



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**  
**FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS**



**MEJORAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA NORMA  
ISO 50001 EN LA UEB EMGEF MATANZAS.**

**TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MÁSTER EN TECNOLOGÍA ENERGÉTICA**

**AUTORA**

**ING. MIGNELLYS PEDROSO NÚÑEZ**

**TUTOR**

**DR. C. OSVALDO F. GARCÍA MORALES**

**MATANZAS, 2025**



## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD Y NOTA LEGAL**

**YO, MIGNELLYS PEDROSO NÚÑEZ DECLARO QUE SOY LA ÚNICA AUTORA DE LA SIGUIENTE TESIS, TITULADA MEJORAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA NORMA ISO 50001 EN LA UEB EMGEF MATANZAS, Y EN VIRTUD DE TAL, CEDO EL DERECHO DE COPIA DE LA MISMA A LA UNIVERSIDAD DE MATANZAS, BAJO LA LICENCIA *CREATIVE COMMONS* DE TIPO RECONOCIMIENTO NO COMERCIAL SIN OBRA DERIVADA, CON LO CUAL SE PERMITE SU COPIA Y DISTRIBUCIÓN POR CUALQUIER MEDIO SIEMPRE QUE MANTENGA EL RECONOCIMIENTO DE SUS AUTORES, NO HAGA USO COMERCIAL DE LA OBRA Y NO REALICE NINGUNA MODIFICACIÓN DE ELLA.**

**Matanzas, 12 de abril de 2025**

**Mignellys Pedroso Núñez**

## **PENSAMIENTO**

*"En una época de cambios permanentes, el futuro pertenece a los que siguen aprendiendo... los que ya aprendieron, se encuentran equipados para vivir un mundo que ya no existe. "*

*Eric Hoffer*

## **DEDICATORIA**

*A mi Padres, sé que donde estén, están orgulloso de mi, son y han sido mi inspiración para terminar este proyecto, un beso y abrazo hasta el cielo.*

*A Lázaro, por ser el compañero que siempre está ahí para apoyarme a lograr mis sueños, gracias por todo amor.*

*A mis grandes tesoros Leamnet y Leiser son mi mayor bendición y motivación en este mundo, esta tesis va dedicada a ustedes son mi principal motor y razón de mi existencia, gracias por darme la dicha de ser su madre, soy tan afortunada de tenerlos en mi vida.*

## *AGRADECIMIENTO*

*Le agradezco a Dios, por darme la fortaleza para alcanzar uno de mis grandes sueños. que bendice mi familia, y nos cuida a diario.*

*A mis padres que desde el cielo me guían, a mi esposo e hijos, por su apoyo incondicional.*

*Agradecer a todo el colectivo de profesores de la Maestría de Tecnología Energética en la Universidad de Matanzas por brindarnos sus conocimientos para nuestra superación profesional.*

*A, mi tutor por creer en mí y hacer realidad este sueño.*

*A los que de una forma u otra tuvieron que ver con la realización de este trabajo.*

*¡A todos muchas gracias!*

## **RESUMEN**

La presente investigación trazó como objetivo general, proponer un conjunto de acciones que permitan la mejora continua en el Sistema de Gestión Energética basada en la Norma ISO 50001, para reducir los índices de los principales portadores energéticos y elevar la Eficiencia Energética en la CE de la UEB EMGEF Matanzas.

Se aplicaron herramientas matemáticas propuestas en la bibliografía acordes a este tipo de estudios (Gráficos, Diagrama de Pareto, fórmulas, tablas formuladas en Microsoft Excel, etc.). Los datos recolectados referentes al consumo de combustibles, lubricantes, y electricidad se procesaron mediante hojas de cálculo en Microsoft Excel. Se identifican los portadores energéticos de mayor consumo y más representativos, el fuel oil y diésel. Se analiza la intensidad energética en los años representativos, donde se observa el deterioro al pasar los años de la eficiencia energética y se determinó la línea de base energética de los IDEn, proponiendo acciones basadas en la Norma ISO 50001: 2018 para la mejora de la eficiencia en la CE, se determinó la reducción de los índices de consumo al aumentar la EE y el posible ahorro energético, se analizaron los efectos de las concentraciones de gases al medio ambiente y su impacto.

### **Palabras claves**

Sistema de Gestión de la Energía, Norma ISO 50001, eficiencia energética, índice de consumo, indicadores de desempeño energético.

## **ABSTRACTS**

The present investigation traced as general objective, to propose a group of actions that they allow the continuous improvement in energy management system, based on ISO 50001 standard, to reduce the indexes of the main energy payees and to elevate the Energy Efficiency in the CE of the UEB EMGEF Matanzas. Mathematical tools proposals were applied in the bibliography chords to this type of studies (Graphics, Diagram of Pareto, you formulate, charts formulated in Microsoft Excel, etc.). The relating gathered data to the consumption of fuels, lubricant, and electricity were processed by means of calculation in Microsoft Excel. It is identified the energy payees of more consumption and more representative the fuel oil and diésel. The energy intensity is analyzed in the representative years, where the deterioration is observed to the years of the energy efficiency to happen and the line of base energetics of the IDEn was determined, proposing actions based on the Norma ISO 50001: 2018 for the improvement of the efficiency in the CE, the reduction was determined from the consumption indexes when increasing the EE and the possible energy saving, the effects were analyzed from the concentrations of gases to the environment and its impact.

### **Key Words**

Energy management system, ISO 50001 standard, energy efficiency, consumption index, indicators of energy acting.

# ÍNDICE

I.INTRODUCCIÓN .....	1
II.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	7
II.1 Panorama Energético Mundial .....	7
II.2 Panorama y Situación Energética en Cuba .....	9
II.2.1 Estrategia Nacional para la Transición Energética en Cuba.2024. ....	14
II.2. 2 Generación distribuida en Cuba.....	15
II.3 Eficiencia energética. Algunos conceptos básicos. ....	18
II.4 Generalidades del Sistema de Gestión Energética (SGEn). ....	20
II.5 Generalidades de la Norma ISO 50001:2018.....	21
II.5.1 Origen de la Norma ISO 50001.....	21
II.5.2 Estructura de la Norma. ....	23
II.5.3 Requerimientos de la Norma y sus beneficios.....	25
II.5.4 Auditoría Energética.....	28
II.5.5 Concientización del personal respecto al uso de la energía y la Eficiencia Energética. .....	29
II.6 Indicadores de Desempeño Energético (IDEn).....	31
II.7 Conclusiones Parciales del Capítulo. ....	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
III.1 Característica del Área de Estudio.....	34
III.2 Descripción y funcionamiento del emplazamiento. ....	35
III.3 Evaluar la Eficiencia de los equipos en la conversión de fuel oil a energía eléctrica.37	
III.4 Análisis del Consumo de Portadores Energéticos. ....	37
III.4.1 Diagrama de Consumo de Combustible - Producción de Energía vs Tiempo. ....	45
III.4.2 Evaluación de los indicadores Energéticos por años. Diagrama de Consumo Combustibles, Consumo de Electricidad vs Generación.....	55
III.5 Determinación de algunas de las causas que intervienen en el deterioro de la Eficiencia Energética de la CE. ....	57
III.6 Acciones Propuestas para la mejora de la Eficiencia Energética basado en la Norma ISO 50001.....	59
III.7 Revisión de la mejora con el uso de la Norma ISO 50001 en términos de ahorro energético en la CE. ....	60
III.8 Estimar la reducción de los índices de consumo al aumentar la EE y el posible ahorro energético. ....	61
III.8.1 Factores ambientales determinantes y su impacto. ....	63

<b>III.8.2 Conclusiones Parciales del Capítulo.</b> .....	65
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</b> .....	66
<b>IV.1 Análisis del Consumo de Portadores Energéticos.</b> .....	66
<b>IV.2 Diagrama de Consumo de Combustible - Producción de Energía vs Tiempo.</b> .....	70
<b>IV.3 Evaluación de los indicadores Energéticos. Diagrama de Consumo Combustibles, Consumo de Electricidad vs Generación.</b> .....	75
<b>IV.4 Resultados de las acciones propuestas realizadas basado en la Norma ISO 50001.</b> 78	
<b>IV.4.1 Resultados al implementar mejoras con el uso de la Norma ISO 50001 en términos de ahorro energético en la CE.</b> .....	80
<b>IV.5 Resultados de la reducción de los índices de consumo al aumentar la EE y el posible ahorro energético.</b> .....	81
<b>IV.5.1 Factores ambientales determinantes y su impacto</b> .....	82
<b>IV.6 Conclusiones Parciales del Capítulo</b> .....	82
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	84
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	84
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	85

## I. INTRODUCCIÓN

El acelerado desarrollo de tecnología en los últimos 250 años se produjo gracias al uso de energía, empezando con el vapor y llegando al uso de combustibles de origen fósil, propició el surgimiento de equipos que permitieron avances tecnológicos que vinieron a mejorar la calidad de vida humana.

La eficiencia energética está relacionada con todo el ciclo energético, desde la generación transmisión de la energía hasta su distribución y consumo y hace referencia al uso de sistemas y estrategias que permiten reducir las pérdidas asociadas a todas y cada una de estas fases.

Según (Carballo et al. 2019), la eficiencia energética en el ámbito del consumo puede enfocarse desde dos ópticas complementarias, la primera es el aumento en la eficiencia de conversión, es decir, el uso de tecnologías que sean capaces de transformar la energía eléctrica en trabajo útil de una manera más eficiente, la segunda sería la concienciación de la sociedad con el consumo energético racional.

La supervivencia y bienestar de las personas están cada vez más vinculados a la energía eléctrica, la cual se utiliza en residencias, instituciones educativas y diversas organizaciones para operar dispositivos eléctricos. Es esencial reconocer que la electricidad no es un recurso infinito, sino que su generación afecta negativamente al entorno natural (Saavedra, 2019).

En la actualidad, una de las principales inquietudes a nivel mundial radica en cómo producir energía con reducidas emisiones de carbono, con el fin de cubrir la creciente necesidad generada por el desarrollo económico global. Por ello, es esencial implementar estrategias que fomenten la conservación energética y el empleo eficiente en las operaciones industriales asociadas con la producción de bienes y servicios (Bernabé, 2020).

Los costos de la energía han experimentado un incremento significativo, debido principalmente a la disminución de los recursos de hidrocarburos y a la insuficiencia de fuentes de energías limpias (Coria, et al., 2022). Debido a la resistencia de los componentes de la red eléctrica, como cables, transformadores y otros aparatos, parte de la energía que se produce en una fuente de Generación se disipa antes de llegar a los usuarios finales. Este fenómeno es inevitable en cualquier sistema eléctrico y se denomina

pérdidas técnicas (De Oliveira, et al., 2022).

Un sistema de administración energética (SAE) alcanzará su eficacia únicamente si cuenta con el respaldo y la colaboración de todos los miembros de la entidad que tengan algún grado de influencia sobre el consumo y el desembolso energético. De igual forma, es indispensable la implementación de las acciones apropiadas en el transcurso cotidiano para promover dichas mejoras y contribuir a la reducción de los gastos y el efecto medioambiental (Cortez, et al., 2019).

Aproximadamente un 96% de la energía consumida en Cuba proviene de fuentes fósiles, mientras que el 4% restante proviene de fuentes renovables (Anuario estadístico de Cuba, 2018). Cuba aporta con sus actividades a las emisiones globales de dióxido de carbono, una cifra relativamente baja respecto a países como China, Estados Unidos, Unión Europea y la India que lideran los aportes de emisiones con 9 4814, 4 888, 3 956 y 2 299 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> respectivamente (GECO, 2019).

Las condiciones a las que está sometida Cuba obligan a alcanzar la independencia energética y transitar desde la situación actual donde el 48% de los combustibles necesarios son de producción nacional teniendo que importar el 51% restante a sustituir esas importaciones con el 14% de aporte de la Unión Eléctrica a través de FRE, el 10% de FRE en los usos directos de la energía en todos los sectores de la economía (DL 345 MINEM, 2019) y el 27% por medidas de ahorro que reduzcan los consumos finales en todos los sectores del país.

En estos momentos, la ciencia y la tecnología acentúan su universalización como resultado de una revolución científica y tecnológica de largo alcance que ha generado un nuevo paradigma técnico – productivo sustentado en modernas tecnologías intensivas y el empleo masivo de la información y la comunicación, deviniendo así en factores que pueden ser restrictivos o propulsores del desarrollo económico y social de los países, en un entorno que favorece la exclusión y la inequidad entre las naciones.

La necesidad del tránsito hacia esquemas productivos más eficientes y competitivos y la actitud innovadora del sistema empresarial cubano, deberán constituirse en condiciones imprescindibles para alcanzar el éxito. Las empresas deberían considerar la gestión tecnológica y la innovación como una estrategia competitiva para incrementar el valor económico; porque, entre otros aspectos, es importante la identificación de oportunidades que representan un reto para el crecimiento de la empresa. Además, porque lo anterior

conduce al desarrollo de capacidades y de conocimientos para crear nuevos productos y servicios diferenciados a mayor velocidad que los competidores.

Además, la influencia del uso de la energía sobre los aspectos ambiental, económico y social, dio lugar a la creación de una norma internacional en sistemas de gestión de la energía que ofreciera las directrices para el mejoramiento del desempeño energético en las organizaciones, logrando con ello mejoramiento en la productividad y en la calidad de vida, así como la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el calentamiento global.

En el año 2011 cuando la Organización Internacional de Normalización (ISO por sus siglas en inglés) unifica criterios con la publicación de la Norma Internacional voluntaria ISO 50001 sobre “Sistemas de Gestión de la Energía-Requisitos con orientación para su uso”. Este estándar en su marco establece los requisitos que debe tener una organización para ayudarla a mejorar su desempeño energético, aumentar su eficiencia energética y reducir los impactos ambientales, así como a incrementar sus ventajas competitivas dentro de los mercados en los que participan. (Resumido de la Norma Internacional ISO 50001:2011 y la 50001: 2018).

Según la Norma Internacional ISO 50001:2018, en ese mismo año fue elaborado por el Comité Técnico ISO/TC301, Gestión y ahorro de la energía. Una segunda edición que anula y sustituye a la primera edición (ISO50001:2011) El objetivo de esta última edición es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos para mejorar continuamente el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía.

El previsible agotamiento de los combustibles fósiles y el daño irreversible que se ocasiona al medio ambiente, exigen la adopción de nuevas estrategias en materia de energía como base de un modelo de desarrollo sostenible, que permita satisfacer las necesidades energéticas de la generación actual y preservar las posibilidades para que las futuras generaciones puedan también encontrar soluciones para satisfacer las suyas.

Ante esta realidad, numerosos estudios se han realizado en vísperas de mitigar en lo posible los efectos destructivos que supone este nuevo desafío, una de las alternativas más aceptadas ha sido la Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía, a través de la NC ISO 50001: 2018, los cuales requieren de poca inversión generalmente y se encauzan en lograr eficiencia aplicando buenas prácticas.

La UEB EMGEF de Matanzas del sector energético, constituyen organizaciones claves en el desarrollo económico del territorio y el país, a partir de la necesidad de generar la energía suficiente que se demanda con una eficiencia , bajos índices de consumo y eficacia en los procesos, sin embargo, poseen apreciables limitaciones para su eficiencia energética debido al deterioro de sus índices de consumo por lo que se dispone de un mejoramiento con el uso de la Norma ISO 50001, como gestión tecnológica para propiciar una mejora continua en los procesos y la organización, proponiendo acciones según las nuevas versiones de la norma.

### **Justificación**

En la UEB EMGEF Matanzas existe hoy un SGE implantado basado en la norma ISO 50001, pero al pasar los años en el proceso productivo se ha notado un deterioro de los índices de consumo de los principales portadores energéticos y de acuerdo a lo anterior expuesto es relevante el mejoramiento del diseño del SGE enmarcado en el ciclo de mejora continua, Planear, Hacer, Verificar, Actuar (PHVA), basado en la norma ISO 50001: 2018, que permitirá a la CE de Fuel -Oíl de 2.5MW de la UEB EMGEF Matanzas, elevar la eficiencia energética y servirá como base para la toma de decisiones correctivas necesarias para un buen uso de los portadores energéticos.

El mejoramiento de un SGE guiará a la UEB EMGEF Matanzas a perfeccionar el consumo de portadores energéticos, generando un ahorro sustancial en el pago por consumo.

### **Problema de investigación**

¿Cómo reducir los índices de consumo de los principales portadores energéticos en la CE de la UEB EMGEF Matanzas a partir de un sistema de gestión energético mejorado basado en la Norma ISO 50001?.

### **Hipótesis**

La aplicación de acciones para la mejora continua de un Sistema de Gestión Energética basado en la norma ISO 50001, logrará reducir los índices de consumo de los principales portadores energéticos y elevar su eficiencia energética en la CE de la UEB EMGEF Matanzas y sus costos.

### **Objetivo General**

El objetivo general de esta investigación es proponer, un conjunto de soluciones que permitan la mejora continua en el Sistema de Gestión energética basada en la Norma ISO

50001:2018, para reducir los índices de los principales portadores energéticos y elevar la eficiencia energética en la CE de la UEB EMGEF Matanzas.

**Definiendo claramente los objetivos específicos como:**

- ▶ Realizar un diagnóstico actual de la CE de la UEB EMGEF Matanzas de acuerdo con las especificaciones de la norma ISO 50001: 2018, sobre los índices de consumo de los principales portadores energéticos y la evaluación de los IDEn.
- ▶ Determinar las causas del deterioro de los índices de consumo y la Eficiencia Energética.
- ▶ Proponer acciones encaminadas al mejoramiento basado en la Norma ISO 50001 que se deben realizar para un mejor manejo de los portadores.
- ▶ Estimar la reducción de los índices de consumo al aumentar la eficiencia energética y el posible ahorro energético, factores ambientales determinantes y su impacto.

**Alcances**

El estudio será realizado en la CE José Martí, teniendo en cuenta los indicadores que intervienen en los índices de consumo de los principales portadores energéticos.

Para la investigación se establecerán aspectos específicos del sistema de gestión energética y de la norma ISO 50001: 2018.

**Limitaciones**

Ausencia de información secundaria de años anteriores disponible en la CE que pertenecía a la CTE Antonio Guiteras, que serviría para análisis de comportamiento de sus índices de consumo.

Disponibilidad de tiempo limitada por parte de la alta dirección en el seguimiento de las acciones para la mejora del SGEEn.

Durante el desarrollo del trabajo se utilizaron diferentes métodos.

**Método histórico y lógico:** Se empleó para determinar las tendencias del proceso de gestión energética y su eficiencia particularizando en los diferentes Sistemas de Gestión de la Energía utilizados actualmente. Su aplicación estuvo dada en que existe una experiencia nacional e internacional referida al tema.

**Métodos empíricos:**

Método de medición: Se empleó para el establecimiento de la línea de base energética, para obtener información respecto a la existencia o no de potencialidades de ahorro con la aplicación del sistema de gestión a través de las normas. Se aplicaron para ello técnicas tales como análisis documental, auditorías, capacitaciones, cuyos resultados fueron procesados para arribar a las conclusiones presentadas.

Asociados a los métodos teóricos y prácticos se utilizaron los siguientes procedimientos:

1. Análisis y síntesis: Se utilizó en función de la descomposición del funcionamiento del objeto en sus diversos componentes y el establecimiento de las relaciones entre ellos. Se pasó a investigar cada una de sus partes en su relación recíproca identificando el lugar y la significación de cada una y como revelan la contradicción dialéctica que surge en él y el modo de resolverlo. Una vez logrado esto, la síntesis se encarga de recomponer mentalmente la totalidad teniendo ahora una visión clara de las leyes que rigen o gobiernan tal totalidad.
2. Abstracción: Fue utilizado para el análisis sobre las posibles determinantes y relaciones que se pueden crear en la descomposición del objeto de estudio.
3. Inducción – deducción: Posibilitó la determinación de las generalidades y regularidades del proceso de gestión energética y su eficiencia mediante la norma NC ISO 50001:2018.

**Métodos estadísticos-matemáticos:** Para estimar los valores y la tendencia de los índices de consumo a través de los años.

## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

En el presente capítulo se realizó una búsqueda bibliográfica consultando la literatura especializada a través de diversas fuentes, haciendo énfasis en los aportes académicos desarrollados, donde también se incluyó artículos de revistas en Internet, lo cual contribuyó a desarrollar las bases teórico referenciales centradas en el análisis de los diferentes procedimientos para el diagnóstico y evaluación de la gestión energética como una herramienta de la eficiencia del uso de los combustibles y el consumo de electricidad. Se presentan las normas de gestión energética a través de los años en el mundo y se destaca la generalización de la norma ISO 50001:2011 y su actualización en 2018 así como su éxito y beneficios en su implantación.

### **II.1 Panorama Energético Mundial**

Actualmente, uno de los principales problemas a nivel internacional en el sector energético es la creciente demanda de la energía utilizada para satisfacer necesidades para la sociedad, así mismo el agotamiento de los recursos energéticos no renovables y el cambio climático, estos son los retos que enfrenta el sector energético. Lo anterior exige, aplicar soluciones inmediatas para resolver estos desafíos, es por ello que las medidas de eficiencia energética para promover el ahorro energético son elementos muy importantes ya que permiten la reducción de la intensidad energética y de recursos, de una forma casi inmediata y a bajo costo. (Hernández .2019).

El modelo energético a nivel mundial se caracteriza por un crecimiento elevado de la demanda energética, impulsado por la expansión económica de los países en desarrollo, motivando un crecimiento de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) debido al uso creciente de combustibles fósiles para su suministro.

Los principales impulsores de las políticas de eficiencia energética a largo plazo son la seguridad del suministro de la energía, la eficiencia de las economías nacionales, las preocupaciones ambientales - incluyendo el calentamiento global - y, en los países en desarrollo, las limitaciones de inversión en el sector de oferta energética. El enorme potencial de mejoras de eficiencia energética en todas las etapas de producción y uso de la energía es ampliamente reconocido, pero alcanzar este potencial sigue siendo un desafío casi mundial. (Poveda.2018).

El consumo de energía en el mundo se incrementará en un 57% entre 2004 y 2025, a pesar de que se espera que el aumento de precios tanto del petróleo como del gas natural siga en aumento. Gran parte de este incremento será producido en los países con economías emergentes. Paralelo a la anunciada escasez de los combustibles fósiles se produce el fenómeno del aumento de los precios, lo que trae consigo consecuencias desastrosas para la economía mundial, sobre todo para los países subdesarrollados que precisan de la importación (JAFJE, 2011).

En un estudio que realizan (Noriega Angarita et al. 2019), con el objetivo de mejorar el rendimiento energético en una fábrica de baterías en Colombia mediante la introducción del enfoque de gestión energética definido en ISO 50001. Los principales consumos de energía se identificaron en la formación de la batería, el sistema de aire comprimido y la gran red de motores eléctricos. Proponiendo diferentes acciones para mejorar el rendimiento energético. Como resultado se logró una reducción del 3,48% en el consumo de electricidad durante la implementación de las medidas propuestas.

(Rodríguez,2020) manifiesta que en los países en desarrollo o en transición están experimentando una expansión económica que ha dado lugar a crecimientos de sus consumos energéticos para la producción de sus productos, muy superiores a los de los países ya desarrollados en distintos sectores, debido al incremento asociado de la demanda de energía y a leyes menos restrictivas en los aspectos medioambientales, Es evidente que la producción energética actualmente no es sostenible, debido a que los combustibles fósiles son la principal fuente de energía empleada a nivel mundial teniendo apoyo público, en año 2011 alcanzó un valor de 523.000 millones de dólares, un 30% superior al año anterior, y en comparación con lo recibido por las energías renovables, seis veces más. Las estrategias que se implementan para mejorar la eficiencia energética a largo plazo son insuficientes, ya que no se está explotando todo el potencial que existe para aprovechar.

(Rodríguez. 2020) relaciona a pesar del panorama sombrío que se presenta, que existen numerosas fuentes de ahorro de energía que, aplicándose correctamente permiten una mirada más optimista del futuro energético, como son:

- ✓ Utilización masiva de las fuentes renovables de energía.
- ✓ Mejoras en las tecnologías de uso final, tanto en el ambiente doméstico como en el industrial.

- ✓ Cambio de hábitos de consumo.
- ✓ Aumento de la transferencia de recursos a la investigación destinada al ahorro de energía.
- ✓ Integración de procesos térmicos. Cogeneración.
- ✓ Uso eficiente de la materia prima, incluyendo el reciclado, la eficiencia energética y menores emisiones.
- ✓ Empleo de la trigeneración.
- ✓ Empleo racional de la generación distribuida.

Por otro lado, (Laayati et al. 2022) desarrollan una nueva infraestructura de hardware, software y procesamiento de datos para minas a cielo abierto que utiliza inteligencia artificial para mejorar la eficiencia energética y la toma de decisiones. Prueban un sistema de monitoreo y pronóstico de carga máxima en una mina experimental a cielo abierto en Benguerir, que utiliza un algoritmo de regresión cuantil de bosque rápido para predecir la respuesta a la demanda de energía, con ello, logran minimizar el consumo de energía y mejorar la eficiencia y rentabilidad de la industria minera.

Para lograr la eficiencia energética, se deben utilizar tecnologías eficientes, mejorar los procesos, gestionar la energía, cambiar el comportamiento de los empleados, y adoptar prácticas que minimicen el consumo de energía. Identificar las fuentes de consumo de energía es crucial para implementar medidas de reducción, como la sustitución de equipos obsoletos por otros más eficientes o la optimización de los procesos. Seleccionar tecnologías y prácticas que minimicen el consumo de energía, como el uso de iluminación natural, también es importante. Medir y verificar los ahorros de energía logrados es esencial para asegurar mejoras en la eficiencia energética. Implementar sistemas de medición y seguimiento permite evaluar el consumo de energía y el impacto de las medidas adoptadas. Conocer las normativas y marcos de referencia sobre eficiencia energética, así como considerar la implementación de un Sistema de Gestión de Energía (SGE), maximizará los beneficios en la empresa. (Aguilar et al. 2023).

## **II.2 Panorama y Situación Energética en Cuba**

Cuba como país subdesarrollado no escapa a la desfavorable situación energética mundial. (Berdellans, 2005) realizó un estudio que abarca el período 2001 - 2025, en el cual se tomaron en consideración las proyecciones de población elaboradas por el centro

de estudios demográficos y las proyecciones de crecimiento económico elaboradas por el Instituto de Investigaciones Económicas. La tasa de crecimiento anual promedio del Producto Interno Bruto (PIB) es del 4.13% basada en que se mantendrá el bloqueo de los Estados Unidos a nuestro país, lo cual influye negativamente en las inversiones. Estas se realizarán fundamentalmente en la minería y el turismo y el nivel principal de las exportaciones se mantendrá con los productos tradicionales. (Mavinga. 2020).

El marco legal regulatorio del uso y tratamiento de la energía en Cuba lo constituyen leyes, decretos leyes, resoluciones y acuerdos, así como programas y acciones; que evidencian la proyección de nuestro país hacia la sustitución de los combustibles convencionales por las Fuentes Renovables de Energía (FRE), al proyectar un cambio de la estructura de la matriz energética actual en relación con la competitividad de la economía nacional; para disminuir la dependencia a los combustibles fósiles importados, los costos energéticos y la contaminación del medio ambiente. Se constata en los siguientes documentos legales (Tomados de las fuentes de documentos rectores de la EMGEF):

- Ley eléctrica, ley 1287/1975 de servicio eléctrico.
- Ley del Medio Ambiente, Ley No. 81/1997 en el artículo 29 considera la evaluación del impacto ambiental el empleo de materias primas o fuentes de energía.
- Decreto-Ley No. 207/2000 sobre el uso de la energía nuclear
- Decreto-Ley No. 345 (GOC-2019-1063-O95) Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía.
- Decreto 110/2024: regulaciones para el Control y Uso Eficiente de los Portadores Energéticos y las Fuentes renovables de Energia (GOC-2024-648-0115).
- Resolución 3358/2004: Medidas excepcionales para reducir la demanda eléctrica en las horas picos.
- Resolución 1315/2005: Programa de eficiencia energética y administración de las demandas eléctricas.
- DL-19 2000 Contravenciones en Materia de Medio Ambiente.
- Decreto No 177- 92 Reglamento Para La Instalación Y Protección De Líneas Aéreas, Soterradas Y Enterradas De Comunicaciones Y Eléctricas.
- DL-070 83 (Comisión nacional de Energía).
- Decreto ley 327 Y Normas Complementarias.

