



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS  

---

INGENIERÍA

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**TÍTULO:**

**Revisión energética basada en la NC ISO 50001:2019 en el Área de Tanques de la Refinería  
de Cienfuegos S.A.**

**AUTOR:**

**GUEORGUI I ULIVER SAMUILOVA**

**TUTOR:**

**Dra.C. JENNY CORREA SOTO**

**CURSO:**

**2022**

# Pensamiento

“Emplea justo la energía que corresponde al problema.  
No tomes un fusil para matar a una mariposa.”

ALEJANDRO JODOROWSKY

## **DEDICATORIA**

Este trabajo fruto de esfuerzo y dedicación, se lo dedico a mis padres por cada uno de los sacrificios que realizaron para poder brindarme una educación, por enseñarme que la vida sin amor no tiene significado, por estar a mi lado en todo momento, a mi esposa por ser el amor de mi vida y mi apoyo constante, a mi bella hija: la luz de mis ojos y mi razón de ser y a todos ellos que me han ofrecido su apoyo incondicional en cada paso que he dado.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia que de una u otra manera son la principal fuente de inspiración para la realización de este trabajo, ya que sin el optimismo y motivación que me brindaron durante la realización del mismo no hubiera sido posible su culminación

Quiero extender un sincero agradecimiento a aquellos profesores que me brindaron durante años sus sabios conocimientos y que han sido una fuente enriquecedora para mi formación profesional.

Les agradezco a mis amigos que estuvieron conmigo siempre ayudándome y apoyándome en todo momento.

## **RESUMEN**

El consumo de energía eléctrica en los últimos cincuenta años ha aumentado de manera considerable y desproporcionada con respecto al aumento de la población, esto es debido fundamentalmente al desarrollo económico y a la falta de sensibilidad sobre todo en los países más desarrollados donde cada vez es mayor el consumo de energía por habitante.

El presente trabajo tiene como objetivo implementar la etapa de Planificación Energética que permita identificar las oportunidades de ahorro en el área de tanques de la Refinería de Cienfuegos S.A. ya que su implementación debería disminuir el consumo de la energía, reduciría la emisión de gases de efecto invernadero y otros impactos positivos en temas medioambientales. El período analizado fue el período comprendido desde octubre del 2020 hasta octubre del 2022.

La caracterización energética ayudó a analizar el uso y consumo de la energía y a la identificación de oportunidades de mejora del desempeño energético. También se definió que el portador energético de mayor demanda es la electricidad con un 98.18 % del total de los portadores. Se obtuvo la línea base y la línea meta para el control y mejoramiento energético del sector de Movimientos de Crudo y Productos.

**Palabras claves:** energía, planificación, emisión

## **ABSTRACT**

The consumption of electrical energy in the last fifty years has increased considerably and disproportionately with respect to the increase in the population, this is mainly due to economic development and the lack of sensitivity, especially in the most developed countries where the consumption of electricity is increasing. energy consumption per inhabitant.

The objective of this work is to implement the Energy Planning stage that allows the identification of savings opportunities in the tank area of the Cienfuegos S.A. Refinery. Since its implementation should reduce energy consumption, it would reduce the emission of greenhouse gases and other positive impacts on environmental issues. The period analyzed was the period from October 2020 to October 2022.

The energy characterization helped to analyze the use and consumption of energy and to identify opportunities to improve energy performance. It was also defined that the energy carrier with the highest demand is electricity with 98.18% of the total carriers. The baseline and goal line for the energy control and improvement of the Crude and Products Movements sector were obtained.

**Key words:** energy, planning, emission

## INDICE

Resumen .....	i
Abstract.....	ii
Introducción.....	i
Capítulo I: Marco teórico de la investigación. ....	5
1.1 Panorama energético mundial.....	5
1.1.2 Reforzamiento energético en el mundo.....	7
1.2 Eficiencia Energética. ....	8
1.2.1 Eficiencia Energética en América, América Latina y el Caribe.....	9
1.3 Norma ISO 50001: 2011. ....	14
1.3.1 Norma Cubana para la Eficiencia Energética “NC ISO 50001:2011.....	15
Beneficios de contar con un SGen con la certificación ISO 50001 .....	16
Experiencias en la aplicación y certificación por otras normas Internacionales.....	17
Planificación y control de la energía por índices de consumo .....	17
Experiencias en la aplicación de la TGTEE y la supervisión energética .....	17
Capacidad de la Red de Eficiencia Energética del MES para capacitación y asesoría .....	18
1.3.2 Modelo de Gestión de la Energía de la NC ISO 50001 del 2019.....	19
Requisitos generales:.....	20
Responsabilidad de la dirección:.....	21
Política energética: .....	21
Planificación energética: .....	21
Implementación y operación: .....	23
Verificación:.....	23
1.4 Conclusiones Parciales .....	24
Capítulo 2: Metodología .....	25
2.1 Caracterización general.....	25
2.1.1 Información Básica de la Organización.....	25
2.1.2 Caracterización del área de Movimientos de Crudo y Productos (MCP) .....	28
2.2 Metodología utilizada para realizar la revisión energética.....	28
2.2.1 Información necesaria para la revisión energética. ....	29
2.2.2 Alcances y límites de la revisión energética .....	30
2.2.3 Herramientas y técnicas usadas para la revisión energética .....	30

__ Técnicas y herramientas utilizadas para la identificación y priorización de oportunidades para el mejoramiento del desempeño energético. ....	37
__ 2.3 Línea de base energética.....	38
__ 2.3.1 Selección de una línea de base energética.....	38
__ 2.3.2 Metodología para el establecimiento de una línea de base energética. ....	39
__ 2.4 Modelos de aproximación para estimar la línea de base energética. ....	43
__ 2.4.1 Modelos propuestos como método para la cuantificación de la LBE: .....	44
__ 2.5 Conclusiones parciales .....	46
Capítulo 3 Desarrollo de la metodología .....	47
__ 3.1 Establecimiento de los requisitos legales y otros requisitos .....	47
__ 3.2 Aplicación de la metodología para la planificación energética.....	47
__ 3.2.1.1 Construcción del gráfico de tendencia. ....	49
__ 3.2.1.2 Construcción del gráfico de control. ....	49
__ 3.2.1.3 Construcción de la matriz energética.....	50
__ 3.2.2 Identificación de los usos de energía .....	52
__ 3.2.2.1 Inventario de equipos para establecer un censo de carga.....	52
__ 3.2.2.2 Construcción de diagrama de Pareto .....	53
__ 3.2.2.3 Identificación del personal que afecta el consumo de energía.....	53
__ 3.2.3 Identificación de oportunidades para el mejoramiento del desempeño energético	54
__ 3.3 Línea de base energética.....	58
__ 3.3.1 Definición de los límites de la LBE. ....	58
__ 3.3.2 Descripción de las fuentes de energía.....	58
__ 3.3.3 Definición del periodo base.....	59
__ 3.3.4 Definición de las variables significativas. ....	59
__ 3.3.5 Selección del modelo de aproximación para la estimación de la LBE.....	59
__ 3.3.6 Estimación de potenciales de ahorro y metas energéticas.....	62
__ 3.5 Conclusiones parciales. ....	64
Conclusiones generales:.....	66
Recomendaciones: .....	67

## INTRODUCCIÓN

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.

El avance de fuerzas productivas -que hacen uso de grandes cantidades de insumos y generan altos niveles de residuos-, está impactando a la sociedad, agotando los recursos naturales, y la propia capacidad de carga de la naturaleza para una recuperación ecosistémica; esto sin dejar de considerar una serie de cuestionamientos por parte de diferentes actores sociales que vienen ejerciendo una presión política a nivel global.

Algunas naciones han concientizado la necesidad de disminuir el consumo energético, y de maximizar la eficiencia del mismo. De ahí que, a partir del 2005, países líderes en la gestión de la energía instituyeran guías y normas para la gestión energética (Cleves, et al., 2015; Gómez, 2015, Jia Li & Quan Tao, 2017), las cuales contribuyeron a que en el año 2011 se aprobara por la International Standardization Organization (ISO).

La norma internacional ISO 50001 “Energy management systems –Requirements with guidance for use”, la cual proporciona beneficios para las organizaciones grandes y pequeñas, en los sectores público y privado, en la manufactura y los servicios, también establece un marco para las plantas industriales, instalaciones comerciales, institucionales y gubernamentales, y organizaciones enteras para gestionar la energía.

Actualmente, los nuevos requerimientos de mercado y la aplicación de nuevas tecnologías hacen que las empresas deban ser innovadoras y dinámicas para poder mostrar elementos diferenciadores y competitividad en el mercado. Las empresas se enfrentan constantemente a mercados globalizados de alta calidad, bajo costo y gran dinamismo en generación de nuevos mercados. Un valor agregado que puede mostrar una empresa es la certificación bajo la norma ISO 50001, que busca que las industrias alcancen su máxima eficiencia energética.

Cuba adoptó primero rápidamente este estándar como norma idéntica bajo la denominación NC-ISO 50001:2011 y luego la revisión en el 2019 como NC-ISO 50001:2019 (Cuba. Oficina Nacional de Normalización, 2019) Sistemas de gestión de la energía - requisitos con orientación para su uso.

Durante más de 20 años el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” ha trabajado en procesos de investigación buscando mejorar los sistemas existentes en el país. Como parte de sus resultados se elaboró la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE), que, basada en los principios de calidad, permite desarrollar un proceso de mejora continua. Este proceso se logra en la interrelación de la supervisión y control con el diagnóstico en la secuencia de su aplicación y demuestra beneficios relacionados con la capacidad de ahorro, y su impacto ambiental y social. [1]

Las empresas productoras de petróleo, gas y energía eléctrica son una de las fuentes del problema del cambio climático. Durante sus procesos se generan emisiones de gases de efecto invernadero y, por otro lado, en las primeras dos, se consumen grandes cantidades de la última. Una de las fuentes de la energía eléctrica es mediante centrales térmicas, las cuales usan, entre otros, gas natural como materia prima y emiten como residuo gas de combustión (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, etc).

La industria petrolera aporta significativamente al desarrollo económico y social del país. De igual forma, los incrementos tanto en la producción esperada de gas y crudo como en la eficiencia asociada a estos procesos representan en mayores recursos asociados a regalías.

Muchas empresas de distintos rubros van a tener que generar esfuerzos y comprometerse para ayudar a mitigar el cambio climático y en esta senda se encuentra la Refinería de Cienfuegos S.A.

A pesar de la importancia que representa la reducción de gastos y el aumento en la eficiencia energética en el sector petrolero cubano, las acciones de gestión energética siguen siendo primarias y enfocadas a acciones aisladas de eficiencia energética y seguimiento mensual de

indicadores destinados a evaluar el rendimiento energético de instalaciones, auxiliado además con el Sistema de Gestión Total y Eficiente de la Energía (SGTEE) y la introducción paulatina de la norma NC-ISO 50001 en el proceso productivo cuya implementación en la Refinería de Cienfuegos S.A encuentra en la categoría de “En Proceso”.

El alcance de este trabajo está dado al área de Movimientos de Crudo y Productos (MCP) de la Refinería de Cienfuegos S.A, con el objetivo de establecer sus líneas bases energéticas por cada una de las fuentes de energía, dejando para análisis posteriores la estratificación hacia los procesos, áreas y/o equipos con un representativo uso o consumo de energía, por lo tanto, se establecen como:

**Problema científico.**

¿Cómo contribuir a partir de la NC ISO 50001:2019 en su etapa de planificación a mejorar la eficiencia energética en la Refinería de Cienfuegos S.A?

**Hipótesis:**

Aplicando la etapa de planificación de la NC ISO 50001:2019 y estableciendo un sistema de gestión energética es posible mejorar la eficiencia energética en el área de Movimientos de Crudo y Productos de la Refinería de Cienfuegos S.A.

**Objetivo General:**

Implementar la etapa de Planificación Energética que permita identificar las oportunidades de ahorro en el área de tanques de la Refinería de Cienfuegos S.A.

**Objetivos específicos:**

- Identificar los Usos Significativos de la Energía
- Identificar las Líneas de Base Energética.
- Identificar Metas energéticas.
- Identificar las oportunidades de reducción del consumo de energía.

En el **Capítulo I** se expone el estado de la energía a nivel mundial haciendo énfasis en los territorios de América, América Latina y el Caribe caracterizando los principales países de la región, indicando como la revisión energética es la manera de lograr la certificación con la NC ISO 50001: 2019 y los beneficios que trae lograr implementarla.

En el **Capítulo II** se hace la caracterización de la organización y el área donde se realizará la etapa de planificación energética, se expone la metodología a aplicar con las técnicas y herramientas utilizadas.

En el **Capítulo III** se aplican las técnicas y herramientas expuestas en el capítulo anterior buscando como resultado las oportunidades de mejora y ahorro energético.

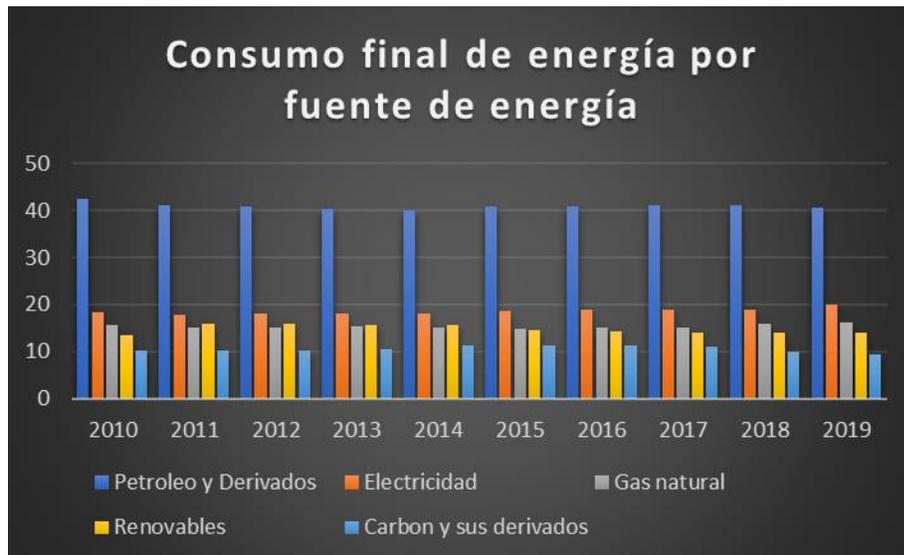
## Capítulo I: Marco teórico de la investigación.

El esquema energético global actual descansa en la utilización de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) que son extinguidos, contaminantes en alto grado, concentrados en pocas regiones de la tierra, en manos de grandes consorcios transnacionales y utilizados de forma muy ineficiente. Ese modelo es insostenible por lo que se requiere el ahorro de energía y el incremento de la eficiencia en su uso, no solo por el aumento continuado de sus precios, sino también por el deterioro ambiental causado por la producción y su consumo. [2]

### 1.1 Panorama energético mundial.

El mundo se encuentra en una difícil situación energética: por una parte, existe cada vez mayor demanda de energía y, por otra, las actuales fuentes tienen en su mayoría recursos limitados y su uso representa repercusiones ambientales indeseables. El crecimiento demográfico y económico en el mundo trae consigo que consumamos más energía, y las formas tradicionales en que las generamos, en su mayoría a través de los combustibles fósiles, nos da como resultado importantes efectos (globalmente negativos) sobre el bienestar humano.[3]

**Figura 1.1:** Consumo final mundial de energía por fuente de energía [ Mtep; %] 2010-2019



**Nota:** Elaboración propia, a partir de datos publicados por la *World Energy & Climate Statistics*

Los recursos naturales de nuestro planeta se usan a un ritmo acelerado, y si no se toman medidas al respecto, las condiciones de vida de los que vengan después que nosotros serán mucho peor a las que tenemos hoy en día. [3]

La demanda mundial de energía todavía se satisface esencialmente con combustibles fósiles tal que el petróleo lleva la delantera con más de un 40% de participación, le sigue el gas natural con un 15% y el carbón con 10% aproximadamente como se aprecia en la Figura 1.1.

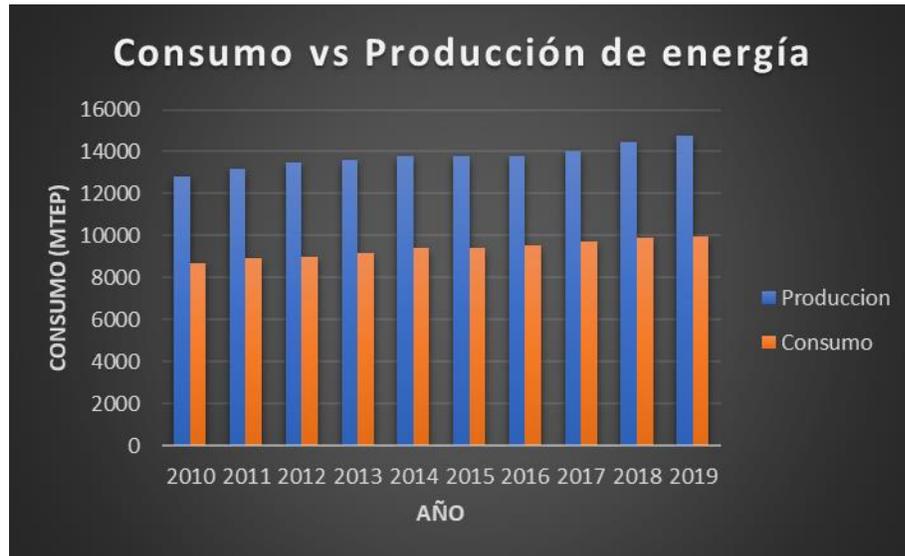
Desde el año 2010 hasta el 2019 el consumo de energía a nivel mundial ha sufrido un incremento de un 13,08% según datos obtenidos de *World Energy & Climate Statistics*, pero a un ritmo más bajo que durante la década anterior. De acuerdo con el Foro Económico Mundial (WEF) , este aumento del consumo se debe sobre todo a los países emergentes, cuyo desarrollo se funda sobre todo en la energía. [4]

Entre los países de mayor consumo, China se encuentra a la delantera de las demás potencias mundiales, debido a un consumo intenso de la energía y a las altas emisiones de CO<sub>2</sub> que emite su industria. Aunque una de las principales características de la extracción de gas es el alto nivel de afectaciones que esta técnica provoca en el medio ambiente. Sin embargo, de acuerdo a la WEF, Estados Unidos ha hecho progresos en su infraestructura energética debido al aumento en la producción de gas de esquisto y a la creciente inversión de energías renovables. [4]

Las estrategias que se están llevando a cabo para mejorar la eficiencia energética a largo plazo se están quedando cortas, ya que no se está explotando todo el potencial que existe. Para aprovechar mejor los recursos que se tienen, hace falta respaldar modelos que garanticen a los inversores la obtención de una rentabilidad mínima.

