

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN SISTEMAS DE ENERGÍA”

TEMA:

“Análisis de la demanda eléctrica de una planta mezcladora de aceites lubricantes en búsqueda de la optimización de procesos (eficiencia energética) y la factibilidad de implementación de una granja de paneles fotovoltaicos que supla parcialmente la demanda de la planta”

AUTOR:

Ing, Oliver Rodas López

Guayaquil - Ecuador

2025

DEDICATORIA

A Dios, quien ha guiado mis pasos para completar esta nueva meta.

A mis padres, Carlos y Paola quienes han sido pilar fundamental en esta travesía, brindando apoyo incondicional y persistente, a su paciencia y confianza en que podría culminar este viaje. Aún cuando en muchas ocasiones ni yo mismo creía ser capaz de terminarlo.

A mis hermanas y familiares quienes de una u otra manera han sabido darme ese apoyo necesario en tiempos difíciles.

A mis amigos y compañeros de trabajo, ustedes saben quiénes son, por ser el complemento al caos de la vida adulta ahora lejos de casa.

AGRADECIMIENTO

A Oilsuper S.A., ya que desde el momento que ingresé ha sido un espacio que me ha permitido aprender, crecer y desarrollarme personal y profesionalmente.

A Panchito, Xavier y Daniel por dar luz verde a propuestas de mejora que impliquen el crecimiento de las personas quienes trabajan a su lado.

Al Ing, López y el Ing, Ramírez, por la completa apertura a la información necesaria para culminar este trabajo de investigación.

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Oliver Javier Rodas López acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 18 de septiembre del 2025.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Profesor de Materia

PhD. Juan Peralta

Tutor del Proyecto

Msc. Ernesto Martínez

Resumen

El presente proyecto de titulación logró describir la demanda eléctrica de una planta blendeadora de aceite, empleando una metodología de obtención de datos como entrevistas, facturas eléctricas y datos de producción. A partir de un enfoque de auditoría detallada, mediante la cual se pudo dimensionar un proyecto de implementación de paneles fotovoltaicos, los cuales suplirían la demanda parcial o total de la planta. Así como, también propuestas de eficiencia energética las cuales permiten reducir la demanda eléctrica de la planta.

Dentro de las propuestas de eficiencia energética adicionales a los paneles fotovoltaicos, se encuentran la renovación de motores eléctricos, la capacitación del personal, reducción de la energía reactiva con banco de capacitores y analizar la calidad de energía. Estas últimas 2 propuestas no han podido ser cuantificadas y la capacitación al personal no se ejecuta de manera total.

A partir de las propuestas de eficiencia se realizan escenarios de factibilidad e impacto, de los cuales se esperaba suplir la demanda parcial de los subprocesos de la planta y se logra determinar que una correcta implementación de los paneles fotovoltaicos logra suplir la demanda total de la misma y ser un proyecto que permite financiar las demás propuestas. Así como también, la reducción de la demanda eléctrica buscaba ser al menos el 5% y esta con la ejecución del escenario más ambicioso y completo puede alcanzar entre el (4% - 24%) de ahorros.

Palabras claves: eficiencia energética, demanda eléctrica, paneles fotovoltaicos, motores eléctricos, capacitación.

Abstract

This degree project successfully described the electricity demand of an oil blending plant, using data-collection methodology that included interviews, electricity bills, and production data. Based on a detailed audit approach, it was possible to size a project for the implementation of photovoltaic panels, which would supply partially or all of the plant's demand. It also included energy efficiency proposals to reduce the plant's electricity demand.

In addition, to photovoltaic panels, the energy efficiency proposals included the renovation of electric motors, staff training, reduction of reactive energy with capacitor banks, and analysis of energy quality. The last two proposals mentioned before could not be quantified, and staff training has not been fully implemented.

Based on the efficiency proposals, feasibility and impact scenarios are developed, which were expected to meet the partial demand of the plant's sub-processes. It has been determined that the correct implementation of photovoltaic panels can fulfill the plant's total demand and be a project that allows the other proposals to be financed. In addition, the goal was to reduce electricity demand by at least 5%, and with the implementation of the most ambitious and comprehensive scenario, savings of between 4% and 24% can be achieved.

Keywords: energy efficiency, electricity demand, photovoltaic panels, electric motors, training.

ABREVIATURAS O SIGLAS

AEDE	ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR
APEL	ASOCIACIÓN ECUATORIANA DE LUBRICANTES
API	INSTITUTO AMERICANO DEL PETRÓLEO
ARCONEL	AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD
CELEC-EP	CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR - EMPRESA PÚBLICA
DF	DEMANDA FACTURABLE
DM	DEMANDA MAXIMA
DP	DEMANDA PROMEDIO
FGDI	FACTOR DE GESTION DE DEMANDA
GWh	GIGAVATIO HORA
I	CORRIENTE
IEA	INTERNATIONAL ENERGY AGENCY
kV	KILOVOLTIO
kVA	KILOVOLTIO-AMPERIO
kWh	KILOVATIO HORA
kWp	KILOVATIOS PICO
LOSPEE	LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
m²	METROS CUADRADOS
MEM	MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
PV	FOTOVOLTAICO
PYMES	PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS
R	RESISTENCIA
SAPG	SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO GENERAL
SIN	SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO
SPAP	SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE
SPEE	SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
STC	CONDICIONES ESTANDAR
TWh	TERAVATIOS HORA
USD/kW	DÓLARES POR KILOVATIO
USD/kWh	DÓLARES POR KILOVATIO HORA
V	VOLTAJE
W/m²	VATIOS POR METRO CUADRADO

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Descripción del problema	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos	6
1.4. Hipótesis.....	6
1.5. Alcance	6
1.5.1. Delimitación Geográfica	6
1.5.2. Delimitación de los subprocesos	7
1.5.3. Delimitación del área de los paneles fotovoltaicos.....	7
1.5.4. Periodo del análisis de demanda eléctrica y producción.....	8
CAPÍTULO 2	9
2. MARCO TEÓRICO.	9
2.1. Aceites lubricantes.....	9
2.2. Demanda eléctrica en plantas industriales.....	9
2.3. Optimización de Procesos Industriales.	10
2.4. Optimización de Procesos en Blendadores de Aceite.....	10
2.5. Conceptos básicos de Eficiencia Energética.....	11
2.5.1. Auditoría Energética	11
2.5.2. ISO 50001:2018	12
2.6. Principios Físicos en Sistemas Eléctricos	13
2.7. Principios Físicos en Sistemas Fotovoltaicos.....	14
2.8. Potencia Solar.....	15

2.9.	Demanda Eléctrica.....	16
2.10.	Pliego Tarifario y Demanda Eléctrica.....	17
2.11.	Perfil de Carga	20
2.12.	Costo de la Energía Eléctrica en el Ecuador	20
CAPÍTULO 3		22
3.	METODOLOGÍA	22
3.1.	Recolección de Datos.....	22
3.1.1.	Encuestas.....	22
3.1.2.	Planillas Eléctricas	22
3.1.3.	Producción Aceites Lubricantes.....	22
3.2.	Propuestas de Eficiencia Energética	22
3.2.1.	Reducción de la Demanda Eléctrica.....	22
3.3.	Materiales e Implementación Paneles Fotovoltaicos	23
CAPÍTULO 4		24
4.	RESULTADOS	24
4.1.	Encuestas.....	24
4.3.	Producción de lubricante.....	26
4.4.	Planillas Eléctricas - Demanda eléctrica de la planta analizando un periodo de 27 meses.....	27
4.5.	Demanda eléctrica	28
4.6.	Propuesta de cambio de motores eléctricos.....	29
4.7.	Capacitación del personal.....	29
4.8.	Propuesta de Eficiencia Energética: Implementación Paneles FV	29
4.8.1.	Factibilidad	29
4.8.2.	Cuadro de Retorno.....	30
4.8.3.	Flujo de Inversión	32
4.9.	Escenarios de Propuestas de Eficiencia Energética.....	32

CAPÍTULO 5	33
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
5.1. Conclusiones.....	33
5.2. Recomendaciones	34
6. Referencias Bibliográficas	36
Anexos	38

LISTADO DE FIGURAS

Imagen 1. Planta de producción	6
Imagen 2. Posible área de Implementación.....	7
Imagen 3. Irradiación Normal Directa	16

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar	12
Ilustración 2. Rango etario encuestados	24
Ilustración 3. Empleo de equipos eléctricos/electrónicos	24
Ilustración 4. Horas empleadas en equipos eléctricos/electrónicos	24
Ilustración 5. Conocimiento de equipos de mayor consumo energético.....	24
Ilustración 6. Acciones sobre equipos eléctricos sin uso.	24
Ilustración 7. Percepción del mtto de equipos eléctricos.....	24
Ilustración 8. Capacitación previa.....	24
Ilustración 9. Aumento del desempeño en función de la capacitación.	24
Ilustración 10. Propuestas de capacitador.....	25
Ilustración 11. Prácticas ineficientes en áreas de trabajo.	25
Ilustración 12. Predisposición a implementar medidas de eficiencia energética...	25

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Horas promedio del día en Ecuador.....	15
Tabla 2. Nivel de Voltaje	17
Tabla 3. Categoría tarifaria	18
Tabla 4. Materiales y Equipos Instalación PV	23
Tabla 5. Producción Mensual Lubricantes	26
Tabla 6. Demanda Eléctrica	27
Tabla 7. USD y Demanda vs. Tiempo	28

Tabla 8. USD y Energía Reactiva vs. Tiempo	28
Tabla 9. Energía Activa y USD vs Tiempo	28
Tabla 10. Cuadro de Retorno.....	31
Tabla 11. Flujo de Inversión.....	32
Tabla 12. Escenarios de Propuestas de Mejora.	32

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Demanda Facturable	19
Ecuación 2. Factor de Gestión de Demanda.....	19
Ecuación 3. Factor de Potencia	19
Ecuación 4. Facturación General Medio Voltaje con Demanda Diferenciada.	20

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Abordando un enfoque global acorde a IEA el consumo de energía eléctrica el 2024 fue de aproximadamente 3365 TWh y se estima un crecimiento del 4% para el 2027 con cifras record de 3500 TWh. El presente y futuro de la demanda eléctrica está ligada al desarrollo industrial, electrificación de poblaciones y parque automotor, necesidades de refrigeración domestica e industrial dada por cambios climáticos(IEA, 2025).