- Resolución Ministerial 316 del 2008.
- Resolución 1604/2007: Nuevas medidas de ahorro de electricidad para el sector estatal.
- Carta de Circular No 25-2007 del MINBAS. Indicaciones sobre el ahorro de combustibles y electricidad.
- Resolución 2864. GO-011-1991. Fraudes eléctricos.
- Resolución 512-2013. GO-07-2014. Contraloría General de la República. Daños y perjuicios al Patrimonio Público.
- RS 1604-2007 Medidas de ahorro de electricidad para el sector estatal (carta de Lage 2007).
- RS 7907-2009 Control de los Planes Provinciales de Consumo de Electricidad.
- RS 8676 de 2009 Sobre el funcionamiento del Puesto de Mando Nacional para el consumo de electricidad.
- Resolución 17 Índices de Consumo.
- Resolución No. 3287/2007 sobre el establecimiento del plan anual de consumo de Portadores energéticos, del antiguo Ministerio de la Industria Básica, actual Ministerio de Energía y Minas.
- Acuerdo 4002/2001 del Comité Ejecutivo del Consejo de ministros mediante el cual se le asignan nuevas funciones al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en las que incluye la promoción del uso de energías renovables.
- NC ISO 50001: 2018- 2019, Sistemas de Gestión de la Energía — Requisitos con orientación para su uso.
- NC-ISO 14001 2015 Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos con orientaciones.
- NC-ISO 9001 2015. Sistemas de Gestión de La Calidad —Requisitos.
- Carta circular No 12/2005. Programa de eficiencia energética y administración de las demandas eléctricas.
- Folleto MINEM 07092024 del Ministro de Energía y Minas. Estrategia nacional para la transición Energética en Cuba.

También la implementación de la NC ISO 50001: 2011 en algunas entidades ha contribuido al ahorro y uso eficiente de las energías puesto que en el año 2015 el uso de la energía renovable se comportó al 4% y se aspira que para el 2030 aumente hasta el

24%, esta norma se actualizó en el 2018 Comité Técnico ISO/TC301, Gestión y ahorro de la energía. Una segunda edición que anula y sustituye a la primera edición (ISO 50001:2011), el objetivo de esta última edición es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos para mejorar continuamente el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía, así como la protección ambiental. Existen otros programas implementados en Cuba vinculados con el tema energético:

- ▶ Programa de desarrollo de las fuentes nacionales de energía. (1993).
- ▶ Creación de centros de investigación (1990 - 2003).
- ▶ Centro de Estudios de Tecnología Energéticas Renovables (CETER).
- ▶ Centro de Estudios de Termo energética Azucarera (CETA).
- ▶ Centro de Estudios de Energía y Medioambiente (CEEMA).
- ▶ Grupo de Biogás de Villa Clara, Área de Investigación y Desarrollo de Hidroenergía. Sociedad Cubana para la Promoción en las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR).
- ▶ Centro Integrado de Tecnologías del Agua (CITA).
- ▶ Centro de Estudios de Eficiencia Energética (CEEFE).
- ▶ Grupo de Aplicaciones Tecnológicas en energía Solar (GATES).
- ▶ Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía.
- ▶ Frente de Energías Renovables (FER).
- ▶ Revolución energética, donde se instrumentaron y aplicaron los siguientes programas: Ahorro y uso eficiente de la energía. Incremento de la disponibilidad eléctrica Uso de las FRE (2005).
- ▶ Promulgación de los lineamientos de la de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución: lineamientos 113, 131, 245, 247, 252, 254, 267. (2011).

En Cuba la única ley respecto a la energía es Ley Eléctrica de 1975 relacionada con el de servicio eléctrico, sin embargo en el año 2011 fueron aprobados los lineamientos para la actualización del modelo económico y social cubano en el 2014 se aprobó la política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía, en el 2016, la declaración de protección de los recursos y el medioambiente como dimensiones del desarrollo sostenible y ejes estratégicos para el Plan de desarrollo económico y social hasta el 2030, en el 2018 fue la renovación de la NC ISO 50001, en el 2019 el Decreto-Ley No. 345 (GOC-2019-1063-O95) del desarrollo de las fuentes renovables y el uso

eficiente de la energía y ya en el 2024 el Decreto 110/2024: Regulaciones para el Control y Uso Eficiente de los Portadores.

En el modelo económico y social cubano presenta varias particularidades que pueden potenciar el desarrollo de la gestión local de la energía:

- ✓ El ahorro es una política de estado por lo que la implementación la gestión energética local tiene apoyo político y gubernamental a todos los niveles.
- ✓ La mayoría de las entidades de producción y servicios son de propiedad pública, por lo que los gobiernos locales tienen autoridad para incluirlos en la planificación
- ✓ Energético local y verificar su desempeño.
- ✓ Existe una tarifa eléctrica progresiva que se incrementa con el consumo, por lo que las nuevas formas de propiedad y de gestión tienen interés en reducir su factura eléctrica.
- ✓ Existe una estructura del Ministerio de Energía y Minas, la Oficina Nacional para el Control del Uso Racional de la Energía (ONURE) que tiene un representante en cada municipio del país, que es miembro del Consejo de Administración Municipal (CAM) y que potencialmente podría desarrollar las funciones de gestor energético local.
- ✓ El desarrollo de la economía del país se basa en la planificación, por lo que la
- ✓ Planificación Energética Local ya se realiza y existe experiencia al respecto.

(Crespo Sánchez et al. 2019) plantean la necesidad de sistemas de gestión que permitan un mejor desempeño energético en la fabricación de piensos alanceados. La obtención y utilización del indicador de desempeño energético y la línea base para el control diario permitió disminuir de 12,8 kWh/t como media, a valores inferiores a 10 kWh/t.

Han sido muchas las investigaciones en Cuba en el tema, (Álvarez et al. 2021) aplican la gestión energética en fábricas de ron y bebidas, específicamente en la Unidad Económica Básica (UEB) ron Luis Arcos Bergnes de Cienfuegos. Hacen una caracterización energética de la UEB ron de Cienfuegos, finalmente se determinaron los equipos y las áreas más consumidoras de energía y se propuso un proyecto de mejoras con el fin de incrementar la permitió disminuir de 12,8 kWh/t como media, a valores inferiores a 10 kWh/t.

## **II.2.1 Estrategia Nacional para la Transición Energética en Cuba.2024.**

La Estrategia Nacional para la Transición Energética de Cuba, la que concibe tres etapas: en la primera, cumplir en 2030 con las metas programadas por el país de alcanzar el 24 % de participación de las fuentes renovables de energía en la matriz de generación eléctrica; en la segunda, alcanzar en 2035 la independencia eléctrica (combustible nacional más fuentes renovables); y en la tercera, materializar en 2050, la visión del 100 % de generación con fuentes renovables. (Véase el esquema en el anexo1).

Esta Estrategia se corresponde con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y contribuirá significativamente al cumplimiento de nuestros compromisos nacionalmente determinados en materia de reducción de emisiones contaminantes y mitigación del cambio climático.

**SUFICIENCIA:** La suficiencia energética es base del desarrollo productivo y condición necesaria para el incremento de la calidad de vida de la población.

**SOBERANÍA:** La soberanía energética garantiza la estabilidad de los servicios a partir de la independencia de fuentes externas que inciden de manera fluctuante a tenor del entorno económico y geopolítico.

**SOSTENIBILIDAD:** La sostenibilidad medioambiental, económica y de los recursos humanos, son elementos distintivos del desarrollo responsable y viable que supone la Transición Energética. El aprovechamiento de todos los potenciales de Fuentes Renovables de Energía del país y de Eficiencia Energética contribuye a este propósito.

**EFICIENCIA:** La eficiencia en las transformaciones energéticas, en la transmisión, distribución y en el consumo, constituye el primer pilar que garantiza.

el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles. La eficiencia es además la base de la competitividad tanto para el sector energético como para el resto de los sectores de la economía nacional.

**ACCESIBILIDAD:** La energía debe ser accesible y asequible económicamente para todos los hogares, así como para los sectores de la producción y los servicios, con lo cual es imprescindible la disminución del costo de los servicios energéticos y la implementación de mecanismos que garanticen un acceso con equidad.

**PARTICIPACIÓN:** La Transición Energética implica una transformación cultural de toda la población y la participación de todos los actores de la economía en los diferentes escenarios y espacios del país para su conceptualización planificación y exitosa implementación.

La Estrategia Nacional para la Transición Energética de Cuba cuenta con nueve Ejes, para ejemplificar, en el Eje cinco se plantea incentivar el uso racional de la energía y el aprovechamiento de todas las reservas de eficiencia energética en la infraestructura de generación eléctrica y distribución, y en los espacios productivo y residencial, donde se centra el consumo.

Principales acciones para reducir la máxima demanda del Sistema Eléctrico Nacional (SEN):

- En el sector residencial completar los programas de gasificación, de cocinas de inducción, de sustitución de luminarias por LED e instalación de calentadores de agua solar.
- En el sector no residencial completar la sustitución del alumbrado público por LED, de calentadores eléctricos de agua por calentadores solares, de bombes eléctricos por bombeo solar, la generalización del uso del bombeo solar, entre otras y la reducción de las pérdidas.

## **II.2. 2 Generación distribuida en Cuba**

Las características de esta generación se prevé la disminución de las pérdidas eléctricas, así como la mejora sustancial de los costos. Lo anterior se evidencia al tener mejores índices de eficiencia energética según las experiencias consultadas internacionalmente en grupos electrógenos instalados en Santo Domingo y en Corea del Norte, y que fueron implantados posterior a Cuba, en Haití, Nicaragua, Venezuela, y aún en montaje en Ecuador, donde fueron adiestrados los técnicos y operadores de estos cuatro últimos por especialistas cubanos basándose ya en el conocimiento adquirido. (Martínez, 2011).

Uno de los cambios conceptuales inherentes a la Revolución Energética radica en el establecimiento de un nuevo esquema de generación eléctrica (La Generación Distribuida por todo el país). Este nuevo programa de Generación Distribuida (GD) consiste en un sistema basado en el uso de centrales de generación eléctrica (CGE) o grupos electrógenos, como se les puede llamar indistintamente, dislocados por todo el archipiélago y el empleo de medidas concretas para el ahorro de portadores energéticos. Se trata de un esquema de generación eléctrica mediante la instalación de baterías de esos grupos electrógenos, que operan con diésel o fuel-oíl, sincronizados al SEN, lo cual constituye uno de los más profundos cambios conceptuales en la esfera. Es decir, equipos

con bajo consumo energético, alta disponibilidad, facilidad para su instalación y niveles de potencia utilitaria inferiores a las termoeléctricas. (Sánchez, 2020).

La máxima dirección del Gobierno cubano había decidido para estos años utilizar de forma intensiva los GE considerando las ventajas que hoy plantea este tipo de generación distribuida. Muchos de los GE diésel que se han instalado en el país trabajan en régimen de emergencia sin sincronización a la red, y en régimen de producción aislado o en baterías, otros con sincronización al SEN.

Los resultados en cuanto a la generación en el transcurso del tiempo han sido buenos, lo que no se descarta la situación económica hoy del país y la escasez de piezas de repuesto para estos grupos que ha dado el traste la reducción de los ciclos de mantenimientos y las constantes averías.

#### Ventajas de la generación distribuida

Según (Rodríguez, 2020), el auge de los sistemas de GD se debe a los beneficios inherentes a la aplicación de esta tecnología, tanto para el usuario como para la red eléctrica. A continuación, se listan algunas de las ventajas para el usuario:

- Incremento en la confiabilidad.
- Aumento en la calidad de la energía.
- Reducción del número de interrupciones.
- Uso eficiente de la energía.
- Menor costo de la energía (en ambos casos, es decir, cuando se utilizan los vapores de desechos, o por el costo de la energía eléctrica en horas pico).
- Uso de energías renovables.
- Facilidad de adaptación a las condiciones del sitio.
- Disminución de emisiones contaminantes.

Teniendo en cuenta las ventajas de la generación distribuida, conjuntamente con el actual avance tecnológico, hacen posible que la aplicación de esta forma de generación de energía eléctrica se extienda cada día más por todo el mundo, lo que corrobora que la generación distribuida es el marco perfecto para la utilización de las fuentes de energía renovables, siendo esta su principal tendencia, aunque también las fuentes tradicionales se insertan en esta modalidad de producir energía eléctrica.

Considerando el combustible fuel oil.

Poveda. (2018) en su investigación resume al fuel oil como al residuo que queda después de destilar el gas oil en la base de la torre, lugar de donde se extrae, es un líquido negro y viscoso de excelente poder calórico, que puede ser utilizado como combustible en termoeléctricas, barcos, fábricas de cemento y vidrio, etcétera. El fuel oil generalmente constituye entre un 30 y un 50 % del rendimiento de la destilación mientras que la demanda es mucho mayor en el caso de las fracciones más ligeras, por eso las refinerías modernas utilizan técnicas de conversión química para obtener los productos que necesitan los usuarios.

Hoy existen tecnologías que permiten el aprovechamiento del crudo nacional en la generación de electricidad para la GD, ha sido un aspecto de importantes análisis. Partiendo de las deficiencias de la generación con grupos electrógenos de consumo de combustible diésel se tiene como perspectiva lograr sistemas estables de generación de energía eléctrica a partir de unidades con consumo de combustible fuel oil y mantenimientos con cantidad de horas superiores a los grupos electrógenos diésel. Los grupos electrógenos representan un cambio en el paradigma de la generación de energía eléctrica centralizada, ya que estos han sido distribuidos por todo el territorio nacional, que cuenta con grupos electrógenos fuel oil con 485 grupos de mayores potencias de tecnologías HYUNDAI 1.7 y 2.5 y MAN 1.4 y 3.85 todos en MW, la primera de procedencia coreana, y la otra alemana. (Resumido de las Páginas de GEDECU.EMGEF 2023).

**Tabla 2.1.** Grupos electrógenos fuel oil instalados en Cuba.

<b>Tecnología</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Cantidad instalados</b>	<b>Procedencia</b>
<b>HYUNDAI</b>	1.7	332	Corea del Sur
<b>HYUNDAI</b>	2.5	124	Corea del Sur
<b>MAN</b>	1.4	20	Alemania
<b>MAN</b>	3.85	9	Alemania

**Fuente:** Páginas de GEDECU.EMGEF 2023.

Así mismo el primer paso para la generación tiene similitud con los grupos electrógenos diésel, pues se comienza con este combustible para generar el vapor en las calderas, que

reciben el agua de una planta de tratamiento químico de agua (PTQA) de Osmosis Inversa, este vapor se utiliza para el calentamiento del fuel oil , facilitando su acceso a las purificadoras que se encargan de depurar las partículas pesadas que este presenta, para luego pasar a la Unidad Motor-Generador (MDU), donde según la carga demandada se generan los kW necesarios al SEN.

Aunque ambos procesos de generación de electricidad se asemejan, cabe destacar que los grupos electrógenos que operan con fuel oil resultan menos costosos puesto que este combustible es de producción nacional y se adquiere por un precio de 9.65\$/L según Factura de Recepción suministrada por CUPET, (enero 2023), mientras que el diésel sobrepasa este costo aproximadamente en 12.05 \$/L, comprado por CUPET y luego enviado a cada emplazamiento mediante el mismo procedimiento usado en la adquisición del fuel oil . Es válido destacar que el diésel en ocasiones puede exceder la diferencia señalada debido a la Crisis Mundial Actual.

### **II.3 Eficiencia energética. Algunos conceptos básicos.**

(Torres, 2020), en su estudio definió la Eficiencia Energética (EE) como la capacidad de obtener más resultados o beneficios con menos consumo de energía, es decir, es la relación entre la cantidad de energía útil obtenida o aprovechada para realizar una actividad o cumplir con un propósito específico y la cantidad total de energía consumida.

Como, “la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, esto sin disminuir nuestra calidad de vida y confort, protegiendo el medio ambiente y fomentando un uso razonable de los recursos”, la resumió (Rodríguez, L. R. 2021) en su investigación.

Por otro lado (Aguilar et al. 2023), la refieren como la capacidad de realizar las mismas actividades utilizando menos energía. En otras palabras, se trata de hacer más con menos energía. La eficiencia energética se puede aplicar en diferentes ámbitos, desde el hogar hasta la industria, y puede incluir desde medidas sencillas, como apagar las luces cuando no se utilizan, hasta tecnologías avanzadas para la gestión energética en grandes instalaciones. La EE es un tema crítico actualmente por la creciente demanda de energía y su impacto en el medio ambiente. Implica el uso racional de la energía, minimizando el consumo de energía sin comprometer la calidad del trabajo o producto final. En la industria, la EE se refiere a la optimización del uso de la energía en la producción y en las

operaciones diarias. Al mejorar la EE en la industria, se pueden reducir los costos de energía, disminuir la huella de carbono, aumentar la competitividad y mejorar la imagen de la empresa en términos de responsabilidad social y ambiental.

Los Grupos Electrónicos (GE) son una empresa que establece criterios y metas de producción, donde se definen indicadores económicos para evaluar su cumplimiento. Sin embargo, encerrarse en estos indicadores sin realizar cambios puede ser contraproducente. El principio de reacción en cadena sugiere que una reducción continua de errores puede conducir a costos más bajos, menor desperdicio de recursos y un aumento en la productividad. Por lo tanto, es importante identificar y eliminar las causas potenciales de ineficiencia energética para mejorar el proceso y reducir el consumo de portadores energéticos. Los indicadores clave de control son los índices de consumo físico, que relacionan la energía consumida con la producción o servicio realizado. (Díaz-Rosales et al. 2023).

La EE de las centrales eléctricas actuales se impone como una prioridad, la determinación de los principales factores que inciden en los índices de consumo (IC) en las unidades de generación constituye un aspecto de vital importancia y actualidad. La EE de los GE se mide por un índice que relaciona el volumen de combustible consumido con la energía generada (Litros de combustible vs kW generado). La disminución de los consumos internos contribuye a la elevación de los niveles de entrega y la disminución del costo por kW/h generado. (Poveda.2018)

Por otro lado (Rodríguez, 2020) considera que la eficiencia energética de un GE queda determinada por la eficiencia del motor en sí, la eficiencia de la caja de transmisión y la eficiencia del generador eléctrico, entre los cuales, el motor es el equipo de menor eficiencia.

Además el motor de un GE puede tener una eficiencia energética en torno a un 30%, en cambio el sistema de transmisión y el generador pueden tener eficiencias superiores al 95%; por lo tanto, la eficiencia energética del GE queda fuertemente determinada por la eficiencia del motor, ante lo cual, para que este equipo sea eficiente, sólo es posible adquirir equipos con tecnología de mayor eficiencia (para una misma potencia, siempre hay opciones menos eficientes y más eficientes).

Según (Álvarez. 2020) las bases de la política energética para lograr un Desarrollo Sostenible son:

1. **Elevación de la eficiencia energética**, fomentando una cultura de uso racional de la energía, eliminando esquemas de consumo irracionales, implementando sistemas de gestión energética efectivos, utilizando equipos de alta eficiencia, reduciendo la intensidad energética en los procesos industriales, aprovechando las fuentes secundarias de bajo potencial, utilizando sistemas de cogeneración y trigeneración, y empleando, en general, la energía de acuerdo a su calidad.
2. **Sustitución de fuentes de energía**, por otras de menor impacto ambiental, en particular por fuentes renovables, tales como energía solar, energía eólica, energía geotérmica, hidroenergía, biomasa, energía de los océanos, etc.
3. **Empleo de tecnologías para atenuar los impactos ambientales**, o tecnologías limpias, como son los sistemas depuradores de gases de combustión o las tecnologías de gasificación del carbón en ciclos combinados con turbinas de gas.

#### **II.4 Generalidades del Sistema de Gestión Energética (SGEn).**

Un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) es un conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política, objetivos energéticos, los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos.

(Crespo, et al., 2019), expresan el SGE, como un conjunto de políticas, procedimientos y prácticas establecidas en una organización para gestionar de manera eficiente su consumo de energía y mejorar su desempeño energético

(Rodríguez. 2021), define la gestión energética como un estudio integral que analiza situaciones energéticas en industrias, edificios, transportes, etc. y compara cambios, acciones y modificaciones con el objetivo de obtener un conjunto armónico y óptimo de soluciones que nos lleven a un gasto energético menor con una mejora de los servicios prestados, una mayor duración de los equipos y la máxima atención al impacto ambiental que se produce. Debe contribuir y ayudar a establecer objetivos a corto, medio y largo plazo para conseguir la optimización de los recursos energéticos y de sus técnicas.

No obstante, en junio de 2011 fue emitida la norma internacional ISO 50001 (SGE), cuya aplicación global contribuirá a una mayor disponibilidad del suministro de energía, mejora de la competitividad, productividad, servicios y a un impacto positivo sobre el cambio climático. La misma puede ser utilizada para la certificación, registro o auto declaración del SGE de una organización. (Norma cubana NC - ISO 50 001, 2011) Ella establece

requisitos absolutos para la eficiencia energética más allá de los compromisos de la política energética de la organización y su obligación de cumplir con la legislación pertinente.



**Figura 1** Sistema de Gestión Energética.

## **II.5 Generalidades de la norma ISO 50001:2018.**

### **II.5.1 Origen de la Norma ISO 50001.**

En el 2011 la Organización Internacional de Normalización, ISO elaboró una primera versión de la norma ISO 50001, Sistemas de Gestión de la Energía Requisitos con Orientación para su Uso, en la cual se recogió la experiencia internacional de mejores prácticas para la implementación, operación y mantenimiento de Sistemas de Gestión de la Energía.

La norma ISO 50001 – Sistemas de Gestión de Energía – se creó con el objetivo principal de establecer requisitos mínimos y específicos que garanticen la mejora continua del desempeño energético de la organización que la adopte. El cumplimiento de estos requisitos conduce a la organización a buscar continuamente la reducción de su consumo de energía, aumentando la eficiencia energética de sus procesos e identificando la mejor y más adecuada forma de uso de la energía necesaria para viabilizar sus actividades.

Por otro lado, la norma NC ISO 50001 es una herramienta estratégica, que ayuda a las organizaciones a reducir el consumo energético, es decir, transforma la manera en que las organizaciones gestionan su energía mejorando continuamente el rendimiento

energético, minimiza su huella de carbono y reduce los costos fomentando un consumo energético sostenible.

Sin embargo, en el 2018, contando con la retroalimentación de la implementación de la ISO 50001 a nivel mundial, la organización ISO expidió una actualización de la norma. El trabajo fue realizado por el Comité Técnico ISO/TC 301, Gestión y ahorro de la energía. La nueva edición de la norma busca compatibilidad con normas de otros sistemas de gestión. Los cambios incluyen la adopción de la estructura de alto nivel de los sistemas de gestión, términos y definiciones comunes, mayor énfasis en el rol de la alta dirección, aclaraciones, específicamente en la “revisión energética”, normalización de los indicadores de desempeño energético, detalles en el plan de recopilación de datos, entre otros aspectos.

Es decir, la versión actual de la NC ISO 50001 (versión 2018) se ajusta a los requisitos de ISO para las normas de los sistemas de gestión, incluyendo a las estructuras de alto nivel asegurando la compatibilidad superior con las normas de otros sistemas de gestión.

La NC ISO 50001:2018 es una norma con estándares internacionales bajo ISO (Organización Internacional para la Estandarización u Organización Internacional de Normalización) que tiene como objetivo mantener y mejorar un sistema de gestión de energía en una empresa, cuyo propósito es el de permitirle una mejora continua de la eficiencia energética, la seguridad energética, la utilización de energía y el consumo energético con un enfoque sistemático. Este estándar apunta a permitir a las empresas mejorar continuamente la eficiencia, los costos relacionados con energía. Este estándar ha sido ratificado por ISO en enero de 2019, y es aplicable para cualquier tipo de organización, independientemente de su tamaño, sector, o ubicación geográfica. El sistema ha sido construido y es integral a otros Sistemas de Gestión como estándar ISO 9001, de sistemas de gestión de calidad, del estándar ISO 14001, de sistemas de gestión ambiental, y del estándar ISO 45001 de Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo. Uno de los atributos más prominentes de ISO 50001 es el requisito de “ mejorar el sistema de gestión de energía, y el desempeño energético resultante” (cláusula 4.2.1.c) Los otros tres estándares aquí mencionados (ISO 9001, ISO 45001 e ISO 14001), ambos requieren de mejoras a la efectividad del sistema de gestión, pero no a la calidad del producto/servicio (ISO 9001) o al desempeño ambiental (ISO 14001) o la eliminación de riesgos (ISO 45001). De esta manera, la norma ISO 50001 ha realizado un salto

importante al requerir de la organización una demostración de su compromiso con la mejora de su desempeño energético. No se especifican metas cuantitativas, sino que cada organización elige las metas que desea establecer, y posteriormente diseña un plan de acción para alcanzar estas metas. Con este enfoque estructurado, una organización tiene más posibilidades de observar beneficios financieros tangibles. (Rodríguez, 2021).

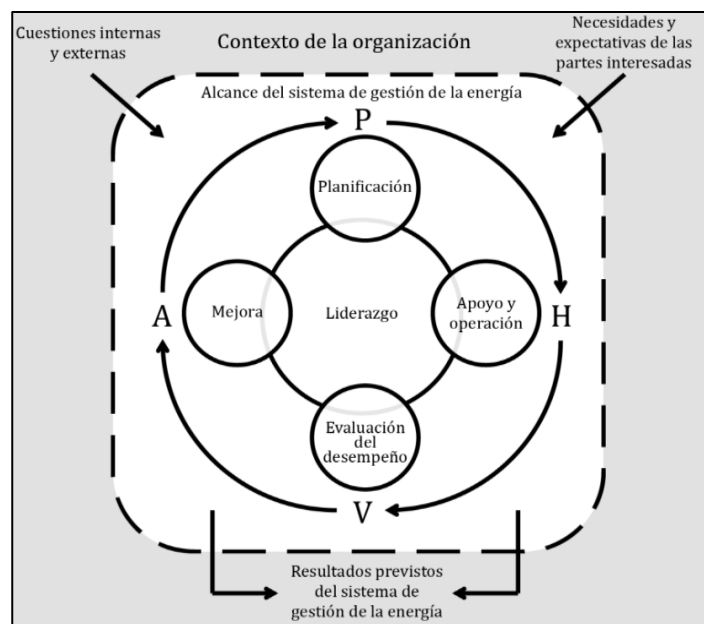
Así mismo en Cuba a partir de las normas ISO antes mencionadas se adoptaron las NC ISO 14001:2015, Sistemas de Gestión Ambiental-Requisitos con orientaciones, la NC-ISO 9001: 2015, Sistemas de Gestión de La Calidad -Requisitos y la NC ISO 45001: 2015 de de Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo y NC ISO 50001: 2018, Sistemas de Gestión de la Energía, Requisitos con orientación para su uso, para mejorar el desempeño energético en cada organización. Véase en el anexo 2 una breve correspondencia a modo informativo entre la Norma ISO 50001:2011 y la Norma ISO 50001:2018.

### **II.5.2 Estructura de la Norma.**

La norma ISO 50001: 2018 facilita a las organizaciones, independientemente de su sector de actividad o su tamaño, una herramienta que permite la reducción de los consumos de energía, los costos financieros asociados y las emisiones de gases de efecto invernadero. Su estructura permite la integración con otros sistemas de gestión (Calidad, Medioambiente, Inocuidad de los Alimentos, de Seguridad y Salud Laboral, etc.) ya existentes en la organización. En la figura 3 se enmarca el ciclo de mejoramiento continuo PDCA (*Plan, Do, Check, Act* = planificar, hacer, verificar, actuar), en el cual se basan los estándares ISO.

Norma ISO 50001:2018
1. Alcance
2. Referencias normativas
3. Términos y definiciones
4. Contexto de la organización
5. Liderazgo
6. Planificación
7. Apoyo
8. Operación
9. Evaluación del desempeño
10. Mejora

**Figura 2.** Estructura de la Norma ISO 50001: 2018



**Figura 3.** Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar

El ciclo PDCA o de mejora continua, consiste en los siguientes puntos:

- Planificar: llevar a cabo una revisión energética y establecer la línea de base, los Indicadores de Desempeño Energético (IDE), los objetivos y los planes de acción necesarios para lograr resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización.
- Hacer: Implementar planes de acción para controlar y mejorar el desempeño energético.

c. Verificar: Realizar un seguimiento y medición de los procesos en base a los objetivos y políticas energéticas de la organización, así como reportar los resultados.

d. Actuar: Tomar acciones para una mejora continua del desempeño energético.

La norma nos propone en la etapa de planificación realizar una revisión energética, establecer una línea base y los indicadores de desempeño energético, que están relacionados con las metas y planes de acción que lleven a la organización a una mejora del desempeño energético. (NC ISO 50001:2018).

En la etapa de “Hacer”, se entra a ejecutar los planes de acción establecidos en la etapa anterior, después de esto viene la etapa de “verificar” en el cual se hace un acompañamiento y medición de variables que estén inmersas en el desempeño energético, también toma y análisis de resultados. En la última etapa “Actuar” se realiza una toma de decisiones en pro del mejoramiento del desempeño energético guiado por el SGE. (Uribe. 2020).

### **II.5.3 Requerimientos de la Norma y sus beneficios.**

(Moreno, J. A. & Sánchez, M. 2021) analizaron la norma ISO 50001:2018 en cuanto a su estructura, en varios requisitos que se pueden clasificar en siete bloques fundamentales, cada uno con un propósito claro para promover una gestión energética eficiente:

#### **1. Contexto de la Organización**

Relevancia: Entender el contexto y las expectativas de las partes interesadas es crucial para adaptar el SGE a las circunstancias específicas de la organización, lo que facilita una implementación efectiva.