En los últimos años se ha venido dando gran interés al tema vinculado con la eficiencia energética debido al gran incremento del costo de los combustibles fósiles, los problemas energéticos y al cambio climático.

**Figura 1.2:** Consumo vs Producción [ Mtep; %] 2010-2019



**Nota:** Elaboración propia, a partir de datos publicados por la *World Energy & Climate Statistics*

### 1.1.2 Reforzamiento energético en el mundo.

El cambio climático constituye una emergencia mundial que va más allá de las fronteras nacionales. Se trata de un problema que exige soluciones coordinadas en todos los niveles y cooperación internacional para ayudar a los países a avanzar hacia una economía con bajas emisiones de carbono.

Para abordar el cambio climático y sus impactos negativos, los líderes mundiales en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), en París, realizaron un avance más el 12 de diciembre de 2015 con el histórico Acuerdo de París, donde establece reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el aumento de la temperatura global en este siglo a 2 grados Celsius y esforzarse para limitar este aumento a incluso más de tan solo 1.5 grados Celsius, estableció también la revisión de los compromisos de los países cada 5 años y ofrecer financiación a los países en desarrollo para que puedan mitigar el cambio climático, fortalecer la resiliencia y mejorar su capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático.

La evolución de la energía renovable ha superado todas las expectativas. La demanda mundial de energías renovables se ha incrementado de forma constante, al igual que el consumo

energético, sobre todo en los países en desarrollo. La producción y la capacidad de instalación a nivel mundial relativas a todas las tecnologías de la energía renovable se han incrementado igualmente, ya que la mayoría de tales tecnologías ha experimentado una reducción significativa de los costos en todo el mundo y ha logrado la paridad en algunos mercados. Como se describe en el informe *Renewables 2015 Global Status Report* de la Red de Políticas de Energía Renovable para el siglo XXI (REN21), los objetivos de energía renovable y las políticas de apoyo se han generalizado en todo el mundo y, actualmente, el número de países que han implantado alguno de estos dos instrumentos asciende a 164 y 145, respectivamente. [5]

De igual manera, las medidas de eficiencia energética se han incrementado a nivel mundial. En consecuencia, la intensidad energética mundial disminuyó a una tasa promedio anual compuesta de aproximadamente un 1,25% entre 1990 y 2013, y la mayoría de las regiones del mundo lograron mejoras en la intensidad energética agregada durante este período. Los objetivos de eficiencia energética están implantados, a día de hoy, en todos los niveles gubernamentales. Es posible encontrar normas y programas de etiquetado en al menos 81 países, mientras que la normativa aplicable a motores eléctricos utilizados en aplicaciones industriales está implantada en un mínimo de 44 países. Asimismo, las normas de economía de combustible aplicables a los vehículos abarcan aproximadamente el 70% del mercado mundial de vehículos ligeros. [6]

## **1.2 Eficiencia Energética.**

El concepto de eficiencia energética hace referencia a la capacidad para obtener los mejores resultados en cualquier actividad empleando la menor cantidad posible de recursos energéticos. Nos permite reducir el consumo de cualquier tipo de energía y con ello los posibles impactos ambientales asociados a ella. Esto es aplicable desde la generación de dicha energía hasta su consumo final.

Con la eficiencia energética tratamos por tanto de mantener el mismo rendimiento de nuestra actividad, pero incorporando una serie de modelos de gestión sostenibles, hábitos responsables e inversiones en innovación tecnológica. [7]

Desde el comienzo de la Revolución Industrial en el siglo XVIII se ha empezado un debate acerca del ahorro de energía. La eficiencia energética no ha recibido la atención necesaria, solo en los momentos de crisis o en ocasiones de problemas energéticos se le ha prestado interés, ya que todavía no ha llegado el momento de una verdadera crisis energética que nos obligue a replantear nuestras prioridades y salvar el planeta para las generaciones futuras porque pensar en un mundo sin electricidad es algo difícil de imaginar.

En los últimos cincuenta años el consumo mundial de energía ha aumentado de manera considerable y desproporcionada con respecto al aumento de la población, esto es debido fundamentalmente al desarrollo económico y a la falta de sensibilidad sobre todo en los países más desarrollados donde cada vez es mayor el consumo de energía por habitante. De lo anterior explicado se puede decir que al aumentar la energía se tendría un mayor bienestar, pero eso no significa que sea de forma lineal.

Por tanto, la eficiencia energética a nivel transnacional y mundial desde el punto de vista de la demanda se presenta como un reto que requiere acciones inmediatas y una mejora sustancial siendo, en el pasado y en actualidad, un ámbito con un gran potencial de mejora en este aspecto. [8]

### **1.2.1 Eficiencia Energética en América, América Latina y el Caribe.**

En materia de eficiencia energética los países de América Latina y el Caribe (ALC) presentan situaciones muy dispares. Mientras países como México y Brasil han consolidado sus marcos institucionales y regulatorios de apoyo a las actividades de eficiencia energética desde tiempo atrás, y están implementando exitosos programas en esta área, la gran mayoría de los países avanzan más lentamente. Desde hace ya algunos años en casi toda ALC se observan importantes progresos, ya sea en el fortalecimiento del marco legal (y en particular con la promulgación de leyes), en la creación de agencias o unidades específicas encargadas de la temática, o en la incorporación de planes de eficiencia energética al proceso de planificación general del sector.

A nivel de la elaboración de políticas en materia de eficiencia energética es quizás donde se constatan los mayores avances que experimentan los países de la región. Gradualmente se ha ido pasando de la invocación al ahorro y la eficiencia energética como paliativo frente a

situaciones de crisis, a la incorporación del tema como un componente permanente de las políticas energéticas y parte sustancial de la planificación del sector energético de los países. [1]

Los líderes de los sectores energéticos y políticos del mundo consideran que la eficiencia energética es un aspecto de gran importancia y al que se le debe prestar gran atención con urgencia para asegurar los recursos energéticos del planeta en resguardo de las generaciones presentes y futuras.

Según Carpio & Coviello [9], la evolución de los programas y acciones nacionales relacionadas a la promoción y desarrollo de la eficiencia energética en algunos países de América Latina y el Caribe miembros de la Organización Latinoamericana de la Energía (OLADE), se muestran a continuación en conjunto de los más grandes de América:

### **Argentina**

Aunque se puede decir que los resultados de los programas realizados no han sido los esperados, debido a que la sociedad no recibió desde los distintos gobiernos, señales concretas acerca de que había que hacer un uso eficiente de la energía y siempre hubo un importante problema con el tema de financiamiento de proyectos vinculados con la eficiencia energética, algunos programas si tuvieron un gran impacto como es el caso del: Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE) donde se reemplazaron lámparas incandescentes por LFCs, y el Programa de Normalización y Etiquetado en el que era obligatorio o de forma voluntaria etiquetar a los equipos el cual ahorró gran cantidad de energía.

### **Bolivia**

Se han realizados varios programas de eficiencia energética como es el caso del: Programa de oficinas eficientes en el sector público, en el que se promovía e implementaban algunas medidas de eficiencia energética y ahorro en las oficinas públicas para mostrar así los beneficios energéticos; Programa de Etiquetado de Aparatos, en el cual se etiquetaban los equipos eléctricos y de gas de acuerdo a su desempeño y consumo energético; Programa de

Autotransporte Eficiente, aquí se pretendía mejorar la eficiencia energética del parque automotor rural y urbano mediante medidas y controles.

### **México**

Cuenta con instituciones tales como la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) y el Fidecoismo para el Ahorro de Energía (fide) encargadas de trazar la política en temas de energía obteniendo grandes resultados en materia de eficiencia energética y logrando que la petrolera mexicana Petróleos Mexicanos (PEMEX) certificara su sistema de gestión energética alcanzando ahorros que superan el millón de barriles equivalentes de petróleo.

### **Brasil**

En octubre de 2001 promulgó la Ley de Eficiencia Energética, que permitía al Gobierno Federal establecer niveles mínimos de eficiencia (o consumos máximos) para equipos que fuesen fabricados o vendidos en Brasil. En diciembre de 2001, en el marco de la reglamentación de dicha ley, se constituyó el Comité Gestor de Indicadores y Niveles de Eficiencia Energética, con el objetivo de elaborar un plan de trabajo y su correspondiente cronograma, a los efectos de posibilitar el logro de los objetivos de la ley.

### **Canadá**

En virtud de sus poderes de comercio internacional, el gobierno federal juega un papel importante en las áreas de eficiencia energética y estandarización. Los diferentes estándares canadienses, a menudo se contentan con modelar las medidas vigentes en Estados Unidos, su vecino y principal socio comercial. Por lo tanto, las normas relativas a la eficiencia energética en el sector del automóvil son adaptaciones CAFE que la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras requiere su industria automotriz, mientras que el programa *EnerGuide* para el etiquetado de la eficiencia energética de los electrodomésticos, electrónica y equipo de oficina, entre otros, son de Canadá contraparte a el programa *Energy Star* de la Agencia de Protección Ambiental.

## **Chile**

La Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE) creó el Programa de Acuerdos voluntarios de reducción de consumo de energía, el que tiene como objetivo apoyar a empresas que cuenten con una línea de trabajo en eficiencia energética de forma asociativa y otro Programa de gran importancia que realizó fue la implementación de la Norma ISO 50001, comenzando en tres empresas y esperando que en los próximos años se lleve a otras.

## **Colombia**

Se han llevado a cabo algunos programas prioritarios en los sectores de mayor consumo energético como es el vinculado al sector residencial en el cual se han sustituidos electrodomésticos, también se han cambiado bombillas incandescentes y se ha mejorado la eficiencia de las casas mediante un mejor diseño; en el sector industrial se ha trabajado en la optimización del uso de las calderas, en la eficiencia de la iluminación y en un uso racional y eficiente de la energía; en el sector del transporte se reconvirtió el parque tecnológico automotor y se implementaron planes de movilidad urbana y proyectos para desincentivar el uso de los vehículos particulares.

## **Ecuador**

Aquí se han realizado algunos programas como el de la Dirección Nacional de Eficiencia Energética el cual busca que los sectores residenciales y públicos aumenten el uso de equipos eficientes, el cual contribuye a la disminución de gases de efecto invernadero. Otro proyecto es el Programa Nacional de Cocción Eficiente en el que se quiere migrar hacia la electricidad como un medio de cocción más eficiente utilizando para ello cocinas de inducción por su eficiencia y reduciendo el consumo de GLP. El ahorro energético ha logrado mejorar la economía del Estado, de gran importancia debido a que la energía es subsidiada.

## **Estados Unidos**

El sector energético estadounidense ha sufrido una transformación en sus fuentes de abastecimiento gracias principalmente a la innovación tecnológica. El fracking ha permitido extraer petróleo y gas natural que era inaccesible y ello ha reducido las importaciones de

estos combustibles. Además, ha permitido la transformación del sector eléctrico hacia una menor dependencia del carbón. Ello, junto con el auge de las tecnologías renovables, que han reducido sus costes en los últimos años de forma drástica, ha permitido una considerable descarbonización de la economía americana. La política energética se fija a dos niveles, el federal y el estatal, siendo sin duda el último el más relevante. A nivel federal, la Administración Trump ha revocado muchas iniciativas de la era Obama encaminadas al control de las emisiones, con la excusa de reducir costes al consumidor a corto plazo. El efecto de esas acciones está todavía por ver, pero, en cualquier caso, la inercia y los cambios tecnológicos son normalmente más influyentes en el sector energético que las medidas regulatorias (especialmente a medio y largo plazo).

### **Venezuela**

Este al ser un país tan rico en recursos energéticos no renovables las entidades en el pasado no insistían en el uso eficiente de estos recursos, esto creó una cultura de derroche y desperdicio. La Misión Revolución Energética ha tenido como resultado desde el año 2000 que se aprobaran múltiples normas venezolanas COVENIN, las cuales hacen énfasis en el etiquetado de equipos, el consumo y uso eficiente de la energía. El Proyecto Nacional Simón Bolívar de Desarrollo Económico y Social el cual está previsto entre los años 2013-2019, tiene como objetivo asegurar que la producción y el consumo de energía contribuyan a la preservación del medio ambiente.

### **Cuba**

La Revolución Energética ha generado un cambio sustancial en la forma como el país transforma y usa la energía. Este programa tiene como objetivo mejorar la eficiencia energética como su principal herramienta, las acciones implementadas por su puesta en práctica han tenido un gran impacto principalmente en lo económico, social y energético-ambiental. En lo económico tiene como principal logro el ahorro de energía eléctrica en el sector estatal y residencial, disminuyendo así los costos en la generación de electricidad utilizando este presupuesto para otros proyectos sociales. En lo energético ambiental se reduce la demanda máxima de generación eléctrica lo que disminuye la carga de contaminantes a la atmósfera lo que favorece a un ambiente más limpio. En lo social al

disminuir el consumo de energía en las viviendas se mejora las condiciones de vida en las familias viendo así una gran mejora en su economía. También la implementación de la NC ISO 50001: 2011 en algunas entidades ha contribuido al ahorro y uso eficiente de las energías. Actualmente está teniendo gran auge el uso de la tecnología LED debido a su mayor tiempo de vida útil y a la mayor emisión de luz comparado con otras fuentes de luz como son las CFL. Se espera que para el 2030 el uso de las energías renovables aumente hasta el 24% comparado con el 4% que había en el 2015.

### **1.3 Norma ISO 50001: 2011.**

Al publicarse esta norma, el protagonismo que alcanza la gestión de la energía no tiene precedentes a nivel mundial, ya que se reconoce el valor que tiene como medida efectiva para combatir el cambio climático y a la vez promueve el uso alternativo de fuentes renovables de energía y el mejoramiento de la eficiencia energética.

La *International Organization for Standardization* (ISO) empezó su desarrollo en el año 2008 como la futura norma internacional de la gestión de la energía al darse cuenta de su importancia. La última reunión de expertos que se realizó para la elaboración de la ISO 50001 fue en octubre de 2010, dando conclusión a un trabajo que duró tres años y en el que participaron representantes de 43 países y más de 12 en calidad de observadores. Su publicación oficial fue el 15 de junio de 2011, aumentando así las más de 18 600 normas con que cuenta la ISO, las cuales ofrecen a las empresas, gobiernos y a la sociedad herramientas prácticas para contribuir positivamente al desarrollo sostenible.

Esta norma tiene como propósito permitir a las organizaciones mejorar su desempeño energético, reducir los impactos ambientales, aumentar la eficiencia energética e incrementar la competitividad de las empresas sin que afecten su productividad. Su implementación debería disminuir el costo de la energía, reduciría la emisión de gases de efecto invernadero y otros impactos positivos en temas medioambientales.

### **1.3.1 Norma Cubana para la Eficiencia Energética “NC ISO 50001: 2011”.**

Cuba adopta esta norma en diciembre del 2011 como norma nacional con la referencia NC ISO 50001: 2011. La ISO 50001 está estrechamente alineada con las normas ISO 9001 (gestión de la calidad) y con la ISO 140001 (gestión medioambiental).

La implementación de esta Norma Internacional está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como de los costes de la energía a través de una gestión sistemática de la energía. Es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales. Su implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y, especialmente, de la alta dirección. [10]

Esta Norma Internacional especifica los requisitos de un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) a partir del cual la organización puede desarrollar e implementar una política energética y establecer objetivos, metas y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía. Se aplica a las actividades bajo el control de la organización y su utilización puede adecuarse a los requisitos específicos de la organización, incluyendo la complejidad del sistema, el grado de documentación y los recursos.

**La norma tiene por objeto lo siguiente: [11]**

- Ayudar a las organizaciones en la mejora de la eficiencia energética, el uso y consumo de energía.
- Crear la transparencia y facilitar la comunicación sobre la gestión de los recursos energéticos.
- Promover las prácticas óptimas de gestión de energía y los comportamientos.
- Ayudar a las compañías a evaluar y dar prioridad a la aplicación de las nuevas tecnologías de eficiencia energética.
- Proporcionar un marco para promover la eficiencia energética en toda la cadena de suministro.

- Facilitar la mejora de gestión de energía para los proyectos de reducción de emisión de gases de efecto invernadero.
- Aportar una reducción en los costos relacionados al consumo energético.

**Beneficios de contar con un SGEEn con la certificación ISO 50001:** [12]

- En primer lugar, está el ahorro que puede llegar hasta el 30% en la factura energética en el primer año de aplicación.
- Con el ahorro logrado facilita el cumplimiento de la legislación sobre emisiones contaminantes.
- Demuestra el compromiso corporativo con el medio ambiente.
- Fue creada para que sea aplicable a empresas de todos los tamaños y sectores.