Los aceites lubricantes son una pieza claves que tiene el fin de reducir la fricción entre o más piezas en movimiento y producto de la disminución de la fricción se puede controlar el desgaste, la temperatura, y el consumo energético de los equipos(Jost, 1990). Logrando así extender la vida útil de los equipos y alargando los intervalos de cambio, reduciendo pérdidas económicas asociadas a paradas no programadas. En el país existen 27 empresas elaboradoras de aceites lubricantes, de las cuales 7 de ellas cuentan con una planta propia para la fabricación de este subproducto del petróleo(APEL, 2022).

Los aceites lubricantes son ampliamente utilizados en la industria automotriz, el cual se estima un parque automotor de 3005691 unidades, incluyendo vehículos livianos y pesados(AEDE, 2 024). Hasta la fecha de publicada esta tesis no se han hecho públicos datos oficiales sobre la comercialización de aceites lubricantes en el Ecuador durante el 2024. Sin embargo, boletines previos muestran variaciones en la comercialización según el área. Hasta el 2022 se registró un crecimiento en venta de lubricantes industriales (+21,0%), marinos (+8,0%) y de transmisiones automáticas (+7,0%), mientras que los lubricantes para motores a gasolina (-0,4%) y diésel (-0,2%) presentaron ligeras caídas, se aproxima una comercialización de

29.9 millones de galones de aceite(APEL, 2022). Los datos con tendencia al alza reflejan la importancia del sector en la economía local destacando que su demanda está estrechamente vinculada a la movilidad vehicular, la generación de energía mediante termoeléctricas y la operatividad de equipos industriales. La lubricación es un elemento clave para garantizar la eficiencia y durabilidad de maquinarias en sectores estratégicos como el transporte, la manufactura y la construcción. Además, el crecimiento sostenido en la comercialización de lubricantes en los últimos años evidencia su papel fundamental en la dinamización de la actividad productiva, la generación de empleo y los ingresos tributarios, consolidándolo como un pilar transversal en múltiples procesos económicos del país.

Dentro de este proceso de manufactura encontramos subprocesos tales como:

- Recepción de materias primas: ingresan mediante camiones cisterna los aceites bases y los aditivos en tótems de 1000 litros o tanques de 55 galones.
- Almacenaje de bases y aditivos: la materia prima es bombeada a tanques de almacenamiento.
- Dosificación de materias primas: del tanque de almacenamiento se trasladan bases y aditivos mediante bombeo hidráulico a tanques de recirculación controlado con controladores de flujo.
- Homogeneización: se accionan bombas de recirculación programadas acorde al tipo de lubricante a realizar.
- Calentamiento (en caso de ser aplicable al tipo de aceite a elaborarse): dependiendo el lubricante puede poseer aditivos de gran viscosidad y consistencia que para una correcta mezcla se emplean camisas de calentamiento alrededor de los tanques de recirculación.

- Envasado de producto terminado: A través de un llenado programado acorde al peso específico de cada producto terminado. Proceso realizado en 2 líneas de producción manual y 2 líneas de envasado automáticas.
- Bodegaje: Empleando montacargas el producto en diferentes presentaciones es almacenado en galpones, previo a ser despachados.
- Despacho: El producto en bodega es transportado a camiones de logística para su disposición al cliente final.
- De manera simultánea, existen otros subprocesos que hacen que se lleve a cabo las operaciones. Como el laboratorio de análisis de aceite nuevo y de aceite usado, oficinas administrativas, comedor.

Es relevante en todo este análisis mencionar las propuestas gubernamentales y oportunidades de financiamiento de la banca local disponibles hacia proyectos sobre energías renovables ya que, en Ecuador el Gobierno posee ciertas políticas que atraen inversionistas al sector. El Acuerdo Ministerial Nro. MEM-MEM-2022-0024-AM establece importantes incentivos para fomentar la inversión en el sector eléctrico, incluyendo la exoneración del Impuesto a la Renta por un período de 12 años como un impulso a los proyectos de energías renovables. Además, se detalla la exoneración de aranceles y/o impuestos relacionados con la importación de equipos necesarios para proyectos de mejoramiento o expansión del sistema eléctrico nacional, lo que contribuye a generar un entorno más favorable para la inversión privada en tecnologías limpias y sostenibles (Minas, 2023). Por otro lado, en la banca local existen líneas de crédito como lo hace BanEcuador con su línea “Energía” para financiar sistemas de autogeneración eléctrica, esta línea subdividiéndose en dos esquemas: el esquema de financiamiento tradicional (combustibles fósiles) y el esquema de financiamiento verde; esta última dando microcréditos de hasta 20 mil USD y créditos a PYMEs de hasta 3 millones de

USD(Banecuator, 2024). Así ambos, el Gobierno Nacional y la banca local, buscan aportar con recursos para apoyar al sector productivo del país.

1.2. Descripción del problema

Al igual que todo proceso industrial, la manufactura de aceites lubricantes, es candidata a procesos de mejora continua. En cada paso de la cadena de suministro desde la recepción de materias primas, fabricación, bodegaje y despacho de producto terminado existen aspectos a mejorar. Al ser un gran consumidor de energía eléctrica es necesario que cada una de las etapas involucradas se desempeñe de manera óptima. Las fugas en las líneas de bombeo, equipos encendidos de manera ininterrumpida durante la jornada laboral, equipos obsoletos, montacargas ineficientes, hábitos y operaciones que no promuevan la eficiencia energética, planes de mantenimiento de los equipos y bombas afectan a que se incremente aún más la demanda energética del país.

A partir de noviembre del 2023 el Ecuador ha sufrido cortes de energía de manera recurrente hasta el presente de la presentación de este documento, acontecimiento que ha afectado no solo al sector residencial sino también al industrial generando pérdidas millonarias al país. Las desconexiones eléctricas comenzaron el 18 de septiembre hasta diciembre del 2024 llegando a tener una duración de hasta 14 horas, generando un impacto negativo en el sector industrial(Neira-Moscoso & Serrano-Guerrero, 2024). Según Heller(Heller, 2024), presidenta de la Cámara de Comercio de Quito, las pérdidas económicas durante esos meses alcanzaron los USD 4.000 millones específicamente en el sector previamente mencionado. Para contextualizar mejor los efectos negativos de los déficits energéticos, la capacidad operativa del sector textil tuvo una baja al 65.7% debido a la paralización de las fábricas durante esos meses(Álvarez-Villagómez &

Concha-Ramírez, 2025). El suministro intermitente de energía mediante la red interconectada ha hecho que las industrias se vean forzadas a comprar generadores o hacer uso de ellos por mayor tiempo de lo previsto, en caso de ya haber adquirido uno, incurriendo en gastos no programados como el combustible para el funcionamiento de estos.

Si sumado a una intermitencia de energía y la necesidad de continuar con las operaciones de la industria, se agrega el factor de la ineficiencia en las diferentes partes del proceso, hace que la demanda energética aumente más de lo necesario.

Las energías renovables, como el uso de paneles fotovoltaicos, se ha convertido en solución atractiva para los empresarios, como una manera de mitigar parcialmente esta falta de suministro eléctrico; además de contribuir a la demanda eléctrica del país la cual en el 2023 fue de 23640 GWh, del cual un 0,1% proviene de la energía solar como vector principal la aplicación de paneles fotovoltaicos. La fuente de energía solar, eólica y biogás respecto al 2022 tuvo un incremento del 38,6%(MEM, 2023)

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la demanda eléctrica de una planta blandeadora de aceites lubricantes con el fin de identificar oportunidades de optimización de procesos para mejorar la eficiencia energética.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el perfil de consumo eléctrico de la planta, identificando los equipos y procesos que mayor energía demandan y los horarios de mayor consumo.
- Analizar las oportunidades de mejora en la eficiencia energética de los procesos productivos a través de la implementación de medidas técnicas y organizacionales.
- Definir un sistema fotovoltaico que supla una demanda parcial de la planta, considerando factores como la radiación solar, la demanda eléctrica y los costos de inversión y operación.

1.4. Hipótesis

La optimización en el proceso productivo junto a las reformas para la eficiencia energética permitirá una reducción de 60000 KWh al año y en conjunto a una implementación de paneles fotovoltaicos permitirá disminuir la dependencia de la red eléctrica nacional, generando ahorros a la empresa estimados en \$30000 anuales.

1.5. Alcance

1.5.1. Delimitación Geográfica

El predio para estudiar en el que se enfoca el análisis se encuentra en la ciudad de Durán.



Imagen 1. Planta de producción

1.5.2. Delimitación de los subprocesos

Como fue mencionado previamente en los antecedentes son varios los subprocesos que toman acción dentro de la fabricación de aceites lubricantes; tales como la recepción de materias primas, almacenaje de bases y aditivos, dosificación de materias primas, homogeneización, calentamiento (en caso de ser aplicable al tipo de aceite a elaborarse), envasado de producto terminado, bodegaje, despacho, de manera simultánea, existen otros subprocesos que hacen que se lleve a cabo las operaciones. Como el laboratorio de análisis de aceite nuevo y de aceite usado, oficinas administrativas, comedor.

Sin embargo, para el objeto de análisis de la demanda eléctrica serán excluidos los subprocesos de recepción de materias primas, bodegaje y despacho; ya que agregan variables como la cantidad de combustible que emplean los camiones al momento de recepción de materia prima y los despachos con diferentes rutas o la cantidad de GLP empleados por los montacargas en el movimiento interno del producto terminado en durante el bodegaje.

1.5.3. Delimitación del área de los paneles fotovoltaicos

Se estima que el predio de la planta de producción de aceites lubricantes consta con un área total disponible para la implementación de la granja de paneles solares de aproximadamente 15200 m^2

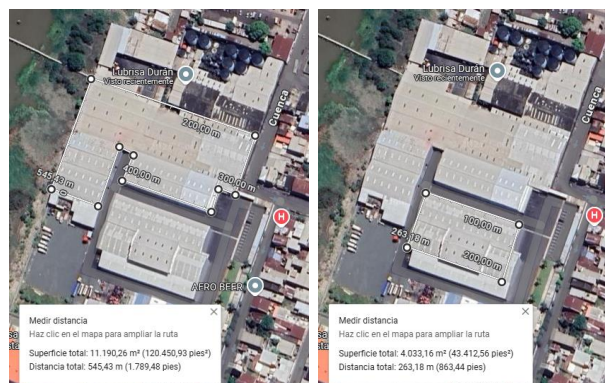


Imagen 2. Posible área de Implementación

1.5.4. Periodo del análisis de demanda eléctrica y producción

El alcance del siguiente estudio en función del periodo escogido para la recolección de datos de la demanda eléctrica y producción de aceites lubricantes abarca desde enero del 2023 hasta marzo 2025. Considerando estas 2 como principales variables ya que se encuentran correlacionadas.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Aceites lubricantes.