#### **2. Liderazgo y Compromiso**

Relevancia: Un fuerte compromiso por parte de la alta dirección es fundamental para fomentar una cultura de gestión de la energía dentro de la organización y asegurar que se destinen los recursos necesarios para su implementación.

#### **3. Planificación**

Relevancia: La planificación es esencial para asegurar que los esfuerzos de gestión energética estén alineados con los objetivos generales de la organización, permitiendo la identificación de áreas donde se pueden realizar mejoras.

#### **4. Soporte**

Relevancia: La disponibilidad de recursos y la capacitación adecuada son fundamentales para el éxito del SGEEn, ya que todos los empleados deben estar alineados y capacitados para contribuir efectivamente.

### **5. Operación**

Relevancia: Un control efectivo de las operaciones es clave para maximizar el rendimiento energético y garantizar que se minimicen los desperdicios.

### **6. Evaluación del Desempeño**

Relevancia: Evaluaciones regulares permiten identificar problemas y oportunidades de mejora, garantizando que el SGEEn evolucione y se adapte a nuevas circunstancias.

### **7. Mejora Continua**

Relevancia: La mejora continua garantiza que la organización no se estancará, sino que buscará de manera proactiva nuevas oportunidades para mejorar su eficiencia energética. (Aguilar et al., 2023), en su investigación clasificaron los requerimientos de la Norma ISO 50001:2018:

- Medulares
- Estructurales

Los requerimientos medulares son los procedimientos necesarios para la observación y mejora del desempeño energético. Entre ellos están:

- Revisión energética.
- Línea base energética.
- Indicadores de desempeño energético.
- Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción de gestión de la energía.
- Control operacional.
- Diseño.
- Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía.
- Seguimiento, medición y análisis.

Por otra parte, los requerimientos estructurales son aquellos que aseguran que las personas de la organización estén conscientes del uso eficiente de la energía. Se obtiene de áreas de apoyo como recursos humanos y área de comunicaciones. Entre dichos requerimientos se tienen:

- ✓ Comunicación.
- ✓ Documentación y registro.
- ✓ Entrenamiento y sensibilización.

(Hernández, E. 2023) Resume en su investigación La adecuada implementación de estos requerimientos medulares es esencial para que las organizaciones logren una mejora significativa en su desempeño energético. Al establecer un sistema de gestión de energía alineado con la norma ISO 50001:2018, las empresas no solo pueden optimizar su uso de recursos y reducir costos, sino que también contribuyen a la sostenibilidad ambiental.

Los autores antes citados destacan que el compromiso de la alta dirección no es simplemente una formalidad, sino que debe traducirse en acciones concretas que apoyen la implementación del SGE. La comunicación clara de la política energética y la asignación de responsabilidades son abordadas como clave para el éxito.

### **Beneficios de la NC-ISO-50001:2018.**

En la Norma ISO 50001 se resumen los beneficios asociados a la implementación de un sistema de gestión de la energía eficaz se presentan:

- ✓ Mejora de la competitividad y productividad.
- ✓ Disminución de Costos de producción asociados a energía.
- ✓ Identificación de ineficiencias energéticas no esperadas u ocultas en los procesos.
- ✓ Disminución del tiempo de detección y corrección de fallas que producen sobreconsumos energéticos.
- ✓ Control de la variabilidad operacional de procesos y equipos.
- ✓ Criterios de eficiencia energética en compra de equipos y servicios.
- ✓ Incremento de la efectividad del mantenimiento.
- ✓ Innovación en la gestión empresarial.
- ✓ Fomento de una cultura de uso racional y eficiente de la energía en la organización y actores de interés.
- ✓ Cumplimiento de requisitos legales asociados a la energía Reducción de emisiones de Gases Del Efecto Invernadero (GEI).
- ✓ Mejor percepción de imagen de clientes y actores de interés.

(Moreno, J. A. & Sánchez, M. 2021), discuten en su investigación que los beneficios de la implementación de la norma en el sector industrial, señalando que no solamente se

observa una disminución en el consumo energético, sino también una mejora en la reputación empresarial y el acceso a nuevos mercados.

Por otra parte (Hernández, 2023), aborda los beneficios de adoptar la NC-ISO-50001:2018, destacando no solo la reducción de costos energéticos, sino también mayores incentivos para la innovación tecnológica dentro de las organizaciones.

#### **II.5.4 Auditoría Energética.**

Según la Norma ISO 50001: 2018 en su contexto la Auditoría Energética (AE) es la herramienta del proceso de gestión de la eficiencia energética, mediante la cual es posible evaluar el desempeño de los equipos y sistemas consumidores de energía en una instalación consumidora de energía. Es una actividad multidisciplinaria, que además de involucrar a la ingeniería como la electricidad, la mecánica, la hidráulica, la neumática, el control e informática, involucra aspectos ambientales, administrativos y de evaluación económica de proyectos. Mediante la ejecución de una AE en la empresa, se puede obtener información valiosa para el administrador de la energía, que le permitirá tomar las mejores decisiones para incrementar la eficiencia energética de los procesos, ya que ésta evalúa el desempeño de los equipos y sistemas consumidores de energía, mediante el análisis de sus parámetros de operación. (Resumido de la NC ISO 50001:2018).

Por su parte (Santos, M. A., & González, E. 2020) abordan la importancia de las auditorías energéticas en la gestión sostenible, discutiendo cómo identificar ineficiencias y proponer medidas de mejora en el consumo energético.

(Pérez, 2019), en su artículo examina estrategias derivadas de auditorías energéticas que pueden implementarse para mejorar la eficiencia en diversas industrias, se analizan casos de éxito y se ofrecen recomendaciones.

(Castro, L. & Romero, S. 2022), en sus estudios se enfocan en la aplicación práctica de auditorías energéticas en el sector industrial, ofreciendo un análisis sobre las técnicas más efectivas y su impacto en la reducción de costos y la mejora de la sostenibilidad.

Se considera que las auditorías energéticas son esenciales para la identificación de oportunidades de mejora en el uso de la energía, permitiendo a las organizaciones implementar acciones que potencien su eficiencia energética y contribuyan a la sostenibilidad. Estos artículos proporcionan un enfoque detallado sobre la metodología, los beneficios y los casos de éxito en diferentes sectores.

## Política Energética

(Castelao, 2019), define a la política energética como el conjunto de principios, objetivos y estrategias establecidas por un gobierno, empresa u organización para guiar sus acciones y decisiones relacionadas con la producción, distribución, consumo y gestión de energía

(Hernández, 2023), enfatiza la necesidad de que la alta dirección proporcione liderazgo continuo y que se fomente una cultura de comunicación abierta para facilitar la aceptación de las políticas energéticas entre los empleados. Se exploran las mejores prácticas en la identificación y gestión de riesgos vinculados a la eficiencia energética.

La norma ISO 50001 permite establecer objetivos de optimización del consumo energético, asegurando el ahorro energético mediante el cambio tecnológico, aprovechamiento óptimo energético, optar por el cambio o uso de energías alternativas, etc. protección de una manera clara y comprensible” Un SGE involucra la máxima potencia de la eficiencia de la energía”, ya que puede lograr con dos factores importantes que no se elijan de sí mismos:

1. “Un enfoque que combina medidas de ahorro, gestión, tecnología y organización para traducirse en mejores prácticas de consumo
2. Al renovar equipos existentes o nuevos, adoptar conocimientos tecnológicos y equipos de gran eficiencia y promover el uso de modelos de gestión energética” (Correa, et al., 2018).

Se requiere que la alta dirección formule una política energética que refleje el compromiso de la organización hacia la mejora continua del rendimiento energético, cumpliendo con la legislación vigente y otros requisitos. (Moreno, J. A. & Sánchez, M. 2021).

### **II.5.5 Concientización del personal respecto al uso de la energía y la Eficiencia Energética.**

Se puede decir que el enfoque en cuanto a concientización puede hacerse en el servicio, los insumos, las ventas, la estructura o en las personas. Actualmente, muchas empresas están gestionando sobre sus insumos estratégicos, como por ejemplo la energía, procurando producir más con menos o reducir sus consumos y costos de energía. Algunas optan por hacerlo de una forma estructurada y sistemática, mientras otras pueden hacerlo

a partir de resultados de asesorías como auditorías energéticas o bien la detección de mejoras desde dentro de la organización.

(Rodríguez, 2021) en su trabajo de investigación alegó que en función de la concientización comenzó a demandarse un mecanismo, que garantizase que los beneficios resultantes de la eficiencia energética fueran percibidos de manera permanente y continua. La aplicación de las disposiciones de la gestión de energía permite que la cultura de la consciencia y el cuidado con relación al uso de la energía, sea comprendida y absorbida por todos los miembros de una organización. Además, permite, de forma pragmática, que el monitoreo del uso de la energía se convierta en un componente permanente de las actividades y estrategias de una organización.

Según (Díaz-Rosales et al. 2023), para lograr la eficiencia energética en la generación distribuida de fuel y el ahorro de portadores energéticos, es necesario establecer criterios y metas de producción con indicadores económicos y físicos, identificar y eliminar las causas potenciales de ineficiencia energética, mejorar la organización y disciplina tecnológica, y contar con la participación de los trabajadores. La dirección debe aplicar la ciencia y la técnica, aprovechar las tecnologías de avanzada, y transformar conceptos, enfoques, hábitos y métodos de atender este tema, así como la capacitación y preparación del personal.

#### Estrategias para la concientización

Considerando que para llevar a cabo las estrategias para la concientización se organicen variadas tareas citando entre ellas.

- ✓ Programas de capacitación.
- ✓ Plan para implementar sesiones de formación sobre eficiencia energética y buena prácticas.
- ✓ Campañas de comunicación, proponer el uso de carteles, boletines y correos electrónicos para mantener a todos informados.
- ✓ Incentivos: Considerando la implementación de incentivos para motivar a los trabajadores a adoptar practicas sostenibles.

## II.6 Indicadores de Desempeño Energético (IDEn).

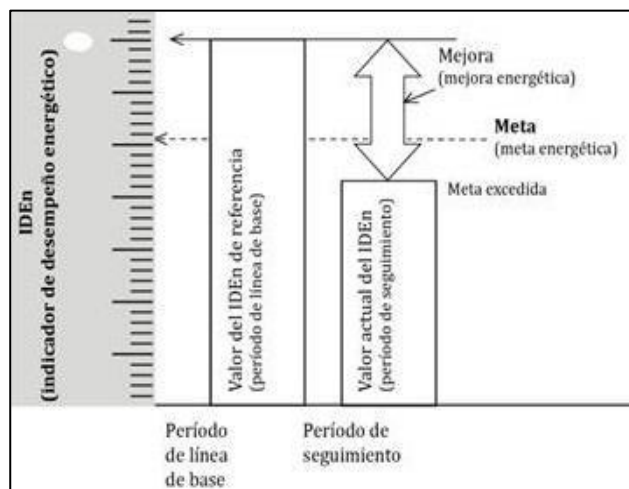
Teniendo en cuenta el contenido documental de la norma ISO 50001 el desempeño energético lo define como los resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de la energía.

Para determinar la mejora del desempeño energético se determinan indicadores (IDEn) que aseguran el seguimiento y control de los USE.

(Riverón Puga, 2017), manifiesta el Indicador de Desempeño Energético (IDEn) como un valor cuantitativo, medible que refleja la eficiencia, el uso y el consumo de la energía del elemento donde se define, permite evaluar su cambio respecto a la línea de base y puede medirse y seguirse en el tiempo. Los IDEn son aquellos que se establecen con el fin de realizar un seguimiento, monitoreo y control del desempeño energético de determinado proceso, área o equipo.

Así mismo (Chen, et al., 2020) definen el desempeño energético como la eficiencia y eficacia con la que una organización, sistema o equipo utiliza la energía para llevar a cabo sus actividades o procesos.

Por tanto, un IDEn es una —regla que se utiliza para comparar el desempeño energético antes (valor de referencia del IDEn) y después (valor resultante o actual del IDEn) de la implementación de planes de acción. La diferencia entre el valor de referencia y el valor resultante es la medida del cambio en el desempeño energético. Ver figura 4.



**Figura 4.** IDEn y Valores de IDEn. Fuente: Norma Internacional ISO 50001:2018.

El patrón donde se compararán los valores de IDEn es la línea de base energética que es establecida por la organización utilizando la información de la revisión energética tomando

en cuenta un período adecuado de tiempo. la línea base permite describir el consumo de energía de un equipo, área o proceso con un nivel de confianza y precisión adecuada. (Pérez, 2020).

Según la Norma Internacional ISO 50001:2018.

- Una línea de base energética referencia cuantitativa que proporciona la base para la comparación del desempeño energético
- La línea de base energética se fundamenta en los datos de un período de tiempo especificado y/o las condiciones, según lo defina la organización
- Las líneas de base energéticas se usan para la determinación de la mejora del desempeño energético, como referencia antes y después, o con y sin la implementación de acciones de mejora del desempeño energético.
- Una línea de base energética puede normalizarse utilizando variables que afecten al uso o al consumo de la energía, por ejemplo, nivel de producción, grados-día (temperatura exterior), etc.

## **II.7 Conclusiones Parciales del Capítulo.**

Una vez finalizado el presente capítulo, se ha podido arribar a las siguientes conclusiones parciales:

La mayoría de los servicios que se disfrutan hoy en día no habrían sido posibles sin la electricidad suministrada por grupos electrógenos instalados en Cuba; sin embargo, el esquema actual de generación presenta riesgos para su equipamiento por lo que se encuentra actualmente sometido a realizar un proceso de acciones correctivas de mejora basados en la Norma ISO 50001.2018.

1. Se demostró la importancia de la implantación de la Norma ISO 50001 para la mejora de los SGE<sub>n</sub> y la Eficiencia Energética en las CE de generación distribuida para mejorar los índices de consumo.
2. Se demostró la importancia de la generación distribuida con el fin de apoyar a las centrales termoeléctricas en la generación: se reducen las pérdidas de transmisión y distribución de energía, se mejora la eficiencia global y el aprovechamiento de la energía primaria, se reduce la vulnerabilidad del SEN a fenómenos climatológicos,

se reducen los impactos de fallas en las redes de transmisión, se incrementa la diversidad de combustibles y fuentes de energía entre otras.

3. Se relacionaron todas las leyes, decretos leyes, acuerdos y resoluciones, que sustentan la base del tratamiento de la energía, en Cuba.
4. Se demuestra la utilidad de las herramientas básicas de la calidad para evaluar el desempeño energético y la mejora de los índices de consumo.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **III.1 Característica del Área de Estudio.**

Caracterización de la Central Eléctrica de fuel oil 2.5.

La UEB. Empresa de Mantenimiento y Generación Eléctrica fuel oil de Matanzas, (EMGEF) pertenece al Ministerio de Energía y Minas, con domicilio legal en Km 3 y 1/2, Zona industrial, Versalles, municipio Matanzas, creada por resolución I-44-2011, en la Central Eléctrica (CE) fuel oil José Martí la tecnología de producción está basada en la utilización de motores-generadores Hyundai, Sur Corea, la central cuenta con 12 motores-generadores, con capacidad de generación de 30 MW, esta CE cuenta con un horario de trabajo de 24 horas continuas repartidas en dos turnos de 12 horas cubiertos por brigadas de operadores y mecánicos en días alternos durante todo el mes.

Los GE están conformados por un sistema motriz, que es el motor de combustión interna (MCI), un sistema de regulación, un sistema eléctrico, un sistema de refrigeración, un alternador, un depósito de combustible, una bancada, un sistema de aislamiento de vibraciones, un silenciador y un sistema de escape, además un sistema de control, un interruptor automático de salida y otros accesorios que nos ayudan a controlar y mantener, de forma automática, el correcto funcionamiento de las mismas.

#### **Objeto social.**

Brindar servicios técnicos vinculados al mantenimiento, reparación, montajes industriales incluidos la parte civil y modernizaciones de calderas, turbocompresores, generadores eléctricos, transformadores, motores, bombas y equipamiento industrial. Fabricar, reparar y comercializar equipos, componentes, partes y piezas de repuesto de grupos electrógenos y Generar energía eléctrica.

#### **Misión**

Garantizar la generación eficiente y sustentable de energía eléctrica en régimen base, con motores de combustión interna, respondiendo a los requisitos del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) con profesionalidad y confiabilidad.

#### **Visión**

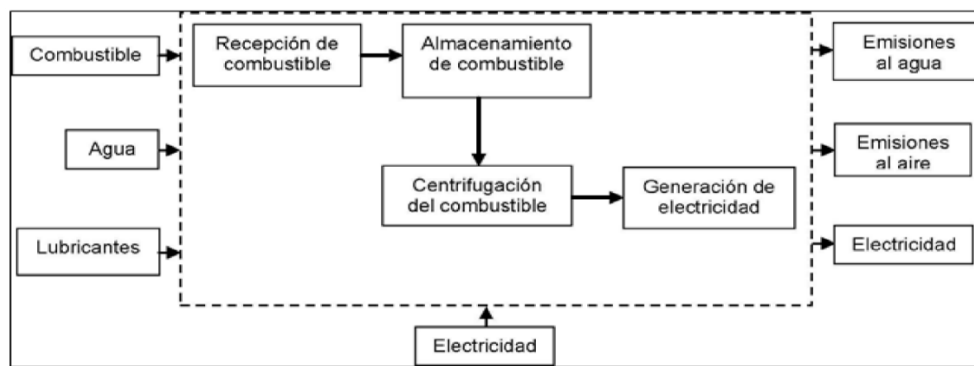
Alcanzar los niveles de generación de energía eléctrica que permitan satisfacer las necesidades de nuestro cliente, manteniendo una alta disponibilidad, confiabilidad y

seguridad operacional; mejorando la eficacia y eficiencia del sistema de gestión, el clima organizacional, el ahorro de recursos y la mitigación de los impactos ambientales negativos.

### III.2 Descripción y funcionamiento del emplazamiento.

La tecnología de producción de energía está basada en la utilización de motores generadores Hyundai, Sur Corea, la Central cuenta con 12 motores-generadores con capacidad de generación de 2,5 MW cada uno y 6 600 V, con tres plantas de tratamiento de combustible pesado (*Heavy Fuel oil* o HTU) donde se purifica el fuel oil , se eleva la temperatura para bajar la viscosidad y se limpia el aceite de lubricación de los motores para volverlo a utilizar, además cuenta para el proceso con una estación de recepción del combustible, como consecuencia de la purificación se produce un subproducto llamado lodo que es llevado a un tanque de 50 000 litros donde luego de ser drenada toda el agua se saca fuera de la Central en pailas, una planta de tratamiento de agua, tres Calderas recuperativas, tres estaciones de Compresores y la sala de control remoto. Los principales indicadores a medir son la disponibilidad, el consumo específico del combustible y el consumo de aceite. Vease el flujo productivo en la figura 5.

La Central tiene aproximadamente 48 000 horas de explotación hasta la fecha, en la tabla 3.1 se muestra la plantilla de trabajadores de la UEB y Central Eléctrica. Actualizada del año 2024 y en la figura 6 se muestra la distribución y disposición de los equipos en la central eléctrica, y sus áreas de trabajo. Aunque hoy la CE está limitada trabajando con solo una batería y 4 motores tras el incendio de los supertanqueros de Matanzas por lo que los datos e información recopilada de la UEB están referido a los motores y batería en servicio. tabla 3.2.



**Figura 5.** Flujo productivo en la Central Eléctrica. Fuente: documentos de la EMGEF.

**Tabla 3.1.** Plantilla de trabajadores de la UEB y Central Eléctrica

Categoría	Plantilla aprobada	Cubierta	déficit
<b>Total Operarios</b>	81	70	11
<b>Mecánicos</b>	30	20	10
<b>Operadores</b>	51	50	1
<b>Técnicos</b>	51	47	4
<b>Administrativos</b>	0	0	0
<b>Ejecutivos</b>	2	2	0
<b>Servicios</b>	3	2	1
<b>Total</b>	<b>137</b>	<b>121</b>	<b>27</b>

**Fuente:** Propia, recopilada del departamento de RRHH de la EMGEF.

**Tabla 3.2.** Tecnología instalada y motores disponibles para el servicio en la CE José Martí.

Central Eléctrica	Tecnología	Cantidad de Motores Instalados	Cantidad de Equipos auxiliares básicos Instalados	Cantidad de Motores disponibles	Potencia por Unidad [MW]	Cantidad de Equipos auxiliares básicos disponibles	Potencia instaladas [MW]
José Martí	HHI 2.5 [MW]	12	10	4	2.5	2	10
<b>Totales UEB</b>		12	10	4	2,5	2	10

**Fuente:** Propia, recopilada del departamento de Operaciones de la EMGEF.



**Figura 6.** Plano de la Central Eléctrica. Fuente : Elaboración propia.

### **III.3 Evaluar la Eficiencia de los equipos en la conversión de fuel oil a energía eléctrica.**

La CE José Martí de la UEB EMGEF de Matanzas del sector energético, constituyen organizaciones claves en el desarrollo económico del territorio y el país, a partir de la necesidad de generar la energía suficiente que se demanda con una eficiencia , bajo índices de consumo y eficacia en los procesos, sin embargo, poseen apreciables limitaciones para su eficiencia energética debido al deterioro de sus índices de consumo, de las piezas y equipos al pasar los años conjuntamente con sus horas de trabajo, la no entrada de piezas de repuesto al país, la conversión de fuel en energía eléctrica se ha visto ineficiente puesto que en los últimos años ha tenido que generar con diésel, combustible más costoso que ha interferido en los gastos de la EMGEF y en la eficiencia de los motores.

Desde su puesta en marcha la CE cuenta con tres baterías de cuatro motores cada una para un total de 12 motores, diseñadas para la producción de energía con combustible fuel oil, los motores durante varios años trabajaron con mejor eficiencia y un mejor uso de los portadores energéticos, pero los equipos se fueron deteriorando, por falta de piezas de repuesto , las averías repetitivas que conlleva las paradas de los motores y arranques entre otras causas que sufrieron el deterioro de los índices de consumo, contando también se vieron afectados por el incendio provocado en los Supertanqueros de Matanzas en agosto del año 2022, quedando fuera de servicio una batería completa con cuatro motores donde se le quemaron los radiadores y hasta hoy no se ha podido recuperar, en la actualidad en la CE trabaja solamente una batería con cuatro motores y se recuperaran motores de la 2da batería para ponerla en servicio una vez desinstalen el cable de alimentación que fue trasladado hacia CUPET para abastecer electricidad a las bombas de los supertanqueros que las mismas se quemaron en el incendio, estos están operando con diésel producto a que las purificadoras están fuera de servicio, por falta de piezas de repuestos, y son de vital importancia para la generación con fuel, para elevar la eficiencia energética y reducir los gastos en materia de consumo y costos por pesos.

### **III.4 Análisis del Consumo de Portadores Energéticos.**

Para realizar un análisis del consumo de portadores energéticos con los datos proporcionados (véase la tabla 3.3), primero se desglosa la información y se calcula la

contribución de cada tipo de energía al total de energía consumida, así como su equivalente en toneladas de petróleo. Cálculo realizado para el mejor año de los últimos cinco años de operación y el último por operar solamente con diésel.

Año 2020

Cálculos.

### 1. Conversión

De energía eléctrica a TEP

Para convertir el consumo de energía eléctrica a toneladas equivalentes de petróleo (TEP):

$$\text{TEP}(\text{eléctrica}) = \text{Consumo}(\text{eléctrica}) * \text{factor de conversión} \quad (3.1)$$

$$\text{TEP}(\text{eléctrica}) = 415.8\text{MWh} \times 0.38 = 158.004\text{TEP} \quad (3.2)$$

De lubricante TEP

$$\text{TEP}(\text{lubricante}) = \text{Consumo}(\text{lubricante}) * \text{factor de conversión} \quad (3.3)$$

$$\text{TEP}(\text{lubricante}) = 44.3\text{tn} \times 1 = 44.3\text{TEP} \quad (3.4)$$

De diésel TEP

$$\text{TEP}(\text{diésel}) = \text{Consumo}(\text{diésel}) * \text{factor de conversión} \quad (3.5)$$

$$\text{TEP}(\text{diésel}) = 1593.53\text{tn} \times 1.05 = 1673.2\text{TEP} \quad (3.6)$$

De fuel oil TEP

$$\text{TEP}(\text{fuel oil}) = \text{Consumo}(\text{fuel oil}) * \text{factor de conversión} \quad (3.7)$$

$$\text{TEP}(\text{fuel oil}) = 12827.63 \text{ tn} \times 0.99 = 12699.35\text{TEP} \quad (3.8)$$

### 2. Consumo total en TEP

Ahora se suman todos los consumos en TEP:

$$\text{Consumo total en TEP} = \text{TEP}_{\text{eléctrica}} + \text{Lubricante} + \text{Diésel} + \text{Fuel} \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo total en TEP} &= 158 + 44.3 + 1673.2 + 12699.35 \\ &= 14530,56 \text{ TEP} \end{aligned} \quad (3.10)$$

### 3. Porcentajes del consumo total

Ahora, se calcula el porcentaje que representa cada tipo de energía respecto al consumo total.

- Energía eléctrica:

$$\text{Porcentaje}_{\text{eléctrica}} = \frac{\text{TEP}(\text{eléctrica})}{\text{Consumo total en TE}} * 100 \quad (3.11)$$

$$\text{Porcentaje}_{\text{eléctrica}} = \frac{158}{14530,56} * 100 \approx 1.09\% \quad (3.12)$$

- Lubricante:

$$\text{Porcentaje}_{\text{lubricante}} = \frac{44.3}{14530,56} * 100 \approx 0.30\% \quad (3.13)$$

- Diésel:

$$\text{Porcentaje}_{\text{Diésel}} = \frac{1678.6244.3}{14530,56} * 100 \approx 11.55\% \quad (3.14)$$

- Fuel:

$$\text{Porcentaje}_{\text{fuel}} = \frac{12699.35}{14530,56} * 100 \approx 87.36\% \quad (3.15)$$

### Resumen del Análisis.

- Consumo total en TEP: 14530,56TEP
- Distribución del consumo:
- Energía eléctrica: 1.09%
- Lubricante: 0.30%
- Diésel: 11.55%
- Fuel: 87.36%

El análisis se logra también con la construcción de la estructura de consumo por portadores energéticos y el diagrama de Pareto que permite identificar los portadores energéticos de mayor significación dentro del total de portadores utilizados para el proceso productivo.

Aplicando el principio de Pareto, se determinan los principales portadores energéticos, seleccionando aquellos que significan no menos del 75-85 % del consumo total de energía del Centro, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno y así queda determinada la intensidad energética, donde expresa el nivel de consumo de combustible equivalente referido al valor de la producción realizada. La intensidad energética que caracteriza la relación entre el consumo de combustible y el valor de la producción mercantil, calculada a cualquier nivel territorial o institucional, toe/(\$).

A partir de los datos obtenidos, se considera que el presupuesto anual del año en MP y el gasto en energía en MP, que representó un monto del presupuesto ejecutado.

Para calcular la intensidad energética se puede relacionar el consumo de energía con la producción mercantil, la intensidad energética es una medida de cuánta energía se utiliza para generar una unidad de producción económica. En este caso, la producción mercantil es de 3, 681,591.9 MP.

**Tabla 3.3.** Distribución de portadores energéticos consumidos durante el 2020.

Portador Energético	Unidad	Consumo	Factor de convección	Tonelada	Porcentaje (%)	Porcentaje
				Equivalente		Acumulado
				Petróleo		(%)
Energía Eléctrica	[MWh]	415,8	0,38	158	1,09	1,09
Aceite Lubricantes	[tn]	44.3	1	44.30	0.30	1,39
Diésel	[tn]	1593,53	1,05	1673.2	11,55	12,94
Fuel-oil	[tn]	12827,63	0,99	12699.35	87,36	100
<b>Total</b>				14530,56	100	

**Fuente:** Propia, a partir del procesamiento de datos de la UEB Matanzas EMGEF

En este estudio se calculó la Intensidad energética utilizando tablas en Excel formuladas que al final arrojan el diagrama de Pareto. Los valores de esta información se reflejan en los (Anexos 3 y 4).

$$IE = \frac{\text{Consumo Total de Energía (TEP)}}{\text{Producción Mercantil(MP)}} \quad (3.16)$$

$$IE = \frac{14575.27}{3681591,9} \approx 0.00394\text{TEP/MP} \quad (3.17)$$

Esto significa que se consumen aproximadamente 0.00394 toneladas equivalentes de petróleo por cada mil pesos de producción mercantil.