**1.3.1.1 Fortalezas para implementar la NC-ISO 50001: 2019.** [13]

**Figura 1.3:** Aspectos considerados como fortalezas para implementar en Cuba la Norma ISO 50001.



**Nota:** Participación de la Universidad en la mejora de la eficiencia energética del sector productivo cubano. Autor: Lapido Rodríguez, M., Gómez Sarduy, J.R., & Monteagudo Yáñez, J.P. (2014)

En Cuba se ha alcanzado unos resultados que han llegado a contribuir a la implementación de la NC-ISO 50001: 2011, basándose en las experiencias de la Red de Eficiencia Energética del Ministerio de Educación Superior (MES), la Oficina Nacional de Uso Racional de la Energía (ONURE) y la Oficina Nacional de Normalización (ONN). Estos resultados se pueden agrupar

(ver figura 1.3) y constituyen fortalezas para garantizar una implementación exitosa de sistemas de gestión energética basados en la ISO 50001. [14]

#### **Experiencias en la aplicación y certificación por otras normas Internacionales:**

Desde principios del siglo XXI en Cuba se comenzó a implementar y adoptar normas de gestión de carácter Internacional por la Oficina Nacional de Normalización. La pionera de la certificación ha sido la norma NC ISO 9001 Sistema de Gestión de Calidad, continuando su extensión a la NC ISO 14001 Sistema de Gestión Ambiental y la NC 18001 de Seguridad y Salud en el Trabajo. La implantación de un Sistema de Dirección y Gestión Empresarial (SDGE) en las empresas estatales, grupos y uniones logró un significativo cambio organizativo al interior de las empresas y la gestión integral de los sistemas que la componen.

#### **Planificación y control de la energía por índices de consumo:**

Otra fortaleza es la utilización de un grupo de documentos que contribuyen al proceso de planificación, entre ellos la Guía de Supervisión con sus categorías para ser evaluadas, elaboradas y aplicadas por la ONURE. En su desempeño, los supervisores emplean una Guía de Supervisión que contiene los aspectos que son motivo de chequeo y evaluación en las inspecciones o auditorías energéticas que realizan en las diferentes empresas.

Por otro lado, el Manual Instructivo para el Uso y Control de Portadores, Fuentes Renovables y Nuevas Tecnologías Energéticas (DURE, 2009), refleja en detalles los contenidos de la Guía de Supervisión, y a “grosso modo”, los niveles de calificación de resultados, aunque sin entrar en especificidades propias de la acción de calificación por los supervisores.

En la etapa de planificación energética de un sistema de gestión basado en la ISO 50001 se identifican oportunidades para la mejora del desempeño energético. Los resultados de la etapa de planificación conllevan a tener una línea energética base, indicadores de desempeño, objetivos, metas y planes de acción.

#### **Experiencias en la aplicación de la TGTEE y la supervisión energética:**

La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía desarrollada por el CEEMA, ha sido generalizada en el país a través de la Red de Eficiencia Energética del MES y utiliza un grupo

de métodos y herramientas que pueden ser aplicados para implementar la ISO 50001. Por esa razón, esta puede ser considerada como una fortaleza, teniendo en cuenta además que:

- La TGTEE maximiza dentro de las posibilidades la utilización eficiente de los recursos energéticos.
- Proporciona los recursos y las instrucciones adecuadas, así como el ambiente, la motivación y la supervisión, control y evaluación apropiados.
- La TGTEE es capaz de desarrollar un proceso de mejora continua, que se logra en la interrelación supervisión y control con el diagnóstico.
- Demuestra beneficios relacionados con la capacidad de ahorro, el impacto ambiental y social.
- La TGTEE es una tecnología que permite establecer nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidas al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro, con reducción de los gastos energéticos y mitigación del impacto ambiental.
- Es aplicable a cualquier tipo de organización.
- Prepara los recursos humanos en relación con el sistema de gestión energético.

#### **Capacidad de la Red de Eficiencia Energética del MES para capacitación y asesoría:**

La Red de Eficiencia Energética del MES fortalece la relación entre las universidades y centros del MES que trabajan en el campo del uso racional de la energía, y el contacto con organizaciones de carácter regional y redes similares de otros países de la región. Identifica y aprovecha al máximo, mediante la integración y la cooperación, las capacidades, fortalezas, líneas de investigación e intereses comunes de los grupos que la integran.

Se han desarrollado una serie de actividades de capacitación de carácter nacional, ejecutadas por la Red de Eficiencia Energética, entre las que se destacan:

- Diplomado de Ahorro de Energía en la Industria, el cual se desarrolló en todo el país en forma semipresencial. En esta ocasión fueron capacitados más de 300 especialistas en todo el país.
- Cursos de eficiencia energética dirigidos a directivos, técnicos y especialistas.

- Diplomado de eficiencia energética en el sector educacional.
- PAEME (Programa de Ahorro de Electricidad en el Ministerio de Educación), que durante años ha trabajado con las nuevas generaciones desde 1997.
- Maestría de Eficiencia Energética de amplio acceso dirigida a los especialistas de las empresas mayores consumidoras del país.

### **1.3.2 Modelo de Gestión de la Energía de la NC ISO 50001 del 2019.**

El modelo de gestión está basado en la estructura de mejora continua que se ha ido utilizando en otras normas de gestión: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización tal como se ilustra en la figura 1.4.

El enfoque de la figura 1.4 puede describirse brevemente de la siguiente manera: [15]

**Planificar:** Se centra en entender el comportamiento energético de la organización para establecer los controles y objetivos necesarios que permitan mejorar el desempeño energético.

**Hacer:** Busca implementar procedimientos y procesos sistematizados, con el fin de controlar y mejorar el desempeño energético.

**Verificar:** Monitorear y medir procesos y productos en base a las políticas, objetivos y características claves de las operaciones y reportar los resultados.

**Actuar:** Deben tomarse acciones para mejorar continuamente el desempeño energético en base a los resultados.

Al aplicarse esta Norma Internacional a nivel mundial se contribuye a un uso más eficiente de las fuentes de energía disponibles, además de mejorar la competitividad y la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales.

**Figura 1.4:** Modelo de Gestión de la Energía para esta Norma Internacional.



**Nota:** ISO 50001

Esta Norma Internacional no establece criterios específicos de desempeño con respecto a la energía, por lo que dos organizaciones pueden cumplir con sus requisitos, aunque estén llevando a cabo similares operaciones, pero tengan diferente desempeño energético. El modelo de gestión de la energía sigue una serie de requisitos los cuales unidos entre ellos llegan a formar un sistema continuo que se desarrolla de la forma siguiente:

**Requisitos generales:**

Se debe definir y documentar el alcance y los límites del SGE, lo que permitirá concretar los esfuerzos y recursos de la organización. Algunas herramientas que pueden ayudar a definir el alcance son los siguientes:

- Planos de diseño.
- Mapa del lugar.
- Fotografías de las instalaciones.

- Datos del uso de la energía.

La organización debe determinar cómo cumplir con los requisitos de la norma con el fin de mantener una mejora continua de su desempeño energético.

**Responsabilidad de la dirección:**

Para implantar un Sistema de Gestión se debe comenzar con el compromiso de la alta dirección, la cual deberá demostrar su disponibilidad de asegurar los recursos necesarios para la mejora continua de su desempeño energético y su eficacia.

La alta dirección tiene que definir los representantes y las responsabilidades que debe cumplir en la organización para poder promover la toma de conciencia de la política energética y de los objetivos en todos los niveles de la organización.

**Política energética:**

La política energética debe ser establecida por la alta dirección, puede ser una breve declaración para que los miembros puedan entenderla fácilmente y aplicarla en sus actividades laborales y tiene que ser consciente con el plan estratégico de la organización y ajustarse a los usos y consumo de energía.

Esta política debe ser comunicada a todos los niveles de la empresa y debe cumplir con los requisitos legales que la organización suscriba, que tengan relación con el uso y el consumo de la energía y la eficiencia energética.

Es deber de la alta dirección definir una política apropiada a la naturaleza y a la magnitud del uso y del consumo de energía de la organización, incluyendo un compromiso de mejora continua en el desempeño energético, garantizando que se revise regularmente y se actualice si es necesario.

**Planificación energética:**

Antes de implantar un SGEN hay que realizar una planificación energética en la que se debe tener en cuenta algunos aspectos importantes como son los relacionados con el uso y consumo energético que tiene la organización en el momento de la revisión. Esta actividad es la de mayor análisis técnico por lo que para tener buenos resultados hay que involucrar a

personas de diferentes áreas. El resultado que se obtiene al final debe ser incluido dentro del plan de acción de la empresa para garantizar la consecución de las metas y objetivos propuestos.

La organización debe asegurar el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos de energía con los que el SGE está vinculado. Después se identifican las fuentes de energía y se analizan los usos y consumos de energía que han tenido en el presente y el pasado, con esta información se establecerán una o varias líneas de base energética y se identificarán los usos significativos de energía.

La Gestión Energética ha ido obteniendo cada vez más importancia a nivel mundial, pues además de aumentar las utilidades de la empresa, permite reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a evitar el cambio climático; así, actualmente se constituye en una parte imprescindible de la gestión empresarial. La importancia estratégica de la gestión energética es reconocida por la Norma ISO 50001 *Energy Management Systems*, que declara que su implementación es un tema estratégico y debe ser tratado por los niveles más altos de la organización. Esto significa que un SGE es un subsistema que debe integrarse a los otros Sistemas de Gestión Empresarial (Sistema de Gestión de Calidad, Sistema de Gestión ambiental, Sistema de Higiene y Seguridad Industrial, etc.). Así, cuando el SGE es una parte del Sistema Integrado de Gestión de la empresa, la organización concibe la eficiencia energética como el logro de los requisitos establecidos por el cliente con el menor gasto energético posible y la mínima contaminación ambiental.

Como la legislación sufre actualizaciones cada organización debe realizar una revisión de manera periódica de los requisitos legales y de otros que se hayan identificados para poder garantizar que estos se encuentren actualizados.

Es deber de la organización implementar y mantener objetivos energéticos documentados los cuales tienen que corresponder a los niveles, procesos y funciones pertinentes dentro de la organización. Para el logro de los objetivos se debe establecer metas.

**Implementación y operación:**

A partir de los elementos resultantes de la planificación energética, la organización podrá dar paso a la implementación y operación del Sistema de Gestión. Toda persona que trabaje para la organización o realice tareas para ella o en su nombre, debe ser competente, además de tener la formación, habilidades o experiencias adecuadas.

Es deber de la organización comunicar internamente la información relacionada con su desempeño energético y su SGEN, debe establecer, implementar y mantener información, en papel, formato electrónico o cualquier otro medio que permita mantener evidencia de los registros realizados, garantizando que exista control de la información, actualizada, legible y fácilmente identificables.

Las oportunidades de mejorar el desempeño energético deben ser tratadas por la organización de manera que las instalaciones que se construyan nuevas, se modifiquen o se renueven, se realicen de manera que puedan tener un impacto significativo en su desempeño energético.

**Verificación:**

La organización debe asegurar que las características clave de sus operaciones que determinan el desempeño energético, se midan y se analicen a intervalos planificados, para ello se debe tener en cuenta como mínimo algunas características como son la eficacia de los planes de acción para alcanzar los objetivos y metas, los usos significativos de la energía y otros elementos resultantes de la revisión energética, y la evaluación del consumo energético real contra el esperado. Se debe definir e implementar un plan de medición energética que sea apropiado al tamaño y la complejidad de la organización.

De los resultados obtenidos debe quedar constancia de forma que sean auditable quedando siempre por escrito las conformidades e inconformidades. Los registros deben ser y permanecer legibles, identificables y trazables a las actividades pertinentes.

### **Revisión por la dirección:**

La dirección debe revisar, a intervalos planificados, el SGEN de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas, se debe mantener registros de las revisiones hechas por la dirección.

Para la información que se le hace a la dirección se debe tener en cuenta algunos aspectos como son: la revisión de la política energética, el grado de cumplimiento de los objetivos y metas energéticas, los resultados de las auditorías del SGEN, el estado de las acciones correctivas y preventivas, el desempeño energético proyectado para el próximo período y las recomendaciones para la mejora.

En los resultados de la revisión por la dirección se debe incluir todas las acciones y decisiones relacionadas con los cambios en: la política energética, en las metas u otros elementos del sistema de gestión de la energía vinculados con el compromiso de la organización con la mejora continua, y en la asignación de recursos.

### **1.4 Conclusiones Parciales**

1. La implementación de los sistemas de gestión energética eleva la eficiencia energética y reduce los costos, ya que se basa en el criterio de estar mejorando continuamente y constituye la plataforma de partida para la administración eficiente y uso adecuado de la energía.
2. La NC-ISO 50001:2019 es un instrumento adecuado para planificar el consumo de energía ya que puede ser implementada en cualquier empresa sin importar su tamaño, ubicación geográfica o sector al que pertenezca.
3. En la NC-ISO 50001:2019 la etapa de planificación energética nos permite establecer objetivos o metas y la elección de los medios más convenientes para alcanzarlos, implicando además un proceso de toma de decisiones, de previsión, visualización y de predeterminación.

## **Capítulo 2: Metodología**

Hoy más que nunca, la correcta gestión de la energía es un tema crucial para cualquier organización, pues para contribuir al desarrollo del país hay que tomar acciones que estén encaminadas a la reducción de costos, contribuir a la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente. La demostración de efectividad de la tecnología en varios centros cubanos y la ausencia de una referencia de investigación de la gestión energética en la industria petrolera cubana, una entidad clave para el desarrollo económico del país, fue necesario realizar un estudio de gestión energética fundamentado en la NC ISO 50001: 2019 considerando de forma sistemática cada uno de los elementos relacionados con el uso eficiente de la energía.

En el desarrollo de este capítulo se expone la caracterización general de la organización haciendo énfasis en el área de Movimientos de Crudo y Productos, el consumo de los portadores energéticos, se usa el Diagrama de Pareto para el análisis de la estructura de consumo ya que es una de las herramientas más apropiada y se expone la metodología utilizada para la planificación energética.

### **2.1 Caracterización general**

#### **2.1.1 Información Básica de la Organización**

La Refinería Cienfuegos S.A., se ubica en la Finca Carolina, al norte de la Bahía de Cienfuegos, en un área que ocupa 380 hectáreas. Diseñada para procesar 65.000 barriles/día de crudo "*Soviet Export Blend*", fue construida a partir de 1977 con la participación de la desaparecida Unión Soviética por un período de 13 años. Su puesta en marcha inicial se produjo en 1991, y años más tarde, en 1995 sobreviene la paralización de la Refinación. Gracias al nacimiento del ALBA y PETROCARIBE, se crea la Empresa PDVCUPET S.A. y, en consecuencia, el 21 de diciembre de 2007 ocurre la reactivación de la Refinería "Camilo Cienfuegos", procesando la mezcla de los crudos venezolanos: Mesa 30 y Meray 16.

### **Objeto social**

El objeto social que se aprueba para la sociedad mercantil denominada Refinería Cienfuegos S.A es el siguiente: **procesar y comercializar petróleo crudo y sus derivados:**

### **Misión**

Refinar y comercializar hidrocarburos de forma eficiente y segura, garantizando se satisfagan los requisitos del cliente, con un capital humano competente, motivado y comprometido; con alta responsabilidad social y ambiental e introducción de mejoras tecnológicas.

### **Visión**

Ser una empresa reconocida nacionalmente en el campo de la refinación de hidrocarburos, con márgenes de refinación competitivos, reconocida por la elevada preparación de su capital humano, su alta responsabilidad social, ambiental y su contribución al desarrollo sostenible del país.

La Refinería Cienfuegos, S.A, desde el mismo comienzo de las operaciones de refinación en diciembre del 2007 ha emprendido la implementación de su sistema integrado de gestión sustentado en el enfoque de procesos para la gestión, orientado a satisfacer los requisitos y expectativas de los clientes, maximizar la seguridad de los trabajadores e instalaciones y minimizar el impacto al medio ambiente.

La entidad tiene posibilidades de mejorar su desempeño energético por lo que se valora incluir en el Sistema de Gestión Integrado de la entidad los aspectos relacionados con la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) basado en la norma NC ISO 50001:2019, para esto es necesario empezar el análisis desde los sectores más pequeños de la organización para poder lograr la implementación de esta norma que tanto nos hace falta.

### **Política Integrada de Gestión**

Refinería de Cienfuegos S.A. está consciente de que el éxito en la refinación de petróleo está determinado por la satisfacción de los clientes, la protección del medio ambiente, la seguridad y salud en el trabajo, la aplicación intensiva, eficaz y segura de las tecnologías de la información y las comunicaciones, la realización de inversiones tecnológicas que incrementen su eficiencia,

priorizando el uso eficiente de los recursos y en particular de la energía, por lo cual ha decidido mantener y mejorar continuamente un sistema de integrado de gestión basado en estándares internacionales. Para ello cuenta con la infraestructura adecuada y con personal competente y motivado, comprometiéndose a:

- ✓ Suministrar productos con la calidad, en las cantidades, plazos y condiciones pactadas.
- ✓ Identificar, evaluar y tratar los riesgos a los que está expuesta la organización, en aras de eliminarlos o reducirlos a niveles razonables, así como potenciar las oportunidades, según sea apropiado.
- ✓ Gestionar los procesos productivos y de apoyo cumpliendo con los requisitos legales y regulatorios aplicables, así como la misión, visión y objetivos estratégicos.
- ✓ Asegurar la confiabilidad en las mediciones vinculadas al control físico y transferencias fiscales de los combustibles; así como el control y uso eficiente de los mismos.
- ✓ Preservar el medio ambiente promoviendo el uso de las mejores prácticas para la prevención de la contaminación, la concientización de sus trabajadores y el logro de objetivos de desarrollo sostenible.
- ✓ Garantizar la seguridad de proceso, la seguridad y salud de nuestros trabajadores, contratistas, visitantes y la comunidad con énfasis en la prevención de accidentes mayores, accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales.
- ✓ Informatizar y automatizar de manera continua los procesos de la organización;
- ✓ Mejorar continuamente el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía, incentivando la cultura, la participación y el compromiso de todos los trabajadores en el logro de los objetivos energéticos.
- ✓ Garantizar que esta política sea comunicada y comprendida por todo el personal de la organización o que trabaje en su nombre y que esté disponible para consulta pública.