La formulación de aceites lubricantes es el resultado de un proceso físico en el cual se mezclan aceites base (Grupo I, II, III, IV o V – según su clasificación API) (API, 2023) los cuales poseen distintas propiedades fisicoquímicas más aditivos, la elección de los aceites base y su distinta combinación de aditivos dan como resultados aceites lubricantes para diversas aplicaciones principalmente en la industria automotriz como en otros procesos industriales.

2.2. Demanda eléctrica en plantas industriales.

La demanda eléctrica se refiere a la cantidad de energía eléctrica necesaria en algún sector, en este caso el sector productivo para llevar a cabo procesos operativos, Sistemas y procesos como motores eléctricos, sistemas de calentamiento y enfriamiento y demás equipos auxiliares para todo este proceso de mezcla y conserva del lubricante. La demanda varía según la actividad económica, y factores externos como crisis energéticas pueden afectar su consumo. En el 2024, la Red Eléctrica Nacional, específicamente el Sistema Nacional Interconectado (SNI) se vio afectado por las crisis energéticas a causa de la escasez de agua en las hidroeléctricas, impactando el suministro eléctrico a nivel país. Precisamente el sector industrial registró hasta octubre 6.123,59 GWh, representando el 24,11% del consumo total de energía facturada (ARCE, 2025). En comparación, en 2023, el consumo industrial fue de 11.913,00 GWh lo que representó un 43,58% del consumo total de energía en ese período (MEM, 2024). Esto refleja una disminución en la demanda energética en 2024 con respecto al 2023, posiblemente derivada de las interrupciones en el suministro energético que limitaron la operatividad de diversas industrias, generando pérdidas económicas y una reducción en la producción.

2.3. Optimización de Procesos Industriales.

La optimización de procesos industriales busca mejorar la eficiencia, productividad y rentabilidad de los sistemas productivos. Se centra en la identificación y eliminación de cuellos de botella, la reducción de desperdicios, la mejora de la calidad y la disminución de los costos de producción. La optimización de procesos se enfoca en reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia energética de los equipos y sistemas.

La energía solar es una fuente renovable y sostenible que genera electricidad mediante sistemas fotovoltaicos (PV), convirtiendo la luz solar en electricidad gracias al impacto de los fotones sobre un material semiconductor, generalmente silicio, liberando electrones y generando corriente eléctrica (Marín-López et al., 2018).

Las industrias ecuatorianas tienen un alto porcentaje de consumo energético total. Un gran ejemplo de esto es la ciudad de Cuenca, su sector industrial consume hasta un 62% de electricidad disponible generando una alta demanda de recursos y dependencia de fuentes convencionales. Los paneles fotovoltaicos han emergido como una posible solución ya que estudios realizados en fábricas con alto consumo eléctrico indican que estos sistemas pueden llegar a cubrir hasta un 22% de la energía que requieren, llegando a tener una menor dependencia de la red eléctrica convencional (Marín-López et al., 2018).

2.4. Optimización de Procesos en Blendeadores de Aceite.

En las plantas blendeadoras de aceite, la optimización de procesos puede aplicarse a diversas etapas, desde la recepción de materias primas hasta el envasado y bodegaje del producto terminado (Tsay et al., 2018). Autores como Gary James (Gary et al., 2007) incluyen áreas clave de mejora en procesos petroquímicos que pueden generar un *simil* en la industria del *blending* como:

- Mezclado y homogenización puede consumir aproximadamente 25-30% de la energía eléctrica total.
- Calentamiento y tratamiento térmico puede representar entre 40-45% del consumo energético total.
- Filtración y purificación alcanzando consumos entre 15-20% de la energía eléctrica.
- Envasado y empaque entre un 10-15% del consumo total.

Gary et al. (2007) establecen que el consumo energético específico en plantas de lubricantes oscila entre 300-600 kWh por tonelada producida, dependiendo de la complejidad del proceso y la eficiencia de los equipos utilizados.

2.5. Conceptos básicos de Eficiencia Energética.

La eficiencia energética se define como la relación entre la producción de un bien o servicio y la cantidad de energía utilizada para su obtención (Gillingham et al., 2009). Mientras que la Agencia Internacional de Energía la define como el uso de la menor cantidad de energía para producir la misma cantidad de productos manteniendo o mejorando la calidad en el proceso productivo (IEA, 2025).

2.5.1. Auditoría Energética

Proceso sistemático para obtener el conocimiento acertado del perfil del consumo energético, identificando y cuantificando las oportunidades de ahorro energético. Analizando su flujo de energía en búsqueda de la reducción sin afectar su productividad (Krarti, 2020). Tipos de auditoría: preliminar, general, detallada, interna/externa. (Abad, 2024)

Preliminar: tipo recorrido alrededor de la edificación. Duración aproximada de 1 día, puede incluir pocas entrevistas, conocer el proceso productivo, identificar equipos, áreas de desperdicio o ineficiencia.

General: Información detallada de la operatividad, entrevistas a fondo con personal de planta, analiza facturas energéticas entre 24-36 meses, profundidad en recomendaciones energéticas.

Detallada: Auditoría de análisis técnico completa para el análisis de la inversión en propuestas de mejora, uso de modelos dinámicos, evalúa el perfil de carga.

Interna/Externa: Puede ser constituido por un equipo de trabajo interno o externo el cual realizará una auditoria detallada con el fin de evaluar posibles medidas en función de mejorar la eficiencia en la planta y evaluar el funcionamiento de las medidas aplicadas y la mejora continua.

2.5.2. ISO 50001:2018

La ISO 50001:2018 es una norma internacional que establece un marco sistemático para que las organizaciones desarrollen e implementen sistemas de gestión energética, mejorando continuamente su desempeño energético, eficiencia y reduciendo costos operativos mediante el ciclo planificar-hacer-verificar-actuar. (INEN, 2019)

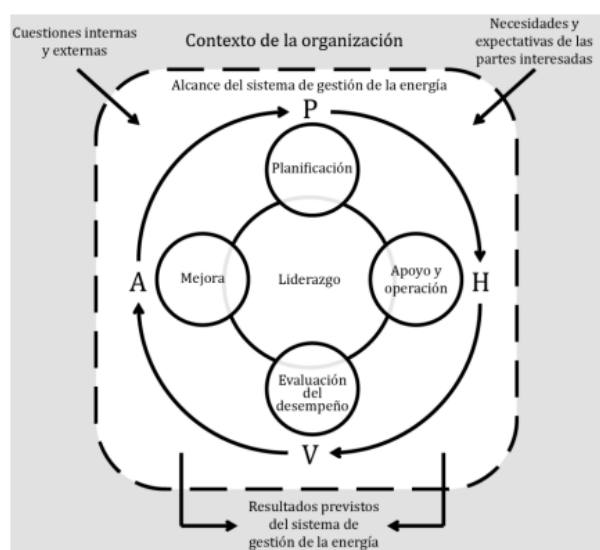


Ilustración 1. Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar

2.6. Principios Físicos en Sistemas Eléctricos

El funcionamiento de los equipos eléctricos se basa en principios físicos como el electromagnetismo, la inducción electromagnética y la ley de Ohm. Estos principios son fundamentales para comprender el comportamiento de los motores eléctricos y otros equipos utilizados en las plantas industriales.

El electromagnetismo estudia las interacciones entre campos eléctricos y magnéticos, siendo fundamental en el diseño y operación de motores eléctricos. En los motores de inducción, por ejemplo, la corriente alterna aplicada al estator genera un campo magnético rotativo que induce una corriente en el rotor, produciendo así el movimiento mecánico necesario para diversas aplicaciones industriales (Azab, 2025). Por otro lado, la inducción electromagnética, descubierta por Michael Faraday, es el fenómeno por el cual una corriente eléctrica es inducida en un conductor cuando este se encuentra en un campo magnético variable. Este principio es la base de funcionamiento de los motores de inducción, ampliamente utilizados en la industria debido a su robustez y eficiencia (Azab, 2025).

Siguiendo con el principio de la Ley de Ohm, esta sirve para comprender el comportamiento de dispositivos eléctricos empleados a nivel industrial como motores. Estableciendo una relación lineal entre el voltaje (V), la corriente (I) y la resistencia (R) mediante la fórmula $V=I \times R$ (Ramírez Juárez, 2019). En el contexto de los motores eléctricos, lo anterior permite analizar cómo varía la corriente eléctrica en función de la resistencia del sistema y el voltaje aplicado. Comprender esta relación es crucial para el diseño, operación y mantenimiento de equipos industriales, ya que permite que los motores funcionen de manera eficiente y que el suministro de energía eléctrica esté en condiciones óptimas, evitando sobrecargas que puedan dañar los componentes del sistema (Ramírez Juárez, 2019). Además, la resistencia eléctrica de los materiales no es estática, sino que cambia con la temperatura, lo que puede afectar directamente el

desempeño de los motores en entornos industriales con variaciones térmicas (Ramírez Juárez, 2019). En definitiva, la relación entre los principios físicos y la eficiencia de los equipos eléctricos en plantas industriales es clave para optimizar procesos, reducir el consumo de energía y mejorar la sostenibilidad. La correcta implementación de estos conceptos permite a las industrias operar de manera más eficiente, asegurando la estabilidad del sistema eléctrico y reduciendo el impacto ambiental.

2.7. Principios Físicos en Sistemas Fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos convierten la energía solar en energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico siendo compuestos por paneles solares, inversores, controladores de carga y baterías. Teniendo un rendimiento dependiente de factores como la radiación solar(CELEC-EP, 2024), la temperatura, la orientación de los paneles y la eficiencia de los componentes. Sin embargo, el mayor determinante es la radiación solar ya que, a mayor radiación, mayor generación de energía. Considerando que, temperaturas elevadas afectan negativamente la eficiencia de los módulos fotovoltaicos, ya que al aumentar la temperatura disminuye la banda prohibida del material semiconductor, lo que reduce la potencia de salida del sistema(Tchouli et al., 2025).