### **Eficiencia y Causas:**

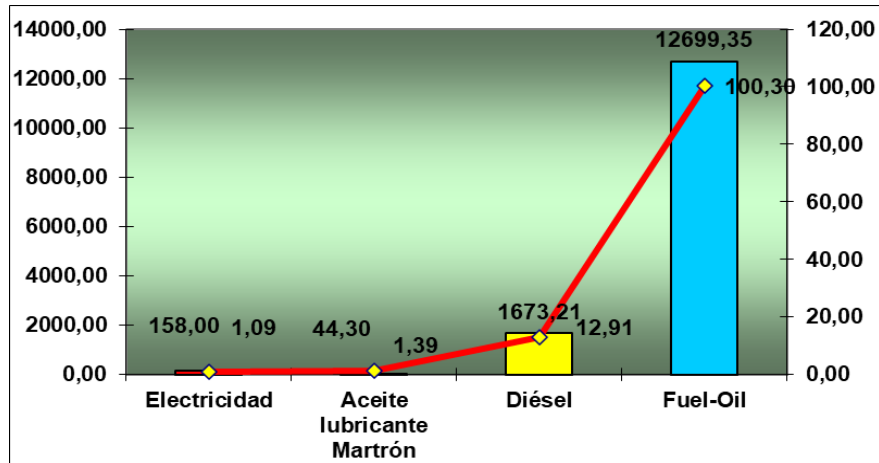
- ✓ **Eficiencia en el uso de fuel oil:** A pesar de que el fuel oil representa la mayor parte del consumo energético (88.27%), el pequeño factor de conversión (0,99) indica que la eficiencia en su transformación a energía útil es relativamente alta en comparación con otros combustibles. Esto sugiere que, aunque se consume mucho, se convierte casi completamente en energía utilizable.
- ✓ **Impacto del diésel:** El alto costo del diésel en comparación con el fuel y la necesidad de usarlo por los problemas de mantenimiento que tiene la planta.

La alta proporción del fuel oil indica que, si se busca mejorar la eficiencia energética general, se debería considerar estrategias para optimizar su uso o incluso buscar alternativas más limpias y eficientes.

- ✓ Evaluar las tecnologías actuales de combustión y la operación de los equipos puede ayudar a identificar áreas donde se pueda aumentar la eficiencia, reducir emisiones y minimizar el impacto ambiental.

El valor del ahorro relativo en el cálculo de la intensidad energética se refiere a cómo varía la energía consumida en relación con la producción de bienes o servicios. Este concepto se puede expresar mediante la relación entre el consumo de energía (TCC) y la producción de material primario (MP).

El ahorro relativo resultó positivo en el año 2020. Esto significa que una reducción en la intensidad energética está asociada con un aumento en la producción (menos TCC por más MP). Como se muestra en la tabla (Anexo 3), por lo que, con las tecnologías más eficientes, el ahorro relativo se incrementará, reflejando un menor consumo energético para el mismo nivel de producción. Es decir que Ahorro Relativo Positivo: Menos TCC por más MP (más eficiencia).



**Figura 7 Diagrama de Pareto.**Fuente: Propia, a partir del procesamiento de datos de la UEB Matanzas EMGEF.

### Año 2023

Cálculos.

#### 1. Conversión

De energía eléctrica a TEP

Para convertir el consumo de energía eléctrica a toneladas equivalentes de petróleo (TEP):

$$TEP(\text{eléctrica}) = 689,66\text{MWh} \times 0,38 = 262,07\text{TEP} \quad (3.18)$$

De lubricante TEP

$$TTEP(\text{lubricante}) = 43,073 \text{ tn} \times 1 = 43,073\text{TEP} \quad (3.19)$$

De diésel TEP

$$TEP(\text{diésel}) = 4922,89\text{tn} \times 1,05 = 5169,03\text{TEP} \quad (3.20)$$

Consumo total en TEP

Ahora se suman todos los consumos en TEP:

$$\text{Consumo total en TEP} = TEP_{\text{eléctrica}} + \text{Lubricante} + \text{Diésel} \quad (3.21)$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo total en TEP} &= 262,07 + 43,073 + 5169,03 \\ &= 5474,18 \text{ TEP} \end{aligned} \quad (3.22)$$

#### 3. Porcentajes del consumo total

Ahora, se calcula el porcentaje que representa cada tipo de energía respecto al consumo total.

• Energía eléctrica:

$$Porcentaje_{eléctrica} = \frac{262,07}{5474,18} * 100 \approx 4.81\% \quad (3.23)$$

• Lubricante:

$$Porcentaje_{lubricante} = \frac{43,073}{5474,18} * 100 \approx 0.79\% \quad (3.24)$$

• Diésel:

$$Porcentaje_{Diésel} = \frac{5185,77}{5474,18} * 100 \approx 95,19\% \quad (3.25)$$

En ese año no hubo consumo de fuel oil.

Resumen del análisis

• Consumo total en TEP: 5474,18TEP

• Distribución del consumo:

- Energía eléctrica: 4,81%
- Lubricante: 0,79%
- Diésel: 95,19%

**Tabla 3.4** Distribución de portadores energéticos consumidos durante el 2023.

Portador Energético	Unidad	Consumo	Factor de convección	Tonelada	Porcentaje (%)	Porcentaje
				Equivalente		Acumulado
Energía Eléctrica	[MWh]	689,668	0,38	262,07	4,79	4,79
Aceite Lubricante	[tn]	43,073	1	43,073	0,79	5,57
Diésel	[tn]	4922,89	1,05	5169,03	94,43	100
Fuel-oil	[tn]	0	0,99	0	0	100
<b>Total</b>				5474,18	100	

**Fuente:** Propia, a partir del procesamiento de dato de la UEB Matanzas EMGEF.

A partir de los datos obtenidos, se considera que el presupuesto anual del año en MP y el gasto en energía en MP, que representó un monto del presupuesto ejecutado en este caso es de 25348,60 MP.

En la figura 8 se observa la distribución de portadores energéticos de la tabla 3.4 mediante la utilización del diagrama de Pareto.

El total de consumo en equivalente es 5447.85tn (suma de energía eléctrica, aceite lubricante, diésel y fuel oil).

#### **Porcentaje de Cada Fuente:**

- ✓ El diésel representa la mayor parte del consumo energético (93,46%), mientras que la energía eléctrica y el aceite lubricante aportan porcentajes mucho menores.
- ✓ El fuel oil no está consumido en este caso (0 tn), lo que implica que no se utilizó como fuente de energía en el análisis.

En comparación con el año anterior analizado, no hubo consumo de fuel oil , por causa de la salida de servicio de las purificadoras y calderas, solamente trabajaron 4 motores de una batería posterior al incendio de los supertanqueros de Matanzas, por lo que los índices se deterioraron, en el tiempo previsto se fue recuperando los motores de una y otra batería para poder poner en marcha una batería solamente.

El cálculo de la Intensidad energética utilizando tablas en Excel formuladas que al final arrojan el diagrama de Pareto. Los valores de esta información se reflejan en las Tablas en los (Anexos 3 y 4).

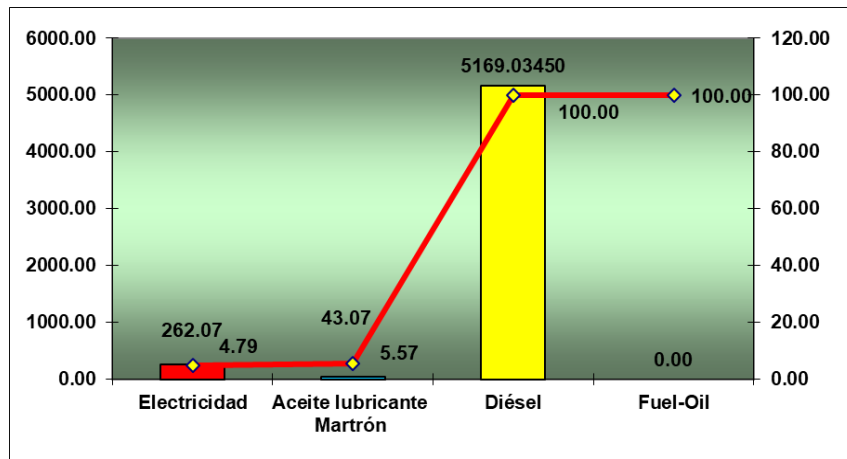
$$IE = \frac{\text{Consumo Total de Energía (TEP)}}{\text{Producción Mercantil(MP)}} \quad (3.26)$$

$$IE = \frac{5447.85}{25348,60} \approx 0,21\text{TEP/MP} \quad (3.27)$$

Esto significa que se consumen aproximadamente 0.21 toneladas equivalentes de petróleo por cada mil pesos de producción mercantil.

En este caso la intensidad energética aumenta debido a un mayor consumo de energía sin un aumento correspondiente en la producción, el ahorro relativo resultó negativo. Esto puede suceder si hay un incremento en el uso de materiales o cambios en los procesos que requieren más energía.

El aumento en la producción no logra compensar el incremento en el consumo energético, se podría ver un ahorro negativo. Esto puede ocurrir cuando hay alta demanda o en momentos donde los procesos no son óptimos. Es decir que - Ahorro Relativo Negativo: Más TCC sin aumento proporcional de la Producción Mercantil (MP) según lo planificado para el año. (Menos eficiencia).



**Figura 8** Diagrama de Pareto

**Fuente:** Propia, a partir del procesamiento de datos de la UEB Matanzas EMGEF.

### III.4.1 Diagrama de Consumo de Combustible - Producción de Energía vs Tiempo.

Para el análisis de los indicadores mostrará el comportamiento gráfico del consumo de combustible y la producción de electricidad a través de los meses, escogiendo para este estudio dos los buenos (2019 y 2020) y malos (2021 y 2023) de los últimos 5 años de operación de la CE para la generación de energía. Los datos proporcionados en las tablas de cada uno de los años conjuntamente con su diagrama, permite observar varios aspectos importantes sobre el consumo de combustibles, la generación de energía y su comportamiento en la eficiencia.

Análisis para el año 2019

En la figura 9 cuyos valores están reflejados en la tabla (véase anexo 5), se observa el consumo de fuel oil y diésel en relación con la generación de energía, muestra diferentes patrones a lo largo de los meses. A continuación, se proporciona un análisis de cada componente:

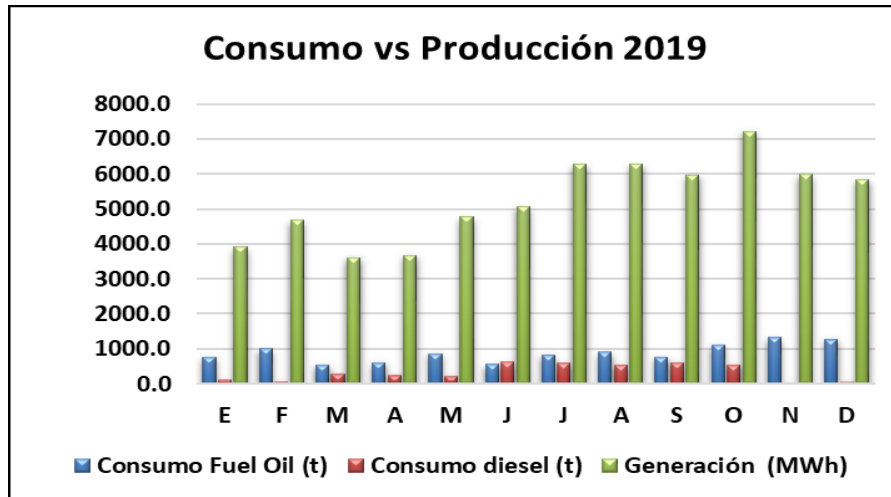
El consumo de fuel oil (tn): Hay un aumento significativo en el consumo de fuel oil entre los meses de enero y diciembre. El mes con el mayor consumo fue noviembre (1327.5 tn), mientras que el menor fue marzo (544.5 tn). Este incremento está relacionado con la mayor demanda de energía durante ciertos meses del año, por el déficit de generación en el país.

El consumo de diésel (tn): A diferencia del fuel oil, el consumo de diésel muestra una tendencia más variable, puesto que el diésel se utiliza fundamentalmente para el arranque, el mes de enero presenta un consumo de 108.8 tn, que disminuye en febrero a 66.2 tn, y luego aumenta considerablemente en mayo a 284.1tn alcanzando su pico en junio con 620.9tn. Sin embargo, se aprecia una notable caída en diciembre a 53.1tn. Esta fluctuación estuvo propiciada por algunas averías en las purificadoras del fuel que conllevó a cambios en la operación de los motores y estrategias de suministro de combustible.

La Generación de Energía (MWh): La generación de energía muestra una tendencia general de aumento, con el máximo en octubre (7213 MWh) y el mínimo en enero (3915.2 MWh). La relación entre el consumo de combustible y la generación de energía sugiere que un mayor consumo de fuel oil a menudo se traduce en mayor generación de energía, aunque con ciertas excepciones en meses donde el consumo de diésel es alto y la generación no presenta un aumento proporcional.

Comportamiento General: El comportamiento general indica que el aumento de la generación en los meses de mayor consumo de fuel oil, y la gran variabilidad en el consumo de diésel, motivo que se llevó a realizar un análisis más profundo en la eficiencia de operación y los costos asociados del combustible, ya que el diésel es más costoso que el fuel en concepto de pesos. También afectaron las condiciones climáticas que con las altas temperaturas los motores trabajan a baja carga y la demanda energética afectan estos consumos y generación.

En resumen, el diagrama refleja cómo la gestión y el consumo de diferentes tipos de combustible impactan la producción de energía en la CE, buscando mejoras la eficiencia operativa y la planificación del combustible.



**Figura.9** Gráfico Consumo –Producción vs Tiempo. **Fuente:** Elaboración propia

Análisis para el año 2020

En la figura 10 cuyos valores están reflejados en la tabla (véase anexo 6), muestra la relación entre el consumo de fuel oil y diésel, así como la generación de energía en MWh a lo largo de un año. Aquí se puede observar varios puntos clave:

**Consumo de fuel oil :** El consumo de fuel oil tiene un comportamiento fluctuante a lo largo de los meses. Se nota un pico notable en marzo (1791.52 tn), que es el máximo de consumo en el período observado. La tendencia a disminuir de marzo a diciembre, alcanzando un mínimo en diciembre (24.06 tn).

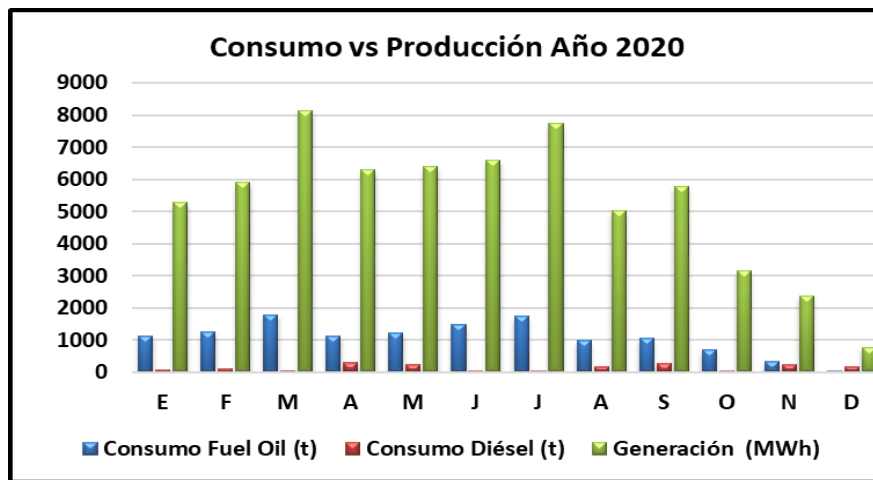
**Consumo de diésel:** A diferencia del fuel oil , el consumo de diésel muestra un comportamiento más irregular, con un notable aumento en abril (288.05 tn) y en diciembre (163.34 tn). Debido al déficit en la entrada del fuel oil . Sin embargo, se observa que su consumo es menor en comparación al fuel oil durante la mayoría de los meses, excepto en diciembre.

**Generación (MWh):** La generación de energía muestra una correlación positiva con el consumo de fuel oil , alcanzando su punto máximo en marzo (8127.9 MWh) y mostrando un mínimo en diciembre (766.8 MWh). Aunque en algunos meses la generación es alta, se puede observar que la generación no linealmente se corresponde con el consumo de diésel, indicando que el fuel oil es el principal combustible que impacta la generación.

**Tendencias generales:** La generación energética y el consumo de fuel oil son más altos en los primeros meses del año, reflejando una alta demanda de energía. A medida que el año avanza, tanto el consumo como la generación tienden a disminuir, lo que está

asociado a factores estacionales, de demanda energética, así como averías repetitivas en los motores y purificadoras que conlleva a esa disminución.

La central eléctrica depende predominantemente del fuel oil para la generación de energía contando que esos motores fueron diseñados para operar con el combustible fue oíl y el consumo de diésel juega un papel complementario que varía significativamente. Por lo que se llevó a una mejor planificación del suministro de combustible y la optimización del funcionamiento de la planta, evitando las causas y realizando los mantenimientos en periodos adecuados tanto en los motores como los equipos auxiliares como las purificadoras y calderas.



**Figura.10** Gráfico Consumo –Producción vs Tiempo.

**Fuente:** Elaboración propia

Análisis para el año 2021 donde la eficiencia de la CE fue disminuyendo.

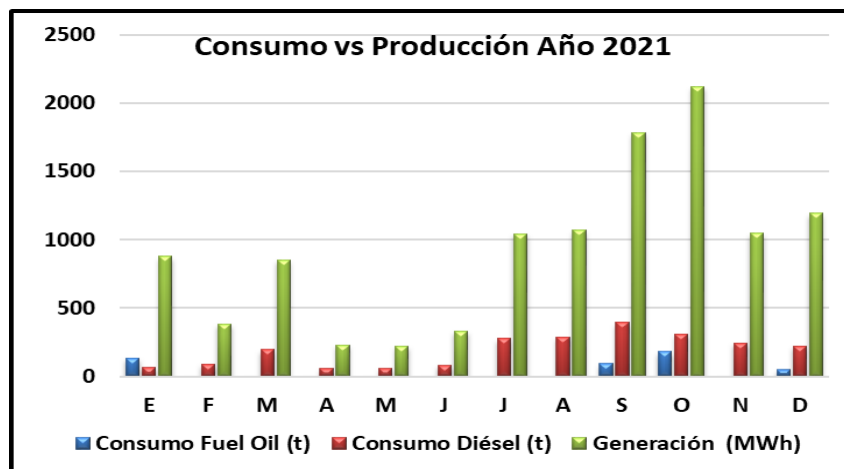
En la figura 11 cuyos valores están reflejados en la tabla (véase anexo 7), presenta datos sobre el consumo de fuel oil y diésel, así como la generación de energía en MWh a lo largo de un año.

Consumo de fuel oil : El consumo de fuel oil es muy bajo en comparación con el consumo de diésel. Se registran consumos de fuel oil en algunos meses, siendo el mayor en octubre (183,54 tn) y septiembre (92.35 tn), pero la mayoría de los meses presentan un consumo de fuel oil nulo. Esto significa que la planta depende ligeramente del fuel oil para su operación, utilizando mayormente diésel, por causas que afectaron la salida de motores de servicio y purificadoras conjuntamente con la caldera, estos equipos son primordiales para la operación con el fuel oil .

Consumo de diésel: A lo largo del año, el consumo de diésel es más predominante y varía significativamente. El consumo más alto se registra en julio (278.04 tn) y agosto (289.00 tn), lo que coincide con un aumento en la generación de energía, pero a su vez aumentan los costos en relación con el uso del fuel oil, el diésel como ya se ha mencionado es más costoso y la planta es más eficiente operando con fuel oil.

Generación (MWh): La generación de energía muestra un comportamiento correlacionado con el consumo de diésel. Los picos más altos en generación se producen en los meses de agosto (1069.4 MWh) y septiembre (1785.4 MWh). Esto indica que un mayor consumo de diésel se traduce en una mayor generación de energía elevando su costo.

Tendencias generales: La planta tuvo un desempeño energético notable en los meses de verano (junio a agosto), implicando que durante estos meses hay una mayor demanda por energía. El registro de cero en el consumo de fuel oil durante muchos meses refleja las averías, bajos mantenimientos y el déficit del combustible fuel oil.



**Figura.11** Gráfico Consumo –Producción vs Tiempo..**Fuente:** Elaboración propia

### Análisis para el año 2023

En la figura 12 cuyos valores están reflejados en la tabla (véase anexo 8), presenta datos sobre el consumo de fuel oil, diésel y la generación de energía en MWh durante el año.

Consumo de fuel oil : Se observa que no hay consumo de fuel oil registrado durante todo el año 2023. Esto indica que la planta no utilizó este tipo de combustible, producto a que se encontraban fuera de servicio las purificadoras de fuel y las calderas, por déficit de piezas de repuesto en el país, lo que llevó a buscar estrategia para optimizar costos y

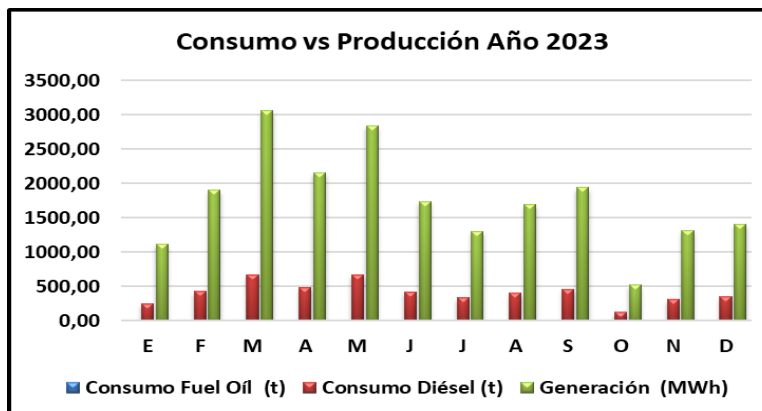
buscar soluciones a corto plazo, además de enfrentarse a serias recuperaciones de motores de las otras baterías producto a las afectaciones por el incendio de la Base de supertanqueros de Matanzas.

Consumo de diésel: El consumo de diésel es constante y significativo a lo largo de todo el año, con un total de 4922.9 tn consumidos. El mes con el consumo más alto es marzo (674.16 tn), lo que coincide con una mayor generación de energía en ese mes (3055 MWh).

Generación (MWh): La generación de energía también muestra una correlación directa con el consumo de diésel. El máximo de generación se alcanza en marzo (3055 MWh) y el mínimo en octubre (524.4 MWh). Esto puede sugerir variaciones en la demanda de energía o la eficiencia del sistema de generación energético en diferentes momentos del año.

Tendencias generales: Los meses más cercanos a la mitad del año (de marzo a junio) muestran un uso más intensivo de diésel y mayor generación de energía, lo que puede correlacionarse con aumentos en la demanda energética. Hacia el final del año, hay una caída pronunciada en ambos parámetros (consumo y generación), especialmente en octubre.

La planta estuvo altamente dependiente del diésel para la generación de energía. Esto implicó potenciales costos adicionales por el uso del diésel y en consumos de electricidad. La eficiencia de la planta podría beneficiarse con la posibilidad de incorporar el fuel, con la entrada en servicio de las purificadoras y calderas en óptimas condiciones, analizando la demanda de energía en relación a la disponibilidad y costos de los combustibles, así como las políticas energéticas en su entorno.



**Figura.12** Gráfico Consumo –Producción vs Tiempo. Fuente: Elaboración propia

Después de haber expuesto y analizado el consumo de cuatro años, dentro de ellos buenos y malos, se establecerá la línea de base energética, para el mejor año de operación de la CE el 2020.

La línea de base permite modelar el comportamiento del consumo de energía en base a una variable dependiente por medio de una ecuación lineal, para ello se utiliza la herramienta de Excel. La LBE permite establecer de forma idealizada el consumo de energía no asociada a la variable dependiente y permite establecer un indicador de consumo que ayuda a desarrollar la etapa de implementación y seguimiento de forma adecuada, por lo tanto, se establece un período de referencia en el cual las variaciones en los procesos no hayan sido significativas. El modelo se representa por la siguiente ecuación:

$$Y = m X + b \rightarrow E = mP + E_0 \quad (3.27)$$

Dónde: E= Energía consumida

m= Indicador de consumo

P=Producción

E<sub>0</sub>= Energía no asociada a la producción.

La línea base se construye a partir de la energía consumida y la producción equivalente. Verificar la consistencia de la información recolectada, evaluar su validez e identificar errores, por ejemplo: valores ilógicos, equipos de medición fuera de calibración, valores de producción realizada no reales o estimados, datos tomado en condiciones no estándares de producción, etc.

Utilizar el método de los mínimos cuadrados para determinar el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) entre E y P y trazar la línea de mejor ajuste.

Existe una correlación entre la energía consumida y la variable dependiente a la que se asocia, ella puede ser calculada por medio del análisis de regresión realizado en Excel que se representa como  $R^2$ , a continuación, se mostrará la tabla de la descripción de la determinación de acuerdo con el porcentaje que presenta:

**Tabla 3.5** Descripción del coeficiente de determinación.

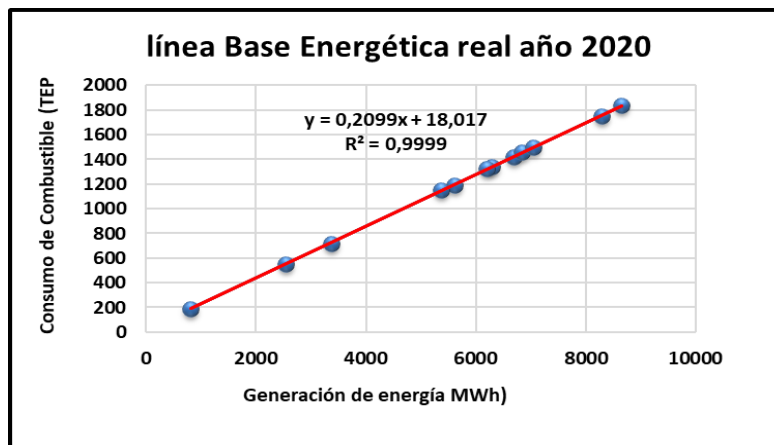
Coeficiente de determinación – R <sub>2</sub>	Descripción
0 – 0,05	Débil
0,06 – 0,2	Moderado
0,21 – 0,5	Moderadamente fuerte
0,6 – 0,8	Fuerte
0,81 - 1	Muy fuerte

**Fuente.** Autores

El registro sistemático de consumo de combustible - producción de energía a través del tiempo.(Año 2020). Véase anexo 6.

- Línea de base Energética.
- Índices de consumo - producción.

De acuerdo con las líneas de producto identificadas se lleva acabo el registro de la producción de energía en MWh y la energía consumida en términos de combustible TEP. El período de referencia establecido inicia en enero hasta diciembre del 2020, tomando datos mensuales debido a que la producción de energía no se realiza de forma regular, la variación del consumo de combustible es diferente cada día y el período se estableció debido a que no ha habido cambios en los procesos.



**Figura 13** La línea base Energética a partir de la energía generada y el consumo equivalente. La ecuación de consumo es representada por la siguiente ecuación:

$$E = mP + E0 \quad (3.28)$$

$$E = 0,2099P + 18,017 \quad (3.29)$$

$$R_2=0,999$$

De acuerdo con la ecuación 3,29 obtenida de la LBEn, se tiene que 18,017 TEP pertenecen a consumo combustible no asociado a la producción, esto corresponde compresores, caldera y al uso ineficiente de la energía.

De acuerdo con la línea base el indicador de Producción es 0,2099 [MWh/Ton], que esta referenciado a la producción de energía .

El coeficiente de determinación es de 0.999, por lo que se cataloga como un coeficiente de determinación muy fuerte, de acuerdo con la tabla 3.5 y es adecuado para este tipo de estudio, algunos autores consideran que debe ser igual o mayor a 0.70 como Cabello [7] y Meng [38] y como lo referencian en el artículo de García [27].

#### 1. Recolección de datos del año (2020)

- Consumo total de Combustible: fuel oil y diésel en un período determinado, anual.
  - ✓ Fuel: 12827.6 tn
  - ✓ Diésel: 1593.53 tn
- Producción de energía: La cantidad de energía producida en el mismo período (en MWh).
  - ✓ 67689,5 MWh

#### 2. Cálculo de Indicadores de Consumo

- Consumo Específico de Combustible: se Calcula el consumo específico de cada tipo de combustible por unidad de energía producida. (g/KWh)

Combustible fuel más diésel en TEP

Fuel: 12827.6 tn \* 0.99 equivale a 12699,35 TEP

Diésel: 1593.53 tn \* 1.05 equivale a 1673,20 TEP

$$\text{Consumo EC} = \frac{\text{Consumo EC (TEP)}}{\text{Produccion de energia(MWh)}} * 1000 \quad (3.30)$$

$$\text{Consumo EC} = \frac{12699,35 + 1673,20}{67689,5 \text{ MWh}} \quad (3.31)$$

$$\text{Consumo EC} = \frac{14372,5 \text{ TEP}}{67689,5 \text{ MWh}} = 0,2123 * 1000 \quad (3.32)$$

$$\text{Consumo EC} = 212,3g/KWh \quad (3.33)$$

El consumo específico de combustible se cumple en ese año para un plan de 217g/KWh.

#### Definición de Indicadores de Eficiencia Energética

- Índice de Eficiencia Energética (IEE): Este índice será útil para evaluar la eficiencia energética general de la CE.

