ENERGY EFFICIENCY OF A CENTER PIVOT IRRIGATION SYSTEM,” *Engenharia Agrícola*, vol. 38, no. 2, pp. 1–5, Mar. 2018, doi: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n2p.
- [3] J. Barboza, “Recommendations for the implementation of the ISO 50001 standard in Ecuador,” 2010.
- [4] G. E. Gancino, “ANALISIS DE ESCENARIOS DE LA GESTION ENERGETICA DEL SECTOR INDUSTRIAL DEL ECUADOR,” pp. 1–145, 2018.
- [5] T. Tasemekid, “Energy consumption and energy efficiency trends in the EU-28 for the period 2000-2016,” *s Office of the European Union*, 2018, doi: 10.2760/574824.
- [6] J. Gomez, “EFICIENCIA ENERGETICA EN EL SECTOR INDUSTRIAL,” *ORKESTRA*, 2021.
- [7] B. D. S. Barbosa, A. Colombo, J. G. N. De Souza, V. B. Da, S. Baptista, and A. C. S. De Araújo, “ENERGY EFFICIENCY OF A CENTER PIVOT IRRIGATION SYSTEM,” no. 2, pp. 284–292, 2018, doi: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n2p.
- [8] M. N. Dat, K. D. Trung, P. V. Minh, C. D. Van, Q. T. Tran, and T. N. Ngoc, “Assessment of Energy Efficiency Using an Energy Monitoring System: A Case Study of a Major Energy-Consuming Enterprise in Vietnam,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 13, Jul. 2023, doi: 10.3390/en16135214.
- [9] K. Arias and M. Colmenarez, “Energy efficiency and environmental productivity: Analysis of Ecuadorian oil companies”.
- [10] S. Jagtap, S. Rahimifard, and L. N. K. Duong, “Real-time data collection to improve energy efficiency: A case study of food manufacturer,” in *Journal of Food Processing and Preservation*, John Wiley and Sons Inc, Aug. 2022. doi: 10.1111/jfpp.14338.

- [11] M. Hajiaghapour-Moghimi, K. Azimi Hosseini, E. Hajipour, and M. Vakilian, “An approach to targeting cryptocurrency mining loads for energy efficiency enhancement,” *IET Generation, Transmission and Distribution*, vol. 16, no. 23, pp. 4775–4790, Dec. 2022, doi: 10.1049/gtd2.12640.
- [12] C. Gómez and F. J. Carrcel Carrasco, “CHOICE OF MANAGEMENT SYSTEMS FOR MAINTENANCE, REHABILITATION AND BUILDINGS ENERGY EFFICIENCY,” pp. 12–63, Aug. 2019, doi: 10.17993/3cemp.2019.080339.12-63.
- [13] Intedy, “Guía rápida de aplicación de ISO 55001:2015 Sistema de Gestión de Activos,” 2016.
- [14] Organizaion de las naciones unidas para el desarrollo industrial, “Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía,” Viena, 2015.
- [15] Ministerio de Energia y Minas, “BALANCE ENERGETICO NACIONAL ECUADOR 2022,” *Gobierno del Ecuador*, 2022.
- [16] MEER, “PLAN NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2016-2035,” *Ecuador*, 2017, Accessed: Jul. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.ariae.org/servicio-documental/plan-nacional-de-eficiencia-energetica-2016-2035>
- [17] ISO, “NTE INEN-ISO 50001, ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS -- REQUIREMENTS WITH GUIDANCE FOR USE (ISO 50001:2018, IDT),” 2018.
- [18] J. I. Zatzabal-Sanchez and C. I. Xavier Angulo-Mendoza, “Current regulations on energy management in Ecuador,” vol. 63, no. 11, pp. 1426–1439, 2021, doi: 10.23857/pc.v6i11.3337.
- [19] W. A. Pelsler, J. C. Vosloo, and M. J. Mathews, “Results and prospects of applying an ISO 50001 based reporting system on a cement plant,” *J Clean Prod*, vol. 198, pp. 642–653, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.071.
- [20] X. Cabezas Samaniego, “ESTUDIO DE FLUJOS DE CARGA, ARRANQUE DE MOTORES, FALLAS Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DEL CAMPO PETROLERO VHR, USADO EL PROGRAMA ETAP.”
- [21] C. Ramiro and P. Jordan, “MODELACIÓN Y SIMULACIÓN EN ESTADO ESTABLE DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MANDURIACU EN EL SOFTWARE ETAP.”

- [22] S. Mendieta, “MANUAL PARA EL USO DE LAS HERRAMIENTAS BÁSICAS DEL SOFTWARE ETAP,” Bogota, 2015.
- [23] 3002.2-2018 - *IEEE Recommended Practice for Conducting Load-Flow Studies and Analysis of Industrial and Commercial Power Systems*. IEEE, 2018.
- [24] X. Cabezas, “ESTUDIO DE FLUJOS DE CARGA, ARRANQUE DE MOTORES, FALLAS Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES DEL CAMPO PETROLERO VHR, USANDO EL PROGRAMA ETAP,” Quito, 2011.
- [25] EDGAR ANTONIO FIGUEROA BARRIONUEVO, “AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS ADMINISTRATIVO Y DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.,” Ambato, 2015. Accessed: Sep. 10, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/12380>
- [26] M. E. Planificación Y Gestión Energética, “UNIVERSIDAD DE CUENCA Fundada en 1867 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS ‘CARLOS MORA CARRIÓN.’”
- [27] P. J. Idrovo and M. R. Romero, “ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA GRANJA IRQUIS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA,” CUENCA, 2017.
- [28] O. Bastidas, “ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL HOSPITAL IESS – IBARRA,” Quito, Aug. 2015.
- [29] G. Heravi, M. Rostami, and M. F. Kebria, “Energy consumption and carbon emissions assessment of integrated production and erection of buildings’ pre-fabricated steel frames using lean techniques,” *J Clean Prod*, vol. 253, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120045.
- [30] C. Mero, “Propuesta de diseño de un sistema de gestión integrado basado en las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN- ISO 9001 2016 Sistemas de Gestión de Calidad y la NTE INEN-ISO 45001 2018 Sistemas de la Seguridad y Salud en el Trabajo,” Quito, 2021.
- [31] Agencia de Sostenibilidad Enenrgetica de Chile, “GUIA DE IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE GESTION DE ENERGIA BASADO EN ISO 50001,” Santiago, 2019.

- [32] E. Worrell, J. Laitehr, and M. Ruth, “Productivity Benefits of Industrial Energy Efficiency measures,” *Energy*, pp. 1081–1098, 2003, doi: [http://doi.org/10.1016/S0360-5442\(03\)00091-4](http://doi.org/10.1016/S0360-5442(03)00091-4).
- [33] J. Rasmussen, “The additional benefits of energy efficiency investments,” *Energy efficiency*, vol. 10, pp. 1401–1418, 2017.
- [34] McKinsey Company, “Impact of the financial crisis on carbon economics,” 2010. [Online]. Available: www.mckinsey.com/globalGHGcostcurve
- [35] McKinsey Sustainability, “A cost curve for greenhouse gas reduction,” McKinsey Sustainability.
- [36] “RTE-138.” [Online]. Available: www.normalizacion.gob.ec
- [37] “RTE-141-1R”.
- [38] “RTE-145”.
- [39] “RTE-094”.
- [40] “RTE-122.”
- [41] AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE ENERGIA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, “REGULACION No. ARCERNNR - 002/02,” 2020.
- [42] A. Lemus, S. Menjivar, and F. Sánchez, “PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 A LA INDUSTRIA MANUFACTURERA EN EL SALVADOR,” Apr. 2021.
- [43] ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, “LEY ORGANICA DE EFICIENCIA ENERGETICA,” 2019. [Online]. Available: www.registroficial.gob.ec
- [44] PRESIDENTE CONSTITUCIONAL DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, “REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY ORGÁNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (Decreto No. 229),” 2021.
- [45] M. Ruiz, “DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA (SGEn) BASADO EN LA NORMA NTE INEN-ISO 50001: 2012, APLICADO A LA EMPRESA ENKADOR S.A.,” Quito, Mar. 2017.

- [46] D. S. Gabriela and R. F. Paola, “MODERNIZACION DEL SISTEMA DE SECADO DE VIRUTA PARA LA FABRICACION DE AGLOMERADOS EN AGLOMERADOS COTOPAXI S,A,” QUITO, 2007.
- [47] G. B. Efrén and C. E. Wilson, “MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE SECADO DE VIRUTA PARA LA FABRICACIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS EN LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. CON LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA,” QUITO, 2012.
- [48] SGI ACOSA, “Sistema de Gestión Integrado de Aglomerados Cotopaxi S.A.” Accessed: Oct. 17, 2023. [Online]. Available: <https://www.cotopaxi.com.ec/nosotros>
- [49] “SEMBRANDO FUTURO.”
- [50] J. Daniel, C. Galvez, A. Por, I. Fernando, and A. M. Lira, “MODELACIÓN, SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE FLUJO DE CARGA DE LA RED ELÉCTRICA DE TRANSPORTE DE GUATEMALA, UTILIZANDO SOFTWARE DE LIBRE ACCESO.”
- [51] DIMOTOR, “EFICIENCIA ENERGETICA EN LOS MOTRES ELECTRICOS,” *TECHTOP*.
- [52] D. Inducción and P. Académico, “GUÍA PARA LA EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO,” 2016.
- [53] ABB, “Low voltage motors Motor guide,” 2018.
- [54] WEG, “CATALAGO DE PRECIOS GENERAL- MOTORES ELECTRICOS WEG,” 2021.