Los controladores de carga, en particular los controladores de seguimiento del punto de máxima potencia (Maximum Power Point Tracking, MPPT), desempeñan un papel crucial en la regulación del voltaje y en la protección de la vida útil de las baterías, logrando una eficiencia promedio que puede exceder en un 14.9 % la de los controladores por modulación por ancho de pulso (Pulse Width Modulation, PWM) (Laguado et al., 2019). Las baterías son esenciales para almacenar la energía generada, permitiendo su uso durante periodos sin radiación solar, lo que las convierte en un componente clave en entornos con suministro intermitente o bajo condiciones climáticas variables(Laguado et al., 2019).

2.8. Potencia Solar

- **Potencia Solar Incidente (Irradiancia Solar):** Se refiere a la cantidad de potencia (energía por unidad de tiempo) de la radiación solar que llega a una superficie. Se mide usualmente en vatios por metro cuadrado (W/m^2). La irradiancia varía a lo largo del día, las estaciones, y depende de factores atmosféricos como nubes y polvo. Las condiciones estándar de prueba (STC, por sus siglas en inglés) para la caracterización de paneles solares incluyen una irradiancia de 1000 W/m^2 . (Energy, 2025)

Acorde a (Barzola Montes, 2014) la distribución de horas promedio anuales en Guayaquil, ciudad colindante a Durán, lo cual servirá de referencia para el presente estudio se obtuvo lo siguiente.

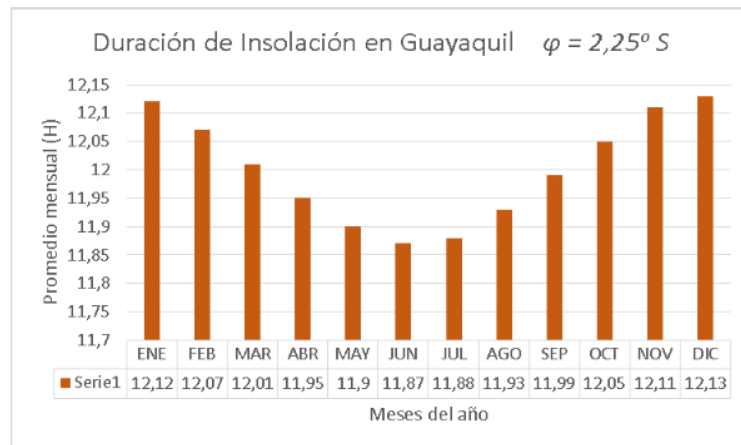


Tabla 1. Horas promedio del día en Ecuador

Complementando la información Global Solar Atlas, refleja un promedio de 1300 kWh/m^2 . (Info, 2024)

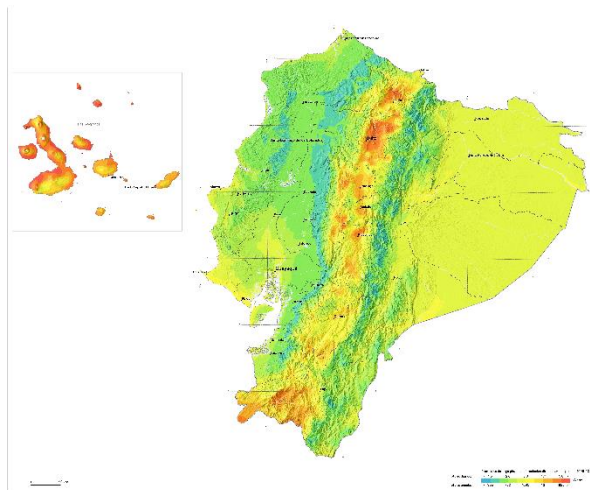


Imagen 3. Irradiación Normal Directa

- **Potencia Eléctrica Generada por un Sistema Fotovoltaico:** Es la capacidad de un panel solar o de un conjunto de paneles (un sistema fotovoltaico) para producir electricidad. Esta potencia se mide en vatios (W) o sus múltiplos (kilovatios, kW; megavatios, MW).
- **Potencia Nominal o Potencia Pico (Wp o kWp):** Es la potencia máxima que un panel solar o un sistema fotovoltaico puede generar bajo condiciones de prueba estándar (STC: irradiancia de 1000 W/m^2), temperatura de la célula de 25°C y masa de aire 1.5AM). Este valor se utiliza para clasificar y comparar los paneles solares. Es un valor teórico de referencia, ya que rara vez se alcanzan estas condiciones ideales en la realidad.
- **Potencia Real o Potencia de Operación:** Es la potencia que el panel o sistema genera en condiciones reales de funcionamiento, que casi siempre serán inferiores a las STC debido a factores como la temperatura ambiente (las altas temperaturas reducen la eficiencia de los paneles), la suciedad, las sombras, la inclinación y orientación del panel, y las características del inversor. (Barzola Montes, 2014)

2.9. Demanda Eléctrica

La demanda eléctrica puede definirse como la cantidad de potencia eléctrica consumida en un momento determinado.

2.10. Pliego Tarifario y Demanda Eléctrica

Acorde al Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica suscrita el 2025, la industria sobre la cual se hace este trabajo queda catalogada basada en las siguientes categorías.(ARCONEL, 2025)

Categoría Tarifaria: General Industrial Privado.

1. Residencial.
2. General:
 - a) locales comerciales públicos o privados, b) locales industriales públicos o privados.
 - c) instalaciones de bombeo de agua. d) entidades de asistencia social. e) entidades de beneficio público. f) entidades oficiales. g) escenarios deportivos. h) culto religioso.
 - i) servicio comunitario. j) abonado especial.

Nivel de Voltaje: Media Tensión

Acorde al nivel de voltaje en el punto del consumidor, se define de la siguiente manera:

Nivel de Voltaje – NV	Grupo	Voltaje de Suministro en el punto de entrega
Bajo		menor o igual a 0,6 kV;
Medio		mayor a 0,6 y menor igual a 40 kV;
Alto	Grupo 1 -AV1	mayor a 40 y menor igual a 138 kV;
	Grupo 2 - AV2	mayor a 138 kV.

Tabla 2. Nivel de Voltaje

Acorde a la categoría tarifaria y los niveles de voltaje se obtiene lo siguiente:

Categoría Tarifaria: General Medio Voltaje Industrial con Demanda Diferenciada.

Categoría	Nivel de Voltaje - NV	Grupo de Consumo	Registro de Demanda
Residencial	Bajo Voltaje – BV <i>NV < 600 V</i>	Residencial	Sin demanda
General		Comercial	Sin demanda
			Con demanda
			Con demanda horaria
		Industrial	Sin demanda
			Con demanda
			Con demanda horaria
		Otros(*)	Sin demanda
			Con demanda
			Con demanda horaria
			Con demanda horaria diferenciada

	Medio Voltaje – MV <i>600 V ≤ NV ≤ 40 kV</i>	Comercial	Con demanda
		Industrial	
		Otros(*)	
		Comercial	Con demanda horaria
		Otros(*)	
		Industrial	Con demanda horaria diferenciada
	Alto Voltaje – AV <i>AV1: 40 kV ≤ NV ≤ 138 kV</i>	Comercial	Con demanda horaria
		Otros(*)	Con demanda horaria diferenciada
		Industrial	
		AV2: NV > 138 kV	

Nota.- (*) El grupo de consumo Otros considera consumidores como entidades oficiales, asistencia social, servicios comunitarios, bombeo de agua, escenarios deportivos, estaciones de carga rápida, entre otros.

Tabla 3. Categoría tarifaria

Tarifas: Tarifa general con demanda horaria diferenciada.

Tarifas de Medio Voltaje: a) tarifa general con demanda, b) tarifa general con demanda horaria, c) tarifa general con demanda horaria diferenciada, d) tarifa general con demanda horaria para bombeo de agua, e) tarifa general con demanda horaria para las estaciones de carga rápida de vehículos eléctricos.

Tarifa general con demanda horaria diferenciada.

- a) Comercialización fija USD/consumidor-mes, independiente del consumo.

- b) Cargo por demanda eléctrica USD/kW-mes, indicada en el numeral 4.6.4.1 del Pliego Tarifario, multiplicado por un factor de gestión de demanda.
- c) Cargo por energía USD/kWh, lunes a viernes 8:00 – 18:00.
- d) Cargo por energía USD/kWh, lunes a viernes 18:00 – 22:00.
- e) Cargo por energía USD/kWh, lunes a viernes 22:00 – 8:00. Incluyendo sábados, domingos y feriados de 22:00 – 18:00.
- f) Cargo por sábados, domingos y feriados de 18:00 – 22:00.

Demanda Facturable.

Comparación entre la demanda máxima registrada y potencia contratada.

Demanda Máxima.

Demanda facturable (DF), es la demanda máxima registrada y la cual no puede ser menor al 60% de la demanda máxima promedio de los últimos 12 meses.

$$DF = \begin{cases} 60\% \times DM_{max12} & \text{si } DM < 60\% \times DM_{max12} \\ DM & \text{si } DM \geq 60\% \times DM_{max12} \end{cases}$$

Ecuación 1. Demanda Facturable

Factor de Gestión de Demanda.

Para consumidores industriales en medio voltaje y alto voltaje Grupo AV1, se establece de la siguiente manera.

$$FGDI = \begin{cases} 0.50 & \text{si } \frac{DP}{DM} < 0.6 \\ 0.5833 \times \frac{DP}{DM} + 0.4167 \times \left(\frac{DP}{DM}\right)^2 & \text{si } 0.6 \leq \frac{DP}{DM} \leq 0.9 \\ 1.00 & \text{si } 0.9 < \frac{DP}{DM} \leq 1.0 \end{cases}$$

Ecuación 2. Factor de Gestión de Demanda

Factor de Potencia

Aplicable a consumidores de categoría general, con energía reactiva, considerar:

$$P_{BFP} = \begin{cases} P_{BFP} = 0 & \text{si } FP_r \geq 0.92 \\ P_{BFP} = B_{FP} \times FSPEE_l & \text{si } FP_r < 0.92 \rightarrow B_{FP} = \frac{0.92}{FP_r} - 1 \end{cases}$$

Ecuación 3. Factor de Potencia

En el cual:

P_{BFP} = Penalización por bajo factor de potencia.

FP_r = Factor de potencia registrado o calculado.

B_{FP} = Factor de penalización.

$FSPEE_i$ = Factura por servicio público de energía eléctrica inicial.