Consumo total de combustible: 14372.524 TEP

$$\text{IEE} = \frac{\text{Producción de Energía (MWh)}}{\text{Consumo Total de Combustible (TEP)}} \quad (3.34)$$

$$\text{IEE} = \frac{67689,5 \text{ MWh}}{14372,524 \text{ TEP}} = 4,7 \text{ MWh/TEP} \quad (3.35)$$

- Reducción del Consumo Específico:

Se deben establecer metas para reducir el consumo específico de fuel y diésel en un porcentaje determinado cada año.

Establecimiento de Metas:

- Basado en los indicadores calculados, establece metas específicas y alcanzables. Por ejemplo:

- ✓ Reducir el consumo específico de fuel en un 5% en el próximo año.

Monitoreo y Ajustes

- Implementar un sistema de monitoreo continuo para seguir el consumo de combustible y la producción de energía.

- Ajustar las operaciones y estrategias según sea necesario para alcanzar las metas establecidas.

Informes y Revisión

- Realizar informes periódicos sobre el desempeño en relación con los indicadores establecidos.

- Revisar y ajustar las metas anualmente basándose en los resultados obtenidos.

Con esta metodología se puede establecer una línea base del consumo y definir indicadores que ayuden a mejorar la eficiencia energética en la CE y según la norma ISO 50001, la mejora continua es clave para alcanzar las metas.

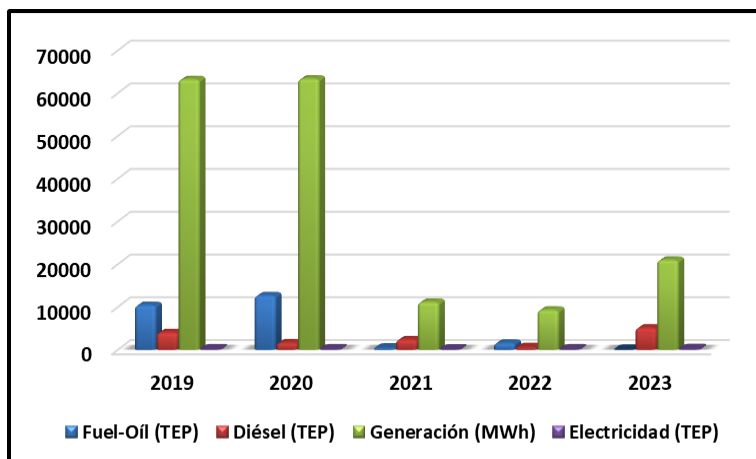
### III.4.2 Evaluación de los indicadores Energéticos por años. Diagrama de Consumo Combustibles, Consumo de Electricidad vs Generación.

La evaluación se muestra en los gráficos para cada portador energético determinantes de la UEB de los años 2019 al 2023. En el caso de estudio se toma el consumo de fuel oil y diésel para el análisis, así como el consumo de electricidad. El gráfico va acompañado de la tabla 3.5 que muestra numéricamente el comportamiento del consumo de combustible en relación con los volúmenes correspondientes de generación, consumo de electricidad y su comportamiento a través de esos años por TEP.

**Tabla 3.5.** Consumo de combustibles, electricidad y Generación de Energía.

Años	Consumo (TEP)		Producción	Consumo
	Fuel-Oil (TEP)	Diésel (TEP)	Generación (MWh)	Electricidad (TEP)
2019	10423,71	4076,49	63240,3	159,39
2020	12699,3532	1673,20	67689,5	162,16
2021	455,122	2407,6	11159,2	107,46
2022	1560,24	615,772	9336,2	129,2
2023	0,0	5169,03	21004,9	262,07

Fuente: Propia, recopilada del departamento de operaciones EMGEF



**Figura 14.** Gráfico consumo (TEP) vs Producción de Energía (MWh). Fuente de elaboración propia.

En la figura 14 se muestra el comportamiento gráfico del consumo de combustible, la producción de energía y el consumo de electricidad a través de los años.

Consumo de : El consumo de fuel oil presenta una tendencia decreciente a lo largo de los años, comenzando en 10423,71TEP en 2019 y llegando a 0 en 2023. Esto conllevó a una transición significativa hacia el uso de combustibles alternativos, favoreciendo el diésel, teniendo un impacto en el costo puesto que el diésel es más caro que el fuel oil , así como en la incidencia en la baja eficiencia de los motores con averías repetitivas y los costos se elevan al tener que buscar soluciones en la sustitución y reparación de piezas para los mismos.

Consumo de diésel: En contraste con el , muestra un aumento notable hasta 2023, donde se alcanza un valor de 4922.89 TEP. La dependencia del diésel fue crítica para la operación continua de la planta, especialmente dada bajo del consumo de fuel oil.

Generación (MWh): La generación de energía experimenta variaciones. En 2019 y 2020, la generación es bastante alta (63240.3 MWh y 67689.5MWh respectivamente), pero hay una notable disminución en 2021 y 2022, con valores de 11159.2 MWh y 9336.2 MWh. En el año 2022 la generación fue afectada por la parada en cero de la Planta en agosto, producto al incendio de la Base de Supertanqueros de Matanzas, Sin embargo, 2023 muestra un repunte considerable en la generación a 21004.9 MWh a pesar de que no se cumplió con los planes, como ya se argumentó anteriormente que fue recuperándose de la parada por el incendio, sin la utilización del.

Consumo de Electricidad (MWh): El consumo de electricidad también muestra fluctuaciones en esos años. Se observa que, aunque la generación general disminuyó en 2021 y 2022, hay un aumento del consumo en 2023 con 689.66 MWh, en este año se utilizaron equipos altos consumidores de electricidad para la recuperación y otros equipos que perdieron su automatización tras el incendio como los ventiladores de los radiadores, lo que indica un impacto en términos de costos operativos y consumos.

Análisis de tendencias: Se puede observar que la central eléctrica ha reducido drásticamente su uso de fuel oil y ha aumentado el uso de diésel, lo que indica la dependencia del mismo y el deterioro de los motores aumenta, esto sugiere una mejora en la tecnología de generación, las purificadoras en óptimas condiciones, así como las calderas y en la gestión eficiente de la planta.

Las principales interrupciones ocurridas en los períodos fueron:

- F/S por altas temperaturas de los cilindros

- F/S por fuga de combustible y aceite
- F/S por alta temperatura del agua de enfriamiento
- F/S por falta de filtros de aceite.
- F/S por falta de aceite -causa externa
- La calidad de los controles operacionales y mantenimiento por parte del personal de la CE no fueron suficiente, por lo que incide en la preparación y las faltas de recursos.

Una vez realizado el análisis de los indicadores y detectar causas que llevaron al traste a la baja Eficiencia Energética de la CE se procedió a realizar una auditoría energética según los requisitos de la Norma ISO 50001, donde se encontraron un grupo de deficiencias que llevaron consigo a la mala operación, falta de gestiones y organización en la CE, así como la falta de preparación técnica, En la misma se detectaron 12 No conformidades de 19 aspectos, para un 36.84% de cumplimiento y se trazaron planes de acciones para resolver y darle solución a la problemática existente, en el anexo 5 se encuentra la muestra de la lista de chequeo de la auditoria.

### **III.5 Determinación de algunas de las causas que intervienen en el deterioro de la Eficiencia Energética de la CE.**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los análisis de los gráficos en los epígrafes anteriores y los resultados de la auditoría, se ha evidenciado los gastos de consumo de combustible principal portador energético para la generación de energía conjuntamente con la producción, la cual ha causado una ineficiencia en la CE en cuanto la eficiencia de los motores, donde se determinaron algunas causas como:

- ✓ Averías repetitivas de los motores por el uso del combustible diésel y mantenimientos pasados de horas por déficit de piezas de repuestos.
- ✓ El sistema de enfriamiento de los motores se encontraba trabajando directo y no en modo encendido y apagado automático de parada de ventiladores según la temperatura del agua, este sistema es el mayor consumidor eléctrico de la Central este factor se fue consecuente en los últimos años de análisis, como el 2023.
- ✓ El bajo nivel de generación en la batería uno, la baja carga alcanzada, producto de las limitaciones de carga de los motores.

- ✓ Los índices de consumo que más se deterioran son los portadores de diésel y electricidad en el último año analizado sus consumos sobrepasan del 100% respecto al plan, este de aumento también por otros equipos instalados consumidores de energía eléctrica durante la recuperación de la planta tras el incendio.
- ✓ La contingencia energética impidió el cumplimiento de los planes en cuanto al abastecimiento de combustible.
- ✓ Los insumos para la producción no se comportaron según lo planificado.
- ✓ Aumentó la cantidad de grupos fuera de servicio por piezas de repuesto.
- ✓ El éxodo de personal hacia otras empresas afectó la producción, mantenimiento y por ende la capacitación.
- ✓ Insuficiente control operacional por parte de los operarios.

La UEB EMGEF Matanzas ha mostrado interés e iniciativas para resolver esta situación al pasar los años , pero no ha sido suficiente por lo que se hace necesario la mejora y el desarrollo de un sistema de eficiencia energética que pueda propiciar el ahorro en forma notoria en el consumo per-cápita y el compromiso de la dirección y el reconocimiento de la gestión de la energía como una prioridad en la organización, es decir buscar elevar la eficiencia energética de la CE mejorando la gestión de la misma basándose en la Norma ISO 50001: 2018, proponiendo acciones encaminadas a ella. Con el uso de esta trae tales beneficios para la CE como:

Al optimizar el uso de energía, la central eléctrica puede reducir el consumo de combustibles, lo que se traduce en menores costos asociados a la compra de energía, la mejora en la eficiencia energética puede llevar a una disminución en el costo por unidad de electricidad producida.

**La mejora de la Eficiencia Operativa:** La norma impulsa la identificación de ineficiencias en los procesos energéticos, permitiendo optimizar el funcionamiento de los equipos y sistemas, lo que puede resultar en menor desgaste y prolongación de la vida útil de equipos costosos.

**Acceso a Incentivos y Subvenciones:** En ocasiones, la organización implementa sistemas de gestión energética que pueden tener acceso a incentivos gubernamentales, subvenciones o programas de apoyo financiero que pueden amortiguar costos iniciales.

**Aumento de la Competitividad:** La mejora en la gestión energética puede llevar a un posicionamiento favorable entre las empresas de la UNE, diferenciando a la Central Eléctrica de competidores que no aplican prácticas de eficiencia energética.

**Beneficios Ambientales y de Cumplimiento:** La implementación de ISO 50001 ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que no solo tiene efectos positivos sobre el medio ambiente, sino que también prepara a la empresa para cumplir con regulaciones ambientales cada vez más estrictas, evitando multas y sanciones.

**Inversión en Tecnología Renovable:** La optimización del uso de energía permite que los recursos económicos ahorrados se dirijan a la inversión en tecnologías renovables, promoviendo un enfoque más sostenible a largo plazo.

Al implementar la norma ISO 50001, las centrales eléctricas no solo mejoran su desempeño energético, sino que también aprovechan un enfoque estructurado para alcanzar la sostenibilidad y reducir costos operativos.

### **III.6 Acciones Propuestas para la mejora de la Eficiencia Energética basado en la Norma ISO 50001.**

Para mejorar la eficiencia después de haber analizado los indicadores energéticos en diferentes años y sus resultados arrojaron un deterioro en sus indicadores y problemas asociados a una mejor gestión energética en la CE, se hace necesario:

- **Auditoría Energética:** Realizar auditoría de seguimiento energética para explorar el rendimiento de los equipos en uso y su eficiencia, así como el Control de los portadores energéticos especialmente el combustible.
- **Capacitación:** Capacitar al personal en el uso eficiente de los recursos energéticos podría contribuir a una mejor gestión de la energía, fundamentalmente a los de operación de la CE y mantenimiento.
- **Tecnología:** Investigar opciones tecnológicas más sostenibles que puedan complementar, como el uso de una matriz de mantenimiento en las calderas y el uso de las purificadoras en óptimas condiciones o sustituir el uso de fuel oil a largo

plazo, con fuentes renovables de energía en puestos claves de consumo de electricidad.

- Control estricto de la actividad realizada por los equipos consumidores de portadores energéticos.
- Apagar y desconectar los equipos en las oficinas vacías.
- Reducir el uso de equipos en el horario pico sin afectar la producción.
- Incrementar la conciencia del personal sobre la importancia de elevar el uso racional y la eficiencia energética.
- Divulgación diaria de los índices de eficiencia de la CE.

### **III.7 Revisión de la mejora con el uso de la Norma ISO 50001 en términos de ahorro energético en la CE.**

El éxito de la revisión de la mejora con el uso de la Norma ISO 50001 en términos de ahorro energético se mide a través de varios indicadores clave de rendimiento que pueden incluir:

1. **Reducción del consumo energético:** Comparar el consumo de energía antes y después de la implementación de la norma para determinar la reducción porcentual.
2. **Ahorros económicos:** Calcular la reducción en costos de energía, considerando el precio del combustible y el consumo.
3. **Mejora de la eficiencia energética:** Evaluar indicadores de eficiencia energética específicos, como el consumo de energía por unidad de producción
4. **Verificaciones y auditorías energéticas:** Realizar auditorías regulares para verificar el cumplimiento y la efectividad de las medidas implementadas.
5. **Establecimiento de metas de rendimiento energético:** Análisis de si se han alcanzado las metas y objetivos establecidos al inicio del proceso de implementación.
6. **Impacto ambiental:** Medir la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero como resultado de la disminución del consumo energético.

### III.8 Estimar la reducción de los índices de consumo al aumentar la EE y el posible ahorro energético.

La eficiencia térmica típica puede variar, pero generalmente se puede asumir un valor de eficiencia en el rango del **35% al 45%**. Se asume un valor de eficiencia del **40%** que es la real de la CE , trabajando en condiciones normales en período de estabilidad moderada de producción y consumo como se mostró en los análisis de los indicadores del año 2020.

Para estimar la reducción de los índices de consumo de fuel oil al aumentar la eficiencia energética en la central eléctrica que genera 2.5 MWh, es crucial tener en cuenta varios factores, como la eficiencia actual del sistema y la eficiencia potencial tras implementar mejoras.

1. Eficiencia Actual: Generalmente, las plantas de energía con motores de combustión de fuel oil tienen eficiencias que oscilan entre el 35% y el 45%. esto significa que el 35% de la energía contenida en el fuel oil se convierte en electricidad útil. Para el caso de la planta durante la investigación de los últimos años presentaba una eficiencia de 30%.

2. Eficiencia Potencial: Tras implementar mejoras cuando hay deterioro, es posible alcanzar eficiencias de hasta el 45% o más, dependiendo de la tecnología utilizada y las mejoras aplicadas.

3.Cálculo del consumo:

Consumo de energía, en la estimación de los índices de consumo de la CE de fuel oil , se refiere a la cantidad de energía que se utiliza en un determinado período alimentada por fuentes de combustible, como el fuel oil. Este consumo se mide generalmente en kilovatios-hora (kWh) o (MWh) y es crucial para evaluar la eficiencia energética, los costos operativos y el impacto ambiental de la generación eléctrica.

Eficiencia del 30% para el sistema actual con deterioro:

$$\text{Consumo de energía} = \frac{\text{Potencia generada}}{\text{Eficiencia}} = \frac{2,5 \text{ MWh}}{0,30} = 8,3 \text{ MWh} \quad (3.36)$$

Si la eficiencia se incrementa al 45% con la implementación de las mejoras.

$$\text{Consumo de energía} = \frac{2,5 \text{ MWh}}{0,45} = 5,55 \text{ MWh} \quad (3.37)$$

Reducción del consumo:

$$\text{Consumo de energía} = 8,3 \text{ MWh} - 5,55 \text{ MWh} = 2,75 \text{ MWh} \quad (3.38)$$

Esto significa una reducción aproximada del 33.4% en el consumo energético al aumentar la eficiencia del sistema, lo que también refleja una disminución notable en los índices de uso de fuel oil .

De esta manera, aumentar la eficiencia energética en la CE puede resultar en significativas reducciones en el consumo de fuel oil y, por lo tanto una reducción de costos y un menor impacto ambiental.

Cuando se menciona el "consumo de energía" en la estimación de los índices de consumo, se refiere a la cantidad de energía que se utiliza en un determinado período alimentada por fuentes de combustible, como el petróleo, el gas o el carbón, para producir electricidad. Este consumo se mide generalmente en kilovatios-hora (kWh) o (MWh) y es crucial para evaluar la eficiencia energética, los costos operativos y el impacto ambiental de la generación eléctrica.

Razones para asumir un valor de eficiencia del 30% al 45%:

1. Tipo de Motor: Los motores de combustión interna, especialmente los diésels, suelen tener eficiencias en este rango. Un motor de 2.5 MW está diseñado para aplicaciones industriales y puede aprovechar tecnologías modernas que mejoran la eficiencia.
2. Condiciones Operativas: En condiciones óptimas de operación (carga nominal, buen mantenimiento), los motores pueden alcanzar eficiencias más altas. Un valor del 40% es razonable para reflejar un funcionamiento eficiente en la mayoría de las situaciones.
3. Diseño y Tecnología: Los motores modernos de Hyundai incorporan avances tecnológicos que optimizan la combustión y reducen las pérdidas de energía, lo que contribuye a una mayor eficiencia.
4. Normativas y Estándares: La industria a menudo se guía por estándares y normativas que fomentan el desarrollo de tecnologías más eficientes. Esto puede llevar a que los fabricantes diseñen motores que operen dentro de este rango de eficiencia.
5. Comparación con Otras Tecnologías: Al comparar con otras tecnologías de generación eléctrica (como turbinas de gas o plantas de ciclo combinado), los motores de combustión interna tienden a tener eficiencias más bajas, pero dentro del contexto de su aplicación y diseño, un 40% es un valor competitivo.

### **III.8.1 Factores ambientales determinantes y su impacto.**

Durante la Producción de energía con el uso de combustibles fósiles se corre el riesgo de contaminar el medio ambiente si no se gestionan de forma adecuada los residuos y desechos peligrosos, dentro de ellos se tienen los residuales líquidos generados de la producción, el derrame de hidrocarburos durante los cambios de filtros y limpiezas, los gases que se expulsan a la atmósfera así como los residuos sólidos, para ello existen tareas y planes de acción a cumplir durante el proceso de producción. El cumplimiento de los requisitos legales aplicables a la entidad que son evaluados mensualmente para evitar infracciones que afecten al medio ambiente, así como las inspecciones que realiza el CITMA con el objetivo de se cumpla estrictamente con la protección del medio ambiente y sobre todo la Bahía donde es el destino final de los residuales líquidos una vez filtrados por las trampas de grasa de la CE.

Los efectos negativos más comunes e importantes de la combustión es la contaminación del aire. Esta contaminación consiste en la presencia en la atmósfera de una o varias sustancias en concentraciones tales que pueden originar riesgos, daños o molestias a las personas y al resto de seres vivos, perjuicios a los bienes y/o cambios de clima.

Como parte de la reglamentación de protección medioambiental, los gases de combustión de las instalaciones industriales están sujetos a normas que establecen los límites máximos permitidos de emisiones y concentración en el aire. En nuestro país existen las normas de calidad de aire: NC 1020: 2014, Calidad del aire—Contaminantes—Concentraciones Máximas Admisibles y Valores Guías en zonas Habitables y la norma en ambiente laboral, NC: 19-0163: 1991, NC 39:1999, requisitos higiénicos sanitarios: Concentraciones máximas admisibles, alturas mínimas de expulsión y zonas de protección sanitaria y desde mediados de 2010 la norma de emisiones NC 803:2017, Calidad del aire – Emisiones máximas admisibles de contaminantes a la atmósfera en fuentes fijas puntuales de instalaciones generadoras de electricidad y vapor.

Las mediciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> y la temperatura de los humos de los gases de combustión de los motores de la Central Eléctrica fuel oil José Martí, correspondiente al Contrato No 15/2023 del departamento ambiental de CUBAENERGIA

con la UEB EMGEF Matanzas. Las mediciones se realizaron en los conductos hacia las chimeneas.

Se realiza la medición de las emisiones y se modela la dispersión de los contaminantes atmosféricos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$ ) en el período que abarca de enero a diciembre.

Se asumió lo siguiente:

1. Para la modelación de la dispersión de los contaminantes atmosféricos se tuvo en cuenta las horas de trabajo de cada motor.
2. Se consideran para la modelación los motores de todas las baterías generando con diésel.

Se evaluaron períodos de 1 hora, 24 horas y período 1 año.

Para el estudio se utiliza la metodología de vías de impacto. A partir de los inventarios de emisión de contaminantes a la atmósfera en los emplazamientos, se obtienen sus concentraciones incrementales en el aire. Para resolver la dispersión local (hasta 50 km de las fuentes) de contaminantes se utilizó el sistema de modelos AERMAP-Uso de Suelo-AERMETAERMOD, teniendo en cuenta la topografía del terreno, el uso del suelo, la deposición de los contaminantes, entre otros aspectos importantes. En la modelación se consideraron como fuentes puntuales las chimeneas de cada batería.

Los resultados obtenidos muestran las concentraciones incrementales de los contaminantes atmosféricos en el dominio de modelación, como isolíneas de concentración máxima y promedios, cuando se superan las concentraciones máximas admisibles o se incumple la norma. (Figura 15)

No ocurre violación de las normas en la emisión de los contaminantes en ninguna fuente del emplazamiento. En la estimación (modelación) de la dispersión de los contaminantes encontramos que se superan los valores normados en concentración (concentración máxima admisible) en los  $\text{NO}_x$  en el período de 1 hora en áreas de la playita. No hay incumplimiento de la norma de Calidad de Aire y a su vez las emisiones de gases de efecto invernadero son bajas.



**Figura 15** Isolíneas de concentración de NO<sub>x</sub>, 1 hora. Área donde se superan los valores normados. Elaboración: CUBAENERGÍA.

### III.8.2 Conclusiones Parciales del Capítulo.

Una vez finalizado el presente capítulo, se ha podido arribar a las siguientes conclusiones parciales:

1. Se realizó una valoración de la eficiencia de los equipos en la conversión de fuel oil a energía eléctrica con los análisis del consumo de los portadores energéticos de los años más representativos.
2. Se analizaron los gráficos de consumo de combustible (tn vs Producción de energía) MWh) de los años buenos y malos y se determinó una línea base de los indicadores del mejor año.
3. Se determinaron las causas y consecuencias del deterioro de los índices de consumo, su influencia en la generación y a su vez en la EE de la CE.
4. Se propusieron acciones para incrementar la EE basadas en la Norma ISO 50001: 2018.
5. Se estimó la reducción de los índices de consumo al aumentar la EE y el posible ahorro energético.
6. Se determinaron los factores ambientales determinantes en la Generación de energía y su impacto.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En este capítulo se interpretan los resultados obtenidos mediante la implementación de la metodología propuesta, al utilizar las herramientas matemáticas que caracterizan la implementación de cualquier modelo de gestión de la energía, en el caso de estudio se aplica la norma ISO 50001: 2018 para la mejora del Sistema de Gestión Energético y la Eficiencia Energética en la CE de fuel oil 2.5 , se reflejan los resultados de la evaluación de los indicadores energéticos determinando una línea base con su ecuación y su coeficiente de determinación, así como el cálculo de la eficiencia obtenida en el tiempo analizado, estos resultados se comparan a través de gráficos y tablas.

Se presentan por último una estimación de la reducción de los índices de consumo al aumentar la EE y el posible ahorro energético, también se realiza una valoración de los impactos ambientales a partir de lo antes mencionado.

##### IV.1 Análisis del Consumo de Portadores Energéticos.

Para realizar un análisis del consumo de portadores energéticos después de las acciones propuestas, con los datos proporcionados (véase la tabla 4.1), primero se desglosa la información y se calcula la contribución de cada tipo de energía al total de energía consumida, así como su equivalente en toneladas de petróleo.

Con la entrada del fuel oil para la generación.

Cálculos.

##### 1. Conversión

De energía eléctrica a TEP

Para convertir el consumo de energía eléctrica a toneladas equivalentes de petróleo (TEP):

$$\text{TEP}(\text{eléctrica}) = \text{Consumo}(\text{eléctrica}) * \text{factor de conversión} \quad (4.1)$$

$$\text{TEP}(\text{eléctrica}) = 405.5\text{MWh} \times 0.38 = 154.09\text{TEP} \quad (4.2)$$

De lubricante TEP

$$\text{TEP}(\text{lubricante}) = \text{Consumo}(\text{lubricante}) * \text{factor de conversión} \quad (4.3)$$

$$\text{TEP}(\text{lubricante}) = 58.05\text{tn} \times 1 = 58.05\text{TEP} \quad (4.4)$$

De diésel TEP

$$TEP(\text{Diésel}) = \text{Consumo}(\text{Diésel}) * \text{factor de conversión} \quad (4.5)$$

$$TEP(\text{Diésel}) = 416,4tn \times 1.05 = 437,22TEP \quad (4.6)$$

De fuel oil TEP

$$TEP(\text{fuel oil}) = \text{Consumo}(\text{fuel oil}) * \text{factor de conversión} \quad (4.7)$$

$$TEP(\text{fuel - oil}) = 4955,1tn. \times 0.99 = 4905,55TEP \quad (4.8)$$

2. Consumo total en TEP

Ahora se suman todos los consumos en TEP :

$$\text{Consumo total en TEP} = TEP_{\text{eléctrica}} + \text{Lubricante} + \text{Diésel} + \text{Fuel} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo total en T} &= 154,09 + 58,05 + 437,22 + 4905,55 \\ &= 5554,91TEP \end{aligned} \quad (4.10)$$

3. Porcentajes del consumo total

Ahora, se calcula el porcentaje que representa cada tipo de energía respecto al consumo total.

• Energía eléctrica:

$$Porcentaje_{\text{eléctrica}} = \frac{TEP(\text{eléctrica})}{\text{Consumo total en TE}} * 100 \quad (4.11)$$

$$Porcentaje_{\text{eléctrica}} = \frac{154,09}{5554,91} * 100 \approx 2,77\% \quad (4.12)$$

• Lubricante:

$$Porcentaje_{\text{lubricante}} = \frac{58,05}{5554,91} * 100 \approx 1,05\% \quad (4.13)$$

• Diésel:

$$Porcentaje_{\text{Diésel}} = \frac{444,784}{5554,91} * 100 \approx 7,87\% \quad (4.14)$$

• Fuel:

$$Porcentaje_{\text{fuel}} = \frac{4905,55}{5554,91} * 100 \approx 88,31\% \quad (4.15)$$

## Resumen del análisis

**Fuel oil:** Representa el 88,31% del consumo total, con 4905,55 TEP. Esto indica que la CE depende principalmente del fuel oil para su generación de energía, lo cual es común en instalaciones de este tipo.

**Energía Eléctrica:** Consumo de 405.5 MWh, que equivale a 154.09 TEP (2,80% del total). Esto muestra que, aunque la central produce electricidad, también consume una cantidad significativa de energía eléctrica en sus operaciones y consumos de equipos que no intervienen en la generación.

**Diésel:** Con un consumo de 437,22 TEP y un porcentaje del 7,87%, su uso es marginal en comparación con el fuel-oil, pero es importante para los arranques del motor antes de generar y los utilizados para el lavado de piezas durante el mantenimiento.

**Aceites Lubricantes:** Aportan un consumo de 58.05 TEP (1.05%), lo que es esperado dado que son necesarios para los equipos auxiliares que intervienen en la generación.

Para calcular la intensidad energética se puede relacionar el consumo de energía con la producción mercantil, en este caso, la producción mercantil es de 298364,60 MP.

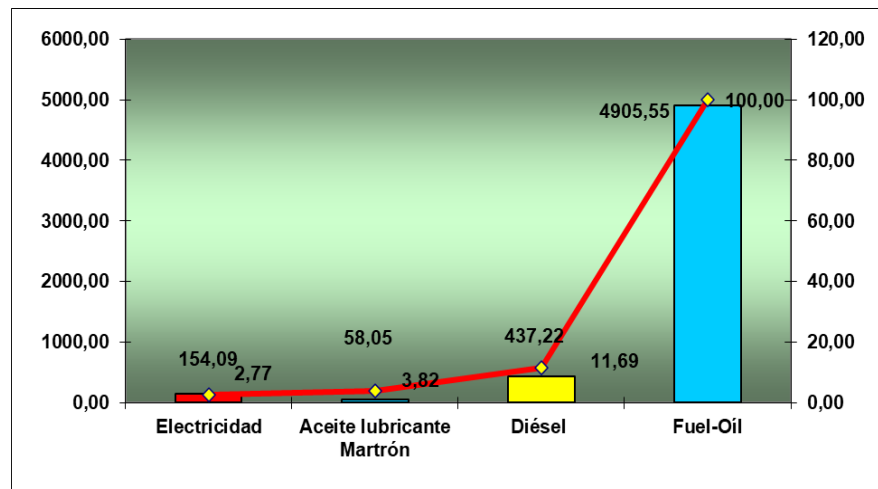
El análisis se obtiene con la construcción de la estructura de consumo por portadores energéticos y el diagrama de Pareto que permite identificar los portadores energéticos de mayor significación dentro del total de portadores utilizados para el proceso productivo una vez realizadas las acciones propuestas para la mejora.