### 2.1.2 Caracterización del área de Movimientos de Crudo y Productos (MCP)

Dentro de la Gerencia de Refinación se encuentra la Dirección de MCP y a esta última se subordina el área de Movimientos de Crudo y Productos (MCP), siendo esta la más grande en extensión geográfica y la tercera mayor consumidora de energía eléctrica ya que tiene como objetivo principal la recepción, almacenamiento y manipulación del petróleo crudo y todos sus derivados enviándolos mediante bombas de accionamiento eléctrico a los diferentes consumidores, tales como inyectos a plantas de proceso y las diferentes vías de comercialización.

El área de MCP cuenta con la mayor base de almacenamiento de combustible del país, bajo su responsabilidad existen 74 tanques de diferentes volúmenes que van desde los 100 hasta 50000 m<sup>3</sup>, almacenando 18 tipos de combustibles. Para la manipulación de dichos combustibles existen en el área 71 bombas distribuidas no equitativamente pero si de forma estratégica en cinco estaciones de bombeo, todas de accionamiento eléctrico con la finalidad de trasladar cada uno de estos combustibles hacia su destino final.

Esta área por diseño se divide en tres sub-áreas llamadas Crudo, Intermedio y Terminado, cada una de ellas cuentan con su estación de bombeo:

- **Crudo:** Área encargada de la recepción, almacenamiento y su posterior inyectos a la planta de Destilación Atmosférica.
- **Intermedio:** Área encargada de la recepción, almacenamiento, manipulación de los productos intermedios derivados del crudo a partir de la destilación atmosférica y a su vez el envío a reproceso para la obtención de productos finales.
- **Terminado:** Como bien lo dice el nombre es donde se almacenan los productos finales o terminados ya listos para su comercialización por las diferentes vías antes descritas.

### 2.2 Metodología utilizada para realizar la revisión energética

La revisión energética puede realizarse con base en el procedimiento que se resume en el Anexo 6. En primer lugar, se recolecta la información necesaria disponible por la empresa, a partir de la cual se analizan los usos y consumos de los energéticos y se identifican los USE. A continuación, estos usos representan las mayores oportunidades de ahorro y, en ellos, se

requieren identificar acciones que permitan el mejoramiento a nivel operacional, tecnológico y de seguimiento del desempeño energético.

Finalmente, la elaboración de un plan de acción y el informe de revisión energética, permitirá de manera eficaz, la implementación de las acciones identificadas y recomendadas para el mejoramiento del desempeño energético de la organización.

### **2.2.1 Información necesaria para la revisión energética.**

Para llevar a cabo la revisión energética, se requiere de la siguiente información básica:

- Registros históricos de consumo de energía y producción diarias.
- Flujogramas de los procesos.
- Planos unifilares actualizados.
- Organigrama actualizado de la empresa.
- Facturas y contratos energéticos.
- Registros de inspecciones diarias del último año.
- Procedimientos operativos actualizados (servicios e instalaciones de producción con consumo energético significativo).
- Inventario de equipos o instalaciones que consuman energía.
- Documentación de diagnósticos o evaluaciones energéticas recientes, realizadas en los procesos o el equipamiento vinculado a la empresa.
- Plan de mantenimiento (servicios e instalaciones de producción con consumo energético significativo).
- Plan de capacitación del personal vinculado a las instalaciones operativas con consumos energéticos significativos.
- Proyectos de modificaciones tecnológicas previstos por realizar en la empresa.

### **2.2.2 Alcances y límites de la revisión energética**

El alcance de la revisión energética se puede resumir según se muestra en la Anexo 2. Este análisis parte de unos elementos de entrada y de herramientas y técnicas para identificar usos y consumos de energía, áreas de uso significativo y posibles oportunidades de ahorro, con el objetivo de generar un plan de acción e implementar el SGE.

Los límites de la revisión energética corresponden a los mismos establecidos para el SGE, y responden a instalaciones, lugares, puestos de trabajo, divisiones o unidades de negocio de una organización, a los cuales se establecen metas de desempeño energético.

### **2.2.3 Herramientas y técnicas usadas para la revisión energética**

La revisión energética se desarrolla en tres etapas principales:

- 1) análisis de los usos de energía;
- 2) identificación de usos significativos de energía; y,
- 3) identificación de oportunidades de mejoramiento.

En este proceso, la información disponible por la organización es utilizada para identificar datos faltantes en un análisis posterior. Se recomienda un proceso iterativo que mejore la revisión energética en el tiempo.

Para este análisis, se sugiere el uso de una serie de herramientas y técnicas que facilitan el cumplimiento de los objetivos de cada una de las etapas por desarrollar, según se describen en Anexo 3.

#### **Etapas de la revisión energética:**

Como habíamos mencionado en el apartado anterior se empezó por la primera etapa de la revisión energética utilizando las técnicas y herramientas para completarla.

1. Realizar un gráfico de tendencia.
2. Realizar un gráfico de control.
3. Realizar matriz energética.

### **Paso uno: Gráfico de tendencia.**

Las líneas de tendencia son una de las herramientas más simples y, a la vez, una de las más valiosas dentro del análisis gráfico, pues permiten visualizar puntos en una gráfica que van más allá de datos reales y los cuales representan los posibles valores futuros, de acuerdo con su tendencia.

### **Utilidad de los gráficos de tendencia**

Los gráficos de tendencia lineales muestran el comportamiento de los consumos energéticos en el tiempo (incrementos, decrementos o tendencias sin variación). Además, dejan visualizar cambios que sufren los procesos en un período de tiempo, o comparar el desempeño energético obtenido después de implementar una acción correctiva. Es posible predecir comportamientos a partir de la evaluación de la tendencia.

### **Pasos para la construcción de los gráficos de tendencia:**

- Definir el período base de tiempo que se utilizará para recolectar los datos. (Un mes, un semestre, un año)
- Recolectar los datos.
- Dibujar el eje vertical (eje Y) para representar los datos, la escala dependerá de los valores que se seleccionen.
- Dibujar el eje horizontal (eje X) donde cada punto representará un período de tiempo. Pueden ser días, horas, semanas o meses.
- Graficar la información. Colocar un punto en la gráfica por cada valor en el período de tiempo en que sucedió.
- Conectar todos los puntos con una línea. Esta mostrará la tendencia de los datos observados en el período seleccionado.

### **Paso dos: Gráfico de control.**

Los gráficos de control son herramientas estadísticas utilizadas para entender la variabilidad de los procesos, determinar capacidades de proceso, y hacer un seguimiento de los efectos de las variables sobre la diferencia entre las metas y el desempeño real.

Los gráficos de control indican los límites de control superior (LCS) e inferior (LCI) y, con frecuencia, incluyen una línea central (promedio), para ayudar a detectar la tendencia de los valores representados. Si todos los puntos de datos están dentro de los límites de control, las variaciones en los valores se pueden relacionar a una causa común, y el proceso se dice que está “bajo control”. Si los puntos de datos caen fuera de los límites de control, las variaciones pueden deberse a una causa especial y, en el proceso, se explica como una variable que afecta y que está fuera de control (*Bussines Dictionary*, s.f.). [14]

Como consecuencia de lo anterior, si un proceso normal se halla en control estadístico, la característica de calidad del 99,73 % de los elementos analizados estará comprendida entre  $\mu - 3\sigma$  y  $\mu + 3\sigma$ .

**Donde:**

- $\mu$  = media de los datos.
- $\sigma$  = Desviación estándar de la muestra de datos.
- LCS = Límite de control superior.
- LCI = Límite de control inferior

**Utilidad del gráfico de control**

El gráfico de control, como herramienta para el análisis del consumo de energía, permite conocer si este se encuentra bajo control o no, identificando el valor medio del consumo, el rango en el cual se mueve dicha variable, así como su dispersión respecto de la media; por consiguiente, es posible proveer una estimación de la dispersión del proceso y realizar un seguimiento a su evolución. Como consecuencia, se identifican horas, días, semanas o meses en donde el comportamiento del consumo, dentro del proceso analizado, presenta tendencias al descontrol y causas que influyen en dicha variación, para el período analizado.

**Construcción del gráfico de control**

En la elaboración de un gráfico de control de medias para la evaluación de los consumos energéticos, se requiere:

- Realizar una tabla de datos de consumos de energía para el periodo analizado.
- Calcular la media de los datos a partir de la ecuación, la cual determina el valor medio para evaluar el consumo de energía observado:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

- Calcular los límites de control: Los límites de control se calculan a partir de la desviación estándar de los datos y la media de los mismos.
- Dibujar las líneas rectas paralelas al eje x de  $\bar{x}$ , LCS, LCI y los puntos de las muestras  $x_i$ .

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$LCS = \bar{x} + 3\sigma \quad (3)$$

$$LCI = \bar{x} - 3\sigma \quad (4)$$

### Paso tres: Matriz energética.

La matriz energética, como herramienta de la revisión energética, es un instrumento que facilita la identificación y el análisis de las diferentes fuentes de energía disponibles en una organización, indicando la importancia de cada una de ellas y el modo en el cual se utilizan.

En la matriz energética se debe especificar la fuente del energético, ya sean energías primarias (la hidroenergía, el petróleo crudo, el gas natural, el carbón mineral, la biomasa, energía solar y eólica); o secundarias, como la energía eléctrica de las centrales de generación o el diésel de las refinerías de combustibles. De igual forma, se deben incluir los distintos usos o consumos de todas y cada una de las fuentes de energía en los equipos de uso final (equipos de iluminación, aparatos eléctricos, sistemas de climatización, producción de agua caliente sanitaria, entre otros).

### **Utilidad de la matriz energética**

La matriz orienta la planificación energética de la organización, con el fin de garantizar la producción, la seguridad energética y el uso adecuado de la energía disponible. Además, contabiliza los flujos energéticos entre las diferentes etapas de un proceso productivo o áreas de una organización.

### **Construcción de la matriz energética**

Para la elaboración de la matriz energética, es necesario contar con información histórica de los consumos de los diferentes energéticos utilizados para la operación de la organización o el área y, posteriormente, presentarla siguiendo el esquema propuesto en Anexo 1. (ver Anexo 1)

### **Etapas dos: Identificación de los usos significativos de energía.**

El propósito de esta etapa es establecer prioridades para la gestión energética y el mejoramiento del desempeño energético.

### **Pasos utilizados para la identificación de USEs:**

1. Realizar un censo de carga.
2. Realizar un diagrama de Pareto.
3. Identificación del personal que afecta en el consumo de energía.

### **La determinación de los usos significativos de la energía, implica decidir que constituye:**

- Sustancial, como un “consumo sustancial” (un balance de energía puede ser un enfoque útil para esto).
- Considerable, como una “oportunidad considerable para la mejora del desempeño energético” (evaluación y priorización de oportunidades de mejoramiento).

### **Paso uno: Censo de carga**

Esta herramienta consiste en un inventario de equipos o de instalaciones energéticas, localizados en los diferentes departamentos o áreas de una organización. La información obtenida permite visualizar la situación real de su consumo de energía.

Los resultados de un censo de carga sirven para la identificación de áreas o equipos críticos en el consumo energético, así como para el establecimiento de acciones para la reducción de consumos, el balanceo de cargas, la detección de fugas, entre otros.

#### **Esta actividad puede realizarse con información obtenida a partir de tres fuentes:**

- Datos de placa. La placa de datos o de identificación de los equipos, suministra información útil sobre el diseño y mantenimiento. Esta es particularmente valiosa para un censo de carga identificando datos eléctricos, tales como voltaje nominal (V), corriente de carga nominal (A), potencia (HP), factor de potencia o coseno  $\Phi$ , entre otros.
- Mediciones en campo. En el caso de no contar con la placa del equipo o de no estar accesible, es necesario medir en campo los parámetros eléctricos del equipo o sistema, usando pinzas voltiamperímetrica, así como analizadores de redes u otro equipo que permita medir la potencia o energía consumida.
- Tablas de diseño. Son aquellas suministradas por el fabricante con las características específicas del equipo.

### **Paso dos: Diagrama de Pareto.**

Un diagrama de Pareto se utiliza para resumir y mostrar la importancia relativa de las diferencias entre grupos de datos; y muestra dónde se deben enfocar esfuerzos para la resolución de problemas.

La importancia de este gráfico se encuentra en el principio de Pareto, el cual puede enunciarse como “pocos vitales, muchos triviales”; es decir, hay muchos problemas sin importancia, frente a unos pocos graves.

Es vital tener en cuenta que, tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas, no son un proceso lineal, sino que el 20 % de las causas totales hace que sean originados el 80 % de los efectos.

### **Utilidad del diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto permite identificar áreas, equipos o instalaciones que representan los mayores consumidores de energía, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos de una organización.

### **Elaboración de un diagrama de Pareto**

- Para construir un diagrama de Pareto se deben realizar las siguientes actividades:  
Definir el alcance. Seleccionar las categorías de elementos o problemas que se van a analizar; por ejemplo: costos energéticos, áreas o instalaciones de mayor consumo, pérdidas energéticas por equipos, etc.
- Recolección de datos. Reunir los datos necesarios para el análisis y tabularlos. En caso de no existir la información necesaria, se requiere planear una recopilación de información, evaluando cuidadosamente las categorías de análisis (eje horizontal).
- Resumir y ordenar los datos en orden descendente.

### **Paso tres: Personal que afecta el consumo de energía.**

Algunos empleados pueden y afectan significativamente los usos y consumos de energía a través de sus actividades laborales. Éstos pueden ser particularmente el personal responsable para la operación y mantenimiento de las instalaciones, equipos, sistemas o procesos que han sido identificados como usos significativos de energía. Es importante designar como significativo al personal crítico asociado a los USEs.

## **Técnicas y herramientas utilizadas para la identificación y priorización de oportunidades para el mejoramiento del desempeño energético.**

La identificación de oportunidades de mejoramiento es el primer paso para el establecimiento de proyectos y planes para el incremento del desempeño energético de la organización.

Existen diversos métodos que facilitan la identificación de aspectos mejorables, algunos cualitativos, entre los cuales se destacan los grupales focales, la lluvia de ideas, las entrevistas semiestructuradas y la opinión del personal experto; así como otros métodos cuantitativos, como lo son las encuestas, los diagnósticos o auditorías energéticas.

Las oportunidades comienzan con las ideas de mejora. Estas pueden ser generadas a partir del análisis de uso y consumo de energía, la determinación de los usos significativos de energía y el análisis de su desempeño energético o de una variedad de otras fuentes.

Dichas ideas se convierten en oportunidades, a través del examen y el perfeccionamiento utilizando el análisis de datos, para determinar el potencial de mejora del desempeño energético.

Para desarrollar esta etapa se nos basamos en una auditoría energética desarrollada por expertos en la materia.

Conocida también como diagnóstico, este proceso consiste en una inspección y análisis sistemático del uso y el consumo de energía, con el propósito de identificar los flujos de energía y las oportunidades potenciales para mejorar el desempeño energético en una organización.

La auditoría energética es una de las herramientas disponibles en apoyo de una revisión energética. Como proceso, se describe en la norma ISO 50002 y proporciona el conocimiento sobre el consumo de energía que conduce a mejoras en el desempeño energético (Norma ISO 50002).

## **2.3 Línea de base energética**

Una Línea de Base Energética (LBE) es una referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético. Esta permite evaluar el consumo, el uso y la eficiencia energética de un equipo, área, departamento, instalación o planta dentro de los límites seleccionados para la instalación del SGE.

De manera que, una LBE es una herramienta esencial para evaluar el progreso de la implementación de un sistema de gestión de la energía, pues permite la comparación del desempeño energético entre el período de tiempo para el cual fue construida y el evaluado por el indicador de desempeño, en donde se han implementado medidas de mejora, jornadas de sensibilización y/o buenas prácticas de operación y mantenimiento, para alcanzar los objetivos y metas establecidas en relación con la política energética.

La norma ISO 50001 demanda establecer una línea capaz de medir correctamente los cambios de desempeño energético. No obstante, algunas prácticas actuales, como lo son construirla a partir de medidas o promedios de consumo, deben revisarse, ya que generalmente una LBE debe normalizarse teniendo en cuenta el efecto de ciertas variables que afectan el consumo de la energía y/o bienes y servicios producidos.

### **2.3.1 Selección de una línea de base energética**

La selección de una línea de base energética está ligada a retos que puede afrontar la organización, abordando aspectos tales como el tamaño de las instalaciones, el perfil de producción, la cultura organizacional, entre otros. Algunos desafíos frecuentes son el requerimiento de mezclas de productos, o la justificación de múltiples fuentes de energía; otras variables complejas corresponden a retrasos en el tiempo entre los datos de producción y los medidores de energía.

Por otra parte, el establecimiento de una LBE debe contar con la participación de diversas personas en su planeación, quienes deben ser capaces de hablar más allá de la simple perspectiva del uso de la energía, e involucrar factores tales como ciclos recurrentes del proceso, eventos que ocurrieron una sola vez en el pasado, y otros que se espera ocurran en los siguientes meses del año. De modo que, al tener en cuenta dichos aspectos, se defina una

LBE apropiada para la organización, y se seleccione un método adecuado para su cuantificación.

Considerando ahora que una línea puede ser establecida como un valor medido hasta un modelo basado en simulaciones, se muestra a continuación la propuesta que realiza la norma ISO 50006 – Línea de base energética e indicadores de desempeño energético, como ayuda para la selección de una LBE exponiendo utilidad y desventajas del tipo o método escogido.

El tipo de LBE o el método para establecerla, varía dependiendo de la complejidad de la organización, así como de otros factores mencionados. Por ejemplo, con instalaciones pequeñas con un uso sencillo de la energía y variables significativas sencillas de entender, la LBE puede establecerse rápidamente gracias a un método simple.