2.11. Perfil de Carga

El perfil de carga en una industria se refiere al patrón de consumo eléctrico de una empresa industrial a lo largo del tiempo, típicamente representado en forma gráfica que muestra cómo varía la demanda de energía durante diferentes períodos (horas del día, días de la semana, meses del año).

Componentes principales del perfil de carga:

Demanda máxima (pico): El punto más alto de consumo eléctrico, generalmente expresado en kilovatios (kW) o megavatios (MW).

Demanda base: El nivel mínimo continuo de consumo que mantiene la industria, incluso cuando no está en producción activa.

Factor de carga o FGD: La relación entre la demanda promedio y la demanda máxima durante un período determinado. Un factor alto indica un uso más eficiente de la energía.

Curva de demanda: La representación gráfica que muestra las variaciones del consumo a lo largo del tiempo.

2.12. Costo de la Energía Eléctrica en el Ecuador

Facturación

Corresponde a la suma de valores de: a) energía, b) potencia, c) pérdidas por transformadores, d) comercialización, e) penalización por bajo factor de potencia.

$$FSPEE = E + P + PIT + C + P_{BFP}$$

Ecuación 4. Facturación General Medio Voltaje con Demanda Diferenciada.

Donde:

$FSPEE = \text{Factura por servicio público de energía eléctrica (USD)}$

$E = \text{Facturación de energía (USD)}$

$P = \text{Facturación de demanda (USD)}$

$PIT = \text{Pérdidas en transformación (USD)}$

$C = \text{Comercialización (USD)}$

$P_{BFP} = \text{Penalización por bajo factor de potencia (USD)}$

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

3.1. Recolección de Datos

3.1.1. Encuestas

Para el presente estudio se realizaron encuestas preliminares a 40 de los usuarios finales de equipos eléctricos y personal administrativo de la planta, en el cual se obtuvo información relevante respecto al uso de los equipos y su conocimiento respecto al uso de estos en el enfoque de la eficiencia energética. Formato de encuesta en la sección de Anexos.

3.1.2. Planillas Eléctricas

Para el presente estudio se recopilaban datos de la planilla eléctrica/facturación, donde se muestran datos relevantes para obtener datos de las variables relevantes como: demanda eléctrica, factor de potencia, demanda por franjas horarias, energía activa, energía reactiva, valores fijos como alumbrado, servicio de bomberos e impuestos varios. En un periodo de estudio de 27 meses.

3.1.3. Producción Aceites Lubricantes

Se han obtenidos datos de producción de aceites lubricantes durante el mismo periodo de 27 meses para establecer una correlación de esta variable con la demanda eléctrica de la planta.

3.2. Propuestas de Eficiencia Energética

3.2.1. Reducción de la Demanda Eléctrica

Renovación de Motores Eléctricos

Migrar los motores eléctricos actuales a motores eléctricos con tecnología NEMA PREMIUM o NEMA SUPER PREMIUM. Se pueden obtener ahorros energéticos y económicos que harían viable la obtención de estos.

Capacitación del personal

Si bien no se pudo ejecutar un plan de capacitaciones se mostrarán cifras aproximadas de ahorro energético en industrias similares relacionadas a la capacitación del personal y su relación con la eficiencia energética.

Implementación de Paneles fotovoltaicos

Se realiza un plan de implementación de paneles fotovoltaicos que busca suplir la demanda eléctrica de la planta en su totalidad. La misma fue realizada por un consultor externo el cual brindó los lineamientos de lo mínimo necesario para la ejecución del plan.

3.3. Materiales e Implementación Paneles Fotovoltaicos

La propuesta de eficiencia energética implementando un sistema fotovoltaico, se basa en un sistema fotovoltaico ON GRID que proveerá a la industria de 100 [KW] en la capacidad de suplir la energía eléctrica de todo el sistema.

La propuesta de implementación incluye los siguientes equipos.

Cantidad	Equipo	Descripción
300	Paneles Fotovoltaicos	Panel monocristalino. 330 - 400 [W]. Dimensiones: 1,96 [m] x 0,96 [m]
2	Inversor híbrido S6-EH1P8K-L-PRO	Corriente in max: 32 [A] Corriente out max: 190 [A] Potencia max: 48 [kW]
1	Estructura de montaje	Estructura de aluminio. 600 [m ²]
2	Wifi Stick Solis S3-/WiFi-ST	
	Cableado DC	4 [mm]

Tabla 4. Materiales y Equipos Instalación PV

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

4.1. Encuestas

Escoja su rango de edad
27 respuestas

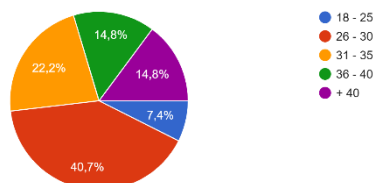


Ilustración 2. Rango etario encuestados

Para realizar sus funciones. ¿Emplea diariamente equipos/máquinas eléctricas o electrónicas?
27 respuestas

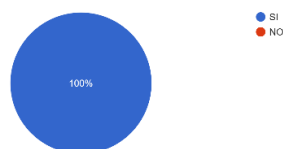


Ilustración 3. Empleo de equipos eléctricos/electrónicos

Si su respuesta anterior fue SI. ¿Cuánto tiempo de la jornada laboral emplea este equipo?
27 respuestas

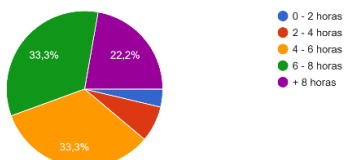


Ilustración 4. Horas empleadas en equipos eléctricos/electrónicos

¿Conoce usted cuáles son los equipos eléctricos que consumen mayor energía en su área de trabajo?
27 respuestas

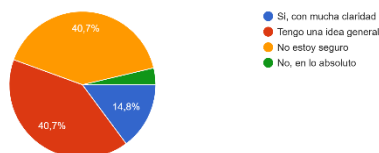


Ilustración 5. Conocimiento de equipos de mayor consumo energético.

Cuando un equipo eléctrico no está en uso, ¿cuál de las siguientes acciones considera la más eficiente energéticamente?
27 respuestas

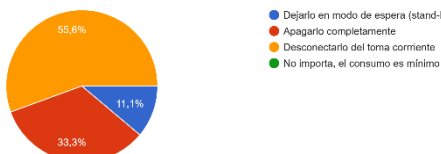


Ilustración 6. Acciones sobre equipos eléctricos sin uso.

¿Considera que el mantenimiento regular de los equipos eléctricos influye en su eficiencia energética?
27 respuestas

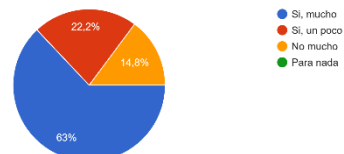


Ilustración 7. Percepción del mto de equipos eléctricos.

¿Recibió capacitación previa para el uso adecuado de este equipo?
27 respuestas

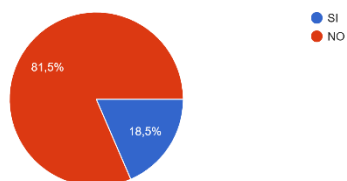


Ilustración 8. Capacitación previa

¿Cree que su desempeño aumentaría si recibiera capacitación respecto al uso adecuado y eficiente de los equipos?
27 respuestas

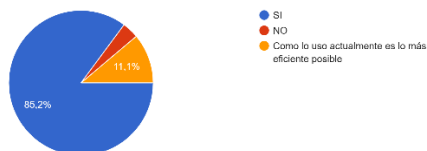


Ilustración 9. Aumento del desempeño en función de la capacitación.

¿Quién cree que debería brindar capacitaciones respecto al uso de su equipo tecnológico?
27 respuestas

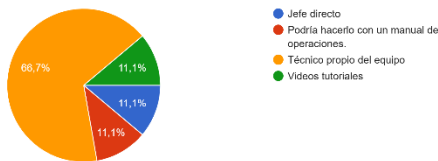


Ilustración 10. Propuestas de capacitador.

¿Ha notado alguna práctica en su área de trabajo que considere un desperdicio de energía eléctrica (ej., luces encendidas sin necesidad, equipos funcionando sin producción)?
27 respuestas

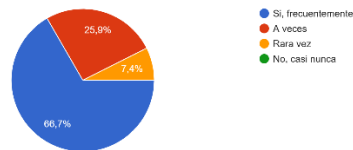


Ilustración 11. Prácticas ineficientes en áreas de trabajo.

Si se implementaran medidas para mejorar la eficiencia energética en la planta, ¿estaría dispuesto(a) a adaptar sus hábitos de trabajo para apoyarlas?
27 respuestas

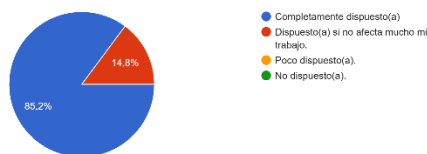


Ilustración 12. Predisposición a implementar medidas de eficiencia energética.

¿Cree que la instalación de paneles solares para generar electricidad sería beneficiosa para la planta?
27 respuestas

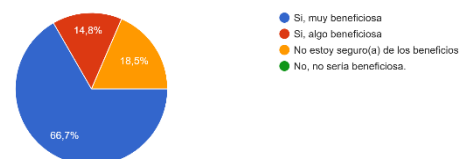


Ilustración 13. Percepción del beneficio de paneles PV en la planta.

Describa como usted podría hacer de su trabajo una operación más eficiente.

- Cuidando de mi equipo adecuadamente para que este no se ralentice ni entorpezca mi productividad
- Integrando sistemas de automatización para procesos repetitivos
- Empleando la domótica para apagar y prender de manera remota los equipos cuando no se estén usando.
- Haciendo teletrabajo
- Evitando dejar equipos conectados o prendidos cuando no se están ocupando, y usar las luces solamente cuando se requiera.
- Podría hacer mi trabajo una operación más eficiente siendo más consciente del uso de equipos eléctricos. Por ejemplo, apagar completamente los dispositivos cuando no los esté utilizando, y en lo posible, desconectarlos del tomacorriente para evitar el consumo de energía innecesario
- Tecnología en aplicaciones IA.
- Horas de descanso en momento estratégico del equipo
- Respetando los tiempos de mantenimientos de los equipos y apagando funciones innecesarias que consumen energía en exceso
- Automatizar el envío de correos, alertas o recordatorios con herramientas como Zapier o Power Automate.