La identificación de los portadores energéticos más consumidos en el año, donde utilizó para la producción el consumo de fuel oil todo el año y diésel como está planificado para los arranques y el lavado de piezas en los mantenimientos.

**Tabla 4.1.** Distribución de portadores energéticos consumidos.

Portador Energético	Unidad	Consumo	Factor de convección	Tonelada Equivalente Petróleo	Porcentaje (%)	Porcentaje Acumulado (%)
Energía Eléctrica	(MWh)	405.5	0,38	154.09	2,77	2,77
Lubricantes	(tn )	58.05	1,00	58.05	1,05	3,82
Diésel	(tn )	416,4	1,05	437,22	7,87	11,69
Fuel-Oil	(tn )	4955,10	0,99	4905,55	88,31	100
<b>Total</b>				5554,91	100	

**Fuente:** Datos recopilados del departamento energético. EMGEF.



**Figura 16.** Diagrama de Pareto. Fuente elaboración propia

En la figura 16 se observa la distribución de energéticos de la tabla 4.1 mediante la utilización del diagrama de Pareto

Consumo Total:

El consumo total de energía en la central eléctrica es de 5554,91 toneladas equivalentes de petróleo (TEP). Este valor comprende el consumo de electricidad, lubricantes, diésel y fuel oil, lo que da una idea del impacto total en términos de recursos energéticos.

Este análisis sirvió como base para la toma de decisiones en políticas energéticas y operativas dentro de la organización.

Con los datos obtenidos se calculó la Intensidad energética utilizando tablas en Excel formuladas que al final arrojan el diagrama de Pareto, los valores de esta información se reflejan en las tablas en el anexos 7.

$$IE = \frac{\text{Consumo Total de Energía (TEP)}}{\text{Producción Mercantil(MP)}} \quad (4.16)$$

$$IE = \frac{5554,91}{298364,60} \approx 0.0186\text{TEP/MP} \quad (4.17)$$

Esto significa que se consumen aproximadamente 0.0186 toneladas equivalentes de petróleo por cada mil pesos de producción mercantil.

Análisis General:

La CE es altamente dependiente del fuel oil por su tecnología, lo que podría suponer desafíos en términos de sostenibilidad por el déficit de combustible que atraviesa el país. La baja contribución de otras fuentes de energía (como diésel y lubricantes), se explicaba en el análisis anterior su consumo para el lavado de piezas y los arranques de los motores.

En este sentido se puede considerar alternativas para diversificar los portadores energéticos, lo que podría resultar en una reducción de costos y un menor impacto ambiental.

El ahorro relativo fue positivo en el año. Esto significa que una reducción en la intensidad energética está asociada con un aumento en la producción (menos TCC por más MP). Como también se muestra en la tabla (Anexo 10), por lo que los equipos con mejor eficiencia, como fue la entrada en servicio de la purificadora, caldera y otras medidas al respecto, el ahorro relativo se incrementa, reflejando un menor consumo energético para el mismo nivel de producción. Es decir que Ahorro Relativo Positivo: Menos TCC por más MP (más eficiencia).

#### **IV.2 Diagrama de Consumo de Combustible - Producción de Energía vs Tiempo.**

En la figura 17 cuyos valores están reflejados en la tabla (véase anexo 11), muestra el consumo de fuel oil y diésel, así como la generación de energía en tn en un año.

La línea de base permite modelar el comportamiento del consumo de energía en base a una variable dependiente por medio de una ecuación lineal, como se mostro en el capítulo anterior con la herramienta de Excel. La LBE permite establecer de forma idealizada el consumo de energía no asociada a la variable dependiente y establecer un indicador de

consumo que ayuda a desarrollar la etapa de implementación y seguimiento de forma adecuada, se establece el período de referencia en el cual se mostraron valores significativos eficientes después de las acciones para la mejora:

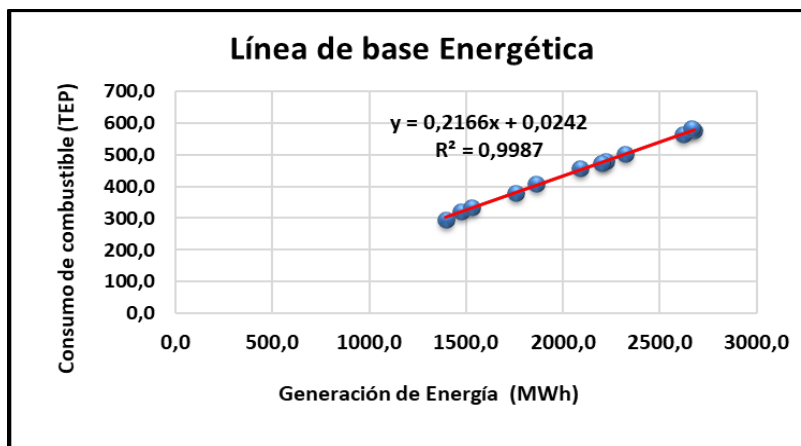
$$E = mP + E0 \quad (4.18)$$

La línea base se construye a partir de la energía consumida y la producción equivalente. Utilizar el método de los mínimos cuadrados para determinar el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) entre E y P y trazar la línea de mejor ajuste.

El registro sistemático de consumo de combustible - producción de energía a través del tiempo. Vease anexo 11.

- Línea de base energética.
- Índices de consumo - producción.

De acuerdo con las líneas de producto identificadas se lleva a cabo el registro de la producción en energía en MWh y la energía consumida en términos de combustible TEP.



**Figura 17** La línea base energética a partir de la energía generada y el consumo equivalente.

La ecuación de consumo es representada por la siguiente ecuación:

$$E = 0.2166x + 0,0242 \quad (4.19)$$

$$R^2=0.9987$$

De acuerdo con la ecuación 4.19 obtenida de la LBE<sub>n</sub>, se tiene que 0,0242TEP pertenecen a consumo Combustible no asociado a la producción, esto corresponde a los arranques en negro del grupo de la planta, los arranques de los motores que se realizan con diésel y los asociados a los mantenimientos de los motores.

El coeficiente de determinación es de 0.9987, por lo que se cataloga como un coeficiente de determinación muy fuerte, de acuerdo con la tabla 3.5. del capítulo anterior.

Desarrollando indicadores físicos de consumo:

Recolección de datos del año

- Consumo total de combustible: El fuel oil y diésel en un período determinado, anual.

- ✓ Fuel: 4955,1tn

- ✓ Diésel: 416.4tn

- Producción de Energía: La cantidad de energía producida en el mismo período (en MWh).

- ✓ 24795.01 MWh

Cálculo de Indicadores de consumo

Consumo Específico de Combustible (CEC): Se Calcula el consumo específico de cada tipo de combustible por unidad de energía producida.

Combustible fuel más diésel en TEP

Fuel: 4955,1tn \* 0.99 equivale a 4905,55TEP

Diésel: 416.4tn \* 1.05 equivale a 437,22TEP

$$\text{Consumo EC} = \frac{\text{Consumo EC (TEP)}}{\text{Produccion de energia(MWh)}} * 1000 \quad (4.20)$$

$$\text{Consumo EC} = \frac{4905,55 + 437,22}{24795,1MWh} \quad (4.21)$$

$$\text{Consumo EC} = \frac{5342,77\text{TEP}}{24795,1 MWh} = 0.2154 * 1000 \quad (4.22)$$

$$\text{Consumo EC} = 215,4g/KWh \quad (4.23)$$

El CEC proporcionó un valor de 215,4g/KWh.

La línea base permitirá tener un punto de referencia para medir futuras mejoras en la eficiencia energética y cambios de tecnología, como cambiar los motores de 2.5MW por motores fuel oil de 1.7 MW que por los resultados en el país han mostrado ser más eficientes que los de 2.5MW.

## Definición de Indicadores de Eficiencia Energética

• Índice de Eficiencia Energética (IEE): Este índice será útil para evaluar la eficiencia energética general de la CE.

$$IEE = \frac{\text{Producción de Energía (MWh)}}{\text{Consumo Total de Combustible (TEP)}} \quad (4.24)$$

$$IEE = \frac{24795.1 \text{ MWh}}{5342,77 \text{ TEP}} = 4.64 \text{ MWh/TEP} \quad (4.25)$$

### • Reducción del Consumo Específico:

Se deben establecer metas para reducir el Consumo Específico de Combustible en un porcentaje determinado cada año, según su planificación, si la CE continúa operando con una batería y cuatro motores y valorando la incorporación e instalación de otros motores de la misma tecnología, pero de 1.7MW, que estos han resultados más eficientes en su disponibilidad y generación.

Establecimiento de Metas:

Basado en los indicadores calculados, establece metas específicas y alcanzables. Por ejemplo:

- ✓ Reducir el consumo específico de fuel en un 5% en el próximo año.

Monitoreo y Ajustes

- ✓ Implementar un sistema de monitoreo continuo para seguir el consumo de combustible y la producción de energía.
- ✓ Ajustar las operaciones y estrategias según sea necesario para alcanzar las metas establecidas.

Consumo de combustible:

Los datos de consumo muestran que el fuel oil y el diésel se utilizan como fuentes de energía a lo largo de los meses, el consumo de fuel oil es considerablemente mayor que el de diésel, este último se consume generalmente para el lavado de piezas en los mantenimientos y los arranques de los motores, con esto se logra una estabilidad en el consumo de fuel a pesar del déficit de combustible en el país, la CE tiene una ventaja respecto a otras CE , que lo recibe por oleoducto sin la necesidad de utilizar Camiones pipas para transportarlo hacia la misma.

Se observa un incremento significativo en los consumos de fuel oil de febrero (405.2 tn) a marzo (506.4 tn), alcanzando el punto más alto en junio (543.3 tn).

Después de junio, se registra una caída en el consumo, con un valor de (457.0 tn) en julio, (444.9tn) en agosto y una disminución notable en octubre (262.5tn), esto sugiere fluctuaciones en la demanda de electricidad, mantenimientos planificados de los motores que trae consigo motores fuera de servicio y a la purificadora por ende menos consumo y generación, también los meses de verano las altas temperatura afectan a los motores lo que trae un deterioro de los índices de consumo por la inestabilidad de disponibilidad de los motores, lo que deriva que trabajen con menos carga.

Producción Generada (MWh):

La generación energía muestra una relación directa con el consumo de fuel oil , alcanzando cifras más altas en los meses donde el consumo de combustible también es elevado.

La generación alcanza su punto máximo en marzo (2675.8 MWh) y su mínimo en enero (1392,9 MWh), lo que indica una relación positiva entre el consumo de combustible y la generación de energía.

A pesar del aumento del consumo de fuel oil en julio, el valor de generación no se correspondió del todo, mostrando que otros factores también influyen en la eficiencia y capacidad de generación (por ejemplo, operación de planta como la baja carga del motor por averías y demanda).

Eficiencia Energética:

La eficiencia se puede calcular como la relación entre la energía generada y la cantidad de combustible consumido. Para analizar la eficiencia durante diferentes meses, se pueden calcular los MWh generados por cada tn consumido. Esto ofrece una visión de qué tan eficaz es la central en la conversión de combustible en electricidad.

Se toma, por ejemplo, enero, el cálculo de eficiencia sería:

$$E = \frac{E_{\text{Gen MWh}}}{C_{\text{Comb tn}}} \quad E = \frac{1392,9 \text{ MWh}}{296\text{tn}} = 4.70\text{MWh/tn} \quad (4.24)$$

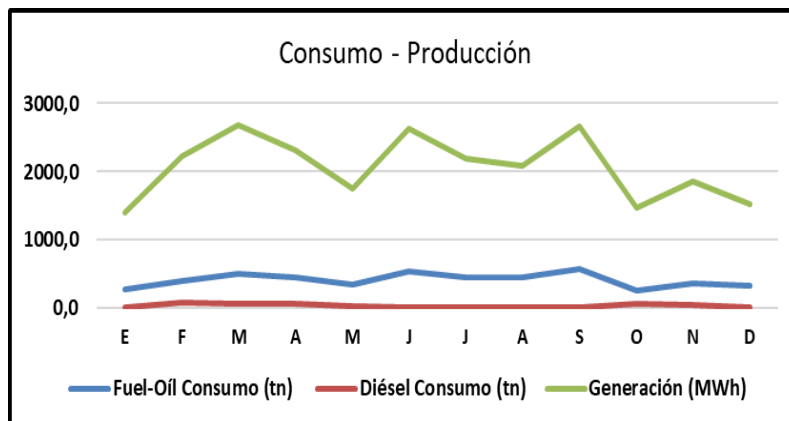
En marzo que fue el de mayor consumo y generación:

$$E = \frac{2675,8\text{MWh}}{577,8\text{t}} = 4.6\text{MWh/tn} \quad (4.25)$$

Tendencias:

La tendencia general del consumo mostró picos en determinados meses, relacionados con la demanda estacional de electricidad, mientras que la generación tiene sus propias fluctuaciones que pudo depender del mantenimiento o averías que se presentan durante la operación, como al iniciar el año con mantenimiento capital, que no todos los motores están disponibles para la producción.

En resumen, el gráfico muestra un comportamiento oscilante en el consumo de combustible y la producción de energía, debido a factores que intervienen en la producción, planificaciones de mantenimientos de los equipos, así como las averías de los equipos que se presentan y provocan paradas y la baja de carga de los motores lo que conlleva a menor producción.



**Figura 18.** Gráfico de comportamiento de los consumos de combustible y generación . Fuente elaboración propia.

#### **IV.3 Evaluación de los indicadores Energéticos. Diagrama de Consumo Combustibles, Consumo de Electricidad vs Generación.**

En la figura 19 se muestra el comportamiento gráfico del consumo de combustible, electricidad y la producción de energía en dos años, mediante la correlación las variables, sus datos proporcionados (véase tabla 4.2)

**Tabla 4.2.** Consumo de combustibles, electricidad y Generación de Energía.

Año	Consumo (TEP)		Producción	Consumo
	Fuel-Oil (TEP)	Diésel (TEP)	Generación (MWh)	Electricidad (TEP)
<b>Antes acciones 2023</b>	0.00	5186	21004.9	262.07
<b>Después de la acciones</b>	4905.55	437.2	24795.1	154.09

**Fuente:** Datos recopilados del departamento de operaciones de la EMGEF.

### 1. Consumo Total de Energía:

Año 2023 antes de las acciones para las mejoras : El consumo de fuel oil es 0 tn y el consumo de diésel es de 4922,9 tn.

Después de las acciones para las mejoras el consumo de fuel oil es de 4955,1 tn y el consumo de diésel es de 416,4 tn.

Este cambio muestra que en 2023 no se utilizó fuel oil, el sistema funcionó únicamente con diésel, se observa la reintroducción del fuel oil, que representa una gran proporción del consumo energético.

### 2. Producción de Energía:

Año 2023: La generación de energía es de 21004,9 MWh con un consumo de electricidad de 689,68 MWh.

La generación después de las acciones para las mejoras se incrementa a 24795,1 MWh, con un consumo de electricidad de 405,5 MWh.

Aumenta la generación de energía con la implantación de acciones para las mejoras , un signo positivo, ya que la central ha aumentado su capacidad de producción, con menos consumo de electricidad.

### 3. Eficiencia Energética:

La eficiencia se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$Eficiencia = \frac{Produccion(MWh)}{Consumo(TEP)} \quad (3.3)$$

Para este análisis, se calculará la eficiencia energética considerando tanto el fuel oil como el diésel en sus equivalencias toe.

**Año 2023:**

Consumo de diésel: 4922,9 tn (utilizando un factor de conversión aproximado de 1.05 para diésel:

$$\text{Total, TEP} = 4922.9 \text{tn} \times 1.05 = 5169,045 \text{ TEP} \quad (3.4)$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Produccion(MWh)}}{\text{Consumo( TEP)}} \quad (3.5)$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{21004,9\text{MWh}}{5169,045 \text{ TEP}} = 4.0\text{MWh/TEP} \quad (3.6)$$

El consumo específico de combustible.

$$\text{Consumo EC} = \frac{5169.045 \text{ TEP}}{21004,9\text{MWh}} = 0.24608 * 1000 \quad (3.7)$$

$$\text{Consumo EC} = 245,08\text{g/KWh} \quad (3.8)$$

El consumo EC resultó superior al plan de ese año que fue de 227 g/KWh por trabajar con diésel solamente.

### **Año después de las acciones para las mejoras:**

Consumo de fuel oil: 4955,1 tn, y diésel: 416,4 tn (con un factor de conversión para fuel oil aproximadamente de 0.99 y para el diésel de 1.05):

$$\text{Total, TEP} = 4955,1 \text{ TEP} \times 0.99 + 416,4 \text{ TEP} * 1,05 = 5342,77\text{TEP} \quad (3.9)$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{24795,1 \text{ MWh}}{5342,77\text{TEP}} = 4.64\text{MWh/TEP} \quad (3.10)$$

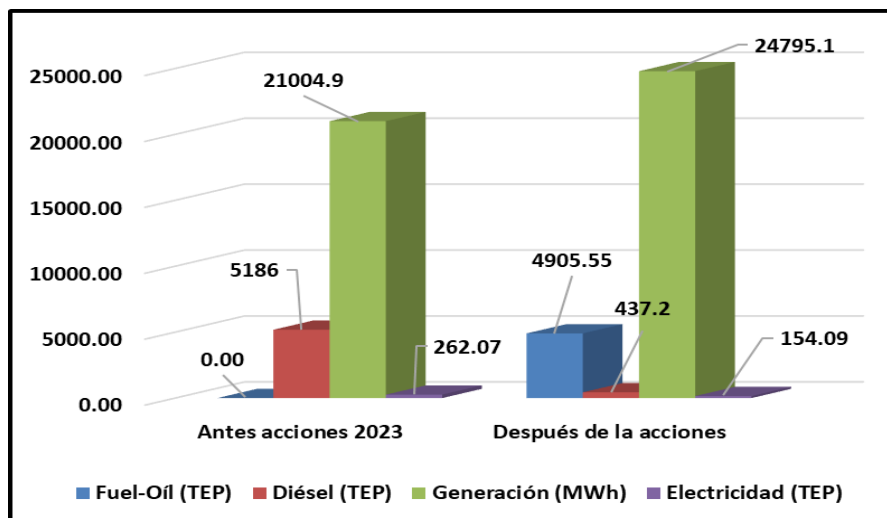
### **Tendencias y análisis comparativo:**

**Incremento de Eficiencia:** Los cálculos de eficiencia energética muestran un ligero aumento de aproximadamente 4,0 MWh/TEP en 2023 a 4.64 MWh/TEP con las mejoras. Este incremento se debió a una mejora en la conversión de combustible a energía útil, debido a mejoras tecnológicas y organizativas.

**Uso de Recursos:** En 2023, al no haber consumo de fuel oil, la CE sufrió limitaciones en términos de producción, dado que operó únicamente con diésel, que es menos eficiente y más costoso, el retorno al uso de fuel oil se obtuvo un uso racional del combustible, con las acciones para las mejoras de las tecnologías de la CE para la generación así como menos costos por pesos.

**Dependencia de Combustibles:** Aunque el fuel oil es mayormente eficiente para este tipo de motores, sostener su uso depende en ocasiones de la disponibilidad en el país y su variación de precio, en comparación con los costos a pesar que el año que se trabajó con un solo combustible el año 2023 el (diésel), los costos fueron mayores.

La Central Eléctrica mostró una mejora significativa en su eficiencia energética, analizando después de las mejoras , con un aumento en la producción y una evidente reducción en el impacto del consumo eléctrico. estos análisis comparativos se muestran en el gráfico de la figura 19.



**Figura 19.** Gráfico comparativo de los indicadores. Fuente elaboración propia.

#### IV.4 Resultados de las acciones propuestas realizadas basado en la Norma ISO 50001.

Después de los análisis y evaluación de los indicadores del año, una vez realizadas las acciones propuestas para la mejora se lleva a cabo una auditoria energética en el área de Operaciones, para evidenciar los logros obtenidos una vez que la planta trabaje con el combustible fuel.

Con la lista de chequeo que tiene un total de 19 aspectos , es de esperar con los resultados se detecten dos no conformidades para un 89.47 %, las mismas estarán pendientes de la auditoría anterior la cual se trabaja en base a su cumplimiento, gestionando los presupuestos indicados y en espera de la entrada de las piezas de repuesto al país. Lo que demuestra los resultados obtenidos en la EE de la CE una vez realizadas las acciones. La lista de chequeo se muestra en el anexo 6.

Se capacitaron a 50 operadores de ellos 10 de nuevo ingreso, con calificaciones aceptables.

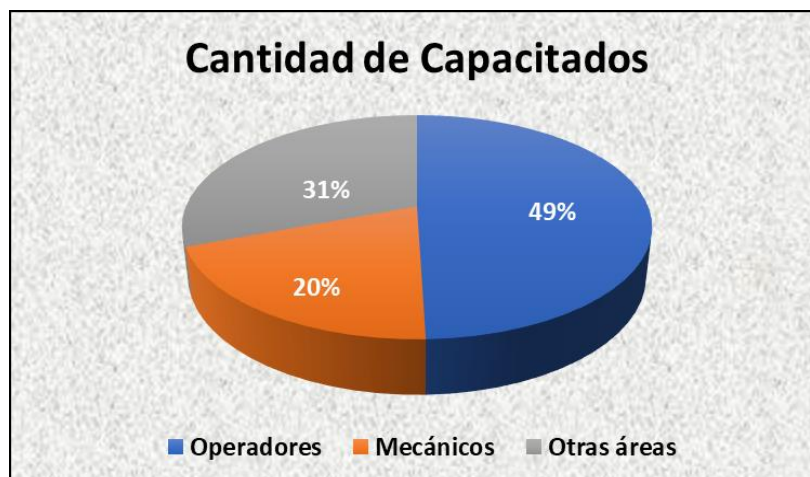
Se capacitaron a 20 mecánicos de ellos 12 de nuevo ingreso con calificaciones satisfactorias.

También se realizaron capacitaciones a 31 trabajadores entre administrativos y técnicos del resto de la UEB en la Norma ISO 50001:2018 y programas de ahorro uso racional y eficiente de la energía. En el anexo 8 se muestra el modelo para la capacitación.

**Tabla 4.3.** Trabajadores capacitados.

Trabajadores	Cantidad	Cantidad de Capacitados	Porcentaje %
Operadores	50	50	100
Mecánicos	20	20	100
Otras áreas	51	31	60.78
<b>Total</b>	<b>121</b>	<b>101</b>	<b>83.47</b>

**Fuente:** Recopilado del departamento de RRHH.



**Figura 20:** Porcientos de capacitados en la UEB. Elaboración propia.

La posible entrada en servicio de la purificadora de fuel oil en condiciones aceptables para su operación y la caldera como el uso de tecnología con mejor eficiencia y fundamentales para el proceso.

Se tomaron medidas de ahorro en las oficinas y áreas de consumo para los horarios picos, así como propagandas al uso racional de la energía.

#### **IV.4.1 Resultados al implementar mejoras con el uso de la Norma ISO 50001 en términos de ahorro energético en la CE.**

La implementación de la Norma ISO 50001 en términos de ahorro energético se mide a través de varios indicadores clave de rendimiento, después de haber realizado las acciones propuestas es de esperar la mejora de la EE en las que se incluyen:

1. Reducción del consumo energético: Se compara el consumo de energía antes y después de la implementación de las acciones basadas en la norma, para determinar la reducción porcentual en dependencia de las condiciones de la situación.

El consumo de combustible se redujo considerablemente en lo que respecta al diésel, puesto que se utilizó el fuel oil para la producción y el diésel solo para los arranques de los motores y mantenimientos .

2. Ahorros económicos: La reducción en costos de consumo de combustible, considerando el precio y el consumo.

Costos del consumo de combustible en el año 2023:

**59320,945 MP** con un consumo de 4922,9 tn diésel solamente

Costos del total del consumo de combustible fuel más diésel después de las mejoras.

**52834.33 MP** con un consumo de 5371.5tn

3. Mejora de la eficiencia energética: Evaluar indicadores de eficiencia energética específicos, como el consumo de energía por unidad de producción

Las eficiencias energéticas muestran un aumento de aproximadamente 4,0 MWh/TEP a 4,64 MWh/TEP.

4. Mejoras en el consumo específico de combustible.

En el año 2023 el consumo específico de combustible fue de 245,08 g/KWh y lo disminuyó a un 215.4 g/KWh con la entrada del fuel en la operación, la puesta en servicio de la purificadora y la caldera.

5. Verificaciones y auditorías internas: Auditorías realizadas para verificar el cumplimiento y la efectividad de las medidas implementadas, estas mostraron un 89.47 % superior a las anteriores realizadas. (véase anexo 13).

#### **IV.5 Resultados de la reducción de los índices de consumo al aumentar la EE y el posible ahorro energético.**

La reducción de los índices de consumo de fuel oil al aumentar la EE en la CE, se tuvo en cuenta varios factores, como la eficiencia potencial tras implementar mejoras.

Eficiencia Potencial: Tras implementar medidas de eficiencia energética, es posible alcanzar eficiencias de hasta el 45% o más, dependiendo de la tecnología utilizada y las mejoras aplicadas.

#### **3.Cálculo del Consumo:**

Consumo de energía, los índices de consumo de la CE de fuel oil , se refiere a la cantidad de energía que se utiliza en un determinado período alimentada por fuentes de combustible como el fuel oil .

Si se considera una eficiencia del 30 % para el sistema antes de las mejoras:

$$\text{Consumo de energía} = \frac{\text{Potencia generada}}{\text{Eficiencia}} = \frac{2.5 \text{ MWh}}{0.30} = 8,3\text{MWh} \quad (3.11)$$

Si la eficiencia se incrementa al 45% con la implantación de mejoras:

$$\text{Consumo de energía} = \frac{2.5 \text{ MWh}}{0.45} = 5.55\text{MWh} \quad (3.12)$$

Reducción del consumo:

$$\text{Consumo de energía} = 8,3 \text{ MWh} - 5,5 \text{ MWh} = 2,75 \text{ MWh} \quad (3.13)$$

Esto significa una reducción aproximada del 33.4% en el consumo energético al aumentar la eficiencia del sistema, lo que también refleja una disminución notable en los índices de uso de fuel oil .

De esta manera, aumentar la eficiencia energética en la CE puede resultar en significativas reducciones en el consumo de fuel oil y por lo tanto, una reducción de costos y un menor impacto ambiental.

Asumir un valor de eficiencia del 35% al 40% para una CE que utiliza motores Hyundai de 2.5 MWh, es una aproximación razonable basada en el rendimiento típico de este tipo de motores, considerando las condiciones óptimas de operación y las tecnologías involucradas. Este valor permite realizar estimaciones sobre la producción de energía y el consumo de combustible, así como evaluar la viabilidad económica y ambiental del proyecto.

La adopción de estas tecnologías nuevas y reponer equipos eficientes, puede resultar en un uso más eficiente del fuel oil , reduciendo costos operativos y emisiones, al mismo tiempo que se garantiza un suministro energético confiable. La inversión en estas tecnologías no solo mejora el rendimiento de la planta, sino que también contribuye a la sostenibilidad a largo plazo.

#### **IV.5.1 Factores ambientales determinantes y su impacto.**

Los resultados obtenidos en el epígrafe anterior muestran un menor impacto ambiental, puesto que el fuel oil a pesar de ser más contaminante que el diésel, este a través de las purificadoras elimina todas las partículas extrañas antes de salir a la atmósfera, esto fue demostrado en los estudio y análisis de los gases en la CE.

No ocurre violación de las normas en la emisión de los contaminantes en ninguna fuente del emplazamiento. En la estimación (modelación) de la dispersión de los contaminantes se encuentran que no superan los valores normados en concentración (concentración máxima admisible) en los NO<sub>x</sub> en el período de 1 hora en toda el área local del emplazamiento y áreas aledañas. No hay incumplimiento de la norma de Calidad de Aire y a su vez las emisiones de gases de efecto invernadero son bajas.

#### **IV.6 Conclusiones Parciales del Capítulo**

Una vez finalizado el presente capítulo, se ha podido arribar a las siguientes conclusiones parciales:

1. Se mostraron los resultados de los objetivos trazados en la investigación con un análisis del consumo de los portadores fundamentales de la CE, se calculó la Intensidad energética, donde se mostraron valores que representan la eficiencia de la CE con un ahorro relativo positivo, se determinó la línea de base energética a partir de los índices de consumo la cual permitirá tener un punto de referencia para medir futuras mejoras en la eficiencia energética y cambios de tecnología, se analizaron los gráficos de consumo de combustible (tn) vs Producción de energía (MWh) del año, donde se muestran el mejoramiento de la eficiencia de la CE.
2. Se mostraron los resultados de la revisión de la mejora con el uso de la Norma ISO 50001 en términos de ahorro energético en la CE y la reducción de los índices de consumo al aumentar la EE.
3. Se mostró los posibles ahorros de energía y una reducción de costos.

## **V. CONCLUSIONES**

Como resultado final del trabajo desarrollado, se ha podido arribar a las siguientes conclusiones.

1. Se realizó un diagnóstico actual de la CE de la UEB EMGEF Matanzas de acuerdo con las especificaciones de la norma ISO 50001: 2018, sobre los índices de consumo de los principales portadores energéticos y se evaluaron los IDEn, donde se mostraron análisis de cuatro años, tomando como muestra el mejor de esos años el 2020 y se determinó la línea base de los IDEn para trazar futuras soluciones y se mostraron valores del Consumo Específico de Combustible de 212.3 g/KWh en ese año, ya en en el año 2023 donde se mostró un CEC superior de 245,08 g/KWh con un deterioro.
2. Se determinaron las causas del deterioro de los índices de consumo y la Eficiencia Energética en la CE, basados en los resultados de los análisis de los IDEn.
3. Se Proponen acciones encaminadas al mejoramiento, basada en la Norma ISO 50001: 2018 que se deben realizar para un mejor manejo de los portadores y elevar la eficiencia energética de la CE, con las propuestas de las mejoras se logra disminuir el CEC a un 215.4 g/KWh, así como la eficiencia energética en la CE.
4. Se estima una reducción aproximada del 33.4% en el consumo energético al aumentar la eficiencia del sistema, lo que también refleja una disminución notable en los índices de uso de fuel oil, el posible ahorro energético, los factores ambientales determinantes y su impacto.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Con el propósito de ocasionar la realización de futuros trabajos que enriquezcan el resultado de la presente investigación se plantea la siguiente recomendación

- Proponer a la dirección de la empresa la propuesta de mejoras basadas en la Norma ISO 50001: 2018 en aras de ser aplicada a todas las entidades con características similares.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar Mejía, K. A., Anaya Hernández, J. A., & Peñate Ascencio, W. L. (2023). Diseño de un sistema de gestión de la energía basado en la metodología del estándar ISO 50001: 2018, para una empresa de la industria textil en El Salvador (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
2. Álvarez Cancio, R. R., Montelíer Hernández, S., Oviedo Regojo, A., & Bello González, O. (2021). Bases para la implementación de un sistema de gestión energética en la UEB ron “Luis Arcos Bergnes” de Cienfuegos basado en la NC-ISO 50001:2019. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(4), 505-511.
3. Álvarez Santana, J. A. (2020). Aplicación de herramientas para sistemas de gestión de energía acorde a la norma ISO 50001 en la UEB Vías y Puentes Colón (Doctoral dissertation, Universidad de Matanzas. Facultad de Ciencias Técnicas).
4. Barrantes, M. D. (2019). Plan de gestión de proyecto para la implementación de la norma UNE-EN ISO 50001 en el departamento de facilidades de la empresa Miami Medical (Doctoral dissertation, Universidad Para la Cooperación Internacional).
5. Berdellans, I. E. (2005). *Tendencia del desarrollo energético en cuba*. La Habana: Conferencia Internacional de Energías Renovables.
6. Bernabé, Miguel Wilfredo. 2020. *Gestión de la eficiencia energética según la ISO 50001 para mejorar el consumo eléctrico en la Ladrillera Sagitario*, Lima 2020. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo], Lima: Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo, 2020.
7. Cabello, J.J., Sousa, V., Sagastume, A., Guerra, M., Haeseldonckx, D., Vandecasteele, C., Tools to improve forecasting and control of the electricity consumption in hotels. *Journal of Cleaner Production*, 2016. 137: p. 803-812. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.192>.
8. Cáceres Torra, S. R., & Guzmán Arias, M. A. (2019). Desarrollo de las etapas de planeación y ejecución de un sistema de gestión energética en la planta Girón 1 de la empresa ITALCOL SA basados en la Norma ISO 50001
9. Carballo Torres, M. X., Cristales Armas, M. O., & Ramírez Meléndez, O. E. (2019). Diseño de un sistema de gestión energética basado en la norma ISO 50001 para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).

10. Carranza, Marko & Rivera, Carmen. 2020. Desarrollo de un sistema de gestión energética basado en la norma ISO 50001 para reducir el consumo de energía eléctrica en la Universidad Privada Antenor Orrego - Trujillo [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Institucional, s.l.
11. Castela, María. 2019. La energía renovable en Argentina como estrategia de política energética e industrial. s.l.: Problemas del desarrollo, 2019.
12. Castro, L. & Romero, S. (2022). "Auditoría energética: Claves para la implementación eficaz en la industria". Revista Internacional de Energías Renovables, 19(2), 88-102
13. Chen, Miguel, Boya, Carlos and Moral, Dafni. 2020. Mejoras al desempeño energético en edificaciones abordando los desafíos actuales del lado de la demanda: Una revisión de contribuciones de Latinoamérica. s.l.: Revista Digital NovasinerGía.
14. Cimorelli, A. et al., 2005. AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part I: General Model Formulation and Boundary Layer Characterization. Journal of Applied Meteorology, 44(5): 682–693.
15. Coria, Gustavo and Samper, Mauricio. 2022. Evaluación de mecanismos de incentivo para la generación de energía solar distribuida en San Juan, Argentina. Chile: Revista Chilena de Ingeniería, 2022. pp. 551-563. Vol. 30.
16. Correa Soto, J., González Pérez, S., & Hernández Alonso, Á. (2018). La gestión energética local: elemento del desarrollo sostenible en Cuba. Revista Universidad y Sociedad, 9(2), 59-67.
17. Cortez, Fátima, Hernández, Margarita and Martell, Miguel. 2019. Diseño de un sistema de gestión energética basado en la norma ISO 50001 para la facultad de odontología de la Universidad de El Salvador. [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador], San Salvador.
18. Crespo, Gustavo, et al. 2019. La gestión energética en la fabricación de piensos balanceados en Cienfuegos. s.l.: Revista Universidad y Sociedad. 11, 249-256.
19. Crespo Sánchez, G. (2020). Implementación de la etapa de Planificación Energética de la Norma ISO 50001, en la Batería de Grupos Electr6genos de la Refinería de Petr6leo de Cienfuegos [Tesis de Diploma Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodr6guez"].
20. Decreto 110/2024: regulaciones para el Control y Uso Eficiente de los Portadores Energ6ticos y las Fuentes renovables de Energía (GOC-2024-648-0115)

21. Decreto-Ley No. 345 (GOC-2019-1063-O95) Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía.
22. De Oliveira, Vinicius, Vilela, Duan and Vilela, Tarso. 2022. Un estudio sobre la anatomía de las pérdidas en la distribución de energía eléctrica. s.l.: Ingeniería Energética, 2022. pp. 14-23. Vol. 43. 1815-5901.
23. Díaz-Rosales, A., Oropesa-Márquez, Y. & Cecilia-Simón, N. (2023). Gestión energética en la Empresa de Mantenimiento a Grupos Electrógenos Fuel oil de Pinar del Río, Cuba. IPSA Scientia, revista científica multidisciplinaria, 8(3), 48-62. <https://doi.org/10.62580/ipsc.2023.8.15>
24. Evaluación de la Contaminación Atmosférica (Emisiones y Modelación) de contaminantes emitidos por los motores de La Central Eléctrica Fuel -Oil José Martí. Departamento de Impacto Ambiental y monitoreo atmosférico de CUBAENERGIA.2023.
25. Flores, L., & Jáuregui, I. (2020). Guía de implementación e interpretación de requisitos del estándar ISO 50001: 2018. México: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.
26. Folleto MINEM 07092024 del ministro de Energía y Minas. Estrategia nacional para la transición Energética en Cuba.
27. García Morales, Roque & Camaraza (2020), Propuesta para la obtención de la temperatura base en hoteles mediante datos semanales , Revista Cubana de Ingeniería Vol. XII (1) 67-80 (2021) ISSN: 2223-1781,Cuba.
28. GECO Datatables, -Global Energy & CO2 Status Reportll, 2019.
29. Hernández, E. (2023). Retos en la implementación de sistemas de gestión de energía según la norma ISO 50001. Boletín Técnico de Energía, 11(1), 78-89.
30. Hernández M.J.2019 Evaluación del Desempeño Energético en una empresa de autopartes, como base para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía, Tesis de Maestría. México
31. <https://www.openia.com/chatgot> (2024).
32. Jaffe, A. (2011). El creciente apetito por petróleo y gas natural de los países en desarrollo. Tampa, Florida: Instituto de estudios energéticos.

33. Laayati, O., Bouzi, M., & Chebak, A. (2022). Smart Energy Management System: Design of a Monitoring and Peak Load Forecasting System for an Experimental Open-Pit Mine. *Applied System Innovation*, 5(18).
34. López, R., & Torres, J. (2019). Estrategias para una gestión energética efectiva: Implementando ISO 50001. *Energía y Gestión*, 8(3), 201-215.
35. Mariscal, A. R. (2014). Guía de implantación de Sistema de Gestión Energética Según ISO 50001. Sevilla, España.
36. Mavinga, Ó. (2020). Trabajo de Diploma (Doctoral dissertation, Universidad de Cienfuegos).
37. Martínez Alfonso Anabel, 2011. Evaluación de riesgos en el Grupo Electrónico Fuel oil Agramonte, Departamento de Química e Ingeniería Química.
38. Meng, Q., Xiong, C., Mourshed, M., Wu, M., Ren, X., Wang, W., Li, Y., Song, H., Change-point multivariable quantile regression to explore effect of weather variables on building energy consumption and estimate base temperature range. *Sustainable Cities and Society*, 2020. 53:p. 101900. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101900>
39. Moreno, J. A., & Sánchez, M. (2021). Aspectos clave de la implementación de la Norma ISO 50001:2018 en la industria. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 10(2), 112-126.
40. 1NC 1020: 2014, Norma Cubana: Calidad del Aire-Contaminantes-Concentraciones Máximas Admisibles y Valores guías en Zonas habitables.
41. NC: 19-01-63: 1991, Norma Cubana: Sistemas de normas de protección e higiene del trabajo. Aire de la zona de trabajo. Niveles límites admisibles de las sustancias nocivas.
42. NC 803:2017, Calidad del aire - Emisiones máximas admisibles de contaminantes a la atmósfera en fuentes fijas puntuales de instalaciones generadoras de electricidad y vapor Technology transfer Network Support Center for Regulatory atmospheric. <http://www.epa.gov/scram001/dispersión-prfrec.htm#aermod>
43. NC 39:1999, requisitos higiénicos sanitarios: Concentraciones máximas admisibles, alturas mínimas de expulsión y zonas de protección sanitaria
44. NC ISO 14001:2015 Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos con orientaciones.
45. NC-ISO 9001 2015. Sistemas de Gestión de La Calidad —Requisitos

46. NC ISO 50001:2019, (2018) Sistemas De Gestión De La Energía — Requisitos Con Orientación para su uso, Habana 4, Cuba.
47. Noriega Angarita, E., Cabello Eras, J. J., Hernández Herrera, H., Sousa Santos, V., Balbis Morejón, M., Silva Ortega, J. I., & Sagastume Gutiérrez, A. (2019). Energy planning and management during battery manufacturing. *Gestão & Produção*, 26(4). <https://doi.org/10.1590/0104-530X3928-19>.
48. Pérez Cruz, V. A. (2020) Implementación De Un Sistema De Gestión Energética En El Hotel Playa Varadero Aplicando La NC Iso 50001:2019, Universidad de Matanzas Facultad de Ciencias Técnicas.
49. Pérez, C. (2019). Estrategias para la mejora de la eficiencia energética mediante auditorías. *Energía y Ambiente*, 22(4), 33-49.
50. Pérez, L. & Ramírez, C. (2022). "Beneficios de la certificación en ISO 50001:2018 para las empresas". *Journal of Business Sustainability*, 4(1), 55-70.
51. Perry, S. et al., 2005. AERMOD: A Dispersion Model for Industrial Source Applications. Part II: Model Performance against 17 Field Study Databases. *Journal of Applied Meteorology*, 44(5): 694–708.
52. Poveda Flores, R. (2018). Disminución del consumo específico de combustible en los motores Hyundai 9H25/33S del emplazamiento “Antonio Briones Montoto” perteneciente a la EMGEF de Pinar del Río.
53. Rodríguez, Abel Rodríguez. (2020) Implementación de la etapa de Planificación Energética de la Norma ISO 50001, en la Batería de Grupos Electrónicos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos.
54. Rodríguez, L. R. (2021) Implementación de la etapa de planificación Energética de la NC 50001:2019, en la UEB Empresa Eléctrica Municipal Cienfuegos
55. Saavedra, Waldo. 2019. Propuesta de un sistema eléctrico de automatización para mejorar el uso de la energía en la Empresa Odebrecht Perú Operaciones.
56. Sánchez C.R. 2020. Mantenimiento Basado en Riesgos para el motor de tecnología MAN B&W Diésel de la Central Eléctrica Sancti Spíritus. Tesis de Grado
57. Santos, M. A., & González, E. (2020). Auditoría energética: Una herramienta para la gestión sostenible de la energía. *Revista de Energía y Sostenibilidad*, 17(2), 45-58.
58. Servicios SAC de Tarapoto, 2018. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo], Lima: 2019.

59. Torres, Yadira. 2020. Eficiencia energética y ahorro energético residencial. s.l.: South Sustainability, 2020.
60. Valderrama Salazar, M. D. P. (2020). Designthinking para el análisis de herramientas lean que pueden soportar la implementación de la norma ISO 55001 para la industria de oíl & gas (Doctoral dissertation, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito).
61. Uribe Martínez, J. L. (2020). Desarrollo de la etapa de planeación de un SGEN basado en la norma ISO 50001 para la planta de producción-Empresa Velas y Parafinas de Santander SAS.

## ANEXOS

### Anexo 1

**Gestión y Eficiencia Energética. Fuente: Folleto para la Transición Energética de Cuba (2024).**



### Anexo 2

**Correspondencia entre la Norma ISO 50001:2011 y la Norma ISO 50001:2018.**

ISO 50001:2011	ISO 50001:2018
Introducción	Introducción
1 Objeto y campo de aplicación	1 Objeto y campo de aplicación
2 Referencias normativas	2 Referencias normativas
3 Términos y definiciones	3 Términos y definiciones
	4 Contexto de la organización
	4.1 Comprensión de la organización y su contexto
4 Requisitos del sistema de gestión de la energía	
4.1 Requisitos generales	4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión de la energía
	4.4 Sistema de gestión de la energía

4.2 Responsabilidad de la dirección

5.1 Liderazgo y compromiso

4.2.1 Alta dirección	4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión de la energía 5.1 Liderazgo y compromiso 7.1 Recursos
4.2.2 Representante de la dirección	5.1 Liderazgo y compromiso 5.3 Roles, responsabilidades y autoridades en la
4.3 Política energética	5.2 Política energética
4.4 Planificación energética	6 Planificación
4.4.1 Generalidades	6.1 Acciones para abordar los riesgos y las
4.4.2 Requisitos legales y otros requisitos	4.2 Compresión de las necesidades y las expectativas de las partes interesadas
4.4.3 Revisión energética	6.3 Revisión energética
	6.1 Acciones para abordar los riesgos y las
4.4.4 Línea de base energética	6.5 Línea de base energética
4.4.5 Indicadores de desempeño	6.4 Indicadores de desempeño energético
4.4.6 Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía	6.2 Objetivos, metas energéticas y la planificación para lograrlos

4.5 Implementación y operación	7 Apoyo 8 Operación
4.5.1 Generalidades	
4.5.2 Competencia, formación y toma de conciencia	7.2 Competencia 7.3 Toma de conciencia
4.5.3 Comunicación	7.4 Comunicación
4.5.4 Documentación	7.5 Información documentada
	7.5.1 Generalidades
	7.5.2 Crear y actualizar
	7.5.3 Control de la información documentada
4.5.5 Control operacional	8.1 Planificación y control operacional
4.5.6 Diseño	8.2 Diseño
4.5.7 Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía	8.3 Adquisición
4.6 Verificación	9 Evaluación del desempeño

4.6.1 Seguimiento, medición y análisis	9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético y del SGEN 6.6 Planificación para la recopilación de datos de la energía
4.6.2 Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos	9.1.2 Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos
4.6.3 Auditoría interna del sistema de gestión de la energía	9.2 Auditoría interna
4.6.4 No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva	10.1 No conformidad y acción correctiva
4.6.5 Control de los registros	7.5 Información documentada (véase arriba en Documentación)
4.7 Revisión por la dirección	9.3 Revisión por la dirección
	10.2 Mejora continua
Anexo A (informativo) Orientación para el uso de esta Norma Internacional	Anexo A (informativo) Orientación para el uso
Anexo B (informativo) Correspondencia entre las Normas Internacionales ISO 50001:2011, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 e ISO 22000:2005	Anexo B (informativo) Correspondencia entre la Norma ISO 50001:2011 y la Norma ISO 50001:2018
Bibliografía	Bibliografía

### Anexo 3

Tabla 5. Intensidad Energética año 2020

TOTAL EMGEF MINEM		Cierre del año 2020 COD.REEUP.105.0.13533			
Concepto	U.M.	Plan año	Real año	% R/P	% Año 20
<b>Energía Eléctrica</b>					
Producción Terminada	MP	4954809,40	3681591,90	74,30%	71269%
0,38	TCC	244,34	158,00	64,67%	106%
Índice de Consumo	Mw-h/MP	0,000130	0,000113	87,03%	0%
Consumo	Mw-h	643,000	415,800	64,67%	106%
<b>Aceite lubricante Martrón</b>					
Producción Terminada	MP	4954809,40	3681591,90	74,30%	71269%
1,0000	TCC	102,00	44,30	43%	11%
Índice de Consumo	ML/MP	0,000021	0,000012	58%	0%
Consumo	Tn	102,00	44,30	43%	11%
<b>Combustible Diésel</b>					
Producción Terminada	MP	4954809,40	3681591,90	74,30%	71269%
1,05	TCC	250,95	1673,21	666,75%	2067%
Índice de Consumo	ML/MP	0,000048	0,000433	897,33%	3%
Consumo	Tn	239,000	1593,530	666,75%	2067%
<b>FUEL OIL</b>					
Producción Terminada	MP	4954809,40	3681591,90	74,30%	71269%
0,9900	TCC	24220,05	12699,35	52%	68232%
Índice de Consumo	ML/MP	0,004938	0,003484	71%	96%
Consumo	Tn	24464,70	12827,63	52%	68232%
Producción Terminada	MP	4954809,40	3681591,90	74,30%	71269%
Total de Consumo	TCC	24715,34	14574,86	58,97%	5859%
Intensidad Energética	TCC/MP	0,004988	0,003959	79,37%	8%
Ahorro Relativo	TCC		3789,48		
Concepto	U.M.	Plan año	Real año	% Plan	% Año 20
Intensidad Energética	(TCC/MP)	0,004988	0,003959	79,37%	8%

## Anexo 4

Tabla 5. Intensidad Energética año 2023.

TOTAL EMGEF		MINEM	Cierre del año 2023 COD.REEUP.105.0.13533			
Concepto	U.M.	Plan año	Real año	% R/P	% Año 22	
<b><u>Energía Eléctrica</u></b>						
Producción Terminada	MP	67911,50	25348,60	37,33%	491%	
0,38	TCC	234,84	262,07	111,60%	176%	
Índice de Consumo	Mw-h/MP	0,009100	0,027207	298,98%	36%	
Consumo	Mw-h	618,000	689,668	112%	176%	
<b><u>Aceite lubricante Martrón</u></b>						
Producción Terminada	MP	67911,50	25348,60	37,33%	491%	
1,0000	TCC	45,07	43,07	96%	11%	
Índice de Consumo	ML/MP	0,000664	0,001699	256%	2%	
Consumo	Tn	45,07	43,07	96%	11%	
<b><u>Combustible Diésel</u></b>						
Producción Terminada	MP	67911,50	25348,60	37,33%	491%	
1,05	TCC	466,52	5169,0345	1108,01%	6387%	
Índice de Consumo	ML/MP	0,006542	0,194208	2968,47%	1302%	
Consumo	Tn	444,300	4922,890	1108,01%	6387%	
<b><u>FUEL Oil</u></b>						
Producción Terminada	MP	67911,50	25348,60	37,33%	491%	
0,9900	TCC	4581,72	0,00	0%	0%	
Índice de Consumo	ML/MP	0,068148	0,000000	0%	0%	
Consumo	Tn	4628,00	0,00	0%	0%	
Producción Terminada	MP	67911,50	25348,60	37,33%	491%	
Total de Consumo	TCC	5283,08	5474,18	103,62%	2200%	
Intensidad Energética	TCC/MP	0,077794	0,215956	277,60%	448%	
Ahorro Relativo	TCC		-3502,22			
Concepto	U.M.	Plan año	Real año	% Plan	% Año 22	
Intensidad Energética	(TCC/MP)	0,077794	0,215956	277,60%	448%	

## **Anexo 5**

**Tabla Distribución de Portadores energéticos consumidos y Producción durante el 2019.**

<b>Meses</b>	<b>Consumo Fuel Oil [tn]</b>	<b>Consumo diésel [tn]</b>	<b>Generación [MWh]</b>
<b>E</b>	769,0	108,8	3915,2
<b>F</b>	1003,0	66,2	4675,9
<b>M</b>	544,5	284,1	3609,3
<b>A</b>	608,3	234,1	3670,6
<b>M</b>	859,2	222,2	4776
<b>J</b>	549,5	620,9	5057,8
<b>J</b>	831,6	582,9	6264,9
<b>A</b>	897,0	533,5	6277,9
<b>S</b>	764,2	607,2	5967,5
<b>O</b>	1109,8	537,3	7213
<b>N</b>	1327,5	32,0	5978,5
<b>D</b>	1266,3	53,1	5833,7
<b>Total</b>	10529,8	3882,4	63240,3

## **Anexo 6**

**Tabla. Distribución de Portadores energéticos consumidos y Producción durante el 2020.**

<b>Meses</b>	<b>Consumo Fuel Oil [tn]</b>	<b>Consumo diésel [tn]</b>	<b>Generación diésel [MWh]</b>
<b>E</b>	1130,78	57,08	5603,9
<b>F</b>	1243,09	97,16	6290,9
<b>M</b>	1791,52	45,69	8654,8
<b>A</b>	1127,47	288,05	6694,8
<b>M</b>	1226,6	233	6838,1
<b>J</b>	1469,49	24,4	7054
<b>J</b>	1743,16	10,31	8285,7
<b>A</b>	985,1	162,81	5372,5
<b>S</b>	1054,31	271,16	6190
<b>O</b>	705,1	13,32	3361
<b>N</b>	326,95	227,21	2533,1
<b>D</b>	24,06	163,34	810,7
<b>Total</b>	12827,6	1593,5	67689,5

## Anexo 7

Tabla. Distribución de Portadores energéticos consumidos y Producción durante el 2021

Meses	Consumo Fuel Oil (tn)	Consumo diésel (tn)	Generación (MWh)
<b>E</b>	134,77	66,83	878,8
<b>F</b>	0	91,89	384,7
<b>M</b>	0	196,89	853,8
<b>A</b>	0	58,62	229,6
<b>M</b>	0	60,45	221
<b>J</b>	0	81,51	330,6
<b>J</b>	0	278,04	1043,2
<b>A</b>	0	289,00	1069,4
<b>S</b>	92,35	394,83	1785,4
<b>O</b>	183,54	309,31	2120,2
<b>N</b>	0	243,29	1047,5
<b>D</b>	49,06	222,64	1195
<b>Total</b>	459,7	2293,3	11159,2

## Anexo 8

Tabla. Distribución de Portadores energéticos consumidos y Producción durante el 2023

Meses	Consumo Fuel Oil (tn)	Consumo Diésel (tn)	Generación (MWh)
<b>E</b>	0,00	254,90	1121,6
<b>F</b>	0,00	427,33	1903,9
<b>M</b>	0,00	674,16	3055
<b>A</b>	0,00	488,28	2158,7
<b>M</b>	0,00	673,31	2839,2
<b>J</b>	0,00	423,05	1734
<b>J</b>	0,00	335,64	1305,3
<b>A</b>	0,00	405,75	1693,6
<b>S</b>	0,00	453,58	1942,8
<b>O</b>	0,00	124,39	524,4
<b>N</b>	0,00	312,30	1318,4
<b>D</b>	0,00	350,20	1408
<b>Total</b>	0,0	4922,9	21004,9

## Anexo 9

### Listas de chequeo de las auditorias internas Antes de las acciones para la mejora.

Lista de Comprobación de la Auditoria				FG-PP 0001.A3		
Sistema o Proceso a auditar: Generación de Energía Eléctrica				Cód. Auditoria: 01-24 Antes		
No	Referencia	Aspecto a evaluar	Cumplimiento del aspecto			Observaciones
			Si	No	Np	
1	DOCUMENTACION					
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el manual de GDECU, todos los trabajadores lo utilizan	x			
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el Libro de órdenes, está foliado	x			
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el Libro de incidencias y está foliado	x			
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el Libro de Vía Libre y está actualizado y foliado	x			
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el Libro de control de defectos y está actualizado y foliado	x			
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Faltan los Libros de protecciones, platillos ciegos y combustible	x			
2	COMPETENCIA DEL PERSONAL DE LA CENTRAL					
	7.2 b) NC ISO 9001:2015	Todos los operadores y jefes de turno están evaluados por el CNCI	x			Están evaluados los operadores antiguos, los nuevos Deben ser evaluados
	7.2 b) NC ISO 9001:2015	Todos los operadores se evaluaron en la central como parte de su certificación	x			Están en proceso de evaluación por ser nuevos ingresos.
	7.5.3.1 a) NC ISO 9001:2015	Se tiene y está actualizado el Libro de instrucción del personal	x			
	7.2 c) NC ISO 9001:2015	Existe el plan de capacitación de los operadores (que incluya todo según Manual)	x			
	7.2 c) NC ISO 9001:2015	Se realizan evaluaciones periódicas al personal, existen evidencias	x			
	7.2 c) NC ISO 9001:2015	Se realizan entrenamientos contra averías, existen evidencias	x			
	7.2 c) NC ISO 9001:2015	Los operadores están preparados para ejecutar acciones de mto.	x			Se prepara un plan de acción para ello, pues existen 2 brigada para ejecutar los Mto.
	7.2 c) NC ISO 9001:2015	Operadores y jefes de turno evaluados en instrucciones de operación, existen evidencias	x			
3	ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPAMIENTO					
	7.4.3 b) NC ISO 9001:2015	Tanques y esquema de tuberías	x			Necesitan reparaciones su estado técnico es regular
	7.4.3 b) NC ISO 9001:2015	Motor generador	x			
	7.4.3 b) NC ISO 9001:2015	Transformadores y cuartos de celadas	x			
	7.4.3 b) NC ISO 9001:2015	Bombas y centrifugas	x			Su estado es regular
	7.4.3 b) NC ISO 9001:2015	Cuadro de control automático	x			
	7.4.3 b) NC ISO 9001:2015	Calderas	x			Fuera de servicio
	7.4.3 b) NC ISO 9001:2015	Sistemas de preparación de combustibles y aceites	x			
	7.4.3 b) NC ISO 9001:2015	Infraestructura exterior	x			

	7.1.3 b) NC ISO 9001:2015	Estado de los entrepisos de las unidades y las áreas de recepción	x			
4	MEDIOS DE COMUNICACION					
	7.1.3 d) NC ISO 9001:2015	Se garantiza la operación con los medios en la central eléctrica	x			
5	ILUMINACION					
	7.1.4 c) NC ISO 9001:2015	Es suficiente en todas las posiciones de la central eléctrica	x			Se necesita completar la iluminación en la CE y exteriores.
		Existen medios alternativos	x			Se gestionan linternas nuevas para el alumbrado.
6	SISTEMAS CONTRA INCENDIOS					
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	La entidad cuenta con los sistemas de protección contra incendios, estacionarios y/o móviles necesarios	x			Hay déficit de batería y llenado de los móviles necesarios.
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Poseen adecuado estado técnico. A estos se les realizan las inspecciones con la periodicidad establecida	x			Se gestiona la reparación , por estado técnico regular
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Se cuenta con un plan de mantenimiento y conservación de esos medios	x			
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	El sistema está certificado por la APCI	x			
7	MEDIOS DE MEDICION					
	7.1.5.2 c) NC ISO 9001:2015	Estado técnico de la cinta o vara para medir el combustible	x			Se encuentra en estado regular y borrosa por lo que se gestiona nueva..
	7.1.5.2 c) NC ISO 9001:2015	Estado técnico de los equipos eléctricos (kilowattímetros, frecuencímetros, Voltímetros, Amperímetros, P.L.C, DEIF, Deep Sea Electronic, etc.)	x			
	7.1.5.2 a) NC ISO 9001:2015	Están verificados y calibrados y aptos para su uso	x			Se verifican , algunos en mal estado.
8	INFORMATICA					
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se realizan las salvallas establecidas	x			
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se cumple el Plan de seguridad informática (anti virus)	x			No hay informático en la UEB.
	7.1.3 d) NC ISO 9001:2015	Se les da mantenimiento a los medios	x			No hay informático en la UEB.
		Se usan solo para temas de trabajo	x			
9	SISTEMA DE ATERRAMIENTO Y PARARRAYOS					
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Están todos los componentes terrados	x			
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Es adecuado el aterramiento	x			
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Se realizan mediciones periódicas y se registran	x			
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Está certificado por APCI	x			
10	SISTEMA DE COMBUSTIBLE					
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el Libro de recepción de combustible y está actualizado y foliado	x			
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene y está actualizado el Libro de Control Diario de Combustible foliado	x			
		Se tiene el control de los drenajes de tanques	x			
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Los carros traen la documentación (facturas y/o condics, certificados de calidad, aforo actualizado.	x			

Continuación Anexo 9

		control de los drenajes de tanques en orden.				
8.4.2 a) NC ISO 9001:2015		Se realiza el control de la calidad del combustible durante la recepción	x			
8.4.2 a) NC ISO 9001:2015		Se realiza las mediciones de combustibles antes y después de la recepción	x			
<b>11 CULTURA TECNOLÓGICA, MEDIO AMBIENTE Y RESIDUALES</b>						
7.1.4 c) NC ISO 9001:2015		Se encuentra correctamente vestido el operador	x			
8.4.2 a) NC ISO 9001:2015		Estado de orden y limpieza, tanto en la central eléctrica como en sus facilidades	x		Se planifican días de la técnica para la limpieza y organización general.	
		Existencia de micro vertederos en la central eléctrica (filtros, trapos, etc)	x		Se acondicionan nuevos locales para su almacenamientos con mejores condiciones	
		Las áreas exteriores de la central se encuentran en buen estado de limpieza y orden	x			
8.4.2 a) NC ISO 9001:2015		Existe control y registros sobre la calidad del agua de consumo humano. Los tanques y cisternas se limpian y controlan según el programa de mantenimiento.	x			
		Existen salidores y derrames en las áreas de manipulación de combustibles	x		Existen un plan para detectar salidores de combustible y se controla diariamente	
		Han existido denuncias y o quejas de la comunidad por afectaciones producidas como consecuencia de las actividades realizadas y se tiene un plan para mejorar	x			
		Existe alguna contaminación ambiental que atente contra la salud de las personas o la comunidad	x			
		En el periodo que se evalúa no han ocurrido eventos que hayan producido afectaciones significativas al entorno	x			
		Existe adecuada disposición de los aceites usados	x			
		Existen las redes de drenaje pluvial y albañal	x			
		Las redes tecnológicas se encuentran en buen estado y son funcionales (trampa de grasas, por oleaginosos, cubetos de drenaje)	x		En el periodo no se ha podido realizar la limpieza de la trampa de grasas, por falta de recursos y se gestiona con otras empresas	
		Se realiza control de emisiones de gases al menos una vez al año	x		Se cumple con las normas establecidas.	
<b>12 CONTROL DE RÉGIMEN DE OPERACIÓN, DISCIPLINA TECNOLÓGICA</b>						
7.5.1 b) NC ISO 9001:2015		Tienen instrucciones de trabajo para todos los equipos y sistemas	x			
7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015		Las instrucciones están ubicadas en los puestos de trabajo y se utilizan	x			

8.5.1 a) y 7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015		Cuentan con las cartas de régimen de los equipos. Estas se encuentran en los puestos de trabajo y se utilizan	x			
8.5.1 a) NC ISO 9001:2015		Se cuentan con los modelos de lectura y se realizan las lecturas de los parámetros a las horas establecidas	x			
8.5.1 NC ISO 9001:2015		Se cumplen con los niveles de control de régimen según el manual y se toman acciones, existen evidencias	x			
8.5.1 NC ISO 9001:2015		Se controlan las limpiezas de turbo y tiempo de trabajo de purificadoras, se evalúa la eficacia del lavado	x			Las purificadoras se encuentran fuera de servicio por falta de piezas repuesto.
8.5.1 NC ISO 9001:2015		No se encuentra ningún equipo operando con parámetros fuera de régimen	x			
9.1.3 d) NC ISO 9001:2016		Se reportan y registran averías ocurridas. Se realizan estadísticas	x			
9.1.3 d) NC ISO 9001:2016		Se analizan las desviaciones de régimen, errores de operación y averías. Quedan evidencias del análisis y acciones tomadas con su evaluación	x			
9.1.3 d) NC ISO 9001:2016		Se cuenta con estadísticas de errores, por operador, turno y etapa para su análisis y comparación	x			
		Se controlan los trabajos ejecutados por órdenes de trabajo y con sus vias libres	x			
9.1.3 d) NC ISO 9001:2016		Se discuten errores de operación e incidencias con todo el personal, existen evidencias	x			
9.1.3 d) NC ISO 9001:2016		Se cuenta con estadísticas de consumo de filtros de combustibles, aceite y aire. Contar horas de operación	x			
		Los equipos se rotan y operan según lo establecido en el manual, existen evidencias. Se conservan cuando están en averías	x			Está operando una sola batería después del incendio
7.2 b) NC ISO 9001:2015		El personal de operaciones está preparado en las acciones a tomar ante desviaciones de régimen	x			
		Existe un sistema para el desfasaje del mantenimiento	x			
		Cada equipo posee su carpeta	x			
		Las carpetas están completas y se actualizan	x			
		Se tienen los mono lineales tecnológicos de la central eléctrica y están actualizados (sistemas de diésel y fuel, sistema de aire de arranque, sistema de aire de control, Sistema de aire de carga, sistema de escape, sistema de recuperación de calor, vapor y condensado, sistema de distribución, almacenamiento y tratamiento de agua, sistema de				

		enfriamiento de agua alta temperatura, sistema de lubricación, sistema de residuales, sistema de enfriamiento.				
		Se tiene el mono lineal eléctrico automático de la central eléctrica y está actualizado (sistema de aterramiento, sistema de corriente directa, sistema de comunicación, sistema SCADAS y registro de datos)	x			
8.5.1 b) NC ISO 9001:2015		Todos los instrumentos de medición y protecciones se comprueban con la periodicidad establecida	x		Hay déficit de instrumentos después del incendio y se gestionan con la OC.	
8.5.1 b) NC ISO 9001:2015		Todos los pupitres, pizarras y paneles están debidamente codificados según las normativas del proyecto	x			
8.5.1 b) NC ISO 9001:2015		Existen los bombillos de señalización correspondientes en los pupitres, pizarras y paneles.	x			
		Las barras están identificadas con el código de colores	x			
		Los cables y conductos están identificados según el proyecto	x			
7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015		Se cuenta con las instrucciones generales y específicas de la actividad de mantenimiento, operación, materia de servicios.	x			
<b>13 CAMBIOS DE TURNO</b>						
		Se realiza el cambio de turno según lo establecido en el Manual GDECU	x			
<b>14 SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>						
		Tanques de combustibles	x			
		Tanques de aire de arranque	x			
		Compresores y válvulas de seguridad	x			
		Protecciones eléctricas	x			
		Se realizan las inspecciones de seguridad del 1 nivel	x			
		Se realizan las inspecciones de seguridad del 2 nivel	x			
		Se realizan las inspecciones de seguridad del 3 nivel	x			
<b>15 SISTEMAS DE TRABAJO</b>						
9.1.3 NC ISO 9001:2015		Se realizan los consejos diarios analizando el régimen químico, operación, equipos fuera de servicio, mto, indicadores y acciones a tomar, queda evidencias	x			
		Se tiene control de las averías de 1era y 2da categorías	x			
		La causa ha sido desviación de régimen tecnológico	x			
9.1.3 NC ISO 9001:2015		Se han investigado todos los accidentes, incidentes y averías ocurridas.	x		En el periodo no ha ocurrido accidentes.	
		Se tiene y está actualizado el plan de liquidación de averías	x			
		Los planes de liquidación de averías se adecúan a la	x			

		identificación y evaluación de riesgos realizados en todas las áreas que lo requieran				
		Está establecido el plan de aviso	x			
		Existe inventario de riesgo actualizado	x			
		Se toman medidas para minimizar los riesgos	x			
<b>16 FACILIDADES PARA LA EXPLOTACIÓN</b>						
		Son operativos los sistemas, existen suficiencia de elementos (válvulas, indicadores de nivel, etc)	x		Hay déficit de piezas en el país.	
		Existencia de barreras físicas	x			
		El volumen y tipos de señalizaciones y alarmas son efectivos	x			
16		Existencia de señalizaciones físicas en la central eléctrica del MITSS, MINSAP, MITRAN, Bomberos, CITMA, UNE y MINEM)	x			
		Estado de los viales de acceso e internos	x			
		Posee la central eléctrica stock de herramientas para realizar trabajos				
<b>17 PRIMEROS AUXILIOS</b>						
		Existe botiquín de stock de medicamentos	x		Tiene déficit de medicamentos para los primeros auxilios.	
		Está el personal entrenado y se tiene evidencias del ciclo de preparación	x			
<b>18 SE CUMPLE CON LOS ÍNDICES PLAN ESTABLECIDOS</b>						
		Agua	x		Con el agua en ocasiones se incumple, causas las tuberías están muy obsoletas y sufren roturas y salideros.	
		Lubricantes	x			
		Fuel Oil	x			
		Diésel	x			
<b>19 LOS ACTIVOS FIJOS TANGIBLES ESTÁN DEBIDAMENTE ACTUALIZADOS SI</b>						

## Anexo 10

Tabla. Intensidad Energética año.

TOTAL EMGEF MINEM		COD.REEUP.105.0.13533			
Concepto	U.M.	Plan año	Real año	% R/P	% Año
<b><u>Energía Eléctrica</u></b>					
Producción Terminada	MP	292854,00	298364,60	101,88%	5776%
0,38	TCC	199,12	154,09	77,39%	103%
Índice de Consumo	Mw-h/MP	0,001789	0,001359	75,96%	2%
Consumo	Mw-h	523,990	405,500	77%	103%
<b><u>Aceite lubricante Martrón</u></b>					
Producción Terminada	MP	292854,00	298364,60	101,88%	5776%
1,0000	TCC	96,00	58,05	60%	15%
Índice de Consumo	ML/MP	0,000328	0,000195	59%	0%
Consumo	Tn	96,00	58,05	60%	15%
<b><u>Combustible Diésel</u></b>					
Producción Terminada	MP	292854,00	298364,60	101,88%	5776%
1,05	TCC	473,03	437,22	92,43%	540%
Índice de Consumo	ML/MP	0,001538	0,001396	90,72%	9%
Consumo	Tn	450,500	416,400	92,43%	540%
<b><u>FUEL Oil</u></b>					
Producción Terminada	MP	292854,00	298364,60	101,88%	5776%
0,9900	TCC	5242,74	4905,55	94%	26357%
Índice de Consumo	ML/MP	0,018083	0,016608	92%	456%
Consumo	Tn	5295,70	4955,10	94%	26357%
Producción Terminada	MP	292854,00	298364,60	101,88%	5776%
Total de Consumo	TCC	5914,88	5554,91	93,91%	2233%
Intensidad Energética	TCC/MP	0,020197	0,018618	92,18%	39%
Ahorro Relativo	TCC		471,27		
Concepto	U.M.	Plan año	Real año	% Plan	% Año
Intensidad Energética	(TCC/MP)	0,020197	0,018618	92,18%	39%


## Anexo 11

**Tabla. Distribución de Portadores energéticos consumidos y Producción durante el año después de las acciones.**

Meses	Fuel-Oil Consumo (tn)	Diésel Consumo (tn)	Generación (MWh)
<b>E</b>	279,3	17,0	1392,9
<b>F</b>	405,2	73,8	2219,3
<b>M</b>	506,4	71,4	2675,8
<b>A</b>	444,5	57,3	2321,0
<b>M</b>	353,5	25,4	1754,0
<b>J</b>	543,3	19,5	2622,4
<b>J</b>	457,0	17,4	2197,6
<b>A</b>	444,9	11,6	2085,5
<b>S</b>	573,4	9,7	2664,2
<b>O</b>	262,5	57,7	1472,2
<b>N</b>	364,2	42,9	1762,1
<b>D</b>	320,8	12,7	1528,2
<b>Total</b>	<b>4955,1</b>	<b>416,4</b>	<b>24795,1</b>

## Anexo 12

### Modelo de capacitaciones

 <p><b>EMGEF</b> MANTENIMIENTO GRUPOS ELECTROGENOS FUEL OIL</p>	<p>MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS UNION ELECTRICA Empresa de Mantenimiento a Grupos Electrógenos de Fuel Oil MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</p>	<p>Cód.: FG-PH 0003 Rev.: 01 Página 9 de 9</p>																								
<p>ANEXO FG-PH 0003.A3 Plan de Acciones de Capacitación del Área</p>																										
<p>FG-PH 0003.A3</p>																										
<p>PLAN DE ACCIONES DE CAPACITACIÓN DEL ÁREA</p>																										
<p>Entidad: <u>UEB Matanzas</u> EMGEF _____</p>																										
<p>Área administrativa: <u>Operaciones-Mantenimiento-oficinas</u> Año: <u>2023</u></p>																										
<table border="1"><thead><tr><th>Acciones Planificadas</th><th>Trabajadores Participantes</th><th>Responsable</th></tr></thead><tbody><tr><td>Curso de Operadores A de Centrales eléctricas Fuel Oil HYUNDAI 2.5</td><td>50 operadores</td><td>Capacitación</td></tr><tr><td>Curso de Mecánico A en mantenimiento a CE Fuel Oil.</td><td>4 mecánicos</td><td>Capacitación</td></tr><tr><td>Curso de Mecánico B en mantenimiento a CE Fuel Oil.</td><td>6 mecánicos</td><td>Capacitación</td></tr><tr><td>Curso de Mecánico C en mantenimiento a CE Fuel Oil.</td><td>10 mecánicos</td><td>Capacitación</td></tr><tr><td>Capacitación sobre la Norma ISO 50001: 2018.</td><td>31 trabajadores y administrativos</td><td>Capacitación</td></tr><tr><td>Capacitación en el ahorro y uso racional de portadores energéticos.</td><td>31 trabajadores y administrativos</td><td>Capacitación</td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr></tbody></table>	Acciones Planificadas	Trabajadores Participantes	Responsable	Curso de Operadores A de Centrales eléctricas Fuel Oil HYUNDAI 2.5	50 operadores	Capacitación	Curso de Mecánico A en mantenimiento a CE Fuel Oil.	4 mecánicos	Capacitación	Curso de Mecánico B en mantenimiento a CE Fuel Oil.	6 mecánicos	Capacitación	Curso de Mecánico C en mantenimiento a CE Fuel Oil.	10 mecánicos	Capacitación	Capacitación sobre la Norma ISO 50001: 2018.	31 trabajadores y administrativos	Capacitación	Capacitación en el ahorro y uso racional de portadores energéticos.	31 trabajadores y administrativos	Capacitación					
Acciones Planificadas	Trabajadores Participantes	Responsable																								
Curso de Operadores A de Centrales eléctricas Fuel Oil HYUNDAI 2.5	50 operadores	Capacitación																								
Curso de Mecánico A en mantenimiento a CE Fuel Oil.	4 mecánicos	Capacitación																								
Curso de Mecánico B en mantenimiento a CE Fuel Oil.	6 mecánicos	Capacitación																								
Curso de Mecánico C en mantenimiento a CE Fuel Oil.	10 mecánicos	Capacitación																								
Capacitación sobre la Norma ISO 50001: 2018.	31 trabajadores y administrativos	Capacitación																								
Capacitación en el ahorro y uso racional de portadores energéticos.	31 trabajadores y administrativos	Capacitación																								
<p>Fecha de elaboración: <u>5/10/20223</u> al <u>20/12/2023</u></p>																										
<p>Jefe del área administrativa      Sec. Gral. Sección Sindical      Esp.p. RRHH</p>																										

# Anexo 13

## Listas de chequeo de las auditorías internas después de las acciones para la mejora.

Lista de Comprobación de la Auditoría			FG-PP 0001.A3		
Sistema o Proceso a auditar: Generación de Energía Eléctrica			Cód. Auditorías: 02-24 Después		
No	Referencia	Aspecto a evaluar	Cumplimiento del aspecto		Observaciones
			SI	N O P	
1	DOCUMENTACIÓN				
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el manual de GDECU, todos los trabajadores lo utilizan	x		
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el Libro de órdenes, está foliado	x		
	7.5.3.4 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el Libro de incidencias y está foliado	x		
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el Libro de Vía Libre y está actualizado y foliado	x		
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el Libro de control de defectos y está actualizado y foliado	x		
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Faltan los Libros de protecciones, platillos ciegos y combustible	x		
2	COMPETENCIA DEL PERSONAL DE LA CENTRAL				
	7.2 b) NC ISO 9001:2015	Todos los operadores y jefes de turno están evaluados por el CNC	x		
	7.2 b) NC ISO 9001:2015	Todos los operadores se evaluaron en la central como parte de su certificación	x		
	7.5.3.1 a) NC ISO 9001:2015	Se tiene y está actualizado el libro de instrucción del personal	x		
	7.2 c) NC ISO 9001:2015	Existe el plan de capacitación de los operadores (que incluya todo según Manual)	x		
	7.2 c) NC ISO 9001:2015	Se realizan evaluaciones periódicas al personal, existen evidencias	x		
	7.2 c) NC ISO 9001:2015	Se realizan entrenamientos contra avarias, existen evidencias	x		
	7.2 c) NC ISO 9001:2015	Los operadores están preparados para ejecutar acciones de mito.	x		Se prepara un plan de acción para ello, pues existen 2 brigada para ejecutar los MTO
	7.2 c) NC ISO 9001:2015	Operadores y jefes de turno evaluados en instrucciones de operación, existen evidencias	x		
3	ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPAMIENTO				
	7.1.3 b) NC ISO 9001:2015	Tanques y esquema de tuberías	x		
	7.1.3 b) NC ISO 9001:2015	Motor generador	x		
	7.1.3 b) NC ISO 9001:2015	Transformadores y cuartos de caldas	x		
	7.1.3 b) NC ISO 9001:2015	Bombas y centrifugas	x		
	7.1.3 b) NC ISO 9001:2015	Cuadro de control automático	x		
	7.1.3 b) NC ISO 9001:2015	Calderas	x		
	7.1.3 b) NC ISO 9001:2015	Sistemas de preparación de combustibles y aceites	x		

	7.1.3 b) NC ISO 9001:2015	Infraestructura exterior	x		
	7.1.3 b) NC ISO 9001:2015	Estado de los entropios de las unidades y las áreas de recepción	x		
4	MEDIOS DE COMUNICACIÓN				
	7.1.3 d) NC ISO 9001:2015	Se garantiza la operación con los medios en la central eléctrica	x		
5	ILUMINACIÓN				
	7.1.4 c) NC ISO 9001:2015	Es suficiente en todas las posiciones de la central eléctrica	x		
	7.1.4 c) NC ISO 9001:2015	Existen medios alternativos	x		
6	SISTEMAS CONTRA INCENDIOS				
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	La entidad cuenta con los sistemas de protección contra incendios, estacionarios y/o móviles necesarios	x		
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Poseen adecuado estado técnico. A estos se les realizan las inspecciones con la periodicidad establecida	x		
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Se cuenta con un plan de mantenimiento y conservación de esos medios	x		
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	El sistema está certificado por la APCI	x		
7	MEDIOS DE MEDICIÓN				
	7.1.5.2 c) NC ISO 9001:2015	Estado técnico de la cinta o vara para medir el combustible	x		
	7.1.5.2 c) NC ISO 9001:2015	Estado técnico de los equipos eléctricos (kilowattímetros, frecuencímetros, Voltímetros, Amperímetros, PLC, DEIF, Deep Sea Electronic, etc)	x		
	7.1.5.2 a) NC ISO 9001:2015	Están verificados y calibrados y aptos para su uso	x		Hay algunos que se encuentran en baja por mal estado técnico.
8	INFORMÁTICA				
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se realizan las salvas establecidas	x		
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se cumple el Plan de seguridad informática (anti virus)	x		
	7.1.3 d) NC ISO 9001:2015	Se les da mantenimiento a los medios	x		
	7.1.3 d) NC ISO 9001:2015	Se usan solo para temas de trabajo	x		
9	SISTEMA DE ATERRAMIENTO Y PARARRAYOS				
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Están todos los componentes cerrados	x		
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Es adecuado el aterramiento	x		
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Se realizan mediciones periódicas y se registran	x		
	7.1.4 NC ISO 9001:2015	Está certificado por APCI	x		
10	SISTEMA DE COMBUSTIBLE				
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el Libro de recepción de combustible y está actualizado y foliado	x		
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene y está actualizado el Libro de Control Diario de Combustible foliado	x		
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Se tiene el control de los drenajes de tanques	x		
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Los carros traen la documentación (Mediciones)	x		

		condica, certificados de calidad, aforo actualizado, control de los drenajes de tanques) en orden			
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Se realiza el control de la calidad del combustible durante la recepción	x		
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Se realiza las mediciones de combustibles antes y después de la recepción	x		
11	CULTURA TECNOLÓGICA, MEDIO AMBIENTE Y RESIDUALES				
	7.1.4 c) NC ISO 9001:2015	Se encuentra correctamente vestido el operador	x		
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Estado de orden y limpieza, tanto en la central eléctrica como en sus facilidades	x		Se planifican días de la técnica para la limpieza y organización general.
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Existencia de micro vertederos en la central eléctrica (filtros, tragos, etc)	x		
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Las áreas exteriores de la central se encuentran en buen estado de limpieza y orden	x		
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Existe control y registros sobre la calidad del agua de consumo humano. Los tanques y cisternas se limpian y controlan según el programa de mantenimiento.	x		
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Existen salideros y derrames en las áreas de manipulación de combustibles	x		Existen un plan para detectar salideros de combustible y se controla diariamente
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Han existido denuncias y o quejas de la comunidad por afectaciones producidas como consecuencia de las actividades realizadas y se tiene un plan para mejorar	x		
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Existe alguna contaminación ambiental que atente contra la salud de las personas o la comunidad	x		
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	En el periodo que se evalúa no han ocurrido eventos que hayan producido afectaciones significativas al entorno	x		
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Existe adecuada disposición de los aceites usados	x		
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Existen las redes de drenaje pluvial y albañal	x		
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Las redes tecnológicas se encuentran en buen estado y son funcionales (trampa de oleaginosos, cubetos de combustible, canales de drenaje)	x		Se realizó limpieza cubetos de drenaje, pendiente la limpieza de la trampa.
	8.4.2 a) NC ISO 9001:2015	Se realiza control de emisiones de gases al menos una vez al año	x		Se cumple con las normas establecidas.
12	CONTROL DE RÉGIMEN DE OPERACIÓN, DISCIPLINA TECNOLÓGICA				
	7.5.1 b) NC ISO 9001:2015	Tienen instrucciones de trabajo para todos los equipos y sistemas	x		
	7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Las instrucciones están ubicadas en los puestos de trabajo y se utilizan	x		

	8.5.1 a) y 7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015	Cuentan con las cartas de régimen de los equipos. Estas se encuentran en los puestos de trabajo y se utilizan	x		
	8.5.1 a) NC ISO 9001:2015	Se cuentan con los modelos de lectura y se realizan las lecturas de los parámetros a las horas establecidas	x		
	8.5.1 NC ISO 9001:2015	Se cumplen con los niveles de control de régimen según el manual y se toman acciones, existen evidencias	x		
	8.5.1 NC ISO 9001:2015	Se controlan las limpiezas de turbo y tiempo de trabajo de purificadoras, se evalúa la eficacia del lavado	x		
	8.5.1 NC ISO 9001:2015	No se encuentra ningún equipo operando con parámetros fuera de régimen	x		
	8.1.3 d) NC ISO 9001:2016	Se reportan y registran averías ocurridas. Se realizan estadísticas	x		
	8.1.3 d) NC ISO 9001:2016	Se analizan las desviaciones de régimen, errores de operación y averías. Quedan evidencias del análisis y acciones tomadas con su evaluación	x		
	8.1.3 d) NC ISO 9001:2016	Se cuenta con estadísticas de errores, por operador, turno y etapa para su análisis y comparación	x		
	8.1.3 d) NC ISO 9001:2016	Se controlan los trabajos ejecutados por órdenes de trabajo y con sus vías libres	x		
	8.1.3 d) NC ISO 9001:2016	Se discuten errores de operación e incidencias con todo el personal, existen evidencias	x		
	8.1.3 d) NC ISO 9001:2016	Se cuenta con estadísticas de consumo de filtros de combustibles, aceite y aire. Contar horas de operación	x		
	8.1.3 d) NC ISO 9001:2016	Los equipos se rotan y operan según lo establecido en el manual, existen evidencias. Se conservan cuando están en averías	x		Está operando una sola batería. Y los equipos se conservan.
	7.2 b) NC ISO 9001:2015	El personal de operaciones está preparado en las acciones a tomar ante desviaciones de régimen	x		
	7.2 b) NC ISO 9001:2015	Existe un sistema para el desfase del mantenimiento	x		
	7.2 b) NC ISO 9001:2015	Cada equipo posee su carpeta	x		
	7.2 b) NC ISO 9001:2015	Las carpetas están completas y se actualizan	x		
	7.2 b) NC ISO 9001:2015	Se tienen los mono lineajes tecnológicos de la central eléctrica y están actualizados (sistemas de diésel y fuel, sistema de aire de arranque, sistema de aire de control, Sistema de aire de carga, sistema de escape, sistema de	x		

## Continuación Anexo 13

		recuperación de calor, vapor y condensado, sistema de distribución, almacenamiento y tratamiento de agua, sistema de enfriamiento de agua alta temperatura, sistema de lubricación, sistema de residuales, sistema de enfriamiento.				
		Se tiene el mono lineal eléctrico automático de la central eléctrica y está actualizado (sistema de aterramiento, sistema de corriente directa, sistema de comunicación, sistema SCADAS y registro de datos).	x			
8.5.4 b) NC ISO 9001:2015		Todos los instrumentos de medición y protecciones se comprueban con la periodicidad establecida	x			Se han gestionados instrumentos pero se necesitan más de importancia .
8.5.1 b) NC ISO 9001:2015		Todos los pupitres, pizarras y paneles están debidamente codificados según las normativas del proyecto	x			
8.5.1 b) NC ISO 9001:2015		Existen los bombillos de señalización correspondientes en los pupitres, pizarras y paneles.	x			
		Las barras están identificadas con el código de colores	x			
		Los cables y conductos están identificados según el proyecto	x			
7.5.3.1 b) NC ISO 9001:2015		Se cuenta con las instrucciones generales y específicas de la actividad de mantenimiento, operación, materia de servicios.	x			
13	CAMBIOS DE TURNO					
		Se realiza el cambio de turno según lo establecido en el Manual GDECU	x			
14	SEGURIDAD INDUSTRIAL					
		Tanques de combustibles	x			
		Tanques de aire de arranque	x			
		Compresores y válvulas de seguridad	x			
		Protecciones eléctricas	x			
		Se realizan las inspecciones de seguridad del 1 nivel	x			
		Se realizan las inspecciones de seguridad del 2 nivel	x			
		Se realizan las inspecciones de seguridad del 3 nivel	x			
15	SISTEMAS DE TRABAJO					
	9.1.3 NC ISO 9001:2015	Se realizan los consejos diarios analizando el régimen químico, operación, equipos fuera de servicio, mtto, indicadores y acciones a tomar, queda evidencias	x			
		Se tiene control de las averías de 1era y 2da categorías	x			
		La causa ha sido desviación de régimen tecnológico		x		

9.1.3 NC ISO 9001:2015	Se han investigado todos los accidentes, incidentes y averías ocurridas.	x			En el periodo no ha ocurrido accidentes.
	Se tiene y está actualizado el plan de liquidación de averías	x			
	Los planes de liquidación de averías se adecuan a la identificación y evaluación de riesgos realizados en todas las áreas que lo requieran	x			
	Está establecido el plan de aviso	x			
	Existe inventario de riesgo actualizado	x			
	Se toman medidas para minimizar los riesgos	x			
16	FACILIDADES PARA LA EXPLOTACIÓN				
	Son operativos los sistemas, existen suficiencia de elementos (válvulas, indicadores de nivel, etc)	x			Los que hay están operando bien continua el déficit de piezas en el país.
	Existencia de barreras físicas	x			
	El volumen y tipos de señalizaciones y alarmas son efectivos	x			
16	Existencia de señalizaciones físicas en la central eléctrica del MTS, MINSAP, MITRANS, Bomberos, CITMA, UNE y MINEM)	x			
	Estado de los viales de acceso e internos	x			
	Posee la central eléctrica stock de herramientas para realizar trabajos				
17	PRIMEROS AUXILIOS				
	Existe botiquín de stock de medicamentos	x			Tiene déficit de medicamentos para los primeros auxilios.
	Está el personal entrenado y se tiene evidencias del ciclo de preparación	x			
18	SE CUMPLE CON LOS INDICES PLAN ESTABLECIDOS				
	Agua	x			
	Lubricantes	x			
	Fuel Oil	x			
	Diésel	x			
19	LOS ACTIVOS FIJOS TANGIBLES ESTÁN DEBIDAMENTE ACTUALIZADOS SI				