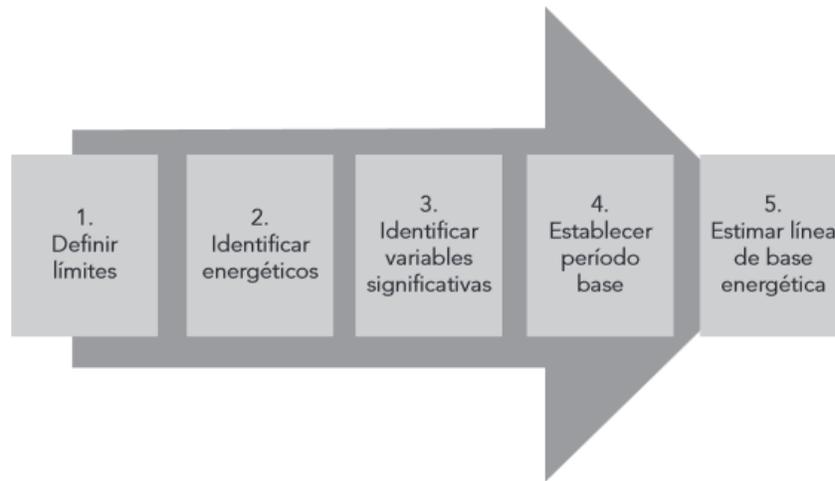
Sin embargo, en una organización grande, con varias fuentes energéticas, con usos complejos de energía aplicados a varios productos en tiempos variables a lo largo del año; seleccionar y establecer un tipo de línea de base energética adecuada, puede tomar tiempo y requerir esfuerzos basados en el análisis, a través del establecimiento de modelos estadísticos o matemáticos.

En ambos casos, el éxito depende de la accesibilidad a datos confiables, en combinación con la experticia del personal encargado de realizar esta tarea. Por lo tanto, planear las necesidades de datos y de personal reduce posibles frustraciones y agiliza el proceso.

### **2.3.2 Metodología para el establecimiento de una línea de base energética.**

A continuación, se presenta un método basado en cinco pasos, el cual servirá como guía para establecer una LBE en una organización. En síntesis, este involucra las etapas mostradas en la Figura 2.4, partiendo de la definición de límites físicos y/u organizaciones en donde se desea establecer la línea; seguidamente, la identificación de fuentes energéticas primarias o secundarias; la detección de variables significativas de mayor impacto en el consumo de energía dentro de los límites establecidos; y, la recolección de información necesaria en el período de base seleccionado; todo ello, para finalmente cuantificar la LBE a partir del método elegido.

**Figura 2.4:** Metodología para el establecimiento de una línea de base energética



**Nota:** Metodología para la Planificación Energética a partir de la norma ISO 50001. [13]

**Paso uno: Definir los límites de la línea de base energética.**

Los límites pueden ser físicos o de lugar y/u organizacionales, tal como los define la organización. Esta primera etapa consiste en identificar todas las instalaciones y operaciones que se hallen incluidas dentro del Sistema de Gestión de la Energía.

Los límites físicos y organizacionales pueden sufrir cambios, debido a eventos tales como expansiones de los procesos o cierres parciales de departamentos o áreas productivas, lo cual justifica un restablecimiento de estos, en el que se recopilen los datos y se administra la energía.

En algunas ocasiones, los límites se pueden definir combinando dos o más características (físicas y/u organizacionales) y, luego, durante la estimación de la línea, se puede revelar la necesidad de revisar los límites con base en la disponibilidad de datos apropiados. Cualquier cambio en estos, típicamente, tiene un impacto en la determinación del desempeño energético y, por lo tanto, no debería ocurrir con frecuencia, ya que su establecimiento se ejecuta después de un consenso entre el representante de la alta dirección para la gestión energética y el equipo o comité energético.

## **Paso dos: Descripción de las fuentes de energía.**

Una vez se definen los límites, el siguiente paso corresponde a identificar los energéticos utilizados dentro de estos. Por otro lado, se trata de identificar las fuentes de energía y, en el caso de la planeación de un Sistema de Gestión Energético, se debe abordar el cómo los usos y consumos de energía serán medidos y registrados.

De tal forma, las fuentes de energía son divididas en dos categorías principales: primarias y secundarias. Las primeras se refieren a aquellas provenientes de un recurso natural, como lo son el carbón, el petróleo, la biomasa, la energía solar, entre otras.

La energía eléctrica, como fuente secundaria, típicamente viene de una empresa de servicios. No obstante, también puede provenir de fuentes de generación locales, como el sol o el viento, o de la recuperación del calor en efluentes energéticos.

La mayoría de las instalaciones estándar cuenta con medidores de energía eléctrica y de gas, para la medición del consumo en la frontera del suministro que les llegan de las compañías de servicios.

Los registros de las facturas de los servicios identifican la cantidad de energía consumida durante el período de registro, el cual puede ser convertido en el consumo de energía promedio por día; por ejemplo, kWh/día promedio y BTU/día promedio. Estas tasas diarias pueden ser recolectadas para el período de la LBE y aplicadas para su análisis. Resulta importante conocer el tiempo de facturación, puesto que el lapso durante el cual la energía es consumida, tiene que ser referenciado de modo apropiado con otras variables significativas usadas en el cálculo de la LBE.

Algunas industrias usan un energético como una materia prima, y no solo como una fuente de combustible para generar energía, caso del carbón. Se requerirá medición o estimación de medición adicionales, para diferenciar las cantidades del energético utilizadas en la generación de energía térmica frente a las usadas para otros fines.

Un diagrama de flujo de las fuentes energéticas, como el ejemplo mostrado en el Anexo 4, puede ayudar a su identificación dentro de los límites establecidos.

### **Paso tres: Definir el período base.**

El período seleccionado para construir una Línea de Base Energética, debe ser lo suficientemente largo para que los datos incluyan los diferentes estados operacionales de los equipos, instalaciones y/o áreas dentro de los límites energéticos establecidos.

Así que, el período de medición seleccionado y el intervalo de registro de datos, deben proporcionar una muestra representativa para ser estadísticamente válida en la construcción de una LBE que proporcione una precisión aceptable, para la estimación de ahorros energéticos y el seguimiento del desempeño energético.

De manera que, la organización debe determinar un período adecuado de datos, considerando la naturaleza de sus operaciones.

Una LBE de un año se presenta como la mejor opción. Sin embargo, cuando los registros históricos de datos de las variables relevantes identificadas, no están disponible, se pueden realizar estimaciones basadas en intervalos de datos más cortos, haciendo proyecciones a partir de este análisis.

### **Paso cuatro: Definir variables significativas.**

Las variables significativas se refieren a aquellas que más influyen en el consumo de energía de un equipo, instalación o área. Generalmente, es la producción o unidades de salida para un proceso productivo, las cuales pueden basarse en el número de productos fabricados (piezas, sillas, o mesas), en la masa (quintales de azúcar, toneladas de cemento o kilogramos de alimento para mascotas), o en el volumen (metros cúbicos de crudo o barriles de cerveza).

Así mismo, el clima consigue considerarse una variable significativa, pues el consumo de una instalación puede depender de las condiciones climáticas externas; y, aunque esta variable no es controlable, debe ser considerada en el análisis, para evitar interpretaciones erróneas en la evaluación del desempeño energético.

Para la determinación de las variables significativas de uso de energía, las organizaciones deben tener en cuenta la función u objeto para el cual fue diseñada una instalación o equipo; también

una inspección visual, la discusión con el personal de operación, o incluso aproximaciones a través de balances de materia y energía. Las variables significativas de uso de energía pueden variar, desde una sola variable que se correlaciona lineal con el consumo de energía, hasta modelos complejos que combinan el nivel de producción, mezclas de productos, clima y otros factores.

Posteriormente, un análisis estadístico puede demostrar que algunas variables identificadas, en realidad, tienen influencia en el consumo de energía. Estas correlaciones, a menudo, pueden ser de la forma de estadísticas-T o valores-P que demuestran el nivel de confianza de una correlación entre variables. En la práctica, el nivel de confianza del análisis debería de estar en el intervalo de 90-95%, pero si es apropiado, se pueden usar intervalos más bajos.

#### **Paso cinco: Estimar línea de base energética.**

Con respecto a la estimación o cuantificación de la LBE, se debe seleccionar un método adecuado, teniendo en cuenta la complejidad de las instalaciones donde se requiere establecer. Para algunas organizaciones, puede ser válido un valor promedio, como para otras un modelo de simulación o regresiones.

#### **2.4 Modelos de aproximación para estimar la línea de base energética.**

Los métodos presentados para la estimación de la Línea de Base Energética corresponden a modelos estadísticos o matemáticos que permiten describir la variación de los consumos de cada fuente de energía, en función de los niveles de producción u otros flujos de entrada claves y/o el clima, a partir de datos que permitan cubrir todos los estados operacionales y estacionales que se aplican a la planta, a lo largo de un año o del período de base establecido.

### 2.4.1 Modelos propuestos como método para la cuantificación de la LBE:

#### Modelo tipo uno:

Relación entre el consumo de energía para una salida única de producción. Esta es la forma más simple, y corresponde al término común usado como “intensidad energética”. Un ejemplo es el consumo de energía por toneladas de tejas producidas. Este modelo de relación toma la forma:

$$E = bx \quad (5)$$

Donde  $x$  es una medida de la cantidad de producción, y el coeficiente  $b$  es calculado a partir de datos históricos de consumo de energía y producción. En este caso, la línea de base energética se define como una proporción, es decir, el coeficiente entre el consumo de energía por unidad de producción. A pesar de que este modelo es el más simple, se requiere para un consumo de energía medido, poder expresar el total de la producción en una sola cantidad; por ejemplo, toneladas totales o litros. No obstante, en muchos casos, se espera que el consumo dependa de más de una variable de salida u otros factores adicionales, como el clima. En estos casos, la relación del consumo de energía con un único nivel de producción, no es un modelo aceptable.

#### Modelo tipo dos:

##### Modelo de regresión lineal.

Los modelos de regresión permiten evaluar la influencia de múltiples variables en la cuantificación del consumo de energía. En la mayoría de casos, diversas variables, o al menos una ( $x$ ) y un término constante ( $b_0$ ), son necesarios para modelar adecuadamente el consumo. La forma general es:

$$E = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + \quad (6)$$

Las variables de predicción  $x_1, x_2, \dots, x_k$  pueden incluir términos como:

- Cantidades de producción (ejemplo toneladas, litros, unidades) de diferentes líneas de productos.

- Variables climáticas como grados-día de enfriamiento
- Temperatura o contenido de calor de las materias primas.
- El desarrollo del modelo requiere de pruebas estadísticas y de análisis y evaluación de las variables por incluir.
- Los flujos o cantidades de entrada, así como los niveles de producción deben ser probados para su inclusión en el modelo.

### **Modelo tipo tres:**

#### **Modelo de regresión no lineal**

Cuando se identifica que el consumo de no es una función lineal con respecto a las variables significativas, entonces se puede evaluar la posibilidad de estimar la Línea de Base Energética, según una curva; se habla entonces de regresión no lineal o curvilínea.

Es así que se pueden emplear modelos de regresión potenciales, exponenciales, entre otros.

#### **Modelo de regresión polinómica**

Este es una forma de regresión lineal en la que la relación entre la variable independiente  $x$  y la variable dependiente  $Y$ , se modela como un polinomio de orden  $k$ . La forma general es:

$$E = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + \quad (7)$$

Un modelo polinomial de segundo orden puede servir como una aproximación a un modelo no lineal más complejo.

#### **Modelo de regresión exponencial**

Una regresión exponencial es el proceso de encontrar la ecuación de la función exponencial que se ajuste mejor a un conjunto de datos. Como resultado, se obtiene una ecuación de la forma:

$$E = ax^k \quad \text{donde } a \neq 0 \quad (8)$$

La potencia predictiva relativa de un modelo exponencial está denotada por  $R^2$ . El valor de  $R^2$  varía entre cero y uno. Mientras más cercano este el valor de uno, más preciso será el modelo.

## **2.5 Conclusiones parciales.**

1. Se estableció la metodología utilizada para implementar la etapa de Planificación energética en el área de Movimientos de Crudo y Productos.
2. Se establecieron las técnicas y herramientas utilizadas para alcanzar esta etapa.
3. Con el procedimiento para la planificación energética según los requerimientos de la NC-ISO 50001: 2019 el cual tiene como premisas diferentes normas a nivel internacional y la gestión de la calidad, lo que posibilita su implementación tanto en organizaciones de producción como de servicios, se pretende mejorar el desempeño energético de la unidad.

### **Capítulo 3 Desarrollo de la metodología**

En este capítulo se desarrolla la metodología para la planificación energética y la identificación de las líneas de base energética para así identificar las oportunidades de reducción del consumo de energía en el periodo comprendido desde octubre del 2020 hasta octubre del 2022.

#### **3.1 Establecimiento de los requisitos legales y otros requisitos**

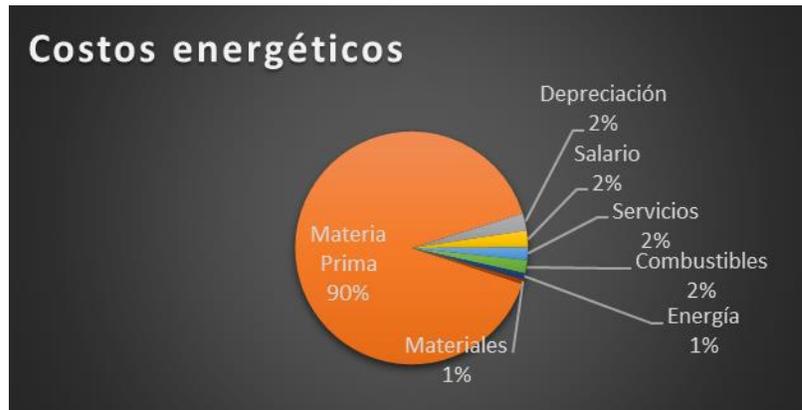
En la Refinería de Cienfuegos S.A se rigen por las siguientes normas que regulan el consumo de portadores energéticos y la Gestión Energética:

- Requisitos de diseño para la eficiencia energética. Parte 2: Potencia eléctrica e iluminación artificial. NC 220-2: 2009
- Ley Eléctrica de la República de Cuba. Ley 1287: 1975.
- Reglamento electrotécnico cubano para instalaciones eléctricas en edificaciones. NC 800: 2017.
- Norma NC ISO 50001:2019. Sistemas de Gestión de la Energía.
- Norma ISO 50002: 2014. Auditorías Energéticas.
- MINEM. Manual de inspección a los portadores energéticos.
- Decreto-ley No. 345. Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía. Decreto Ley No 345/2017.
- RS 1238 Directivas para el desarrollo, mantenimiento y sostenibilidad de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía. RS 1238/2021 del MEP.
- Reglamento electrotécnico cubano para instalaciones eléctricas en edificaciones. NC 800: 2017
- Edificaciones. Requisitos de diseño para la eficiencia energética.
- Parte 2: Potencia eléctrica e iluminación artificial. NC 220-2: 2009.

#### **3.2 Aplicación de la metodología para la planificación energética.**

Una vez recolectada la información necesaria, el análisis comenzó con la identificación de los costos energéticos de la organización. En la Figura 3.1, se establecen los gastos de operación de la organización.

**Figura 3.1:** Costos energéticos de la organización.

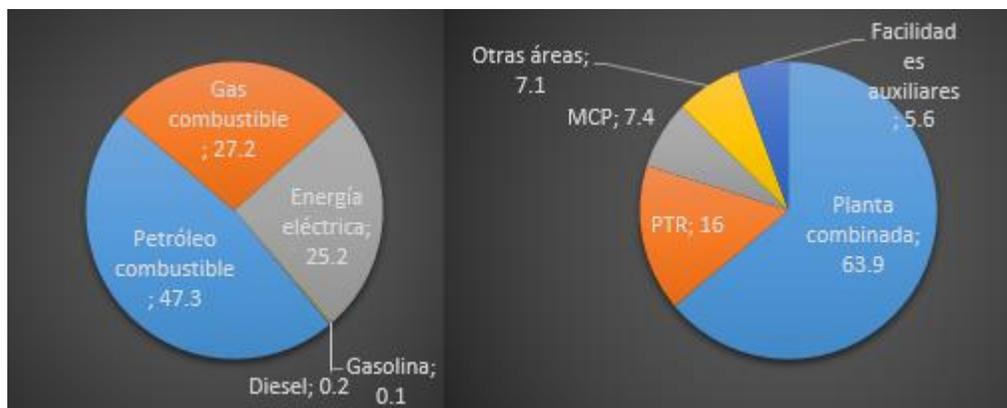


**Nota:** Elaboración propia.

Para la identificación y análisis de las diferentes fuentes de energía se realiza una matriz energética en donde se verifica, anualmente, la representación de cada uno de los energéticos consumidos en unidades energéticas equivalentes (Tep), siendo el petróleo combustible el de mayor consumo (47.3%), seguido del gas combustible (27.2%) y la energía eléctrica (25.2%), como se muestra en la Figura 3.2.

Como se puede apreciar en la Figura 3.2 y como habíamos descrito en el capítulo anterior el sector de Movimientos de Crudo y Productos es la tercera mayor consumidora de energía eléctrica de la organización con un 7.4 % de participación. A partir de esto podríamos asumir este portador como el más significativo del área, esto lo afirmaremos más adelante.

**Figura 3.2:** Matriz energética de la organización.

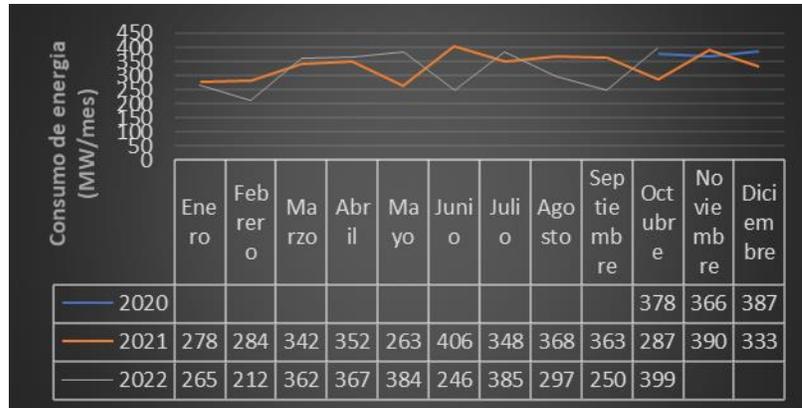


**Nota:** Elaboración propia.

### 3.2.1.1 Construcción del gráfico de tendencia.

Para la construcción del gráfico de tendencia se escogieron los consumos de energía (MW) mensuales de los últimos 2 años obtenidos de los datos de registro de la Dirección Eléctrica de la organización como se puede observar en la Figura 3.3.

**Figura 3.3:** Consumo de energía (MWh) [10/2020-10/2022]



**Nota:** Elaboración propia

Haciendo un análisis del consumo de energía eléctrica en el período establecido se puede observar que este tiene un comportamiento irregular, oscilando desde 212 MW en febrero del 2022 como consumo más bajo hasta 406 MW en junio del 2022. El gasto energía eléctrica en el área de Movimientos de Crudo y Productos de manera general depende totalmente de la disponibilidad de materia prima, el estado de las plantas de proceso, disponibilidad de los equipos tecnológicos del área, la dirección estratégica del país en materia de producción de los diferentes tipos de productos finales y la demanda de las diferentes vías de comercialización, siendo la marítima y la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” las que más demandan, situación de la cual abordaremos más adelante.

### 3.2.1.2 Construcción del gráfico de control.

A partir de la metodología expuesta en el Capítulo II se construyó el gráfico de control utilizando los datos expuestos en el apartado 3.1.1.1, calculando la media, desviación estándar, el LCS y el LCI obteniendo como resultado y exponiéndolos en la Figura 3.4:

**Cálculo de la media según formula (1):**

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{7773}{25} = 310.92$$

**Cálculo de la desviación estándar según formula (2):**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{74887.84}{24}} = \sqrt{3120.33} = 55.8598$$

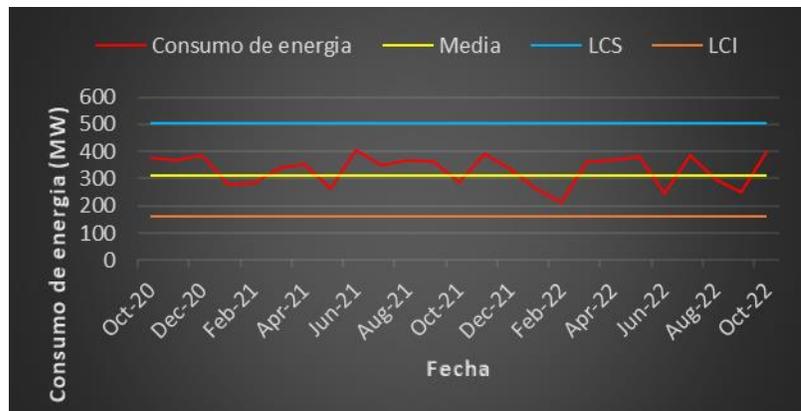
**Calculo del LCS y LCI según formula (3) y (4):**

$$LCS = X + 3\sigma = 310.92 + 3 * 55.8598 = 478.4996$$

$$LCI = X - 3\sigma = 310.92 - 3 * 55.8598 = 143.3403$$

Analizando el gráfico de control podemos observar que para el tiempo establecido el proceso se comporta de manera estable pues la línea de tendencia no sigue ningún patrón particular y ningún punto se encuentra fuera de los límites definidos.

**Figura 3.4:** Gráfico de control



**Nota:** Elaboración propia

**3.2.1.3 Construcción de la matriz energética.**

Para la construcción de la matriz se analizaron los portadores energéticos del área, el tipo de fuente de la que provenían, el consumo total en el período analizado, su consumo equivalente dado en toneladas equivalentes de petróleo y su porcentaje de representación en la matriz, tal y como se muestra en la Tabla 3.1.

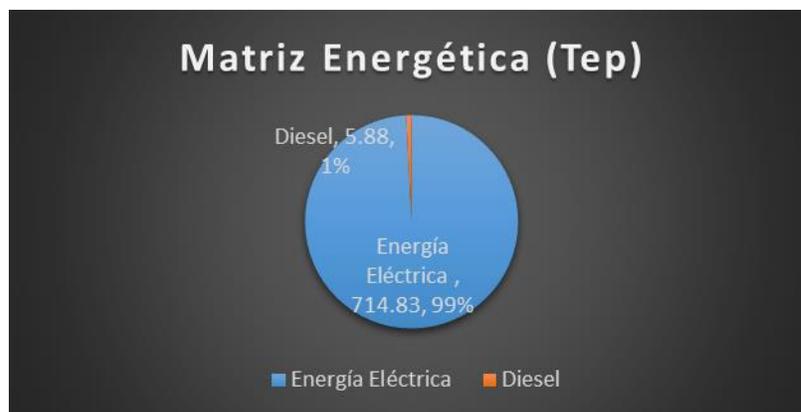
Para establecer el consumo de energía eléctrica se tomaron las lecturas de las tres áreas en las que se divide el sector de MCP y para el Diesel la asignación dada por la organización al vehículo asignado al sector.

**Tabla 3.1:** Información para la elaboración de la matriz energética.

Fuente del energético	Tipo de energético	Consumo Período	PCS	Consumo equivalente (Tep)	% Representación en la matriz
<b>Energía secundaria</b>	Energía Eléctrica	8312 MWh	0.0859545 Tep/MWh	714.83	99.18
	Diesel	6395 L	0.0009202 Tep/L	5.88	0.82
<b>Total</b>				720.71	100

**Nota:** Metodología para la planificación energética a partir de la Norma ISO 50001.

**Figura 3.5:** Matriz energética del área.



**Nota:** Elaboración propia.

A partir de la Tabla 3.1 se construye la matriz energética del área identificando como portadores energéticos a la energía eléctrica y el diésel mostrándose en la Figura 3.5.

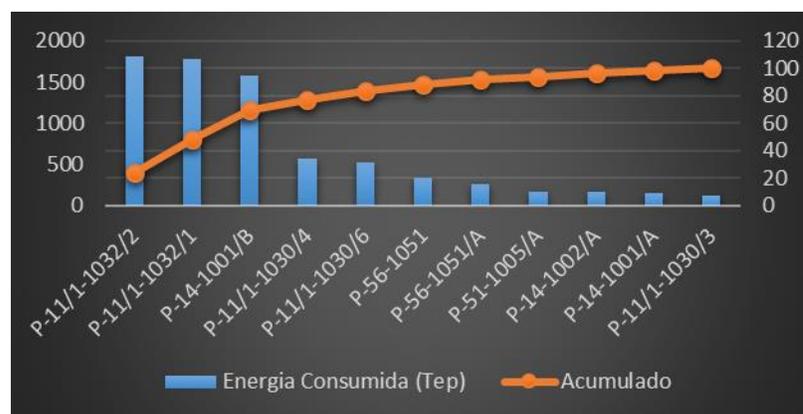
Analizando esta figura corroboramos que el portador energético que mayor se consume en el área es la energía eléctrica con un valor de 714.83 Tep que representa el 99.18 % siguiéndole el diésel con 5.88 Tep para un 0.82 %.

### 3.2.2 Identificación de los usos de energía

#### 3.2.2.1 Inventario de equipos para establecer un censo de carga.

Para establecer el censo de carga se realiza un inventario de equipos tomando la potencia de cada uno de ellos, el tipo de producto que maneja y el tiempo de uso de estos equipos obteniendo la energía consumida en el periodo analizado. (Ver Anexo 3) En la Figura 3.6 se muestra un diagrama de Pareto mostrándose los equipos con mayor demanda de energía eléctrica.

**Figura 3.6:** Diagrama de Pareto



**Nota:** Elaboración propia a partir del censo de carga

Como se aprecia en la Figura 3.6 los equipos que mayor demanda presentan son la P-1/1-1032/2, la P-11/1-1032/1 y la P-14-1001/B, bombas que se caracterizan por su uso continuo y de vital importancia para el área y país ya que las dos primeras son las encargadas de trasladar el combustible hacia la CTE y la última responsable del proceso de refinación impulsando el crudo desde los tanque hacia la planta de destilación atmosférica. Algo adicional que podemos tomar de este diagrama es que todos estos equipos identificados se encargan de mover productos oscuros, productos caracterizados por tener alta viscosidad y sin ellos es casi imposible su traslado hacia otras instalaciones. En conclusiones nuestro mayor

problema de consumo de energía eléctrica es con las bombas que mueven este tipo de productos.

### 3.2.2.2 Construcción de diagrama de Pareto

Para la construcción del diagrama de Pareto se utilizaron los datos recolectados cuando se realizó el censo de carga para así identificar las áreas de mayor consumo de energía eléctrica presentando expresándolas en la Figura 3.7.

**Figura 3.7:** Diagrama de Pareto



**Nota:** Elaboración propia a partir del censo de carga.

Analizando el diagrama de Pareto identificamos que el mayor consumo de energía eléctrica lo tiene la estación de bomba encargada de desplazar los productos de tanques terminados para un consumo de 5277.51 MW con una representación del 63.8 % del consumo total del área.

### 3.2.2.3 Identificación del personal que afecta el consumo de energía.

En el Anexo 8 se muestra el listado de los 11 equipos que más impactan en el consumo de energía eléctrica, que constituyen sus Usos Significativos de la Energía (USEn), los principales consumidores, las principales variables que los afectan, el porcentaje que representan del total, así como quién influye en el consumo de la energía. También se muestran los índices de desempeño energético identificados para cada uno de ellos.

### **3.2.3 Identificación de oportunidades para el mejoramiento del desempeño energético**

Los equipos tecnológicos agrupados en el Anexo 4 constituyen por mucho el mayor consumo de energía eléctrica del área con un 90%. Por ello se identifican como oportunidades de mejora:

#### **Organizativas:**

- Generalizar las buenas prácticas de operación y mantenimiento de los equipos identificados.
- Estudiar el área buscando modificaciones tecnológicas que contribuyan a ahorro energético.

#### **Oportunidades de mejora que requieren inversión:**

##### **Sustitución de motores eléctricos:**

Los motores de fabricación soviética con que cuenta la refinería categorizan como de baja eficiencia según los estándares actuales con valores de eficiencia por debajo de lo establecido en las normas cubanas de eficiencia energética NC-220 de 2009 y en el acuerdo voluntario de los fabricantes de motores eléctricos de la Unión Europea que entró en vigor en el año 2000. Todos los motores objeto de análisis operan a más de un 50 % de carga, con lo cual es válida la utilización del “Método de los datos de placa” comparando las eficiencias de los datos de placa con las que establecen las normas actuales para motores de clases superiores de eficiencia.

No se recurrió a la evaluación de la eficiencia ajustada en condiciones de campo de los motores por el Método de las corrientes dado el volumen tan grande de equipos mediante la utilización de analizadores de redes y los requisitos de seguridad de esta organización, (válido si operan a más de un 50 % de carga), o el Método del Deslizamiento para todos los estados de carga incluyendo los inferiores al 50 % para lo cual se necesitaría un tacómetro óptico del cual no se dispone.

Se realizó una comparación entre las eficiencias de los motores de fabricación soviética con la eficiencia estipulada por la norma europea IEC 60034-30-1 Ed. 1.0 del año 2014, bloque económico de donde se importa la mayoría de los motores eléctricos en nuestro país.

Se tomó además el catálogo del fabricante ABB por ser uno de la mayor adquisición en el país.

Según el Complemento a la Guía de Políticas de Motores Eléctricos de la ONU (ONU Medio Ambiente Unidos por la Eficiencia, División de Economía, Oficina de Energía y Clima, París, FRANCIA, Julio 2019), para el enfrentamiento al cambio climático se plantea que: ...” los países que no tienen una industria nacional de fabricación de motores importante e importan casi todos los motores, pueden optar por avanzar a una “opción de eficiencia energética Premium”, la mejor práctica internacional actual”.

Sin embargo, según se declara en el mismo documento de la ONU: “El objetivo final de los países debería ser adoptar una eficiencia energética súper Premium (IE4) para reflejar la creciente disponibilidad de estos motores en el mercado internacional, y en línea con las nuevas regulaciones globales de mejores prácticas que entran en vigencia en la UE en Julio de 2023”.

No se hace referencia a la Norma Cubana NC 220-2:2009 “Potencia Eléctrica e iluminación artificial” por estar atrasada respecto a las normativas actuales de los fabricantes de motores (NEMA en EU, Canadá y México, IEC en Europa, América Latina y otras áreas geográficas,).

Para el caso del área de MCP no hubo necesidad de invertir en motores de accionamiento eléctrico ya que en un estudio reciente por el grupo técnico de la organización se comprobó que todos los motores identificados anteriormente cuentan con una eficiencia mayor o igual al 93 %.

#### **Instalación de variadores de velocidad o frecuencia:**

El variador de frecuencia es la solución eficaz para mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono. Los motores eléctricos juegan un papel muy importante en las industrias principalmente en las encargadas del proceso de refinación del petróleo.

Todos estos motores funcionan con electricidad y necesitan una cantidad determinada de energía eléctrica para poder realizar su trabajo de proporcionar par y velocidad. La velocidad de un motor debería coincidir exactamente con la que exige el proceso en cuestión, y usar solo la energía necesaria.

El variador de frecuencia regula la velocidad de los motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real reduciendo el consumo energético del motor entre un 20 y un 70%.

Un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que esta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento.

El uso de variadores de frecuencia para el control inteligente de los motores tiene muchas ventajas financieras, operativas y medioambientales ya que supone una mejora de la productividad, incrementa la eficiencia energética y a la vez alarga la vida útil de los equipos, previniendo el deterioro y evitando paradas inesperadas que provoquen tiempos de improductividad.

En el área de MCP, a raíz de una auditoría realizada en el año 2021 por los especialistas de calidad de la organización, se realizaron encuestas a los trabajadores para buscar mejoras del SGI y en perspectivas de establecer un SGen, concluyeron que:

- Existen equipos tecnológicos capaces de suplir la demanda de inyectos de nafta a la planta de Reformación Catalítica por si solos, ahorrando 0.035 MWh.
- Existen equipos tecnológicos identificados en el área con las facilidades operacionales para bombear el Fuel-Oil a la CTE, ahorrando 0.1 MWh
- El área tiene identificado que el uso de los variadores de frecuencia a parte de ahorrar energía eléctrica estos tienen la capacidad en dependencia del sistema de aumentar el flujo.

En el área de MCP existen bombas de accionamiento eléctrico que ya tienen incorporados los variadores de velocidad y en una auditoría energética realizada en el área se identificó que estas bombas tenían la capacidad de aumentar su flujo hasta un 50% mayor que su nominal en condiciones de trabajo favorables, estableciendo una proporcionalidad inversa entre el flujo, el tiempo de uso de la bomba y este último directamente proporcional al consumo. En la Tabla 3.2 se muestran los resultados:

**Tabla 3.2:** Comparación de bombas.

Equipo	Variador de velocidad	Potencia	Flujo nominal (m <sup>3</sup> /h)	Flujo real (m <sup>3</sup> /h)	Diferencia (m <sup>3</sup> /h)	% diferencia
P-11/1-1030/6	Si	200	444	600	156	35.1351351
P-11/1-1030/4	Si	200	444	668	224	50.4504505
P-11/1-1030/3	No	200	444	215	-229	- 51.5765766
P-11/1-1030/1	No	200	444	180	-264	- 59.4594595

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la construcción de la tabla se tomaron los equipos encargados de bombear el Fuel-Oil hacia las distintas áreas de comercialización ya que este es el derivado del petróleo que más demanda tiene en el país y de mayor producción en la organización debido a la calidad de la materia prima y por el propio diseño de la organización que no está facultada de plantas capaces de exprimirlo en busca de otros derivados, se tomó en cuenta de si tenían incorporados el variador de velocidad, su potencia, flujo nominal y su flujo real para así establecer la diferencia entre ellas y sacar conclusiones que nos ayuden a entender e interpretar resultados.

Sobre las bombas encargadas de llevar el Fuel-Oil a la CTE, el área cuenta a parte de estos dos equipos identificados como los mayores consumidores de electricidad con un tercer equipo capaz de suplir la demanda de la CTE con menor potencia, es decir que el uso de esta bomba garantizara el flujo requerido a menor consumo y habría que hacer un estudio de factibilidad para incorporarle un variador de velocidad ya que a las dos primeras le es imposible ya que por sus características se encarece la adquisición de este equipo.

Analizando los resultados obtenidos podemos ver como influyen los variadores de velocidad en el comportamiento de ellas y como podemos aprovecharlo a favor del ahorro energético del área y el de la misma organización en sí.

### 3.3 Línea de base energética

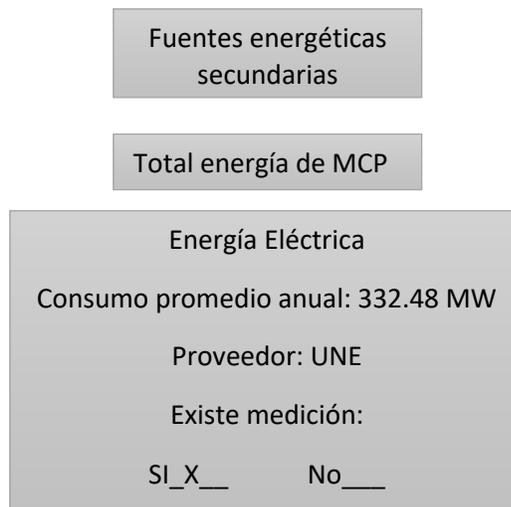
#### 3.3.1 Definición de los límites de la LBE.

Los límites para definir la LBE están establecidos para los procesos concernientes a los subgrupos del área de Movimiento de Crudo y Productos analizándolos por separado cada uno de ellos para así determinar si existe una correcta correlación entre los consumos y las variables significativas que mencionaremos a continuación.

#### 3.3.2 Descripción de las fuentes de energía.

En puntos anteriores habíamos definido a la energía eléctrica como el portador energético de mayor significancia en general, para la descripción de las fuentes de energía se estableció de donde provienen, tipo, consumo anual promedio, proveedor y la existencia de medición, todo reflejado en la Figura 3.9.

**Figura 3.9:** Diagrama para las fuentes de energía.



**Nota:** Elaboración propia.

El área de MCP se nutre de fuentes de energía secundarias como lo es la energía eléctrica con un consumo promedio anual de 332.48 MW, donde el proveedor es Unión Nacional Eléctrica (UNE) y el tipo de medición está dado por un sistema automático SCADA que registra el consumo de las diferentes áreas de la refinería.

### 3.3.3 Definición del periodo base.

Para definir el período base se toman los registros del consumo de energía eléctrica establecidos en apartados anteriores proporcionando una muestra representativa para ser estadísticamente válida y proporcione una precisión aceptable para la construcción de la LBE.

### 3.3.4 Definición de las variables significativas.

A continuación, se muestran las variables significativas divididas en los tres grupos que conforman el área que estamos estudiando, mostrándose en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3:** Variables significativas por área

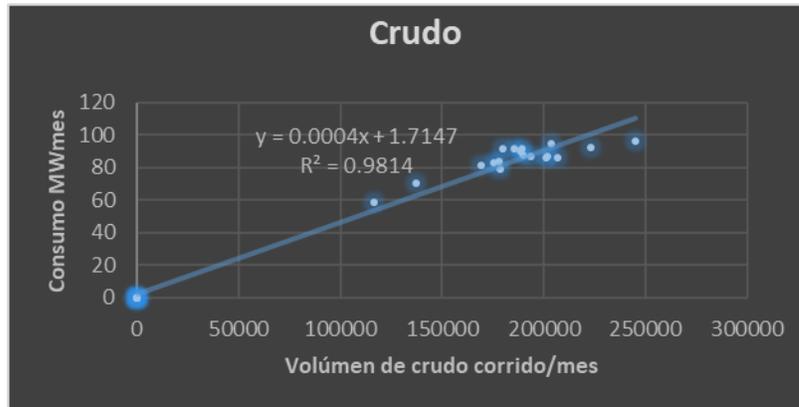
<i>Área</i>	<i>Variables significativas</i>	
	<b>Consumo energía</b>	<b>Producción</b>
<i>Crudo</i>	MW/mes*	m3/mes
<i>Intermedio</i>	MW/mes*	m3/mes
<i>Terminado</i>	MW/mes*	m3/mes

**Nota:** Elaboración propia

### 3.3.5 Selección del modelo de aproximación para la estimación de la LBE.

Para establecer la LBE se escogió el modelo de regresión lineal ya que estamos en presencia de instalaciones simples donde los límites son claros y las variables significativas están definidas aplicándolo a cada sub área y al área de MCP en general, para el análisis de los datos se utilizó el software Excel.

**Figura 3.10:** Análisis de regresión lineal para establecer la LBE en el área de Crudo.

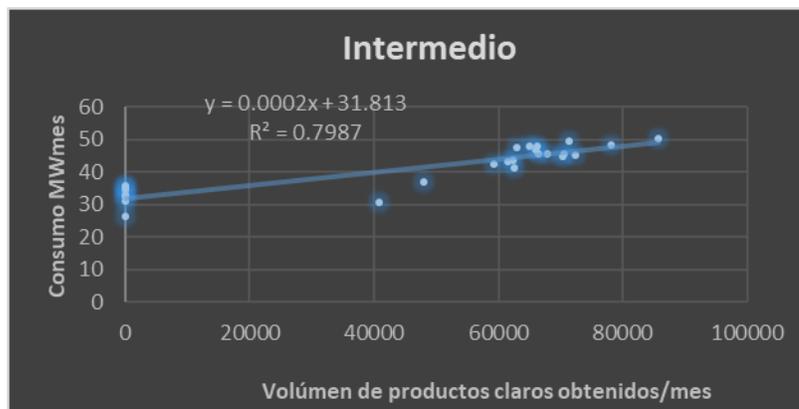


**Nota:** Elaboración propia.

Para el área de Crudo se toma el consumo de energía del tiempo establecido anteriormente contra las toneladas de crudo enviadas a la planta estableciendo los datos en la Figura 3.10 y obteniendo como resultado una fuerte correlación entre las variables con un valor para  $R^2 = 0.9814$ .

Para el área de Intermedio se estableció el mismo criterio que el anterior cambiando como variable significativa el volumen de productos claros entregados y manteniendo el consumo del área de intermedio obteniendo como resultado  $R^2 = 0.7987$ , según la metodología establecida para realizar este trabajo corresponde a un nivel de correlación muy fuerte, ver Figura 3.11.

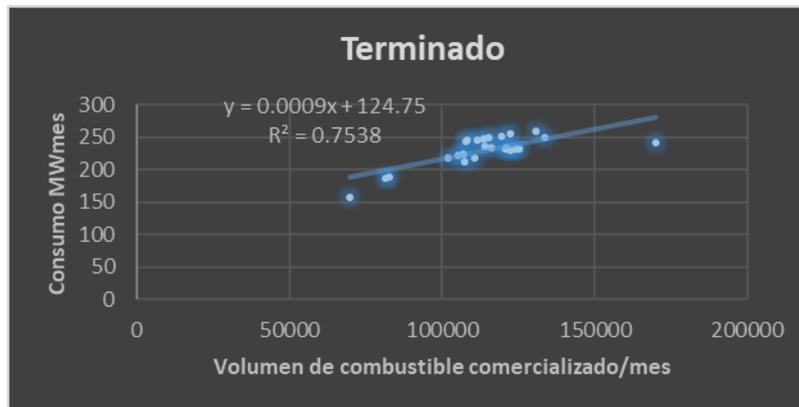
**Figura 3.11:** Análisis de regresión lineal para establecer la LBE en el área de Intermedio.



**Nota:** Elaboración propia.

Para definir la LBE en el área de productos Terminados se estableció la correlación entre el consumo de electricidad del área contra el volumen de combustible comercializado por las diferentes vías dando como resultado  $R^2 = 0.7538$ , como se puede observar en la Figura 3.12:

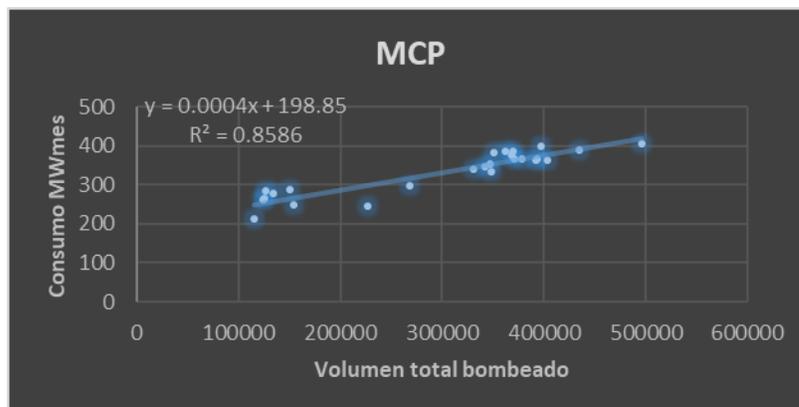
**Figura 3.12:** Análisis de regresión lineal para establecer la LBE en el área de Terminado.



**Nota:** Elaboración propia.

Como vimos anteriormente se definió la LBE para los USEs identificados estableciéndose una fuerte correlación entre las variables significativas, para establecer la línea de base energética al sector de MCP como área general de la organización se escogió como variable independiente el volumen total manipulado. A continuación, se muestra en la Figura 3.13 la estimación de la LBE:

**Figura 3.13:** Análisis de regresión lineal para establecer la LBE en el área de MCP.



**Nota:** Elaboración propia.

Como podemos apreciar existe una buena correlación entre el consumo de energía eléctrica y el volumen total manipulado presentando una fuerte correlación entre ellas para un valor de  $R^2=0.8586$ .

### **3.3.6 Estimación de potenciales de ahorro y metas energéticas.**

Para estimar los potenciales de ahorro y metas energéticas utilizamos las LBE establecidas anteriormente permitiéndonos encontrar y evaluar los Indicadores de Desempeño Energético adecuados, identificar y determinar potenciales de ahorro energético.

Se escogen los puntos o valores eficientes que no son más que aquellos donde el consumo de energía fue menor que el obtenido por tendencia según la LBE estimada para la misma producción.

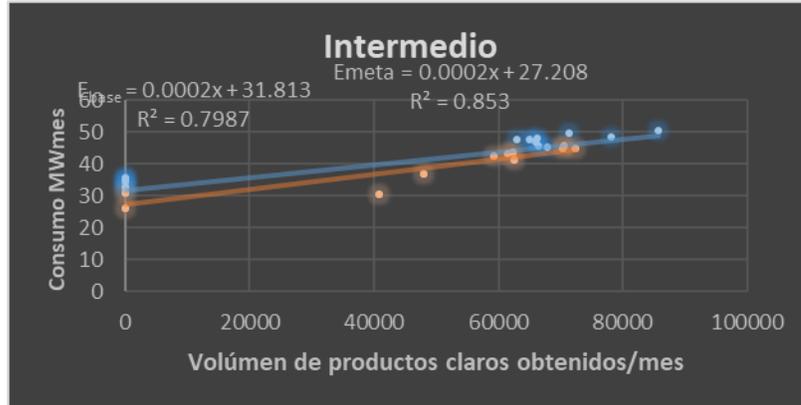
#### **Crudo:**

Para el área de crudo no es posible determinar los potenciales de ahorro ni metas energéticas ya que los valores que se encuentran debajo de la línea de tendencia están dados donde hubo puntos de producción cero.

#### **Intermedio:**

Para el área de Intermedio se identificó que el proceso operó de manera eficiente el 44% de los meses evaluados, por lo tanto, el potencial de ahorro estimado es un valor alcanzable. A partir de los datos de consumo de energía y volumen de productos claros obtenidos de los meses de mayor eficiencia, se traza la línea meta, conservando el mismo valor de la pendiente, según se aprecia en la Figura 3.14:

**Figura 3.14:** Estimación de la línea de meta energética para el área de Intermedio.



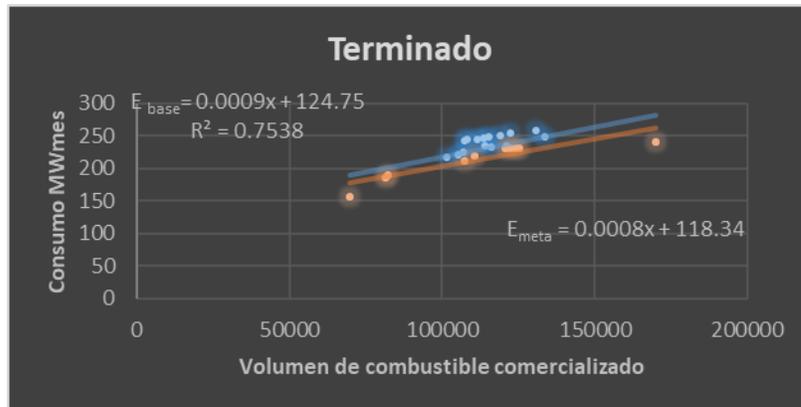
**Nota:** Elaboración propia

Como se puede ver el potencial de ahorro por variabilidad de operación estimado es de 4.605 MW/mes, equivalente al 14.47 % del consumo mensual promedio.

### Terminado

Para el área de Terminado se identificó que el proceso operó de manera eficiente el 40% de los meses evaluados, por lo tanto, el potencial de ahorro estimado es un valor alcanzable. A partir de los datos de consumo de energía y volumen de combustible comercializado de los meses de mayor eficiencia, se traza la línea meta, conservando el mismo valor de la pendiente, según se aprecia en la Figura 3.15:

**Figura 3.15:** Estimación de la línea de meta energética para el área de Terminado.

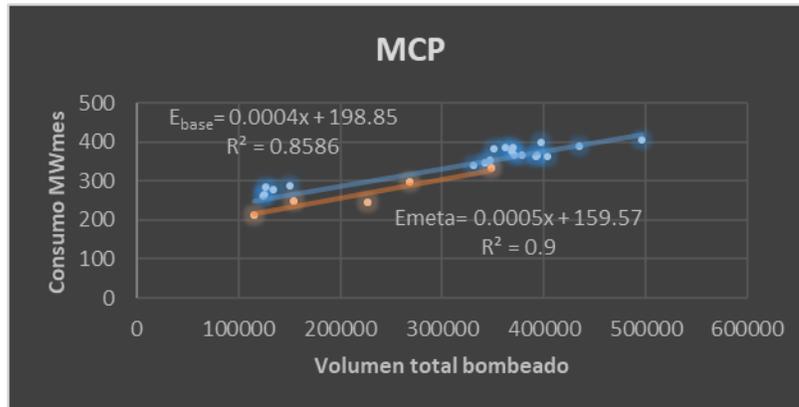


**Nota:** Elaboración propia

Como se puede observar el potencial de ahorro por variabilidad de operación estimado es de 6.41 MW/mes, equivalente al 5.13 % del consumo mensual promedio.

Para el sector de MCP procedemos a hacer lo mismo utilizando el modelo que mejor valor de correlación se obtuvo, se identificó que el proceso en general operó de manera eficiente el 20 % del tiempo evaluado, por lo que se puede estimar el potencial de ahorro. A partir de los datos de consumo de energía y volumen de crudo corrido de los meses de mayor eficiencia, se traza la línea meta, conservando el mismo valor de la pendiente, según se aprecia en la Figura 3.16:

**Figura 3.16:** Estimación de la línea de meta energética para el Sector MCP.



**Nota:** Elaboración propia

Analizando la figura se observa que el potencial de ahorro por variabilidad de operación estimado es de 39.28 MW/mes, equivalente al 19.75 % del consumo mensual promedio.

### 3.5 Conclusiones parciales.

1. Se identificaron oportunidades de mejoras energéticas en el proceso tecnológico del sector a partir de la generalización de las mejores operaciones y con la instalación de un sistema SCADA para el control automatizado de todo el proceso tecnológico.
2. Se determinó a la energía eléctrica como portador de energía secundaria más consumido en el sector con un 99.18 % de participación.

3. Se determinaron los USEs indicando los equipos que más influían en el consumo de energía eléctrica.
4. Se comprobó que entre las variables significativas identificadas existe una fuerte correlación con valores mayores de  $R^2 \geq 0.75$ .
5. Se trazaron las líneas base y metas para las áreas y el sector en general con un potencial de ahorro general de 39.28 MWh.
6. Se identificó la influencia de los variadores de velocidad en las bombas de Fuel-Oil dotándolas de mayor flujo disminuyendo el tiempo de uso y su consumo.

## CONCLUSIONES GENERALES:

1. Algunas formas para la obtención de energía eléctrica y los problemas energéticos que se están presentando a nivel mundial han llevado a la creación de la Norma ISO 50001: 2019, la cual integra la gestión de la calidad y gestión medioambiental.
2. La NC ISO 50001: 2019 es útil y adecuada ya que puede ser implementada por cualquier organismo sin importar su tamaño, ubicación geográfica o sector al que pertenezca.
3. La caracterización energética de la unidad mostró que la energía eléctrica representaba el 99.18% del consumo total de los portadores energéticos.
4. El indicador de desempeño energético para la línea base dio como resultado una correlación de 85.86 % y para la línea meta de 90.%.
5. Se aplicó el procedimiento para la implementación de la planificación energética logrando como resultado la identificación de las oportunidades de mejora al quedar expuestas las áreas y los equipos mayores consumidores de energía.
6. Se identificó la influencia de los variadores de velocidad en las bombas de Fuel-Oil dotándolas de mayor flujo disminuyendo el tiempo de uso y su consumo.

**RECOMENDACIONES:**

1. Mantener un estudio de la Norma para poder aplicar la estructura en la que está basada de mejora continua.
2. Mostrar los detalles de esta investigación, con el fin de proporcionar información veraz para la elaboración de futuros proyectos investigativos, que abarquen de manera amplia temas relacionados con la Planificación Energética.
3. Realizar estudios de factibilidad con el objetivo de incorporar variadores de velocidad a todas las bombas del área de Movimientos de Crudo y Productos.
4. Implantar el procedimiento para la planificación energética para mejorar la gestión de la energía.

## Referencias bibliográficas

- [2]Almiral M, J., (2009). *Temas de Ingeniería eléctrica*. Félix Varela
- [27]Álvarez Cancio-Bello, 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.
- [7]Bernal, J.D. (2022). *¿Qué es la eficiencia energética y qué ventajas tiene? Los beneficios de la eficiencia energética*. (REPSOL), (1), <https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/cambioclimatico/eficienciaenergetica/que-es-la-eficiencia-energetica/index.cshtml>.
- [18]Camarda, M. (2021). El Rol de las Políticas de Eficiencia Energética en la República Argentina y su importancia en el Proceso de Descarbonización del Acuerdo de París. *Actualidad Económica*, 31(105), 23–36. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/acteconomica/article/view/36496>
- [9]Carpio, Claudio & Coviello, Manilo F. (2013). *Eficiencia Energética en América Latina y el Caribe: Avances Desafíos del Último Quinquenio*.
- [16]Castrillón Mendonza, R. del P., & González Hinestroza, A. J. (2018). *Metodología para la planificación energética a partir de la norma ISO 50001*. Editorial Universidad Autónoma de Occidente. <https://books.scielo.org/id/d56ks>
- [17]Cleves, J. D., Prias, O.F., & Torres, H.C. (2015). Modelo de normalización de indicadores de desempeño energético en implementación de Sistemas de Gestión de Energía. Caso de estudio: Sector Textil. (*Energética*), (46), 65-71.
- [29]Crespo, G., Monteagudo, J.P., Montesino, M., Cruz, I., & Cabrera, J.L. (2019). La gestión energética en la fabricación de piensos balanceados en Cienfuegos. *Universidad y Sociedad*, 11(19), 249-256.

- [23]Correa Soto, J., Borroto Nordelo, A. E., Alpha Bah, M., González Álvarez, R., Curbelo Martínez, M., & Díaz Rodríguez, A. M. (2014). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011. *Ingeniería Energética*, 35(1), 38–47.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S181559012014000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S181559012014000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- [15]Cuba. Oficina Nacional de Normalización. (2019). *Normas Cubana ISO 50001:2019. Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso*. NC.  
<http://catalogo.cgdc.cu/home/cuban-norm/69870>
- [4]García Luna, N. (2022). 8 datos sobre producción y consumo de energía mundial. *El Economista*, (1) <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/8-datos-sobre-produccion-y-consumo-de-energia-mundial-20170327-0126.html>
- [8]Geller, H., Harrington, Philip y Rosenfeld, Arthur H., (2006). Policies for increasing energy efficiency: Thirty years of experience in OECD countries. (*Energy Policy*), 34, 556-573.
- [12]Green, R. S. (2021). *¿Por qué implementar ISO 50001 en tu organización?* Sky Green.  
<https://skygreen.com.mx/2021/11/10/por-que-implementar-la-norma-iso-50001-en-tu-organizacion/>
- [24]Informe de gestión 2017-2019, (2021). *OLADE. Participación de OLADE en el COP27, resaltó la apuesta a la renovabilidad*.  
<https://www.olade.org/publicaciones/informe-de-gestion-2017-2019/>
- [14]Lapido, M. (2011). *Fortalezas para la Implementación de la ISO50001 en Cuba. I Seminario de Gestión Energética ISO 500001*. Sao Paulo, Brasil.

- [1]Lapido Rodríguez, M., Gómez Sarduy, J.R., & Monteagudo Yáñez, J.P. (2014). Participación de la Universidad en la mejora de la eficiencia energética del sector productivo cubano. *Universidad y Sociedad*, 6 (2). pp. 5-12.
- [13]Lapido Rodríguez, M., Gómez Sarduy, J.R., & Monteagudo Yáñez, J.P. (2014). Participación de la Universidad en la mejora de la eficiencia energética del sector productivo cubano. (*Universidad y Sociedad*), 6 (2), pp. 5-12. <http://rus.ucf.edu.cu/>
- [5]Macías, Galán, E. (2005). Red de Políticas de Energía Renovable para el siglo XXI. Renewables Global Status Report (REN21), Publicado en [www.ren21.net/gsr](http://www.ren21.net/gsr).
- [28]Mendoza, R. D. P. C. (2021). *Herramientas de gestión energética para el desarrollo sostenible en edificios aplicado a un campus universitario en Colombia*. [Universidad de Valladolid]. <http://purl.org/dc/dcmitype/Text-https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=299469>
- [10]Norma Cubana ISO 50001:2011, (2011). *Sistema de Gestión de la Energía-Requisitos con Orientación para su uso ISO 50001: 2011*.
- [11]Norma Cubana ISO 50001:2022, (2022). *¿Qué es y para qué sirve? Watiofy*. <https://watiofy.com/info/blog/iso-50001-que-es-y-para-que-sirve/>
- [19]Panorama energético de América Latina y el Caribe (2020). *OLADE*. <https://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2020/>
- [20]Panorama energético de América Latina y el Caribe (2021). *OLADE*. <https://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2021/>
- [25]Pérez González, J. C. (2016). *Implementación de la etapa de planificación energética basado en la NC-ISO 50001 del 2011 en el Centro de Instrucción Provincial Protesta de Jarao*. [Thesis, Facultad de Ingeniería Eléctrica. Departamento de

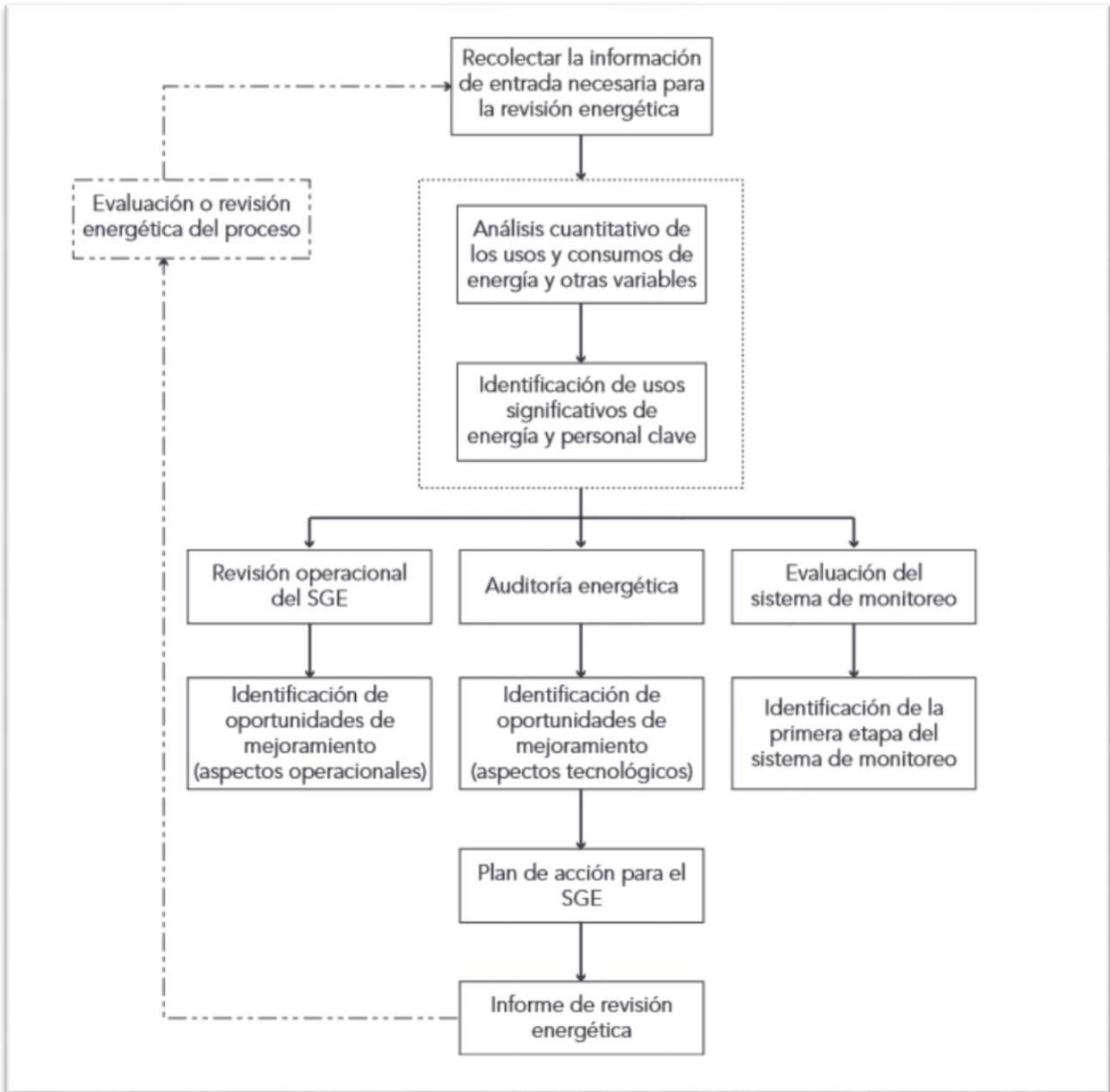
Electroenergética]. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

<http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/6518>

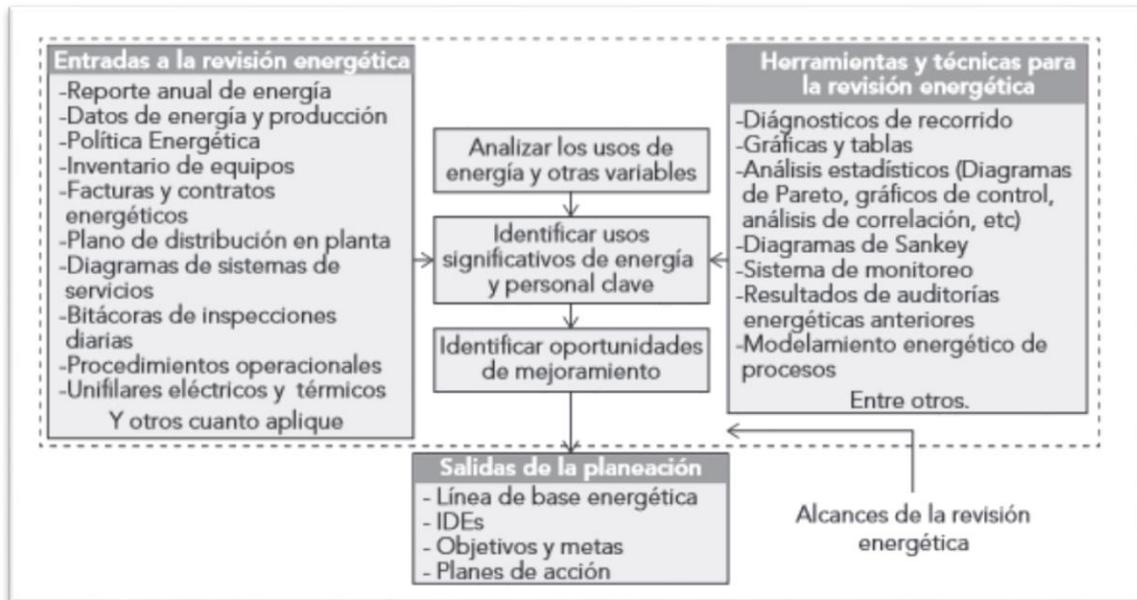
- [3] PINILLA, RODRÍGUEZ, J.A., (2022). El Problema Energético Mundial. Energías Renovables Y Cambio Climático. *Revista Energy Management*, (1), <https://E-Management.Mx/2019/11/16/El-Problema-Energetico-Mundial-Energias-Renovables-Y-Cambio-Climatico/>
- [21] Precios de la energía en América Latina y el Caribe, (2020). *OLADE, Informe anual*. <https://www.olade.org/publicaciones/precios-de-la-energ%ef%bf%bd-a-en-america-latina-y-el-caribe-informe-anual-marzo-2020/>
- [22] Precios de la energía en América Latina y el Caribe, (2021). *OLADE. Informe anual abril 2021*. <https://www.olade.org/publicaciones/precios-de-la-energia-en-america-latina-y-el-caribe-informe-anual-abril-2021/>
- [26] Research on energy efficiency, CO2 emissions, energy consumption, forecast. (2022). *Global Energy Trends. World Energy Statistics*. <https://www.enerdata.net/>

**Anexos:**

**Anexo 1:** Procedimiento para la revisión energética



**Anexo 2:** Alcance de la revisión energética.



**Anexo 3:** Técnicas y herramientas para la planificación energética.



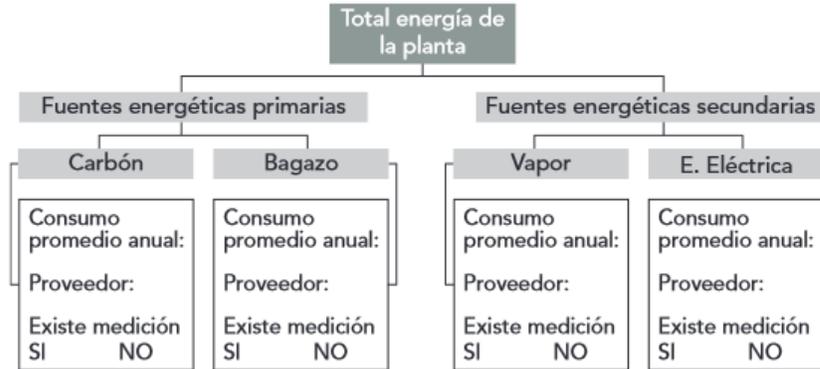
**Anexo 4:** Formato de información requerida para la elaboración de una matriz energética.

Fuente del energético	Tipo de energético		Consumo anual	PCS	Consumo anual equivalente	% Representación en la matriz
Energía primaria	No Renovable	Carbón				
		Petróleo				
		Gas Natural				
		Otro:				
	Renovable	Solar				
		Eólica				
		Biomasa				
		Otros renovables				
Total consumo energía primaria						
Energía secundaria		Energía Eléctrica				
		Vapor				
		Diésel				
		Gasolina				
		Biogás				
		Otro:				
Total consumo energía secundaria						

**Anexo 5:** Formato para realizar un censo de carga.

Formato de censo de carga					
Fecha: _____					
Responsable: _____					
Área	Equipo/ instalación	Cantidad	Potencia de placa [kW]	Tiempo de uso mes [h]	Energía consumida [kWh/mes]

**Anexo 6:** Diagrama de flujo de las fuentes energéticas.



**Anexo 7:** Censo de carga del área de Movimientos de Crudo y Productos

Área	Equipo/Instalacion	Cantidad	Potencia	Tiempo de uso (h)	Energia Consumida (MWh)	Tipo de Producto	Total consumo por área
<i>Crudo</i>	P-14-1002	1	45	653	29.385	Oscuro	1966.395
	P-14-1002/A	1	55	2986	164.23	Oscuro	
	P-14-1001	1	200	251	50.2	Oscuro	
	P-14-1001/A	1	200	749	149.8	Oscuro	
	P-14-1001/B	1	220	7149	1572.78	Oscuro	
<i>Intermedio</i>	P-51-1005/A	1	40	4361	174.44	Claro	1026.242
	P-51-1005	1	40	178	7.12	Claro	
	P-51-1007/A	1	13	122	1.586	Claro	
	P-51-1007	1	13	120	1.56	Claro	
	P-51-1008/A	1	17	2126	36.142	Claro	
	P-51-1008	1	17	532	9.044	Claro	
	P-51-1010/A	1	40	1609	64.36	Claro	
	P-51-1010	1	40	1798	71.92	Claro	
	P-51-1006/A	1	40	1022	40.88	Claro	
	P-51-1006	1	40	173	6.92	Claro	
	P-51-1011/A	1	13	180	2.34	Claro	
	P-51-1011	1	13	325	4.225	Claro	
	P-51-1009	1	10	431	4.31	Claro	

	P-56-1051	1	75	4583	343.725	Oscuro	
	P-56-1051/A	1	42	6135	257.67	Oscuro	
<i>Terminado</i>	P-11/1-1030/1	1	200	302	60.4	Oscuro	5277.51
	P-11/1-1030/3	1	200	611	122.2	Oscuro	
	P-11/1-1030/4	1	200	2869	573.8	Oscuro	
	P-11/1-1030/5	1	150	220	33	Oscuro	
	P-11/1-1030/6	1	200	2606	521.2	Oscuro	
	P-11/1-1032/1	1	250	7156	1789	Oscuro	
	P-11/1-1032/2	1	250	7256	1814	Oscuro	
	P-11/1-1031	1	55	191	10.505	Oscuro	
	P-11/1-1028	1	250	63	15.75	Claro	
	P-11/1-1028/1	1	250	20	5	Claro	
	P-11/1-1026	1	250	24	6	Claro	
	P-11/1-1027	1	30	2658	79.74	Claro	
	P-11/1-1027/1	1	30	2145	64.35	Claro	
	P-11/1-1029	1	30	13	0.39	Claro	
	P-11/1-1053	1	55	32	1.76	Claro	
	P-11/1-1053/1	1	55	43	2.365	Claro	
	P-11/2-1023/A	1	55	828	45.54	Claro	
	P-11/2-1023/1	1	55	820	45.1	Claro	
	P-11/2-1022/1	1	250	192	48	Claro	
	P-11/2-1022	1	250	60	15	Claro	
P-11/2-1021/1	1	250	18	4.5	Claro		
P-11/2-1025/1	1	55	362	19.91	Claro		

**Anexo 8:** Identificación del personal que afecta el consumo de energía

<b>Nombre de USEn</b>	<b>Principales consumidores</b>	<b>¿Cuáles son las principales variables?</b>	<b>MWh en el año</b>	<b>% de uso general</b>	<b>¿Quién influye en el uso de la energía?</b>	<b>IDEn</b>
<b>Terminado</b>	<i>P-11/1-1032/2</i>	<i>m3 de Fuel-oil entregadas</i>	<i>1814</i>	<i>21.824</i>	<i>Operador, personal de Mtto. Especialista Energético</i>	<i>MWh/m3</i>

	<i>P-11/1-1032/1</i>	<i>m3 de Fuel-oil entregadas</i>	<i>1789</i>	<i>21.523</i>	<i>Operador, personal de Mtto. Especialista Energético</i>	<i>MWh/m3</i>
	<i>P-11/1-1030/4</i>	<i>m3 de Fuel-oil entregadas</i>	<i>573.8</i>	<i>6.903</i>	<i>Operador, personal de Mtto. Especialista Energético</i>	<i>MWh/m3</i>
	<i>P-11/1-1030/6</i>	<i>m3 de Fuel-oil entregadas</i>	<i>521.2</i>	<i>6.270</i>	<i>Operador, personal de Mtto. Especialista Energético</i>	<i>MWh/m3</i>
	<i>P-11/1-1030/3</i>	<i>m3 de Fuel-oil entregadas</i>	<i>122.2</i>	<i>1.470</i>	<i>Operador, personal de Mtto. Especialista Energético</i>	<i>MWh/m3</i>
<b>Intermedio</b>	<i>P-56-1051</i>	<i>Toneladas de Producción</i>	<i>343.725</i>	<i>4.135</i>	<i>Operador, personal de Mtto. Especialista Energético</i>	<i>MWh/m3</i>
	<i>P-56-1051/A</i>	<i>Toneladas de Producción</i>	<i>257.67</i>	<i>3.100</i>	<i>Operador, personal de Mtto. Especialista Energético</i>	<i>MWh/m3</i>

	P-51-1005/A	Toneladas de Gasolina producida	174.44	2.099	Operador, personal de Mtto. Especialista Energético	MWh/m3
Crudo	P-14-1001/B	Toneladas de Producción	1572.78	18.922	Operador, personal de Mtto. Especialista Energético	MWh/m3
	P-14-1002/A	Toneladas de Producción	164.23	1.976	Operador, personal de Mtto. Especialista Energético	MWh/m3
	P-14-1001/A	Toneladas de Producción	149.8	1.802	Operador, personal de Mtto. Especialista Energético	MWh/m3