4.3. Producción de lubricante

FECHA	GALONES PRODUCIDOS
ene-23	728325,02
feb-23	646359,00
mar-23	821217,16
abr-23	610810,04
may-23	607792,83
jun-23	622125,00
jul-23	513826,48
ago-23	713966,00
sep-23	697541,68
oct-23	733881,00
nov-23	733786,00
dic-23	752891,00
ene-24	729218,00
feb-24	593370,60
mar-24	669534,16
abr-24	735422,62
may-24	689958,13
jun-24	621524,84
jul-24	689531,62
ago-24	715895,62
sep-24	654326,50
oct-24	750597,75
nov-24	761267,00
dic-24	995048,24
ene-25	862327,57
feb-25	776155,31
mar-25	609364,82

Tabla 5. Producción Mensual Lubricantes

4.4. Planillas Eléctricas - Demanda eléctrica de la planta analizando un periodo de 27 meses

FECHA	ENERGIA ACTIVA [\$]	AC 8 A 18 L-V [KWH]	AC 18 A 22 L-V [KWH]	AC 22 A 8 L-V [KWH]	AC 18 A 22 SDF [KWH]	ENERGIA REACTIVA [KVR]	DEMAN 8 A 18 L- V	DEMAN 18 A 22 L-V	DEMAN 22 A 8 L- V-S-D-F	DEMAN 18 A 22 S-D-F	DEMANDA [\$]	DEMANDA [KW]	ALUMBRADO	USD
ene-23	9152,03	49700	16800	37100	700	23800	0,17	0,36	0,35	0,44	1028,87	283	143,19	\$9.742,02
feb-23	7612,67	41300	13300	29400	700	16100	0,13	0,3	0,34	0,43	991,71	308	143,19	\$8.136,63
mar-23	9230,81	51100	16100	36400	700	22400	0,03	0,29	0,36	0,42	1089,73	293	143,19	\$9.824,60
abr-23	7620,37	42700	13300	29400	700	16100	0,03	0,29	0,31	0,44	873,83	306	143,19	\$8.139,38
may-23	8141,86	42700	14000	35700	2100	17500	0,28	0,4	0,31	0,43	881,52	300	143,19	\$8.686,24
jun-23												279	143,19	
jul-23												286	143,19	
ago-23												306	143,19	
sep-23												315	143,19	
oct-23												321	143,19	
nov-23												306	143,19	
dic-23		47600	14700	36400	700						944,3	307	143,19	\$9.165,21
ene-24		51800	16100	36400	1400						963,52	328	143,19	\$10.975,64
feb-24		43400	14000	35000	1400						908,65	307	143,19	\$9.724,31
mar-24		46200	14700	35000	700	18200	0,45	0,32	0,32	0,04	901,62	315	143,19	\$10.051,78
abr-24		47600	15400	34300	700	17500	0,43	0,3	0,31	0,1	839,92	301	143,19	\$10.124,54
may-24		42700	14700	40600	700	17500	0,42	0,32	0,41	0,31	923,31	294	143,19	\$10.345,68
jun-24		44800	14700	35000	700	18900	0,44	0,35	0,33	0,04	1025,63	308	143,19	\$10.028,00
jul-24		51100	17500	40600	1400	23100	0,44	0,33	0,33	0,12	946,98	308	143,19	\$11.394,77
ago-24		50400	17500	39900	700	25200	0,47	0,35	0,35	0,05	1001,91	329	143,19	\$11.189,66
sep-24		47600	15400	39200	2100	28000	0,46	0,34	0,39	0,32	970,58	322	143,19	\$10.751,98
oct-24		45500	16100	43400	2800	37100	0,44	0,34	0,45	0,3	978,16	315	143,19	\$11.019,47
nov-24		43400	14700	53200	4200	32900	0,43	0,32	0,41	0,32	915,82	301	143,19	\$11.555,62
dic-24		51800	15400	47600	2800						1103,41	342	143,19	\$12.047,40
ene-25		55300	18900	60900	3500						1126,72	356	143,19	\$13.934,55
feb-25		50400	18200	59500	4200						1142,96	342	143,19	\$13.371,41
mar-25		51100	17500	60900	4200	49000	0,48	0,39	0,38	0,26	1151,61	336	143,19	\$13.475,26

Tabla 6. Demanda Eléctrica

4.5. Demanda eléctrica

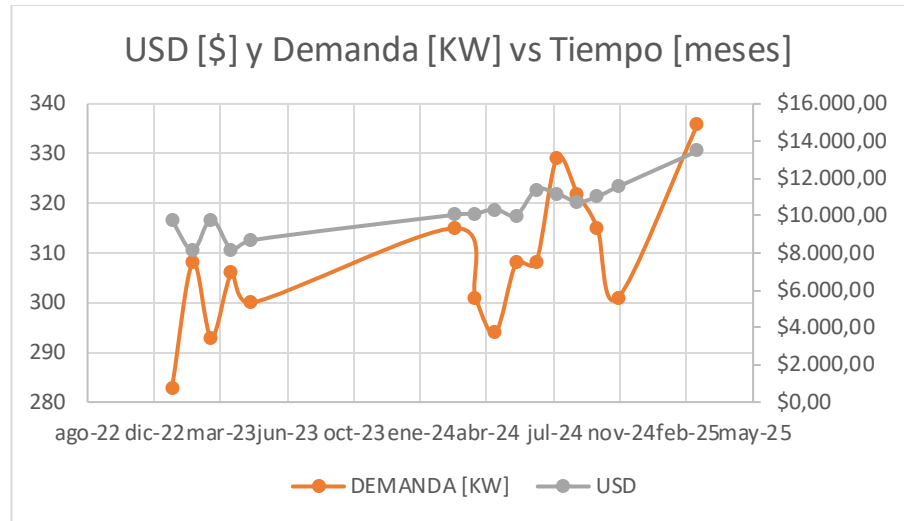


Tabla 7. USD y Demanda vs. Tiempo

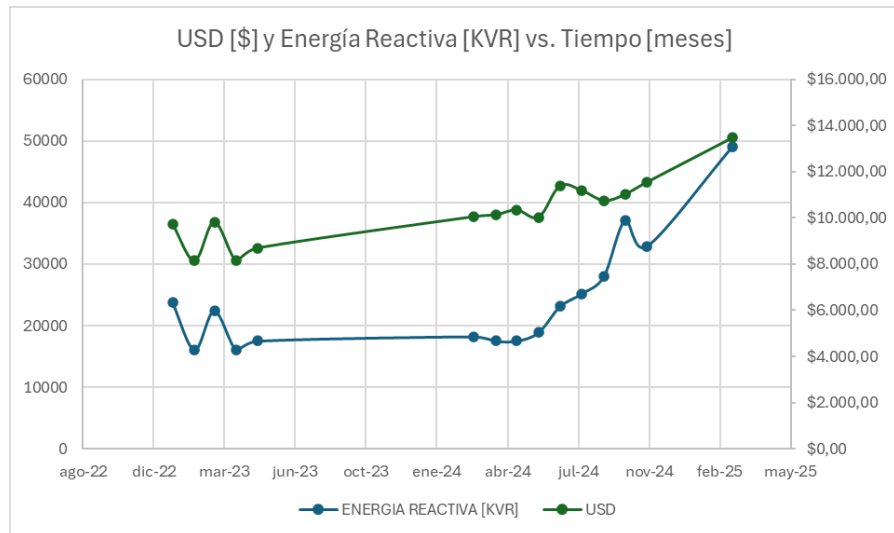


Tabla 8. USD y Energía Reactiva vs. Tiempo

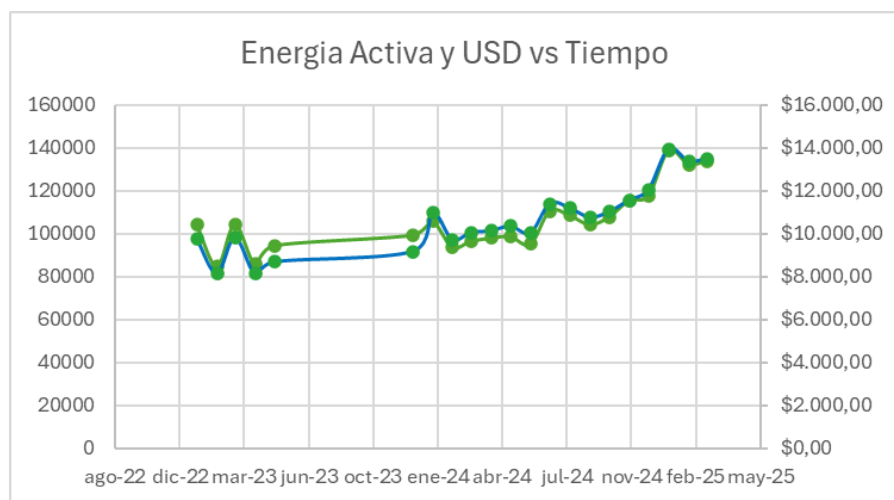


Tabla 9. Energía Activa y USD vs Tiempo

4.6. Propuesta de cambio de motores eléctricos.

Acorde a ABB, la migración de motores eléctricos convencionales a motores a inducción con tecnología NEMA PREMIUM o Super Premium entre 1 y 20 HP, se pueden obtener ahorros de hasta 6.3 kWh diarios/motor. Considerando un costo de energía promedio de \$0.12 USD/kWh (caso de estudio realizado en USA) el cual es similar al de \$0.1164 USD/kWh en Ecuador aprobado el 4 de junio del 2025.

Ahorro energético: **6.3 kW día/motor (10HP)**

Ahorro económico: **\$276/motor por año.**

La empresa consta de 17 motores eléctricos de 15 HP, que ya tienen alrededor de 12 años.

La propuesta de mejora incluye la reposición de estos, con un rubro de inversión de **\$30165**

Se estima un retorno de la inversión en: **9.1 años**

4.7. Capacitación del personal

Acorde a EPA (Energy Protection Energy), Energy Star y JRP Solutions, las industrias petroquímicas pueden alcanzar ahorros energéticos entre un **7% y un 20%**, implementando programas de capacitación en eficiencia energética al personal de una industria.

Existen propuestas gratuitas de capacitación en eficiencia energética dadas por organizaciones como las de Fundación Carlos Slim hasta propuestas privadas como las de JRP Solutions con inversiones de \$350 por trabajador. Considerando la capacitación de al menos los líderes de cada departamento. Esta inversión podría llegar a la suma de \$7000.

4.8. Propuesta de Eficiencia Energética: Implementación Paneles FV

4.8.1. Factibilidad

Propuesta Económica: \$109670 + IVA.

- Sistema Fotovoltaico: \$94670 + IVA.

- 300 paneles Fotovoltaicos.
- 2 inversores híbridos ON GRID.
- Estructura.
- 2 wifi sticks.
- Cableado.
- Protecciones eléctricas.
- Servicio Técnico: \$15000 + IVA.
- Diseño de planos de colocación de paneles y acometidas.
- Instalación de paneles e inversores.
- Instalación de sistemas de protección de voltaje.
- Puesta en marcha de sistemas y pruebas.
- Garantía
- Inversor: 5 años por defectos de fábrica.
- Paneles fotovoltaicos: 10 años. Vida útil máxima: 20 años.
- Instalación: 1 año.

Resultados

Para la obtención de la potencia máxima requerida es necesaria la implementación de los paneles sobre un área aproximada de 600 $[m^2]$.

Obteniendo:

$$\text{kilovatios pico} = 120 [kWp]$$

4.8.2. Cuadro de Retorno

Como premisa se realiza la proyección con un valor de 0.0927 $[\$/KWh]$. Sin embargo, el gobierno anunció el alza de las tarifas a los medianos y grandes consumidores a 0.1164 $[\$/KWh]$ lo que podría generar ligeras variaciones a lo proyectado.

CUADRO DE RETORNO					
Inversión Inicial Aproximada				\$109.670	
Año	kW/h	Ahorro (USD)	Flujo de Inversión	Planilla sin PV	Planilla con PV
1	302400,00	\$27.216,00	-\$82.454,00	\$129.000,00	\$101.784,00
2	299376,00	\$27.752,16	-\$54.701,84	\$132.870,00	\$105.117,84
3	296382,24	\$28.274,87	-\$26.426,98	\$136.856,10	\$108.581,23
4	293418,42	\$28.784,35	\$2.357,37	\$140.961,78	\$112.177,44
5	290484,23	\$29.280,81	\$31.638,18	\$145.190,64	\$115.909,83
6	287579,39	\$29.764,47	\$61.402,65	\$149.546,36	\$119.781,89

7	284703,60	\$30.235,52	\$91.638,17	\$154.032,75	\$123.797,22
8	281856,56	\$30.694,18	\$122.332,35	\$158.653,73	\$127.959,55
9	279038,00	\$31.140,64	\$153.472,99	\$163.413,34	\$132.272,70
10	276247,62	\$31.575,10	\$185.048,09	\$168.315,74	\$136.740,64
11	273485,14	\$31.997,76	\$217.045,85	\$173.365,21	\$141.367,45
12	270750,29	\$32.408,81	\$249.454,66	\$178.566,17	\$146.157,36
13	268042,79	\$32.808,44	\$282.263,10	\$183.923,15	\$151.114,72
14	265362,36	\$33.196,83	\$315.459,93	\$189.440,85	\$156.244,02
15	262708,73	\$33.574,18	\$349.034,10	\$195.124,07	\$161.549,90
16	260081,65	\$33.940,65	\$382.974,76	\$200.977,80	\$167.037,14
17	257480,83	\$34.296,45	\$417.271,21	\$207.007,13	\$172.710,68
18	254906,02	\$34.641,73	\$451.912,93	\$213.217,34	\$178.575,62
19	252356,96	\$34.976,67	\$486.889,61	\$219.613,86	\$184.637,19
20	249833,39	\$35.301,46	\$522.191,07	\$226.202,28	\$190.900,82

Tabla 10. Cuadro de Retorno.

4.8.3. Flujo de Inversión

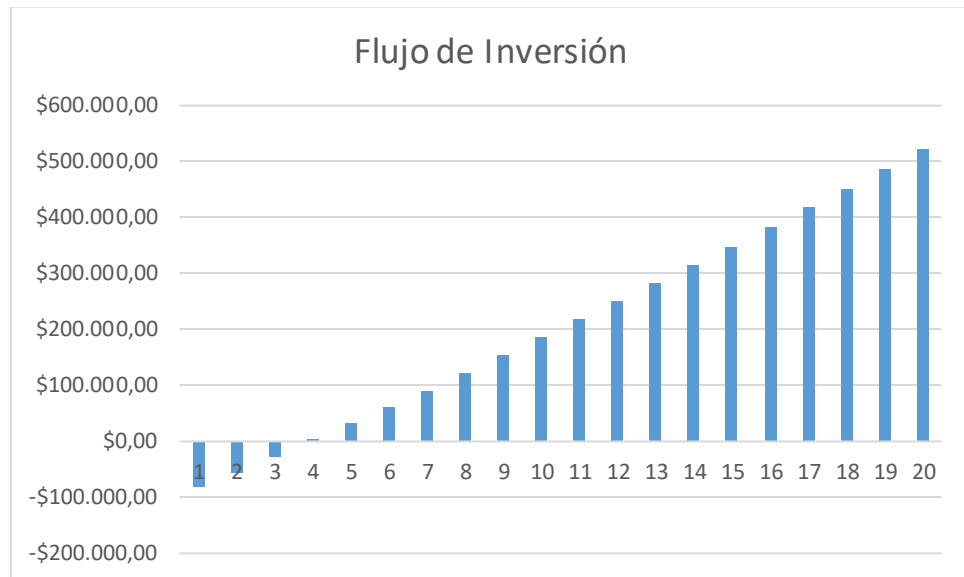


Tabla 11. Flujo de Inversión.

4.9. Escenarios de Propuestas de Eficiencia Energética

Factores	Inversión	Escenarios				
		#1	#2	#3	#4	#5
Paneles PV	\$109.670	✓	✓	✓	☐	☐
Reemplazo Motores Eléctricos	\$30.165	✓	✓	☐	✓	☐
Capacitación del personal	\$7.000	✓	☐	✓	✓	✓
Reducción de Energía Reactiva	No definido	✓	☐	☐	☐	☐
Total	\$146.835	\$146.835	\$139.835	\$116.670	\$37.165	\$7.000

Tabla 12. Escenarios de Propuestas de Mejora.

Nota: La reducción de la energía reactiva no ha podido ser cuantificada por falta del dimensionamiento de la cantidad y descripción de los bancos de capacitores. Sin embargo, se evidencia una correlación en la tendencia de la Energía Reactiva y USD facturados.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- A partir de las encuestas realizadas el 80% personal afirmó no haber recibido una capacitación formal sobre el uso de sus equipos electrónicos y que considera que su trabajo hubiese sido más productivo de haber recibido dicha capacitación. Así como también desconocen de cuales son los equipos de mayor consumo energético en su área de trabajo.
- Al término del 4to año de implementado el sistema on grid de paneles fotovoltaico ya se ha conseguido obtener un retorno de la inversión y asumiendo un tiempo de vida máximo de los paneles instalados de 20 años. Se obtiene un ahorro acumulado de \$520k. Sin considerar el escenario en que se hayan implementado otras propuestas de eficiencia energética en la búsqueda de la reducción de la demanda.

La propuesta de eficiencia está dimensionada a partir de un área de trabajo de 600 m^2 en la cual se cubre el 100% de la demanda de la planta. Considerando una extensión total disponible de 15200 m^2 , el alcance en obtención de energía eléctrica llega 2500 [KW]. Teniendo la opción de comercializar al sistema interconectado, el excedente de producción.

- La implementación de motores eléctricos con certificación NEMA PREMIUM prevén un retorno de la inversión de 9.1 años desde el punto de vista económico y un ahorro energético de 6.3 KW día por motor. Con una vida media entre 15 y 20 años. Se pueden lograr ahorros económicos entre 70400 y 93900 USD.
- La facturación tiene una correlación directa con la energía activa, que es dependiente de la producción de lubricantes. Además de también se encuentra una correlación muy fuerte con la energía reactiva registrada. De estos 2 factores, la energía reactiva es puede mejorarse. Sin embargo, dentro del alcance de la presente tesis no fue posible cuantificar.

Escenarios

- Escenario 5: Una inversión agresiva en la formación del personal en sus diferentes líneas de operación y trabajos administrativos, según estudios puede alcanzar un ahorro en la demanda energética de un 20%. Derivando en la reducción inicial del proyecto de paneles fotovoltaicos con una inversión inicial de \$90736. Sin embargo, el tiempo de retorno de esta inversión es

similar al caso base de solo implementar los paneles ya que la generación también disminuye en la misma proporción. Es la implementación más viable debido a su más bajo costo de inversión, considerando el ahorro más optimista del 20%.

- Escenario 4: La combinación de la implementación motores eléctricos de última generación y capacitación al personal. Es una propuesta que tiene un enfoque principalmente energético, ya que el adicionar la variable del recambio de los motores no representa impacto significativo, siendo aproximadamente un 4% de la facturación eléctrica.
- Escenario 1: Es el escenario que mayor impacto tiene tanto sobre la energía demandada de la planta, así como en los montos de la planilla eléctrica. La combinación integral de paneles fotovoltaicos, capacitación del personal y recambio de los motores eléctricos. Los ahorros económicos percibidos por parte de la implementación de paneles PV permitirían financiar de manera indirecta las otras 2 propuestas. Permitiendo que al término del 5to año de la implementación exista el retorno de los \$37K de los proyectos.
- Los escenarios 2 y 3: terminan siendo dependientes de la implementación de los paneles PV, por lo cual su verdadero éxito consiste en la ejecución de este primer proyecto.

5.2. Recomendaciones

- La capacitación del personal podría ser efectuada en las áreas de mayor incidencia energética para la planta para lograr mayores impactos en un menor tiempo posible.
- Existen áreas de la planta que no fueron objeto de estudio, sin embargo; podrían tener gran incidencia en el análisis descriptivo. La planta consta con un equipo de soldadura mediante arco eléctrico el cual es empleado en la fabricación de tanques metálicos. El cual puede tener demandas pico de energía los cuales se verían reflejados en los puntos en los cuales cuando se comparan los galones producidos vs la demanda eléctrica no sigue una relación directa. Es decir, en meses en los cuales los ha habido una gran producción de galones de aceite, la facturación eléctrica ha sido mayor que otros meses en los cuales la producción de aceite fue superior. Probablemente ese mes hubo una gran producción de tanque metálicos.
- Una situación similar ocurre con equipos de inyección de plásticos que se encuentran en la planta, estas líneas de producción por fuera del análisis de estudio generan un análisis no del todo preciso. Se sugiere discretizar la demanda de cada uno de estos subprocesos.
- Se recomienda realizar una lectura o adquirir un analizador de redes que permita ver en tiempo real la energía reactiva de los diferentes puntos de acometida de la planta, ya que existe una relación directa muy fuerte entre la

energía reactiva y la facturación y si se logra disminuirla. Como consecuencia se tendrían ahorros económicos de manera directa y proporcional a estas reducciones, la renovación de los motores eléctricos también ayudará a esta reducción. Sin embargo, sin la cuantificación de esta, no se podría dimensionar el impacto real de la propuesta.

- Se recomienda utilizar la totalidad del área disponible para la implementación de los paneles PV y poder triplicar la generación de energía eléctrica, ser autosustentable de manera limpia e inclusive con la oportunidad de comercializar el excedente a la red.
- Una propuesta a partir del análisis es la operación de la planta en las franjas horarias en las cuales el costo por KWh es menor. Sin embargo, los costos de sueldos y salarios por trabajar en esos turnos (variable que no es parte del presente estudio) lo hacen poco probable.

6. Referencias Bibliográficas

- Abad, J. (2024). Gestión de Auditoría Energética. In *Gestión de Auditoría Energética* (2da Edición ed.). ESPOL.
- AEDE, A. d. E. A. d. E. (2 024). *Sector Automotor en cifras* <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2024/09/8.-Sector-en-Cifras-Resumen-Julio.pdf>
- APEL. (2022). *Miembros de la Asociación Ecuatoriana de Lubricantes*. APEL. <https://apel.ec/quienes-somos/>
- API, A. P. I. (2023). Engine Oil Licensing and Certification System. In (pp. 69-70).
- ARCE, A. d. R. y. C. d. E. (2025). *Panorama Eléctrico 2025*. Retrieved from <https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/01/PanoramaElectricoXXV-Enero-Baja.pdf>
- ARCONEL. (2025). *Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Retrieved from <https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2025/01/2.-Pliego-Tarifario-del-Servicio-Publico-de-Energia-Electrcia-ano-2025.pdf>
- Azab, M. (2025). A Review of Recent Trends in High-Efficiency Induction Motor Drives [scientific]. *Vehicles*, 2. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/vehicles7010015>
- Banecuator. (2024). Energía: Nueva línea de crédito de Banecuator BP para financiar sistemas de autogeneración eléctrica. [Press release]. <https://www.banecuator.fin.ec/2024/10/11/banecuator-lanza-nueva-linea-de-credito-energia-ciudadana/>
- Barzola Montes, J. (2014). *¿Es posible la Grid Parity en Ecuador?* Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Revista Tecnológica ESPOL. Revista Tecnológica. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/258>
- CELEC-EP. (2024). *Estudio del Potencial Solar Fotovoltaico del Ecuador*. Cuenca Retrieved from <https://www.celec.gob.ec/wp-content/uploads/2024/05/Folleto-PROYECTOS-FOTOVOLTAICOS-ECU-2024-2-26-FEB.pdf>
- Energy, U. S. D. o. (2025). *Solar Radiation Basics*. <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-radiation-basics>
- Gary, J. H., Handwerk, G. E., & Kaiser, M. J. (2007). *Petroleum Refining: Technology and Economics* (Fifth Edition ed.). CRC Press.
- Gillingham, K., Newell, R. G., & Palmer, K. (2009). Energy Efficiency Economics and Policy. *The Annual Review of Resource Economics*, 2. <https://doi.org/10.1146/annurev.resource.102308.124234>
- Heller, M. (2024). El sector privado no quiere realizar despidos por los apagones. In L. Valarezo (Ed.), *24 Horas: Teleamazonas*.
- IEA. (2025). *Electricity 2025 - Executive Summary*. International Energy Agency. Retrieved 03/15/2025 from <https://www.iea.org/reports/electricity-2025/executive-summary>
- INEN, I. E. d. N. (2019). *SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA — REQUISITOS CON ORIENTACIÓN PARA SU USO (ISO 50001:2018, IDT)*. INEN
- Info, E. D. (2024). *Global Solar Atlas* (
- Jost, H. P. (1990). Tribology - Origin and Future. In *Wear* (Vol. 136, pp. 1-17). [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0043-1648\(90\)90068-L](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0043-1648(90)90068-L)
- Krarti, M. (2020). *Energy Audit of Building Systems: An Engineering Approach* (Third ed.). CRC PRESS.
- Laguado, M., Paipa, E., Sepulveda, S., & Bustos Márquez, L. (2019). Performance comparison between PWM and MPPT charge controllers. *Scientia et technica*, 24. <https://doi.org/10.22517/23447214.20681>
- Marín-López, D., Zalamea-León, E., & Barragán-Escandón, E. (2018). POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN TECHUMBRE DE EDIFICIOS INDUSTRIALES DE ALTA DEMANDA ENERGÉTICA EN ZONAS ECUATORIALES. *Hábitat Sustentable*, 28-41. <https://doi.org/https://doi.org/10.22320/07190700.2017.08.01.03>

- MEM. (2023). *Balance Energético Nacional 2023*. MEM Retrieved from https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2024/08/BEN_2023-cap_1.pdf
- MEM, M. d. E. y. M. (2024). *Balance Energético Nacional 2023*. MEM Retrieved from https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2024/08/BEN_2023-final_compressed.pdf
- Minas, M. d. E. y. (2023). Balance Energético Nacional 2023. In (Vol. 1): Ministerio de Energía y Minas.
- Neira-Moscoso, M., & Serrano-Guerrero, X. (2024). *Entendiendo la crisis del sector eléctrico ecuatoriano*. https://www.researchgate.net/publication/388418506_ENTENDIENDO_LA_CRISIS_DEL_SECTOR_ELECTRICO_ECUATORIANO#full-text
- Ramírez Juárez, A. (2019). *Ley de Ohm* UAM-Azcapotzalco]. academia.edu. Ciudad de México. https://www.academia.edu/43108491/Ley_de_Ohm
- Tchouli, A., Ndiya, S., Tchami, H., Nzoundja Fapi, C., & Tchakounte, H. (2025). Optimization of Photovoltaic Water Pumping Systems: Progress, Limits, and Prospects for a Healthy Energy Future. *Journal of Techniques*, 7, 1-18. <https://doi.org/10.51173/jt.v7i1.2606>
- Tsay, C., Pattison, R., Piana, M., & Baldea, M. (2018). A survey of optimal process design capabilities and practices in the chemical and petrochemical industries. *COMPUTERS & CHEMICAL ENGINEERING*, 112, 180-189. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.01.012>
- Álvarez-Villagómez, J., & Concha-Ramírez, J. (2025). Incidencia de la crisis energética en los costos de producción en empresas manufactureras. *Revista Científica Zambos*, 4(1), 226-248. <https://doi.org/https://doi.org/10.69484/rcz/v4/n1/88>

Anexos

Actividad	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
Plan de capacitación al personal técnico y administrativo sobre la eficiencia energética			x	X										
Registro semanal de galones producidos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X
Identificar puntos de mejora para la eficiencia energética					x	X								
Estimación de ahorros energéticos implementando medidas planteadas							X							
Dimensionamiento de paneles fotovoltaicos						x								

Fecha de inicio de actividades: 01/noviembre/2024

Fecha de culminación de actividades: 14/febrero/2025

Formato de Encuesta

Eficiencia Energética en el Trabajo

El siguiente cuestionario busca comprender si los usuarios tienen conocimientos del uso de sus equipos y la importancia en la eficiencia energética

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Escoja su rango de edad *

Marca solo un óvalo.

- ☐ 18 - 25
☐ 26 - 30
☐ 31 - 35
☐ 36 - 40
☐ + 40

2. Para realizar sus funciones, ¿Emplea diariamente equipos/maquinarias eléctricas o electrónicas? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ SI
☐ NO

3. Si su respuesta anterior fue SI, ¿Cuánto tiempo de la jornada laboral emplea este equipo? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ 0 - 2 horas
☐ 2 - 4 horas
☐ 4 - 6 horas
☐ 6 - 8 horas
☐ + 8 horas

4. ¿Conoce usted cuáles son los equipos eléctricos que consumen mayor energía en su área de trabajo? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Si, con mucha claridad
☐ Tengo una idea general
☐ No estoy seguro
☐ No, en lo absoluto

5. Cuando un equipo eléctrico no está en uso, ¿cuál de las siguientes acciones considera la más eficiente energéticamente? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Dejarlo en modo de espera (stand-by)
☐ Apagarlo completamente
☐ Desconectarlo del toma corriente
☐ No importa, el consumo es mínimo

6. ¿Considera que el mantenimiento regular de los equipos eléctricos influye en su eficiencia energética? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Si, mucho
☐ Si, un poco
☐ No mucho
☐ Para nada

7. ¿Recibió capacitación previa para el uso adecuado de este equipo? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ SI
☐ NO

8. ¿Cree que su desempeño aumentaría si recibiera capacitación respecto al uso adecuado y eficiente de los equipos? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ SI
☐ NO
☐ Como lo uso actualmente es lo más eficiente posible

9. ¿Quién cree que debería brindar capacitaciones respecto al uso de su equipo tecnológico? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Jefe directo
☐ Podría hacerlo con un manual de operaciones.
☐ Técnico propio del equipo
☐ Videos tutoriales

10. ¿Ha notado alguna práctica en su área de trabajo que considere un desperdicio de energía eléctrica (ej., luces encendidas sin necesidad, equipos funcionando sin producción)? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Si, frecuentemente
☐ A veces
☐ Rara vez
☐ No, casi nunca

11. Si se implementaran medidas para mejorar la eficiencia energética en la planta, ¿estaría dispuesto(a) a adaptar sus hábitos de trabajo para apoyarlos? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Completamente dispuesto(a)
☐ Dispuesto(a) si no afecta mucho mi trabajo.
☐ Poco dispuesto(a).
☐ No dispuesto(a).

12. ¿Cree que la instalación de paneles solares para generar electricidad sería beneficiosa para la planta? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ Si, muy beneficiosa
☐ Si, algo beneficiosa
☐ No estoy seguro(a) de los beneficios
☐ No, no sería beneficiosa.

13. Describa como usted podría hacer de su trabajo una operación más eficiente *

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios