

*Universidad de Matanzas sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas*



**HERRAMIENTAS PARA EL SISTEMA DE GESTIÓN
ENERGÉTICA EN LA EMPRESA CENTRAL DE EQUIPOS
UEB CUBIZA**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor:Pablo Guerra Delgado

Matanzas, 2020

*Universidad de Matanzas sede “Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ciencias Técnicas*



**HERRAMIENTAS PARA EL SISTEMA DE GESTIÓN
ENERGÉTICA EN LA EMPRESA CENTRAL DE EQUIPOS
UEB CUBIZA**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor: Pablo Guerra Delgado

Tutor: Dr.C. Roberto Vizcón Toledo

Matanzas, 2020

PENSAMIENTO

... ``Digo universidad y me parece una palabra extraña hablar de claustro, de estudiantes universitarios, porque empiezo a pensar en términos de todo un pueblo convertido en estudiante universitario'' ...

Fidel Castro Ruz

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Pablo Guerra Delgado declaro que soy el único autor de este Trabajo de Diploma que lleva por título: Aplicación del Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la Empresa Central de Equipos UEB CUBIZA, y en calidad de tal, cedo los derechos de propiedad intelectual de este trabajo a la Universidad de Matanzas, autorizando su consulta a estudiantes, profesionales o cualquier persona en general que lo necesite.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi mamá y papá que han sido y siguen siendo el pilar fundamental en toda mi vida, enseñándome desde pequeño con disciplina y cariño, ayudándome en los momentos más difíciles con su moral inquebrantable y siendo sin lugar a dudas un ejemplo en valores y dedicación.

A mi novia y todos mis amigos que me han acompañado a lo largo de estos años, ya que me han guiado y ayudado siempre a tomar la mejor decisión.

A mis compañeros de aula, que en el transcurso de esos cinco años hemos hecho buen equipo y una hermosa amistad.

A mi tutor Roberto Vizcón por el apoyo brindado durante la realización de esta investigación.

Gracias a todos los profesores que, a lo largo de la carrera, han logrado con sus enseñanzas que llegue a este peldaño para culminar mi carrera profesional para así hacerlos sentir orgullosos de esta persona que los estima.

RESUMEN

La eficiencia energética constituye un punto importante para la sostenibilidad de las empresas cubanas. Con el propósito de construir un Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía en la UEB CUBIZA, en el presente trabajo se analizó la actual situación del sector de la energía durante el período de enero a diciembre de 2019, donde se determinaron los portadores energéticos fundamentales (combustible, electricidad, aceites lubricantes y grasas). Para la observación y análisis de los datos se utilizaron gráficos de control, diagrama energético-productivo, gráficos de consumo y producción en el tiempo, diagrama de Pareto, entre otros, donde se tomó como variable independiente los meses del año, y como variable dependiente los consumos de combustible, aceites lubricantes y grasas, electricidad, producción y gastos (estos últimos en moneda nacional). Se determinaron los vehículos máximos consumidores de combustible y también se calculó: la línea de base energética de cada consumo, la intensidad y eficiencia energética, la productividad termoeconómica y su aprovechamiento. Se realizan propuestas para la utilización de fuentes renovables de energía.

Palabras claves: eficiencia energética; energía; portadores energéticos; combustible; electricidad

ABSTRACT

Energy efficiency is an important point for the sustainability of Cuban companies. In order to build a Total Efficient Energy Management System in the UEB CUBIZA, this work analyzed the current situation of the energy sector during the period from January to December 2019, where the fundamental energy carriers were determined (fuel, electricity, lubricating oils and greases). For the observation and analysis of the data, control charts, energy-productive diagram, consumption and production time graphs, Pareto diagram, among others, were used, where the months of the year were taken as an independent variable, and the dependent variable the consumption of fuel, lubricating oils and greases, electricity, production and expenses (the latter in national currency). The maximum fuel-consuming vehicles were determined and also were calculated: the energetic base line, the intensity and energy efficiency, the thermoeconomic productivity and his efficacy. There were carried out proposal to use renewable energy sources.

Key words: *energy efficiency; energy; energy carriers; fuel; electricity*

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica	5
1.1 Panorama actual de la energía a nivel mundial	5
1.2 Eficiencia energética	6
1.2.1 Eficiencia energética en América Latina y El Caribe.....	7
1.2.2 La eficiencia energética en Cuba. Su Revolución energética y fuentes renovables de energía.	8
1.2.3 Eficiencia energética en el sector del transporte. Grúas e izaje de cargas	14
1.3 Intensidad energética	16
1.4 Gestión energética.....	17
1.4.1 Objetivos de la gestión energética.....	18
1.4.2 Sistema de gestión energética	18
1.4.3 Etapas en la implementación de un sistema de gestión energética	19
1.4.4 Indicadores de gestión energética	20
1.4.5 Gestión energética en Cuba.....	21
1.5 Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía	23
1.6 Análisis técnico económico y ambiental.....	26
1.7 Conclusiones parciales del capítulo 1	27
Capítulo 2 Materiales y métodos	29
2.1 Propuesta de metodología de trabajo para aplicar la GTEE en la UEB CUBIZA de Matanzas	29
2.1.1 Organización y Dirección de la Tarea que se desea realizar en el Centro.	29
2.1.2 Caracterización de la Gestión Energética en el Centro	29
2.1.3 Estructura de Consumos de los portadores energéticos. Costo que representa....	30
2.1.4 Determinación de los Puestos Claves	32
2.1.5 Establecimiento de índices de consumo a nivel de Centro y de Puestos Claves .	35
2.1.6 Identificación de los operarios y jefes de los Puestos Claves que deciden en la eficiencia energética.....	35
2.1.7 Constitución del Consejo Energético del Centro	36
2.1.8 Perfeccionamiento del método de examen de la eficiencia energética en el Consejo de Dirección.....	37
2.1.9 Realización de un diagnóstico energético preliminar	37
2.1.10 Realización de una estadística energética interna del centro para el control y dirección de la Tarea. Criterios de medida definidos	38
2.1.11 Realización de un Diagnóstico Energético Profundo. Ampliación y profundización del banco de problemas energéticos	39
2.1.12 Implementación de un sistema efectivo de monitoreo y control energético a nivel de Centro y Puestos Claves.....	40
2.1.13 Elaboración y desarrollo de un programa de concientización para todo el personal; y de motivación y capacitación especializada para el personal que labora en los Puestos Claves	41
2.1.14 Desarrollo del seguimiento y evaluación del avance, resultados e impactos alcanzados	42
2.2 Herramientas para establecer un sistema de gestión total eficiente de la energía ...	42

2.2.1 Gráfico de consumo de energía (E) y producción (P) en el tiempo (E – P vs. T)	42
2.2.2 Diagrama de Pareto	43
2.2.3 Diagrama Energético-Productivo.....	44
2.2.4 Diagramas de Dispersión y Correlación	44
2.2.5 Estratificación	45
2.2.6 Gráficos de Control	45
2.2.7 Diagrama índice de consumo (IC) vs. producción (P).....	47
2.2.8 Gráfico de tendencia o de sumas acumulativas (CUSUM).....	49
2.3 Los índices de desempeño energético principales para su seguimiento y control a partir de implementar el GTEE en la entidad objeto de estudio	50
2.4 Banco de problemas del movimiento del Fórum en la UEB CUBIZA.....	51
2.5 Plan de mejora continua para la gestión energética de la entidad.....	51
2.6 Propuesta de sistema energético complementario con fuente renovable de energía	51
2.7 Análisis técnico económico y ambiental de las propuestas de mejoras de la eficiencia energética.....	52
2.8 Conclusiones parciales del capítulo 2	52
Capítulo 3 Análisis de los Resultados.....	54
3.1 Gráficos de control de los gastos de portadores energéticos	54
3.2 Diagrama de Pareto para los consumos de portadores energéticos	57
3.3 Intensidad energética y Eficiencia energética de la entidad	58
3.4 Gráfico de control Intensidad energética vs. Producción	60
3.5 Gráfico de control de la producción mercantil (P).....	61
3.6 Productividad termoeconómica y su coeficiente de aprovechamiento	62
3.7 Propuesta de sistema energético para generación de energía eléctrica mediante Paneles Fotovoltaicos.....	64
3.8 Estimación económica del daño ambiental por el uso de combustibles fósiles en la UEB CUBIZA.....	66
Conclusiones	67
Recomendaciones	69
Referencias Bibliográficas	70
Anexos	73

INTRODUCCIÓN

La energía es un elemento esencial para el desarrollo económico y humano. Cualquier nación que persiga bienestar y progreso necesitará tomar como prioridad la adecuada obtención, desarrollo y uso sostenible de fuentes energéticas para todos sus ciudadanos.

El suministro energético a nivel internacional es una de las mayores preocupaciones de los países alrededor del mundo, ya que deben garantizar el acceso a las fuentes energéticas a todos los sectores consumidores que aportan de manera activa y pasiva a las economías nacionales. Para garantizar el abastecimiento de las necesidades energéticas, los países realizan grandes inversiones en tecnologías, capital humano e infraestructura con la intención de fortalecer las instituciones públicas y privadas en su desempeño dentro del mercado energético mundial (WORLD ENERGY COUNCIL, 2016).

De acuerdo a la Agencia Internacional de Energía (Internacional energy agency (IEA), 2016), la eficiencia energética es la forma más rápida y más barata de alcanzar la seguridad energética, además de afrontar los desafíos medioambientales y económicos de países en vías de desarrollo.

El ahorro de cualquier forma de energía y su uso racional inevitablemente presupone la aplicación y control de un programa planificado para ese fin, pero dicho programa no se elabora de forma empírica, sino a partir de métodos o procedimientos técnicamente fundamentados, es decir, que debe estar sustentado por los diagnósticos energéticos que permitan identificar, en cada lugar que se apliquen, la eficiencia y la responsabilidad con que es utilizada la energía de cualquier tipo.

La gestión energética o administración de la energía (Borroto, 2002), tiene como objetivo central lograr la mayor reducción posible en los consumos energéticos, sin afectar los servicios energéticos, utilizando la tecnología disponible en la entidad e implementando las modificaciones e inversiones necesarias.

Para el éxito de un programa de ahorro de energía resulta imprescindible el compromiso de la alta dirección de la institución. Este compromiso implica la definición de

organización estructural para su implementación, el establecimiento de metas, el comprometer los recursos humanos y financieros necesarios, así como la difusión y apoyo sistemático al programa.

Lo más importante para lograr la eficiencia energética de una empresa (Centro de recursos ambientales , 2007) no es solo que se tenga un plan de ahorro de energía, sino que exista un sistema de gestión energética que garantice que ese plan sea renovado cada vez que sea necesario, que involucre a todos, que eleve cada vez más la capacidad de los trabajadores y directivos para generar y alcanzar nuevas metas en este campo, que desarrolle nuevos hábitos de producción y consumo en función de la eficiencia, que consolide los hábitos de control y autocontrol y en general que integre las acciones del proceso productivo o de servicios que se realizan.

Cuba es uno de los países limitados, en cuanto a la accesibilidad a recursos financieros y baja capacidad de inversión a partir de capital extranjero, por esto es necesario garantizar producciones futuras con un consumo mínimo de portadores energéticos, así como establecer la eficiencia energética como una vía para el crecimiento de la economía nacional.

En este trabajo se presentan los elementos fundamentales de las tecnologías modernas de la gestión de la energía para la evaluación, el diagnóstico, la organización, la ejecución y la supervisión de la gestión que se realiza en las empresas para reducir sus costos energéticos y elevar su competitividad.

La Gestión Total Eficiente de la Energía (GTEE) tiene como objetivo central crear en las empresas y unidades presupuestadas las capacidades técnico-organizativas propias para administrar eficientemente la energía, posibilitando el mejoramiento continuo de la eficiencia, la reducción de los costos energéticos y del impacto ambiental asociado al uso de la energía (Borroto, 2002).

Muchas empresas del país no cuentan con un sistema de gestión energética que les permita identificar, controlar y valorar los principales indicadores energéticos que afectan

la producción, entre ellas la Empresa Central de Equipos UEB CUBIZA que es objeto de estudio de este trabajo.

Lo anterior planteado nos ubica en nuestro **Problema Científico:** En la UEB CUBIZA no existe un estudio previo que permita evaluar aspectos técnicos y económicos para determinar el nivel de administración y uso racional de la energía.

Se define como **Hipótesis del Trabajo:** Utilizando las herramientas para la gestión energética es posible precisar el nivel de administración de la energía en la UEB CUBIZA.

Se propone como **Objetivo General:** Implementar en la Empresa Central de Equipos UEB CUBIZA un sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía para reducir los costos energéticos por la ruta del incremento de la Eficiencia Energética.

Objetivos Específicos:

1. Conformar el marco teórico referencial a partir de la información acerca de las posibilidades de la aplicación de la Gestión Total Eficiente de la Energía particularizando el sector izaje, cargas y transporte
2. Identificar los equipos y procesos mayores consumidores de energía donde se concentre la atención para reducir los consumos y los costos
3. Determinar los indicadores de consumo y uso de la energía a partir de la aplicación de las herramientas para la gestión energética
4. Definir los índices de desempeño energético principales y sus líneas de base energética para su seguimiento y control a partir de implementar el GTEE en la entidad objeto de este estudio.
5. Proponer un nuevo tipo de indicador de desempeño energético, Productividad termoeconómica, de carácter general y aplicado a la UEB CUBIZA.
6. Actualizar el banco de problemas del movimiento del Fórum

7. Proponer un plan de mejora continua para la gestión energética de la entidad que incluya una propuesta para la utilización de fuentes renovables de energía.

CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El presente capítulo tiene como objetivo, realizar el análisis y revisión bibliográfica con relación al estado actual de la energía en el Mundo, América Latina y el Caribe y Cuba. También se citan fundamentos teóricos que deben tratarse al realizar un estudio de la aplicación de la Tecnología de la Gestión Total Eficiente de la Energía.

1.1 Panorama actual de la energía a nivel mundial

A nivel mundial, en los últimos 40 años, el consumo y la producción energética se han duplicado. Los factores determinantes de este aumento son, entre otros, el crecimiento económico mundial, el incremento de la capacidad productiva de los países, el mayor tamaño del sector transporte y un aumento de la población mundial (ADEME, 2016).

El mundo está construyendo poco a poco un nuevo tipo de sistema energético, pero las grietas son visibles en los pilares fundamentales, los costes de las energías solar fotovoltaica y eólica siguen cayendo, en contraste, los precios del petróleo ascendieron por encima de los 80 \$/barril en 2018, por primera vez en cuatro años; y las reformas de los subsidios al consumo de combustibles fósiles, logradas con gran esfuerzo, están en entredicho en algunos países. Subsisten riesgos para el suministro de petróleo y gas, como muestra el deterioro de la producción de Venezuela. Un octavo de la población mundial carece de acceso a la electricidad y están saliendo a la luz nuevos desafíos en el sector eléctrico, desde la flexibilidad del sistema hasta la ciberseguridad. Tras tres años de estabilización, las emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía aumentaron un 1,6% en 2017 y los primeros datos sugieren que el crecimiento continúa en 2018, lejos de una trayectoria alineada con los objetivos climáticos. La contaminación del aire relacionada con la energía sigue provocando millones de muertes prematuras cada año (WEC. IEA, 2018).

La situación actual de la energía en el mundo se ejemplifica con los datos que a continuación se muestran (Pinto, 2011):

1. El gasto energético per cápita promedio mundial es equivalente a un consumo de 5 litros de petróleo al día. Más del 70% del gasto energético mundial ocurre en los países industrializados.
2. El consumo mundial de combustibles ha crecido 10 veces en los últimos cien años.
3. Unos 2 mil millones de personas no tienen acceso a una fuente fiable de electricidad.
4. EEUU, con apenas el 4.5 por ciento de la población mundial, produce casi el 25% de las emisiones mundiales de CO₂.
5. Asumiendo que la demanda de energía en países en desarrollo crece un 2,6% por año, su consumo total de energía podría doblar el nivel de consumo total de los países industrializados el 2050.

1.2 Eficiencia energética

La Eficiencia Energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort y calidad de vida, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su uso (Patterson, 1996).

Es la fuente de energía más barata, ya que generalmente la inversión principal para obtenerla está hecha, es el equipo, el sistema o la tecnología donde se producen las pérdidas. El problema fundamental para explotarla lo constituye la determinación del lugar donde éstas se producen, su evaluación en cantidad y calidad, la identificación de las causas que la producen, las vías que conducen a su reducción o eliminación, la evaluación del costo-beneficio de cada una de esas vías, el seguimiento de la aplicación de la decisión adoptada y su control, así como la evaluación técnico-económica final del proceso. Para cada uno de estos elementos, imprescindibles para lograr y hacer permanente los avances en eficiencia energética, existen tecnologías bien definidas y que se desarrollan y perfeccionan con el desarrollo científico-técnico. La violación o realización inadecuada o incompleta de alguno de estos pasos puede llevar a una

explotación ineficiente de la fuente y el desaprovechamiento de potenciales (Avella, et al., 2015).

La eficiencia energética en la producción, distribución y uso de la energía, es una de las principales áreas de oportunidad para reducir costos, proteger el medio ambiente e incrementar la competitividad de las empresas. Eficiencia energética en el ámbito empresarial, esto implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos de calidad establecidos por el cliente, con los menores consumos y costos energéticos posibles, y la menor contaminación ambiental por este concepto (Borroto, 2006).

Evitar el consumo innecesario de energía, o elegir el equipo más adecuado para reducir el costo de la misma, contribuye a disminuir el consumo individual de esta sin disminuir el bienestar individual; también contribuye a aumentar la eficiencia energética total de la economía nacional (Borroto & Monteagudo, 2006).

En Cuba la Comisión Nacional de Energía consideró que por esta vía, con inversiones menores y de rápida recuperación (menos de 1,5 años) se lograría un ahorro anual del 5% del consumo del país. Más del 45% de este ahorro se obtendría en el sector industrial, el 40% en los sectores residencial y de servicios, y en el transporte casi un 10% (Avella, et al., 2015).

1.2.1 Eficiencia energética en América Latina y El Caribe

Actualmente, las políticas e incentivos para la eficiencia energética y los programas de gestión con un alto porcentaje de energías renovables siguen siendo uno de nuestros retos. Esto implica la necesidad de enfoques innovadores, la aplicación de nuevos modelos comerciales y la incorporación de los últimos avances en tecnología. En los países de América Latina y el Caribe (Organización latinoamericana de la energía (OLADE), 2007) , los monitores de desempeño que permiten cuantificar los avances de los programas nacionales de eficiencia energética han sido insuficientes; en consecuencia, se viene priorizando incorporar programas de gestión de ahorro y eficiencia energética, decisiones de inversión y financiación como responsabilidad social corporativa.

En la actualidad, América Latina importa más del 60 % de los energéticos que se consumen como energía primaria, los cuales provienen de los combustibles fósiles. Esto provoca que tengamos una matriz inestable, sensible a la volatilidad de los mercados externos y, sobre todo, vulnerable a una crisis económica y social de gran envergadura debido a la posible interrupción que pudiese sufrir el flujo de estos combustibles. Por otro lado, se cuenta con una matriz eléctrica cara y poco diversificada, tanto en fuentes de generación (ya que funciona básicamente con termo e hidroeléctricas) como también concentrada en términos de propiedad. Por otra parte, esta matriz crecientemente ha integrado más termoeléctricas, generadora de emisiones de CO₂, uno de los gases causante del calentamiento global (Abas, et al., 2015).

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 implementados exitosos programas en esta área, la gran mayoría de los países avanzan más lentamente. Desde hace ya algunos años en casi toda América Latina y el Caribe 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 (Blanco, et al., 2017).

Internacionalmente se evalúa una adecuada política energética a partir de si se cumplen las indicaciones que expresa la Norma ISO 50001 sobre sistemas de gestión de la energía (Standards, C. N. B. , 2011). Ya se realizan trabajos en Cuba al respecto (Rizo, 2016).

1.2.2 La eficiencia energética en Cuba. Su Revolución energética y fuentes renovables de energía.

En la actualidad el control de la eficiencia energética empresarial se efectúa fundamentalmente a través de índices de consumo al nivel empresarial, municipal y provincial. Sin embargo, en muchos casos estos índices no reflejan adecuadamente la eficiencia energética de la empresa, no se han estratificado hasta el nivel de áreas y

equipos mayores consumidores, y en ocasiones no se pone en el análisis de dichos índices el énfasis necesario. Promovido por el Movimiento del Fórum de Ciencia y Técnica, se trabaja en el ámbito empresarial por identificar y controlar los índices de eficiencia energética, la estructura de consumo y el banco de problemas energéticos, además de estimular la acción de trabajadores, técnicos, jefes y cuadros que más inciden en estos índices hacia el uso eficiente de la energía. Todo esto, sin lugar a dudas, ha dado frutos y resultados positivos, sin embargo, este movimiento no ha llegado con igual intensidad a todas las empresas y territorios, y no existe el mismo nivel de capacitación general para poder asimilarlo y aplicarlo. En el documento *“Ahorro y Eficiencia Energética”*, elaborado por el Departamento de Industria Básica del CC del PCC en Noviembre del 2001 (Dpto. de Industria Básica del CC del PCC, 2001), se señalan un grupo de insuficiencias en la gestión energética empresarial como los principales problemas que afectan un logro superior en la eficiencia energética y el ahorro en el país. Dentro de ellos se destacan:

1. Insuficiente análisis de los índices de eficiencia energética
2. Desconocimiento de la incidencia de cada portador energético en el consumo total
3. Falta de identificación de índices físicos y su ordenamiento por prioridad
4. Falta de identificación de los trabajadores que más inciden en el ahorro y la eficiencia energética
5. Insuficiente divulgación de las mejores experiencias
6. Insuficiencias en los sistemas de información estadística
7. Falta de apreciación de la eficiencia energética como una fuente de energía importante (PAEC, 2002).

La Revolución Energética en Cuba

En marzo del 2005, siete ineficientes plantas termoeléctricas de petróleo con un promedio de 25 años de explotación y consumos específico de combustible mayores de 300 g/kWh,

comenzaron a presentar paradas frecuentes en el horario pico de máxima demanda, como consecuencia de la falta de mantenimiento, la pobre calidad del combustible utilizado altamente corrosivo, y el mal estado de las redes eléctricas; esta situación empeoró por el impacto de dos poderosos huracanes que causaron grandes daños a las líneas de distribución y transmisión de alta potencia. Esto afectó importantes sectores de la economía, desencadenando una crisis energética (Guevara, 2008).

El 17 de enero del 2006, el gobierno cubano formuló una nueva iniciativa llamada la Revolución Energética, las metas principales incluyeron la rehabilitación de la red eléctrica nacional, la generalización de la generación distribuida con pequeñas plantas eléctricas (grupos electrógenos), sustituir las viejas e ineficientes plantas termoeléctricas de petróleo, la sustitución de los equipos electrodomésticos ineficientes por bombillos ahorradores, ventiladores, ollas eléctricas arroceras, bombas de agua, refrigeradores, el incremento de la exploración, producción y uso de los combustibles locales y el gas natural en plantas eléctricas de ciclo combinado, la modernización del parque auto motor y la rápida introducción de las tecnologías de energía renovables (Mayoral, 2007).

En el futuro, el principal desafío de la Revolución Energética será lograr el desarrollo energético sostenible, tomando en consideración la condición de país subdesarrollado, la persistencia del bloqueo económico, la pobre calidad del combustible nacional y los catastróficos efectos de los huracanes que cruzan el territorio cubano (Suárez, et al., 2011).

La revolución de la energía de Cuba generó un cambio sustancial en la forma como el país transforma y usa la energía. El objetivo fundamental de este proceso enfocaba a la transformación radical de los procesos de generación, distribución y consumo final de la electricidad, apuntando a la eficiencia energética como su principal herramienta (Coviello & Carpio, 2013).

Fuentes de energía renovable en Cuba

La búsqueda de nuevas fuentes de energía renovables se orienta hacia la obtención y explotación de nuevas fuentes de energía, sobre la base de recursos renovables y no contaminantes, atenuando y/o eliminando la dependencia al combustible fósil.

Según el Decreto Ley 345 “Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía” (Consejo de Estado de la República de Cuba, 2019), en su POR CUANTO: La Constitución de la República, en su artículo 27 dispone que el Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país, y reconoce la estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible, por lo que se requiere diversificar la estructura de los combustibles fósiles empleados e incrementar la eficiencia energética, así como la contribución de las fuentes renovables de energía, con el propósito de elevar su participación en la matriz de generación de energía eléctrica, hasta alcanzar una proporción no menor al 24 por ciento en el año 2030.

Este DL-345 establece en su CAPÍTULO I, Sección PRIMERA, artículo 1, inciso g) “el establecimiento en el sector estatal de un sistema de trabajo, que incluya la planificación de las tareas que posibilite el cumplimiento de los objetivos trazados”, además en su CAPÍTULO IV, artículo 21.1 “Las personas jurídicas estatales cuentan con un “Programa para el desarrollo, mantenimiento y sostenibilidad de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía”, con un alcance de cinco años, en lo sucesivo “Programa”, que responde a las directivas enunciadas en el artículo anterior, e incluye las metas que se proponen alcanzar, los recursos humanos y financieros necesarios, entre otros y un cronograma para su ejecución. Entonces las instituciones cubanas tienen, por Ley, que contar con un sistema de trabajo de dirección y con un programa conducente al uso incremental de las fuentes renovables de energía y el uso eficiente de la energía.

La energía renovable se agrupa en una serie de fuentes naturales que teóricamente no se agotan con el paso del tiempo, produciendo al mismo tiempo un impacto ambiental mínimo. Hasta el presente son cuatro las fuentes principales, que encierran mayores perspectivas en el ámbito de la economía cubana: energía solar, energía eólica, energía

gravitacional (hidráulica y de las mareas) y bioenergía (incluyendo la biomasa y los biocombustibles) (Nova, 2008).

La energía eólica o del viento es aprovechable mediante el uso de aéreo-generadores que la convierten en energía eléctrica, o bien transformando la misma en energía mecánica utilizando molinos de viento. Desde el punto de vista tecnológico estos sistemas son modulares y escalables, pudiéndose aprovechar desde pequeñas instalaciones, hasta instalaciones complejas de grandes dimensiones. La generación de esta energía no es continua, lo que obliga a utilizar mecanismos para transformar y acumular la misma, limitando con ello la capacidad y vida útil del equipamiento, encareciendo además el costo de inversión y el aprovechamiento de la capacidad potencial. Además es necesario instalar dispositivos para poder combinarlas con la corriente eléctrica alterna que utiliza el sistema electro-energético convencional (Torres, 2007).

En la Isla de la Juventud se construye un parque eólico experimental con un potencial de generación de 1,65 MW/h y otro en Gibara, provincia de Holguín con 5 MW/h, contribuyendo al ahorro de petróleo y aportando energía limpia a los habitantes de esas zonas. Además recientemente se realizó por la Academia de Ciencias de Cuba, el mapa Eólico donde se reflejan 32 zonas con potencialidades para el establecimiento de instalaciones generadoras (Conrado, 2007). Algunas evaluaciones realizadas estiman que para el 2030 que se podría satisfacer el 4,5% de la demanda total del país con esta energía y la fotovoltaica (Gómez, 2007).

Hasta la fecha el aprovechamiento de la energía solar en Cuba es aún limitado, vinculado principalmente con calentadores solares de uso doméstico y paneles fotovoltaicos dirigidos fundamentalmente a las telecomunicaciones, retransmisión de televisión, sistemas de iluminación de faros, electrificación de escuelas rurales y de servicios básicos sociales en comunidades aisladas del Sistema Electroenergético Nacional, sin vislumbrarse a corto y mediano plazo un desarrollo fuera de estas direcciones (Torres, 2007).

Las condiciones geográficas de Cuba, alargada y estrecha, y las pocas potencialidades hidráulicas, con cuencas de poco caudal, no ofrecen posibilidades para construir centrales

hidroeléctricas de mediana y gran capacidad, pero sin embargo en el largo plazo, las perspectivas energéticas con nuevas tecnologías para generar a partir de las salidas de presas, pudieran generar un potencial estimado de 550 MW (Sulroca, 2007).

La bioenergía [(Abas, et al., 2015); (Torres, 2007); (Gómez, 2007)] constituye para la economía cubana la vía con mayores potencialidades en el corto, mediano y largo plazo, por ser un país agrícola y contar con una agroindustria cañera que genera millones de toneladas anuales de subproductos, derivados y residuales con alta potencialidad de generación de energía, así como un sin número de otros residuos agrícolas y excretas de actividades agropecuarias, cuya descomposición mediante tratamientos adecuados facilita la producción de biogás con grandes posibilidades.

La eficiencia energética y las energías renovables por sí solas, hasta el 2050, pueden lograr entre 60% y 80% de reducción en las emisiones de gases que inciden en el calentamiento global. El problema principal es la reducción del consumo y derroche actual de la energía, para lo cual es necesario un cambio social que fomente el ahorro de energía (Castro, 2006).

Se conoce de la existencia de diferentes metodologías para dimensionar tecnologías energéticas renovables, entre las cuales se escoge el uso del software profesional HOMER (NREL, National Renewable energy laboratory, 2010) , su ambiente de trabajo digital se aprecia a continuación:

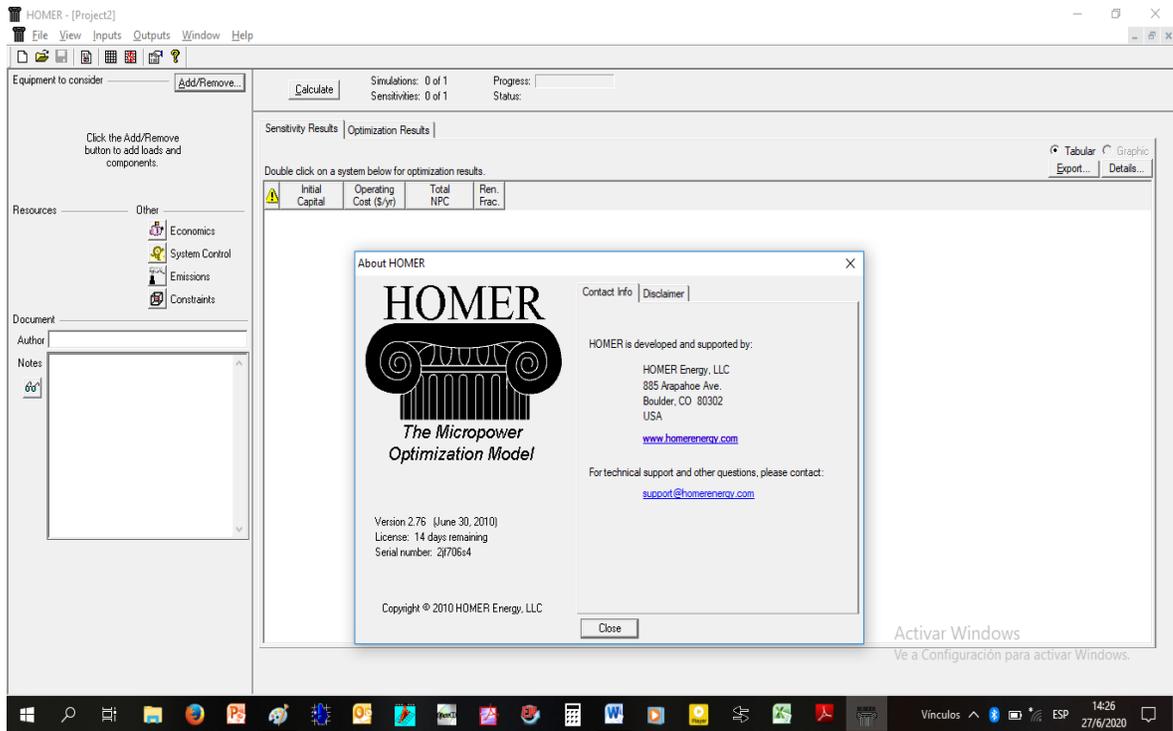


Figura 1. Ambiente de trabajo digital del software profesional HOMER. (Fuente (NREL, National Renewable energy laboratory, 2010))

1.2.3 Eficiencia energética en el sector del transporte. Grúas e izaje de cargas

El transporte es clave para el desarrollo económico. La movilidad no se trata sólo de automóviles, sino de infraestructuras, tecnologías de comunicación, acceso a energía y recursos, facilidad de comercialización. El sector del transporte no será sustentable si continúan las actuales tendencias. La demanda global de petróleo aumentaría un 60% para 2030, y un 75% de esta demanda será del sector transporte. Se espera que la actividad del transporte en el mundo sea más del doble para el año 2050, lo que hace prioritario el cambio de esta mega tendencia en el sector del transporte (AEMA, 2018).

A nivel internacional (ADEME, 2016) existen diferentes tendencias en las políticas de eficiencia energética en los vehículos. En países como Francia e Inglaterra se incentiva a los consumidores a elegir tecnologías eficientes con medidas relacionadas con el pago del derecho de circulación de acuerdo con el nivel de emisiones y ausencia de restricciones

de acceso a algunas áreas de la ciudad. En el caso de Chile, se ha tomado la decisión de gravar los vehículos más contaminantes.

En este sector existe un importante potencial de reducción de consumo ya sea por medio de la incorporación de tecnologías más eficientes, incorporación de pautas de conducción eficiente o por la sustitución y optimización de medios y modos de transporte (Agüero, et al., 2018).

A continuación se describen algunas líneas de trabajo para la Eficiencia Energética en el sector del transporte:

Dictado de cursos de capacitación en técnicas de manejo eficiente para conductores profesionales. Realizar la medición de los resultados en cuanto a la reducción en el consumo de combustibles y seguimiento de los conductores formados.

1. Reforzar la difusión de las técnicas de conducción eficiente hacia un público masivo.
2. Analizar con las intendencias y academias de conducir, la incorporación de las técnicas de conducción eficiente en los cursos que habilitan a la realización de las pruebas de obtención de la libreta de conducir.
3. Realizar caracterizaciones periódicas del parque vehicular que incluyan un relevamiento de consumos específicos y recorridos medios. Estas caracterizaciones proporcionarán la base que permitirá profundizar el conocimiento del sector.
4. Profundizar en el estudio del vínculo entre energía y transporte, buscando contar con un diseño de escenarios de penetración de tecnologías eficientes y fuentes en el sector transporte. Estos escenarios realimentarán las proyecciones de demanda en este sector.
5. Analizar los programas informáticos de gestión de flotas existentes y realizar charlas sobre el uso de los mismos con el objetivo de presentar los beneficios que estos brindan para la gestión eficiente.

6. Continuar realizando pruebas con vehículos de distintas tecnologías y en las distintas modalidades posibles para contar con la información actualizada para el diseño de políticas.

Las líneas de trabajo para uso eficiente del transporte automotor antes descritas son también válidas para las empresas de izaje que además basan sus índices de consumo energético de las grúas (CUBIZA, 2019) a partir de dos dimensiones básicas, estas son: la disponibilidad técnica del equipo como parte del tiempo total de contratación que estará en uso; y el índice de consumo del motor dado en litros/hora de trabajo de izaje y en litros/km recorrido.

1.3 Intensidad energética

La intensidad energética primaria (o intensidad energética total) provee un panorama general del desempeño de la eficiencia energética con base en la relación entre el consumo energético total del país y su producto interno bruto (PIB). La intensidad energética primaria mide cuánta energía requiere cada país o región para generar una unidad del PIB, es decir, este indicador expresa la relación general entre la utilización de la energía y el desarrollo económico. Por lo tanto, es más un indicador de “productividad energética” que un verdadero indicador de eficiencia desde un punto de vista técnico (American Council for an Energy-Efficient Economy, 2003).

La intensidad energética es un importante indicador que permite comparar la eficiencia energética entre países, aunque las diferencias observadas también incluyan otros factores no vinculados a la eficiencia energética tales como: las estructuras económicas, es decir, la contribución de los diferentes sectores al PIB, la matriz de generación eléctrica (térmica, nuclear y renovable), la importancia de otras transformaciones (como en el caso de Argentina, Bolivia, Ecuador o México con el sector de los hidrocarburos), el clima y estilos de vida y el desarrollo económico en general. La consolidación de estos indicadores permitiría tener una imagen más clara de las tendencias y los niveles de la eficiencia energética en los diferentes países latinoamericanos (Romero, 2018).

En Cuba, durante la década de los noventa se produce una tendencia generalizada a la disminución de la intensidad energética (Oficina nacional de estadísticas ONEI, 2018), basada en tres elementos: la sustitución de una gran parte del petróleo importado por el petróleo nacional, lo que provoca un efecto de gran impacto económico (el efecto de sustitución ha significado una reducción de la intensidad energética para la economía en su conjunto en más de un 15%); el crecimiento del sector de los servicios y del comercio; y por último, el efecto de las medidas y acciones de ahorro y uso eficiente de los recursos energéticos, que comienzan a ejecutarse desde 1997 (Borroto, 2006).

CONCEPTOS	2013	2014	2015	2016	2017
Uso de energía (equivalente en kilogramos de combustible convencional por 1 peso del PIB)	0,23	0,22	0,21	0,21	0,19
Renovabilidad de la oferta energética(%)	10,3	12,7	13,0	10,0	13,3
Renovabilidad del consumo energético (%)	9,8	11,5	12,3	9,5	13,1

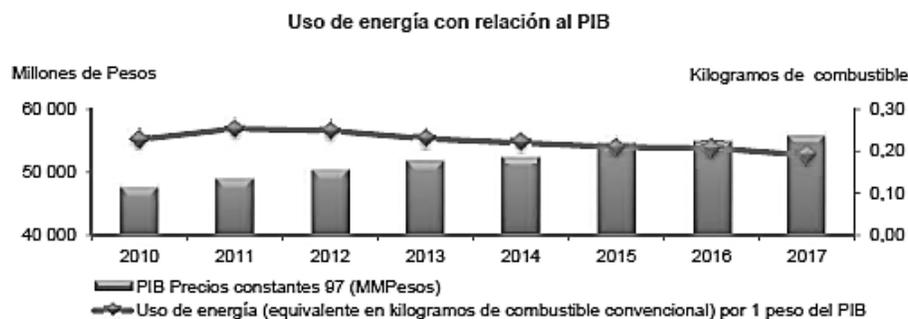


Figura 2. Intensidad energética en Cuba 2010/2017 (Fuente ONEI 2018)

1.4 Gestión energética

La gestión de la energía o gestión energética se centra en la optimización del uso de la energía teniendo como objetivo un uso racional y eficiente sin que disminuya el nivel de prestaciones. A través de la gestión energética, una organización puede detectar oportunidades de mejora en diversos aspectos como, la calidad y seguridad de los sistemas energéticos, identificando los puntos altos de consumo para implantar mejoras y así poder alcanzar niveles elevados de eficiencia energética (Laskurain, 2015).

Tal y como se subraya en [(Borroto, 2006), (Sánchez, 2019)] , los Sistema de Gestión Energética facilitan a las organizaciones el establecimiento de los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, aumentando su eficiencia energética y

reduciendo sus consumos. Además, los Sistema de Gestión Energética contribuyen a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, de los costos de energía y de otros impactos ambientales relacionados. Por otra parte, resulta muy importante que la organización realice un cambio cultural, siendo difícil de implementar si no existe una decisión estratégica de la empresa (Ministerio de Minas de Colombia, 2011).

1.4.1 Objetivos de la gestión energética

El objetivo fundamental de la gestión energética es la obtención de un rendimiento óptimo, minimizando costos sin detrimento de la calidad o cantidad de producción en cada uno de los procesos o servicios donde el uso de la energía es indispensable (Borroto, 2002). Los objetivos específicos son:

1. Obtener a corto plazo ahorro de energía que no requieran inversiones.
2. Lograr ahorros con inversiones rentables para las industrias u otros.
3. Optimizar la calidad de las energías disponibles (electricidad, petróleo, gas, carbón, solar etc.).
4. Reducir el consumo de energía sin disminuir la producción, e incluso tratar de aumentar esta.

1.4.2 Sistema de gestión energética

Un sistema de gestión energética se compone de: la estructura organizacional, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para su implementación. A continuación, mostramos en forma de diagrama de bloque el flujo de un sistema de gestión energética (Borroto, 2002).

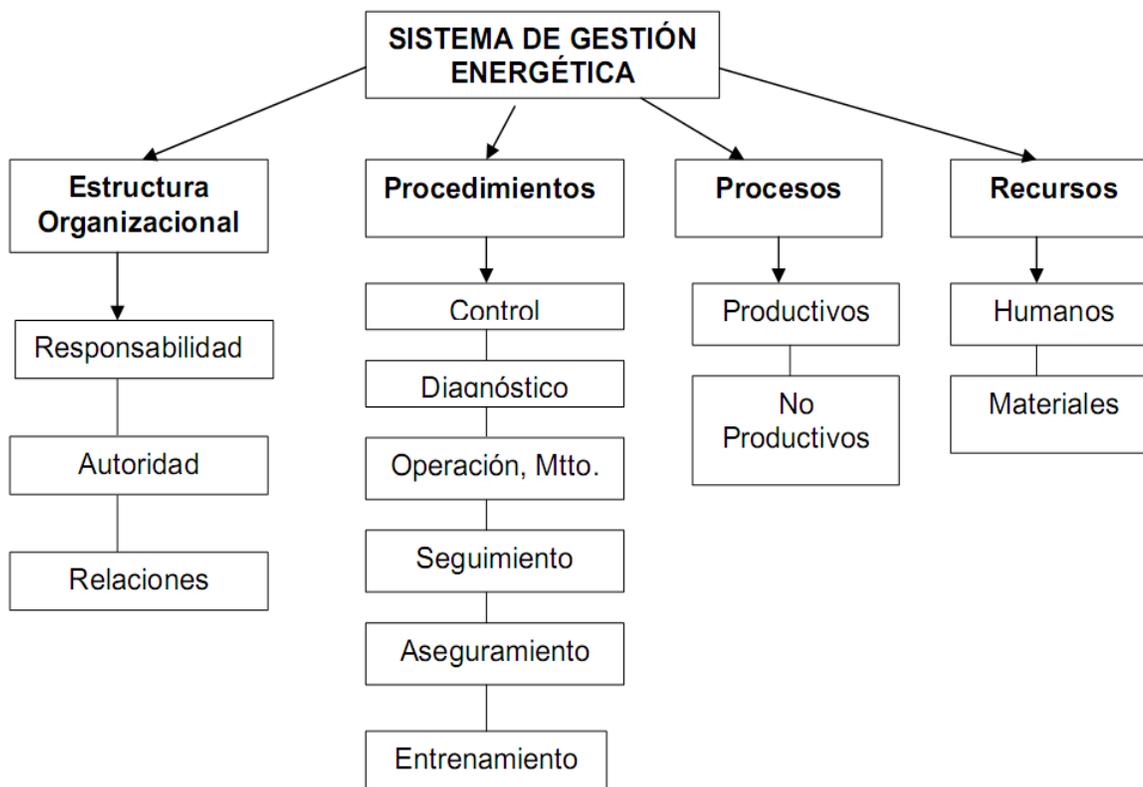


Figura 3. Estructura de un sistema de gestión energética. (Fuente (Boroto, 2005))

1.4.3 Etapas en la implementación de un sistema de gestión energética

En general, en todos los sistemas de gestión energética o de administración de energía se pueden identificar tres etapas fundamentales:

1. Análisis preliminar de los consumos energéticos.
2. Formulación de un programa de ahorro y uso racional de la energía (Planes de acción).
3. Establecimiento de un sistema de monitoreo y control energético.

Debe señalarse que en muchos casos la administración de energía se limita a un plan de medidas de ahorro de energía, no garantizándose el mejoramiento continuo. (Álvarez, 2006).

Actividades

1. Recopilación de información y datos.
2. Diagnóstico de recorrido en las instalaciones de la empresa.
3. Entrevistas a dirigentes, técnicos, operadores y obreros de la empresa.
4. Procesamiento de la información.
5. Elaboración del Informe Final de la Prueba de la Necesidad.

Análisis preliminar de los consumos energéticos

Para establecer un sistema de gestión energética, un primer paso es llevar a cabo un análisis de los consumos energéticos, caracterizar energéticamente la empresa y establecer una estrategia de arranque. Esta etapa tiene como objetivo esencial conocer si la empresa efectivamente se viese significativamente beneficiada si implantara un sistema de gestión energética que le permitiera abatir costos por sus consumos de energía, alcanzar una mayor protección ante los problemas de suministro de la energía, reducir el impacto ambiental, mejorar la calidad de sus productos o servicios, y de esta forma elevar sus beneficios (UTP, 2005).

1.4.4 Indicadores de gestión energética

Para el logro de la eficiencia energética debe contarse con indicadores e índices que permitan el análisis y muestren las desviaciones en los consumos y pueda la dirección en las organizaciones detectar problemas y tomar decisiones. El índice de consumo de energía se define como la cantidad consumida por unidad de producción o servicios medidos en términos físicos (productos o servicios prestados). Este índice relaciona la energía consumida (KWh, litros de combustible, toneladas de fuel oíl, toneladas equivalentes de petróleo), con indicadores de la actividad expresados en unidades físicas (toneladas de acero producidas, hectolitros de cerveza producidos, habitaciones-días ocupadas, toneladas-kilómetros transportadas). (Borroto & Monteagudo, 2006).

El concepto de indicadores de gestión (Comisión nacional para la energía de Chile, 2007) , remonta su éxito al desarrollo de la filosofía de calidad total creada en Estados Unidos y aplicada acertadamente en Japón.

Según Pérez (Pérez, et al., 2013) las principales características de los indicadores de gestión energética son:

1. Simplicidad: puede definirse como la capacidad para definir el evento que se pretende medir de manera poco costosa.
2. Adecuación: entendida como la facilidad de la medida para describir por completo el fenómeno o efecto. Debe reflejar la magnitud del hecho analizado y mostrar la desviación real del nivel deseado.
3. Validez en el tiempo: puede definirse como la propiedad de ser permanente por un período deseado.
4. Participación de los usuarios: es la habilidad para estar involucrados desde el diseño, y debe proporcionárseles los recursos y formación necesarios para su ejecución. Este es quizás el ingrediente fundamental para que el personal se motive en torno al cumplimiento de los indicadores.
5. Utilidad: es la posibilidad del indicador para estar siempre orientado a buscar las causas que llevan a alcanzar un valor particular y mejorarlas.
6. Oportunidad: entendida como la capacidad para que los datos sean recolectados a tiempo. Igualmente requiere que la información sea analizada oportunamente para poder actuar.

1.4.5 Gestión energética en Cuba

La mejora continua (Ecured (Ishikawa Kaoru-Jurán), 2016) es una estrategia de carácter cíclico formada por una serie de procedimientos y actividades, que permiten lograr los objetivos y metas de calidad de la manera más eficiente y efectiva en una entidad.

La mejora continua es una parte importante de los Sistemas de Gestión de la Calidad que permite mejorar la eficiencia en la producción de bienes y servicios y lograr una cultura de mejoramiento permanente.



Figura 4. Esquema de “Mejora continua”.(Fuente (Ecured (Ishikawa Kaoru-Jurán), 2016))

Como se plantea en (Pérez, et al., 2013), es importante abordar el tema de la gestión energética en Cuba ya que en el país, más que en cualquier otro, es ineludible mejorar el control de los recursos energéticos, así como hacer un uso mucho más racional y eficiente de los mismos, lo que representa un mejoramiento continuo de la eficiencia y de la competitividad en las empresas.

La economía cubana sufre de las embestidas de la crisis en el suministro energético, lo cual se extiende en mayor o menor grado en todos los sectores de la actividad económica. En virtud de las prioridades asignadas a las empresas exportadoras y a los servicios sociales básicos, en cuanto al suministro energético, el impacto sobre el resto de las empresas es severo. Esta situación obliga a la dirección del país a tomar medidas y programas para enfrentar esta crisis, cuyo alcance es global y sectorial.

La administración de energía abarca las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas (Quintana, 2013).

1.5 Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía

El proyecto Gestión Total Eficiente de la Energía ha sido elaborado sobre la base de las experiencias y resultados alcanzados en estudios realizados por el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente de la Universidad de Cienfuegos, desde mediados de la década de los 70 se comenzaron los trabajos vinculados al ahorro de energía en la industria y hasta principios de los 90 se desarrollaron numerosos trabajos relacionados con el incremento de la eficiencia energética, esta investigación se inicia para desarrollar un sistema de gestión energética empresarial que se ajustara a las necesidades de los sectores productivos y de servicios del país, integrando el trabajo que hasta entonces realizaban por separado varios grupos científicos, y que consistía fundamentalmente en la realización de diagnósticos energéticos y proyectos de mejora de la eficiencia energética en sistemas específicos. La segunda etapa, consistió en introducir y perfeccionar el sistema en la práctica empresarial, abarcando una gama de sectores que permitiera su posterior generalización (CEEMA, 2005)

La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) consiste en un paquete de procedimientos, herramientas y software especializado, que aplicadas de forma continua, con la filosofía y principios de la gestión total de la calidad, permiten establecer en una empresa o unidad presupuestada nuevos hábitos de dirección, control, diagnóstico y uso de la energía, dirigidos al aprovechamiento de todas las oportunidades de ahorro y conservación de la energía, y a la reducción de los costos energéticos y la contaminación ambiental asociada. Tiene la TGTEE una filosofía de trabajo y un carácter innovador al perseguir, no sólo diagnosticar y dejar un plan de medidas, sino esencialmente elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa, de forma tal que ésta sea capaz de desarrollar un proceso de mejora continua de la eficiencia energética (Borroto, 2005)

La TGTEE ha tenido una amplia generalización en empresas del país, demostrando su efectividad para crear en las empresas capacidades permanentes para la administración

eficiente de la energía, alcanzando significativos impactos económicos, sociales y ambientales, y contribuyendo a la creación de una cultura energética ambiental (Borroto, 2002).

Su objetivo no es sólo diagnosticar y dejar un plan de medidas, sino esencialmente elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa, de forma tal que esta sea capaz de desarrollar un proceso de mejora continua de la eficiencia energética (Borroto, 1997).

Se diferencia de las otras metodologías que se ofertan en este campo en que:

1. Es un proceso de reingeniería de la gestión energética de la empresa.
2. Su objetivo no es solo diagnosticar y dejar un programa, sino elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa para ser autosuficiente en la gestión por la reducción de sus costos energéticos.
3. Añade el estudio socio ambiental, la gestión de mantenimiento, la gestión tecnológica y los elementos de las funciones básicas de la administración que inciden en el uso eficiente de la energía.
4. Es capaz de identificar un número muy superior de medidas triviales y de baja inversión para la reducción de los costos energéticos.
5. Entrena, capacita y organiza los recursos humanos que deciden la reducción de los consumos y gastos energéticos, creando una nueva cultura energética.
6. Instala en la empresa procedimientos, herramientas y capacidades para su uso continuo y se compromete con su consolidación.

E incluye:

1. Capacitación al consejo de dirección y especialistas en el uso de la energía.
2. Establecimiento de un nuevo sistema de monitoreo, evaluación, control y mejora continua de manejo de la energía.

3. Identificación de las oportunidades de conservación y uso eficiente de la energía en la empresa.
4. Proposición, en orden de factibilidad, de los proyectos para el aprovechamiento de las oportunidades identificadas.
5. Organización y capacitación del personal que decide en la eficiencia energética.
6. Establecimiento de un programa efectivo de concientización y motivación de los recursos humanos de la empresa hacia la eficiencia energética.
7. Preparación de la empresa para auto diagnosticarse en eficiencia energética.
8. Establecimiento en la empresa de las herramientas necesarias para el desarrollo y perfeccionamiento continuo de la tecnología (Borroto, 2002).

Cuba cuenta con una infraestructura sólida en la rama energética y está en condiciones óptimas de aplicar la nueva norma técnica (Camacho, 2012).

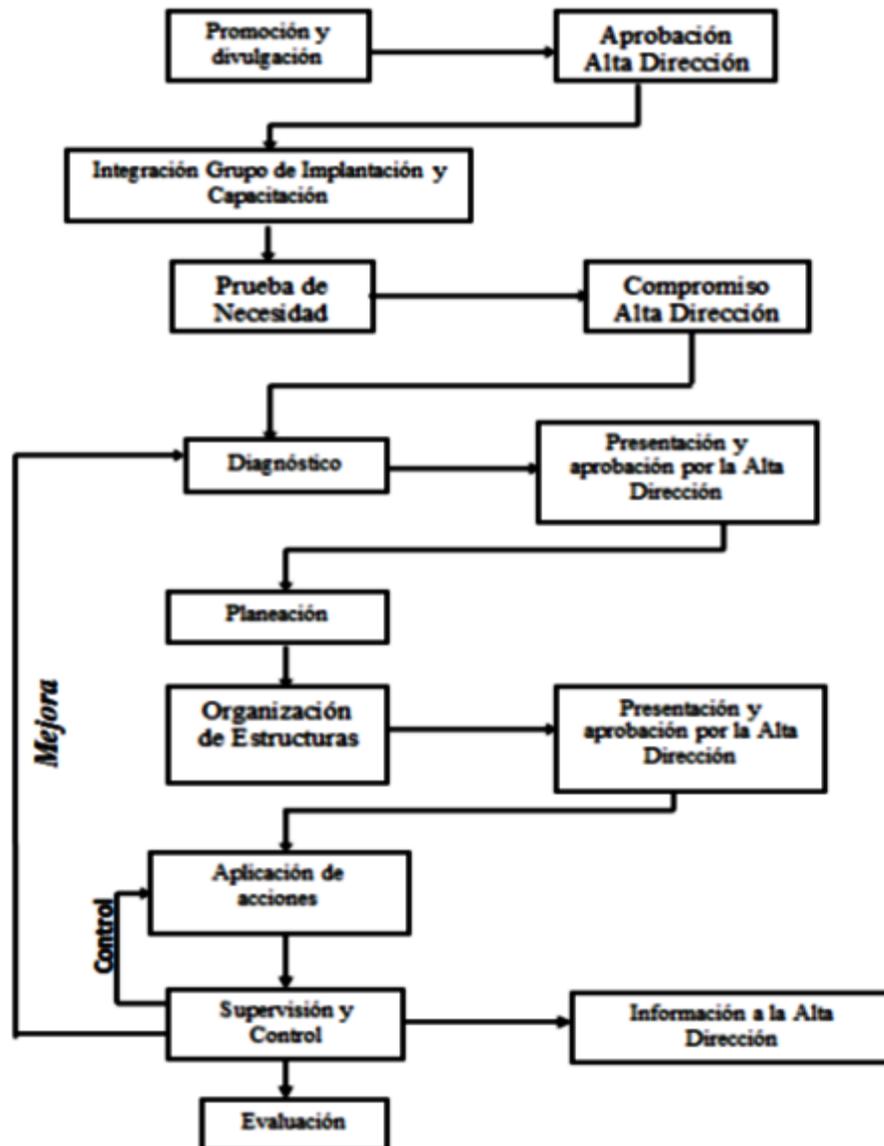


Figura 5. Algoritmo de aplicación de la TGTEE. (Fuente (Boroto, 2002))

1.6 Análisis técnico económico y ambiental

En toda tecnología energética es de vital importancia conocer los índices de desempeño energético comparados con su línea de base energética y su impacto ambiental dado por el uso de energías primarias o secundarias de origen fósil.

A partir del inicio de la revolución industrial en Europa hace más de 150 años con el uso de las máquinas térmicas alimentadas por combustible de origen fósil apareció y continúa

en la actualidad, una carrera ilimitada que ha estado afectando la vida a escala mundial por los cambios que se producen en el ecosistema que en su mayor parte se conocen como daños ambientales.

Los científicos identifican que las regulaciones a favor de la protección ambiental no siempre son acogidas con satisfacción por las comunidades humanas según (Hsiang, et al., 2019).

Desde finales del siglo XX Instituto de Investigaciones del Hidrógeno de la Florida, según (Barbir, 1990), fueron los pioneros en el propósito de cuantificar financieramente los daños que provoca el uso de combustibles de origen fósil. A partir de entonces se han desarrollado diferentes metodologías de autores tales como [(Hsiang, et al., 2019); (Veziroglu, 1998); (Vizcón, 2018); (Camaraza, 2019); (Cuesta, 2007)].

En estudios realizados (Vizcón, 2018) se propone calcular un indicador termoeconómico que tiene en cuenta el valor de la producción mercantil, el consumo de combustible y de energía equivalente así como la estimación económica de los daños ambientales por uso de combustible fósil. Esto permitirá identificar el deterioro de un ecosistema objeto de estudio con las tres dimensiones posibles económica- termodinámica-ambiental.

1.7 Conclusiones parciales del capítulo 1

1. Se demuestra a partir de la bibliografía consultada que con la implementación inmediata de un sistema de gestión energética se obtienen logros significativos en cuanto a la disminución en los consumos energéticos. Son decisivos los aspectos intensidad energética, eficiencia energética, área de uso significativo de la energía, producción mercantil y el daño ambiental estimado por el uso de combustibles de origen fósil.
2. Para lograr un desarrollo sostenible es necesario elevar la eficiencia energética ya que es un beneficio ambiental inmediato y directo que implica una reducción en el uso de recursos naturales y en la emisión de contaminantes.

3. La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía es la más completa de las tecnologías actuales por permitir no sólo diagnosticar y dejar un plan de medidas, sino, elevar las capacidades técnico-organizativas permanentes de las entidades, posibilitando el uso de todas las oportunidades de ahorro y conservación de la energía en función de la eficiencia energética.
4. Las instituciones cubanas tienen que cumplimentar el Decreto ley 345 (Consejo de Estado de la República de Cuba, 2019), mediante el cual están destinadas a utilizar sistemas de gestión eficiente de la energía y paulatinamente comenzar a instalar sistemas de uso de las fuentes renovables de energía.

CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se aborda las indicaciones metodológicas y las herramientas para la implementación del procedimiento de determinar los puestos claves y gestión total y eficiente de la energía en la UEB CUBIZA. Esto permitirá identificar aquellos problemas energéticos a solucionarse con las mejoras propuestas en este trabajo y demostrar el papel que las mismas pueden desempeñar en el mejoramiento de la gestión energética. No obstante, no se desarrollan todos los cálculos necesarios para la caracterización de la gestión eficiente de la energía debido a problemas de contingencia motivadas por el aislamiento por la COVID-19 pero se cumplen los objetivos trazados en la tesis.

2.1 Propuesta de metodología de trabajo para aplicar la GTEE en la UEB CUBIZA de Matanzas

2.1.1 Organización y Dirección de la Tarea que se desea realizar en el Centro.

Este aspecto comienza con la realización de una reunión en el centro con el Consejo de Dirección, en la que se expliquen los objetivos, contenido, organización y alcance de la Tarea, se presente el Equipo de Trabajo designado para ello, y se precise el rol que debe jugar el Consejo de Dirección en la ejecución de la misma. Posterior a esta reunión se coordina la ayuda y cooperación del Sindicato del Centro, se les informa a los trabajadores en cada área y de manera colectiva sobre los objetivos y alcance de la Tarea. Después se confecciona un programa de trabajo a realizar, con las fechas y responsables de su cumplimiento, como último paso se definen las medidas organizativas para el control de la Tarea y el sistema de información a cumplir.

2.1.2 Caracterización de la Gestión Energética en el Centro

En la UEB CUBIZA existe un área energética que se encarga del control del uso eficiente de la energía y se recopila sistemáticamente la información pertinente (UEB CUBIZA-ENERGÍA, 2019).

Para aplicar el sistema de Gestión eficiente de la energía se propone:

Una vez formado y capacitado el equipo de trabajo, el primer paso a realizar es caracterizar la gestión de la energía que se realiza en el Centro, conocer el banco de problemas energéticos, cómo se manejan y controlan a los diferentes niveles los consumos de energía, cómo se analiza y controla la eficiencia energética, cuáles son las insuficiencias, qué resultados se han obtenido en este campo. Esta caracterización permitirá fijar el punto de partida (la línea base), contra la cual se evaluarán los avances, resultados e impactos que se alcancen con la implementación de la Tarea en el Centro.

Se utilizará como guía para la caracterización de la gestión energética en el centro un cuestionario de preguntas o encuesta que aparece en el Anexo I, este podrá ser desarrollado mediante entrevistas a obreros y jefes, reuniones con trabajadores vinculados a los puestos claves, etc., según sea la vía adoptada convenientemente por el equipo de trabajo.

2.1.3 Estructura de Consumos de los portadores energéticos. Costo que representa.

Trazar un correcto patrón de consumo de los portadores energéticos que no afecte de forma negativa los resultados económicos del centro y por lo tanto del país es de vital importancia por lo que deben ser estudiados y controlados estrictamente.

La búsqueda de los consumos de cada portador energético consumidos en la UEB será la etapa que sigue a continuación, estos serán convertidos en Toneladas de Combustible Equivalente (toe) a partir de los factores de conversión que se muestran a continuación:

Equivalencias energéticas del combustible convencional o equivalente.

- 1 toe 43,26 GJ
- 1 barril 159 lts.
- 1 t de petróleo crudo 6,29 barriles
- 1 t Diesel 1,0534 toe
- 1 t Gasolina 1,0971 toe
- 1 t Gas licuado (GLP) 1,163 toe
- 1 MWh de E. Elect. 0,280 toe ^[2017]
- 1 barril de petróleo crudo 40 USD. ^[2017]

		GJ/kg	GJ/l
PODER CALORICO INFERIOR DEL PETROLEO(GJ/t):	42.4	0.0424	0.05108
PODER CALORICO INFERIOR DE LA GASOLINA(GJ/t):	43.89	0.0439	0.06013
PODER CALORICO INFERIOR DEL ACEITE (GJ/t):	40.19	0.0402	0.04416
Densidad de aceite(kg/l)	0.91		
Densidad de la gasolina(kg/l)	0.73		
Densidad del petroleo(kg/l)	0.83		
toe(GJ)	43.26		

Los datos y su procesamiento aparecen en el Anexo IV.

En este Anexo IV se incluyen:

1. los cálculos del daño ambiental estimado económicamente según propone (Vizcón, 2018), partiendo del valor hallado de 22.64\$/GJ
2. el cálculo de la productividad termoeconómica (P_{Te}) según (Vizcón, 2018) que es un nuevo parámetro propuesto por el autor para caracterizar el peso relativo que tiene el consumo de portadores energéticos en el valor de la producción mercantil, su valor promedio mensual fue de 245.33 \$/GJ
3. el cálculo del “Aprovechamiento de la P_{Te}”. Este nuevo concepto que define este autor considera que parte de los valores de la producción deben ser gastados en

atenuar los daños ambientales ocasionados por las tecnologías energéticas empleadas, el promedio mensual que se obtuvo tiene un valor de 89,08%

Con relación a los gastos financieros en portadores energéticos y su significación respecto a los valores de la producción mercantil de la referida UEB se aprecian los resultados en el Anexo III. Se destaca que como promedio mensual se calcula un 9,39 % de gastos financieros en portadores energéticos respecto al valor total promedio de la producción mercantil.

2.1.4 Determinación de los Puestos Claves

Un peso considerable en el consumo de energía en el Centro lo tienen los Puestos Claves (áreas de uso significativo de la energía) desempeñando un papel fundamental en el monitoreo y control de la eficiencia energética. Estos se identifican a partir de la estratificación sucesiva de los consumos, de la determinación de los consumos de cada portador por áreas y equipos según los instrumentos de medición de que se disponga. Con cada portador energético, se debe trabajar sobre una base de consumo anual y se relacionan los equipos o conjuntos de equipos en orden de prioridad de acuerdo al consumo real medido en cada lugar, y se identifican aquellos que más consumen hasta llegar a cubrir nunca menos del 75-85 % del consumo del portador energético en cuestión. En el caso objeto de estudio se consideró como áreas de uso significativo de la energía los equipos que utilizan el combustible automotor Diesel, pues los mismos consumen el 94,2% del total de los gastos de portadores energéticos.

Los tipos de vehículos consumidores del diesel lo conforman tres grupos:

1. Equipos de izaje o Grúas: EQUIPOS AUXILIARES EN OBRA (ESTACIONARIO)

Estos equipos tienen su indicador de desempeño energético a partir de los consumos de combustible por horas de trabajo de izaje contratadas. Ver tabla 1.

Tabla 1. Datos generales de EQUIPOS AUXILIARES EN OBRA (ESTACIONARIO)

No.	EQUIPO		SIGLAS	CHAPA	DEMANDA PLAN		
	MARCA	MODELO			NIVEL DE ACTIVIDAD PLAN (HRAS)	ÍNDICE DE CONS. PLAN (LTS/HRAS)	CONS. PLAN MES (LITROS)
1	KC	KC375	633410	FSH-393	250	2.52	630
2	KC	KC375	547942	FSL-575	200	2.25	450
3	KATO	NK 160	638665	MSS840	200	2.25	450
4	KATO	NK 160	638569	CSV766	200	1.75	350
5	KATO	NK200	638942	MSS843	200	1.75	350
6	KATO	NK200AC	389683	MTA424	250	2.04	510
7	KATO	NK200	389003	FSH-389	200	1.75	350
8	KATO	NK200	389004	FSH-386	150	1.93	290
9	KATO	NK200	540102	FSH-804	220	2.73	600
10	KATO	NK300	673608	HUZ-383	300	2.60	780
11	KATO	NK300	638666	MSS845	250	1.72	430
12	LUNA	GT/40/33.5	638120	MSS429	200	2.50	500
13	LUNA	GT/40/33.5	638417	MFS841	240	2.71	650
14	LUNA	GT/40/33.5	638309	PSP328	200	2.20	440
15	Retro	Escavadora	822635		225	60.00	13500
16	Compt		822400		150	16.67	2500
17	Kamaz		552015	B-168208	250	4.20	1050

2. Equipos de transporte de cargas: ASEGURAMIENTO Y SERVICIO DIRECTO

Estos equipos tienen su indicador de desempeño energético a partir de los consumos de combustible por kilometraje recorrido. Ver tabla 2.

Tabla 2. Datos generales de ASEGURAMIENTO Y SERVICIO DIRECTO

No.	EQUIPO		SIGLAS	CHAPA	DEMANDA PLAN		
	MARCA	MODELO			NIVEL DE ACT. PLAN (KM)	ÍNDICE DE CONS. PLAN (KM/LT)	CONS. PLAN MES (LITROS)
1	ZIL	130	722092	B-015712	1320	3.22	450
2	KAMAZ	53212	667971	B-172886	3000	2.70	600
3	KAMAZ	53212	667984	B-173366	2450	3.22	500

4	KAMAZ	53212	225096	B 016601	2400	4.70	500
5	MAZ	500	667471	B 168196	753	2.85	500
6	ZIL	130	542393	B 016603	2850	4.00	450

3. Gestión: DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN

Estos equipos tienen su indicador de desempeño energético a partir de los consumos de combustible por kilometraje recorrido. Ver tabla 3.

Tabla 3. Datos generales de DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN

No.	EQUIPO		SIGLAS	CHAPA	DEMANDA PLAN		
	MARCA	MODELO			NIVEL DE ACT. PLAN (KM)	ÍNDICE DE CONS. PLAN (KM/LT)	CONS. PLAN MES (LITROS)
1	UAZ	469-B9	674561	B-172804	3000	10.00	300
3	UAZ	469-B9	722095	B-081477	3000	10.00	300
4	LAND ROVER	SANTANA	667982	MSG-454	2500	10.00	250
5	M. BENZ	MB-140	667422	MTG-795	4500	10.00	450
6	M. BENZ	VITO	722096	B-015578	4116	10.29	400
7	ARO	245	689170	MSG-224	3000	15.00	200
8	UAZ	469-B9	545448	B-172205	3000	10.00	300
9	UAZ	469-B9	722094	B-016210	3666	12.22	300

De forma general sobre el consumo del combustible automotor Diesel, el primer grupo (Grúas) resulta ser el de mayor consumo promedio anual del Diesel con el 71,17% del total.

2.1.5 Establecimiento de índices de consumo a nivel de Centro y de Puestos Claves

La evaluación y control de la eficiencia energética requiere de indicadores que reflejen los resultados alcanzados a nivel de Centro y en cada Puesto Clave. Los indicadores de control a utilizar en los Puestos Claves son los índices de consumo físico o también llamados índices de desempeño energético, los que se expresan mediante la relación entre la energía consumida y la producción o servicio realizado en el Puesto Clave (áreas de uso significativo de la energía) en cuestión.

En un índice de consumo el numerador será el portador energético, primario o secundario, que se consume en el puesto en un determinado período, expresado en una unidad de medida de energía, (kWh, kJ, toe, etc.). El denominador reflejará el nivel de producción realizada o de servicio prestado en el puesto en el periodo dado, expresado en la unidad de medida que corresponda, (horas contratadas, kilometraje, producción en moneda nacional, etc.).

Ya definido el índice o los índices para el control de la eficiencia en la UEB en cada Puesto Clave (kWh, litros de combustible, litros de aceite; en el caso del numerador, y producción en pesos para el denominador) como un primer paso, se determinan los valores cuantitativos de los índices definidos y se establece el registro de los mismos. A través del programa Microsoft Office Excel para Windows. Los mismos serán comparados con los correspondientes índices de la línea de base energética existente.

2.1.6 Identificación de los operarios y jefes de los Puestos Claves que deciden en la eficiencia energética

En dependencia de la responsabilidad de manipular u operar el equipo, los equipos o el proceso en cada Puesto Clave, y su incidencia en la eficiencia energética del mismo, se seleccionan los trabajadores que deciden en la eficiencia energética en ese puesto.

En cada Puesto Clave debe identificarse el jefe que dirige y controla a los operarios que deciden, así como los jefes a otros niveles superiores, que por su responsabilidad inciden directamente en el comportamiento de la eficiencia energética en dicho puesto clave.

Esos trabajadores y jefes, que son los que deciden en el consumo y la eficiencia energética, se identifican uno a uno, por nombre y apellidos para cada Puesto Clave.

Los puestos claves o áreas de uso significativo de la energía recaen en la UEB CUBIZA en los equipos de izaje y sus operadores.

2.1.7 Constitución del Consejo Energético del Centro

El Consejo Energético estará conformado por directivos, jefes y operarios vinculados a los Puestos Claves o área de uso significativo de la energía, que son los que más influyen en la eficiencia energética por su responsabilidad y contenido de trabajo.

Funciones del Consejo Energético de la UEB:

1. Lograr el mejoramiento continuo de la Eficiencia Energética del Centro.
2. Identificar sistemáticamente las reservas de eficiencia por área, proponiendo las acciones para alcanzar ahorros energéticos concretos y medibles.
3. Identificar y conformar el Banco de Problemas Energéticos de cada puesto clave o área de uso significativo de la energía y del Centro.
4. Determinar las necesidades de instrumentos de medición en cada Puesto Clave, para el efectivo control del consumo de energía y el ahorro y proponerlo a la administración.
5. Analizar sistemáticamente el comportamiento de los índices físicos de eficiencia energética, determinando las causas que los afectan y las medidas para rectificarlos.
6. Identificar las necesidades de capacitación y recalificación de los operarios y jefes de los Puestos Claves o área de uso significativo de la energía.
7. Promover y apoyarse en el Movimiento del Fórum de Ciencia y Técnica con la activa participación de la ANIR, las BTJ y otras organizaciones, para motivar y propiciar la creatividad, iniciativa y el talento de la masa trabajadora, promoviendo la búsqueda y actualización de las soluciones útiles y generalizables en el Centro, conocer las

soluciones aportadas en los Fórum nacionales y de los territorios que les puedan ser útiles.

8. Evaluar con profundidad la estadística energética del Centro por portador y en cada área de trabajo en particular, para controlar y analizar el avance de la eficiencia energética y el aporte económico que la misma representa. Tener definido los criterios de medida para evaluar el avance de la tarea.
9. Buscar información nacional e internacional sobre tecnologías y equipos, sobre los índices de eficiencia en equipos similares y comparación con los índices de los puestos claves definidos.
10. Promover y proponer a la Dirección del Centro el empleo de la energía renovable en aquellas áreas donde sea útil y provechosa su aplicación.

2.1.8 Perfeccionamiento del método de examen de la eficiencia energética en el Consejo de Dirección

Para realizar el cumplimiento de esta etapa cada jefe de área que tenga un puesto clave bajo su responsabilidad deberá rendir un informe de las medidas que se están llevando a cabo en su área, las ideas que le ha proporcionado el Equipo de Trabajo y de las necesidades o condiciones que necesita para implementar dichas medidas.

2.1.9 Realización de un diagnóstico energético preliminar

El Diagnóstico Energético Preliminar o diagnóstico de recorrido, consiste en una revisión general de las instalaciones energéticas y de proceso del Centro.

Mediante la observación de parámetros de operación, el análisis de los registros de operación y mantenimiento, así como de la información estadística global de consumos y costos por concepto de electricidad, combustibles y agua, se obtiene un panorama global generalizado del estado energético y se determinan los principales potenciales de ahorro energético y económico, utilizando métodos de cálculo rápido a través del programa Microsoft Office Excel para Windows.

De este diagnóstico, el cual estará enfocado en la determinación de las reservas de eficiencia en los Puestos Claves, se desglosarán medidas de ahorro o de incremento de eficiencia energética de aplicación inmediata, sin inversión o con inversiones marginales, viables en el corto plazo. También se obtiene una idea preliminar sobre otras posibles medidas e inversiones para el ahorro, las cuales se precisarán al realizar el Diagnóstico Energético Profundo.

La evaluación de los impactos alcanzados con la aplicación de las medidas se basará en la disminución de los índices de consumo en los Puestos Claves vinculados a las diferentes medidas, así como en la reducción de los índices y el ahorro real de energía a nivel del Centro.

2.1.10 Realización de una estadística energética interna del centro para el control y dirección de la Tarea. Criterios de medida definidos

En esta etapa se procede a establecer una estadística de los portadores energéticos y su vinculación con los índices económicos fundamentales de la UEB; toda esta información de economía será brindada hacia las áreas de Mantenimiento, Dirección y el Equipo de Trabajo, este último retroalimentará a la Dirección de los resultados de sus cálculos que deben incluir los índices energéticos más importantes, así como los índices económicos que se pueden ver más afectados con el consumo de portadores energéticos como son:

1. El punto de isorrentabilidad de la empresa.
2. El punto de isorrentabilidad con respecto al consumo de los portadores energéticos.
3. El punto de cierre de la empresa.
4. Los precios reales de los productos o servicios que se prestan.
5. Los costos reales de los productos o servicios que se prestan.

2.1.11 Realización de un Diagnóstico Energético Profundo. Ampliación y profundización del banco de problemas energéticos

Una etapa básica la constituye el diagnóstico energético profundo de vital importancia dentro de las actividades incluidas en la organización, seguimiento y evaluación de un programa de ahorro y uso eficiente de la energía siendo además eslabón fundamental en un sistema de gestión energética. Este al igual que el diagnóstico preliminar se concentra en los Puestos Claves teniendo como uno de sus enfoques el personal que decide en la eficiencia energética, operarios y jefes; utilizando como instrumento de investigación social entrevistas, encuestas, sesiones de trabajo en grupos, etc. De esta manera podrá ser evaluada la motivación y el nivel de competencia del mismo para el trabajo por la eficiencia energética.

Los pasos fundamentales del Diagnóstico Energético Profundo son:

1. Conformación de una base de datos con los valores mensuales, del año anterior y del año en curso, de consumos y costos de energía, y de producción o servicios realizados.
2. Elaboración del diagrama energético-productivo del Centro.
3. Elaboración de diagramas de dispersión energía vs. producción para la validación y establecimiento de los índices de consumo.
4. Obtención de modelos matemáticos que relacionen el consumo de portadores energéticos con la producción realizada o los servicios prestados.
5. Construcción de gráficos de índices de consumo variables en función del nivel de producción o servicios.
6. Establecimiento de valores normativos de los índices de consumo a partir de las líneas de base energética correspondiente.

7. Determinación del consumo de energía fijo, no asociado directamente al nivel de producción o servicios, como un elemento de diagnóstico y control de la eficiencia energética.
8. Elaboración de gráficos de tendencia para comparar de manera objetiva el comportamiento energético con relación a periodos anteriores.
9. Elaboración del plan de mediciones.
10. Realización de pruebas y mediciones de campo.
11. Realización de cálculos y balances energéticos.
12. Estimación de potenciales de ahorro energético y económico.
13. Evaluación técnico económica de las soluciones (medidas y proyectos de mejora).
14. Definición de medidas de ahorro y proyectos de mejora de la eficiencia energética.
15. Propuesta de utilización de las Fuentes Renovables de Energía

2.1.12 Implementación de un sistema efectivo de monitoreo y control energético a nivel de Centro y Puestos Claves

Para que exista la acción de control debe existir una medición del resultado, una norma (objetivo a lograr), herramientas que permitan comparar los resultados con la norma e identificar las causas de sus desviaciones y variables de control, sobre las cuales actuar para acercar el resultado a la norma.

Se utilizará el método de control selectivo para el desarrollo del sistema de control energético. Se realizará el monitoreo y control energético a nivel de Centro y de Puestos Claves. Este método incluye el control por excepción, o sea, dentro de los Puestos Claves se priorizan aquellos que tienen tendencia a las mayores desviaciones.

El proceso de control, en su ejecución, constará de las siguientes etapas:

1. Recolección de datos.

2. Determinación del resultado.
3. Ejecución del diagnóstico de causas de desviaciones.
4. Modificación de las variables de control o corrección de desviaciones.

Para establecer las normas, los valores normativos de un índice de consumo, se pueden utilizar las siguientes vías:

1. Búsqueda de información nacional e internacional de los valores de índices de consumo en procesos o equipos similares.
2. Análisis del comportamiento de los valores registrados del índice (datos históricos).
3. Información técnica del equipo.
4. Realización de pruebas del equipo en condiciones controladas.

2.1.13 Elaboración y desarrollo de un programa de concientización para todo el personal; y de motivación y capacitación especializada para el personal que labora en los Puestos Claves

Sobre la base de los resultados del diagnóstico y del levantamiento de las necesidades de capacitación del personal que decide en la eficiencia energética, se elaborará y ejecutará el programa de concientización, motivación y capacitación.

Las acciones de concientización serán dirigidas a todo el personal, empleando diversas vías disponibles internamente en el Centro. Se profundizará en la comunicación y trabajo directo con los empleados mediante conversaciones individuales, reuniones colectivas, etc.

El programa de motivación del personal que decide en la eficiencia energética se basará, en primer lugar, en la atención diferenciada por la Administración y los organismos políticos y de masas a este personal.

2.1.14 Desarrollo del seguimiento y evaluación del avance, resultados e impactos alcanzados

El Equipo de Trabajo del Centro debe elaborar un cronograma para la implementación de la Tarea de acuerdo con la complejidad y características particulares del mismo, teniendo como orientación general que la Primera Etapa debe realizarse en un tiempo aproximado de cuatro meses. El tiempo necesario para la ejecución de la Segunda Etapa se precisará en cada caso al nivel provincial, atendiendo a sus particularidades y a la disponibilidad de equipos de medición para la realización del diagnóstico energético profundo.

2.2 Herramientas para establecer un sistema de gestión total eficiente de la energía

Según lo planteado por [(Borroto, 2005); (Borroto, 2002)], las principales herramientas para la implementación de la TGTEE son:

2.2.1 Gráfico de consumo de energía (E) y producción (P) en el tiempo (E – P vs. T)

Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. El gráfico se realiza para cada portador energético importante de la empresa y puede establecerse a nivel de empresa, área o equipos.

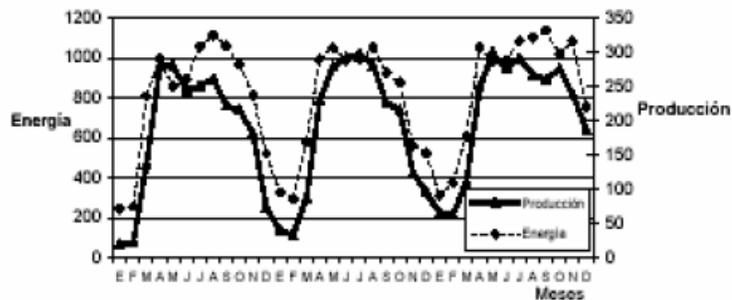


Figura 6. Gráfico de control sobre gasto mensual de energía. (Fuente (Borroto, 2005))

2.2.2 Diagrama de Pareto

Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en porcentaje. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total. El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el 20 % de las causas que provoca el 80 % de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

La utilidad del diagrama de Pareto es la de identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser; los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos, la de predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce, y la de determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora (Borroto, 2002).

Se confeccionó un diagrama de Pareto para identificar los principales portadores energéticos en el centro a través del programa Microsoft Office Excel para Windows. Pudo constatarse que el principal portador energético consumido es el combustible motor Diesel con un 94,2% del total en la matriz energética. Un diagrama general de Pareto tiene la forma siguiente:

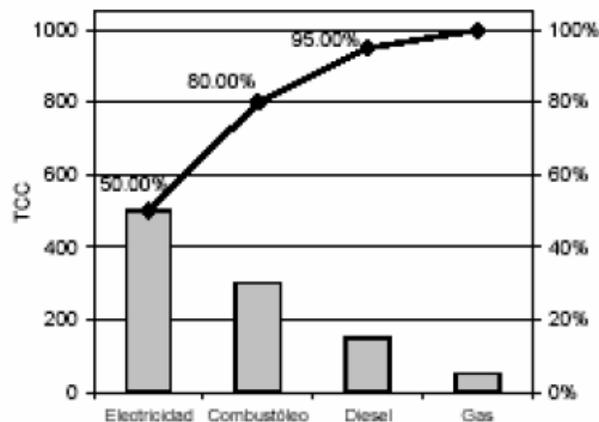


Figura 7. Diagrama de Pareto (Fuente (Borroto, 2005))

2.2.3 Diagrama Energético-Productivo

Esta herramienta consiste en desarrollar el flujograma del proceso productivo, agregándole todas las entradas y salidas de materiales (incluidos residuos) y de energía, con sus magnitudes características para los niveles de producción típicos de la empresa. También en el diagrama se muestran los niveles de producción de cada etapa, así como entradas externas al proceso de materiales semiprosesados si los hubiera. Es conveniente expresar las magnitudes de la energía consumida en cada etapa del flujograma por tipo de energía consumida y en porcentaje con respecto al consumo total de cada tipo.

2.2.4 Diagramas de Dispersión y Correlación

En la figura 8 se muestra la relación entre 2 parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico x, y si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, qué carácter tiene esta.

La utilidad de los diagramas de dispersión y correlación, es que muestra con claridad si los componentes de un indicador de control están correlacionados entre sí y por tanto si el indicador es válido o no.

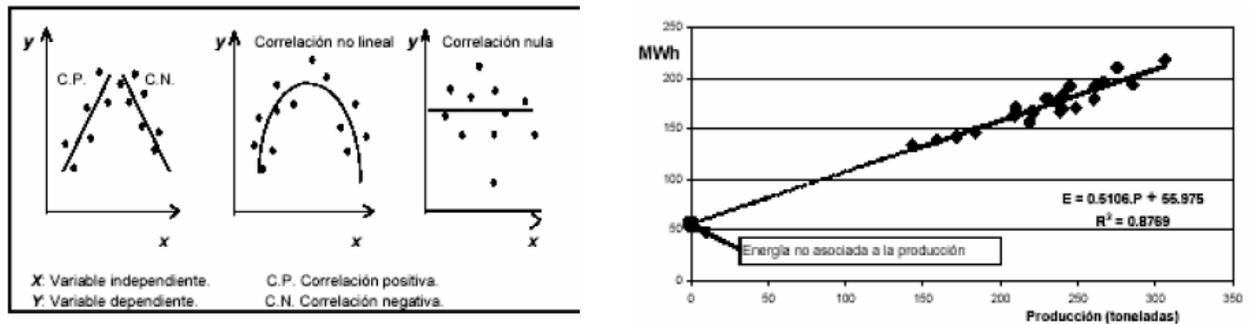


Figura 8. Diagramas de Dispersión. (Fuente (Borroto, 2002))

1. Permite establecer nuevos indicadores de control.
2. Permite determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre las variables en cuestión y establecer nuevas variables de control.

2.2.5 Estratificación

Cuando se investiga la causa de un efecto, una vez identificada la causa general aplicando el diagrama de Pareto, es necesario encontrar la causa particular del efecto, aplicando sucesivamente Pareto a estratos más profundos de la causa general. La estratificación es el método de agrupar datos asociados por puntos o características comunes pasando de lo general a lo particular. Pueden ser estratificados los gráficos de control, los diagramas de Pareto, los diagramas de dispersión, los histogramas y otras herramientas de descripción de efectos.

La estratificación es un método de análisis, no consta de un diagrama particular.

Consiste en utilizar las herramientas de diagramas para profundizar en las capas interiores de las causas. Si se estratifica un diagrama de Pareto, en cada capa se utiliza un diagrama de Pareto para encontrar las causas particulares más influyentes en el efecto estudiado. Si se estratifica un gráfico de control, se subdivide el gráfico en períodos, máquinas, áreas, etc., para encontrar la influencia de estos elementos en la variabilidad del gráfico. Si se aplica la estratificación a un diagrama de dispersión, se agrupan los puntos por materiales, fabricantes, períodos, etc., para encontrar las causas de una alta dispersión, etc.

2.2.6 Gráficos de Control

Los gráficos de control (Figura 9) son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los diagramas causa y efecto, para detectar en cuales fases del proceso analizado se producen las alteraciones.

Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio M del parámetro de salida muy probable de obtener, y a medida que nos alejamos de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no

aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar del valor medio.

Este comportamiento (que debe probarse en caso que no exista seguridad que ocurra) permite detectar síntomas anormales actuando en alguna fase del proceso y que influyan en desviaciones del parámetro de salida controlado. Para que todo esto se lleve a cabo se debe tener en cuenta lo siguiente:

- LCS: Límite de control superior:

$$LCS = \bar{X} + 3\sigma \quad (2.1)$$

- LCI: Límite de control inferior:

$$LCI = \bar{X} - 3\sigma \quad (2.2)$$

- Media aritmética:

$$\bar{X} = \mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.3)$$

Donde:

x: Datos de consumo; n: Número de datos

- Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n-1}} \quad (2.4)$$

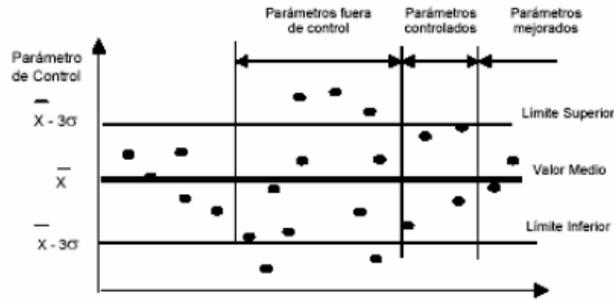


Figura 9. Gráfico de control y sus límites. (Fuente (Borroto et al., 2002))

El gráfico consta de la línea central y las líneas límites de control. Los datos de la variable cuya estabilidad se quiere evaluar se sitúan sobre el gráfico. Si los puntos situados se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior, entonces las variaciones proceden de causas aleatorias y el comportamiento de la variable en cuestión es estable. Los puntos fuera de los límites tienen una pauta de distribución anormal y significan que la variable tuvo un comportamiento inestable. Investigando la causa que provocó la anomalía y eliminándola se puede estabilizar el proceso.

2.2.7 Diagrama índice de consumo (IC) vs. producción (P).

Este diagrama (Figura 10) se realiza después de haber obtenido el gráfico E vs. P y la ecuación,

$$E = m.P + E_0 \quad (2.5)$$

con un nivel de correlación significativo.

La expresión de la función:

$$IC = f(P) \quad (2.6)$$

se obtiene de la siguiente forma:

$$E = mP + E_0 \quad (2.7)$$

$$IC = E / P = m + E_0 / P \quad (2.8)$$

$$IC = E_0 / P + m \quad (2.9)$$

El gráfico IC vs. P es una hipérbola equilátera, con asíntota en el eje x, al valor de la pendiente m de la expresión E= f (P).

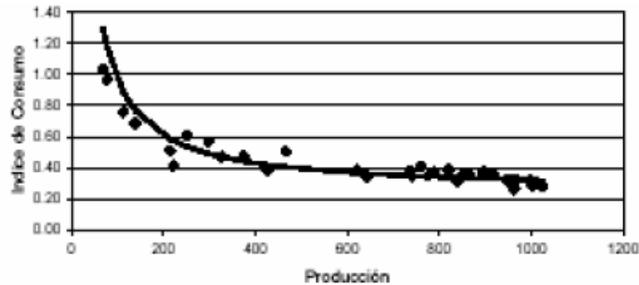


Figura 10. Índice de consumo energético vs. producción. (Fuente (Borroto, 2002))

Se aplica cuando la correlación entre las dos variables tratadas E-P, sea significativa. Este gráfico es muy importante ya que nos permite evaluar la eficiencia energética.

La curva anterior muestra como el índice de consumo aumenta al disminuir el nivel de la producción realizada.

En la medida que la producción se reduce debe disminuir el consumo total de energía, como se aprecia de la expresión E = f (P), pero el gasto energético por unidad de producto aumenta. Esto se debe a que aumenta el peso relativo de la energía no asociada a la producción respecto a la energía productiva. Si la producción aumenta, por el contrario, el gasto por unidad de producto disminuye, pero hasta el valor límite de la pendiente de la ecuación E = f (P). En el gráfico IC vs. P existe un punto donde comienza a elevarse significativamente el índice de consumo para bajas producciones. Este punto se puede denominar punto crítico.

Producciones por encima del punto crítico no cambian significativamente el índice de consumo; sin embargo, por debajo del punto crítico éste se incrementa rápidamente. El gráfico IC vs. P es muy útil para establecer sistemas de gestión energética, y estandarizar

procesos productivos a niveles de eficiencia energética superiores. Valores de IC por debajo de la curva que representa el comportamiento del índice durante el periodo de referencia comparativa, indican un incremento de eficiencia del proceso; en el caso contrario existe un potencial de disminución del índice de consumo igual a la diferencia entre el IC real (sobre la curva) y el IC teórico (en la curva) para igual producción. También se pueden establecer sobre este gráfico (figura 11) las metas de reducción del índice proyectadas para el nuevo periodo e ir controlando su cumplimiento.

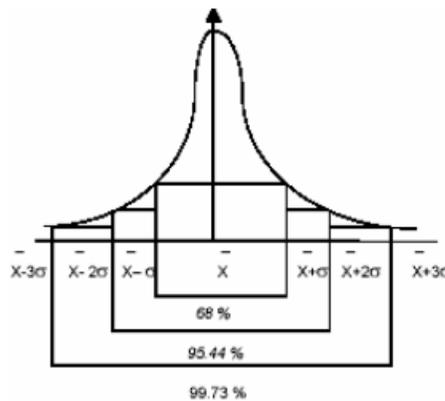


Figura 11. Función de probabilidad con zonas de eficiencia del proceso. (Fuente (Borroto, 2002))

Para el caso objeto de estudio de la UEB CUBIZA, a partir de los datos registrados en el Anexo II y su procesamiento, se obtuvo el gráfico de control de la intensidad energética en función del valor de la producción mercantil para el año 2019.

2.2.8 Gráfico de tendencia o de sumas acumulativas (CUSUM)

Este gráfico (Figura 12) se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base de comparación dado. A partir de este gráfico también puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha consumido en exceso con relación al comportamiento del periodo base hasta el momento de su actualización.

La utilidad del gráfico de tendencia radica en conocer la tendencia real de la empresa en cuanto a variación de los consumos energéticos, en comparar la eficiencia energética de

períodos con diferentes niveles de producción, en determinar la magnitud del ahorro o gasto en exceso en un período actual respecto a un período base y, en evaluar la efectividad de medidas de ahorro de energía.

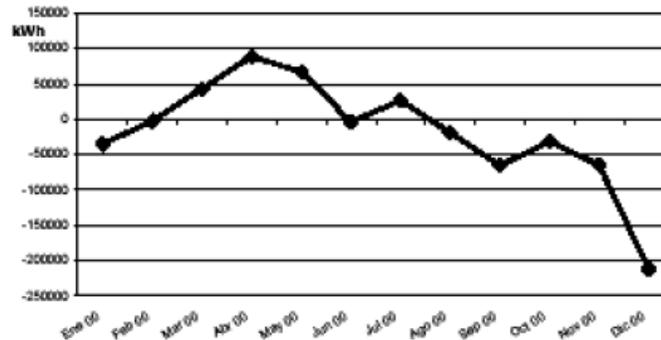


Figura 12. Tendencia de consumo energético de proceso. (Fuente (Borroto, 2002))

2.3 Los índices de desempeño energético principales para su seguimiento y control a partir de implementar el GTEE en la entidad objeto de estudio

Se proponen como índices de desempeño energético para la UEB CUBIZA como entidad y para sus equipos de uso significativo de la energía (puestos claves) los siguientes:

1. Consumo específico de Diesel para equipos de izaje (grúas) que prestan servicios en función del total de horas contratadas (**IC_{D_Gruas}**)
2. Intensidad energética (**IE**)
3. Eficiencia energética (**Ee**)
4. Productividad termoeconómica (**P_{Te}**)
5. Aprovechamiento de la Productividad termoeconómica (**AP_{Te}**)
6. Estos índices se deben comparar con los valores dados por las líneas de base energética correspondientes, las que son obtenidas para las condiciones del mejor desempeño reconocidas por la entidad.

2.4 Banco de problemas del movimiento del Fórum en la UEB CUBIZA

El movimiento del Fórum juega un importante Rol en la solución de problemas de la producción y los servicios. En este caso luego de la revisión efectuada se considera que los nuevos problemas a incorporar al Banco son:

Realizar seguimiento sistemático de los índices de desempeño energético antes mencionados (IE, Ee, PTe, APTe, IC_{D_Gruas})

Utilización de paneles solares fotovoltaicos para asumir la demanda anual de energía eléctrica de hasta 11,9 MWh anuales con sistemas interconectados a la Red eléctrica nacional.

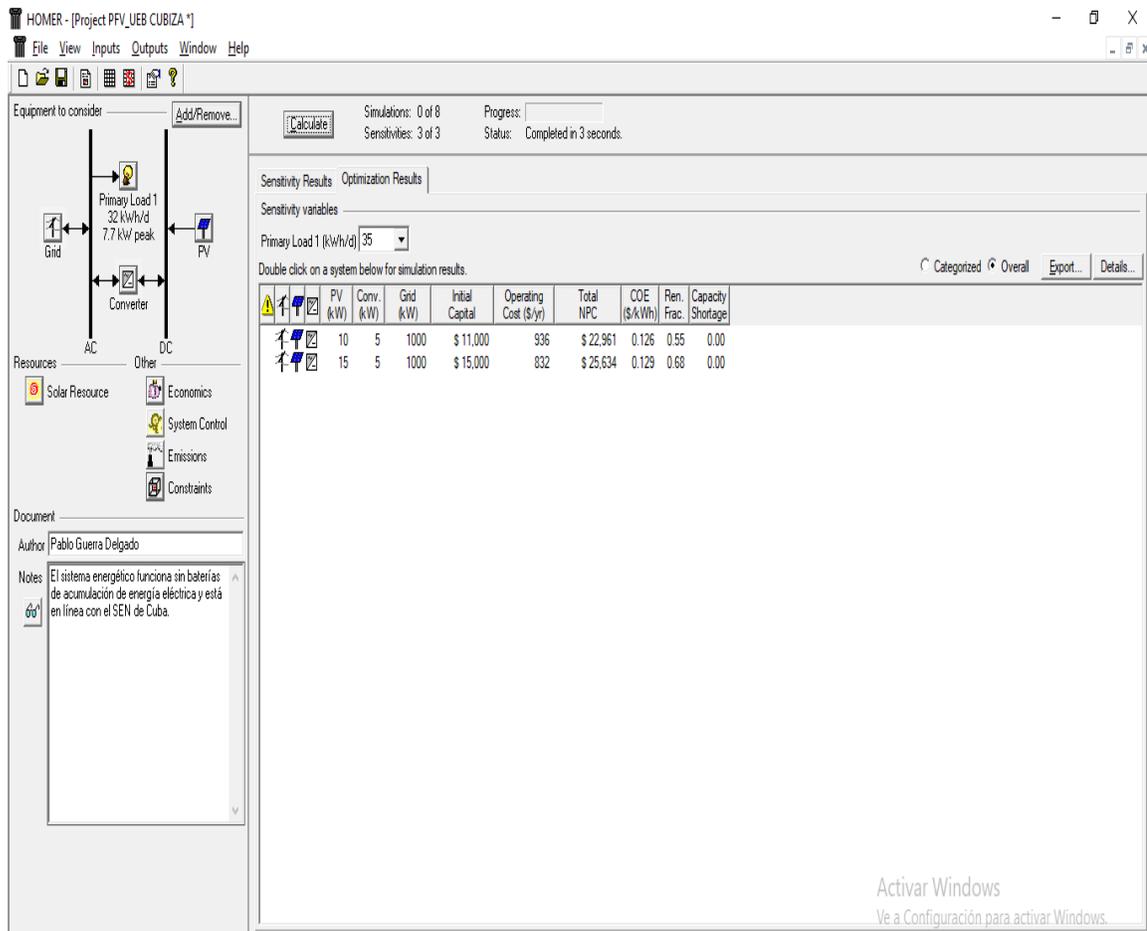
2.5 Plan de mejora continua para la gestión energética de la entidad

El plan de mejora continua obedecerá a la atención que debe prestar el consejo de dirección, la comisión de energía del centro, los responsables de puestos claves y el energético de la institución de forma que se pueda cumplimentar los nuevos problemas del banco del Fórum que se han señalado en esta tesis.

2.6 Propuesta de sistema energético complementario con fuente renovable de energía

El sistema energético complementario con fuente renovable de energía será utilizar paneles fotovoltaicos de ensamblaje nacional por parte de la ONURE del MINEM para una capacidad anual de hasta 11,9 MWh, una demanda diaria de 32 kWh y con picos diarios de 7,7 kW, esto será calculado por el software profesional HOMER.

El esquema de la ejecución del HOMER se puede ver a continuación, aunque por problemas del Bloqueo de Estados Unidos a Cuba no se tendrá extensión de su licencia de uso a partir de noviembre//2020.



2.7 Análisis técnico económico y ambiental de las propuestas de mejoras de la eficiencia energética

A partir de los indicadores antes relacionados, se realiza el análisis técnico económico a partir de calcular cada mes y para el año los mismos, antes y después de las mejoras a resolver según el banco de problemas actualizado. De particular interés son la Productividad termoeconómica y su aprovechamiento, pues permiten comparar el resultado económico teniendo en consideración el daño ambiental estimado.

2.8 Conclusiones parciales del capítulo 2

1. Se relacionan las principales tareas que se deben acometer cuando se quiere caracterizar la Gestión Eficiente de la Energía siguiendo las pautas dadas por [(Borroto, 2006); (Pérez, et al., 2013)], entre otras.

2. Resulta interesante la valoración de la intensidad energética, eficiencia energética, y la nueva herramienta productividad termoeconómica y su aprovechamiento de esta última. Se destaca la relación con la estimación de daños ambientales por uso de combustibles fósiles.
3. No se desarrollan en este capítulo todos los cálculos prácticos necesarios para la caracterización de la gestión eficiente de la energía en la UEB CUBIZA debido a problemas de contingencia motivadas por el aislamiento por la COVID-19, no obstante, los desarrollados satisfacen los objetivos planteados en el trabajo de diploma.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La encuesta de caracterización de la gestión energética a directivos y trabajadores expresa la necesidad de una atención diferenciada al control energético y la capacitación de los recursos humanos.

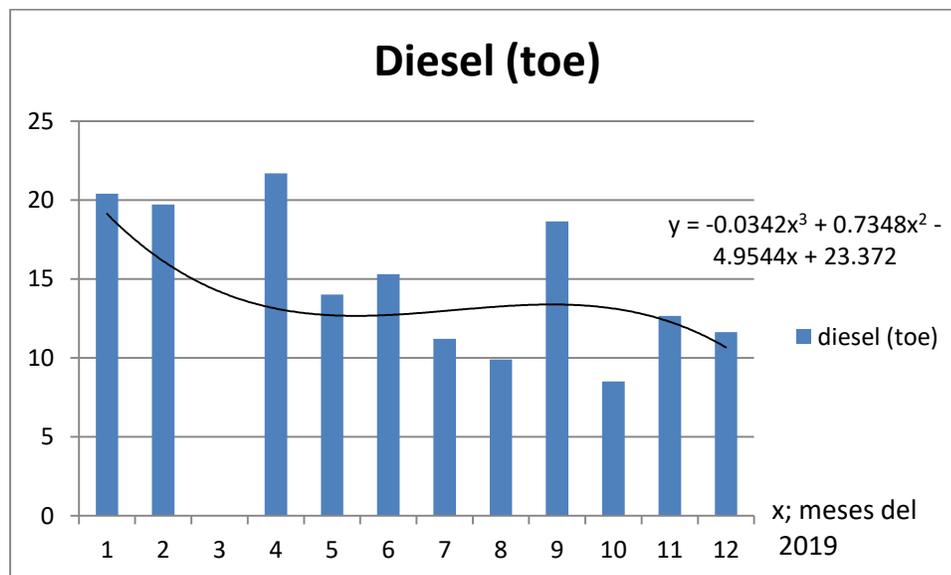
A partir de la información captada y por su procesamiento teórico y computacional se analizan los indicadores de control y desempeño energético, así como las posibles líneas de base energética de la UEB CUBIZA para el año 2019. Los valores de los datos y su procesamiento aparecen en el Anexo IV.

3.1 Gráficos de control de los gastos de portadores energéticos

Consumo mensual de combustible automotor Diesel.

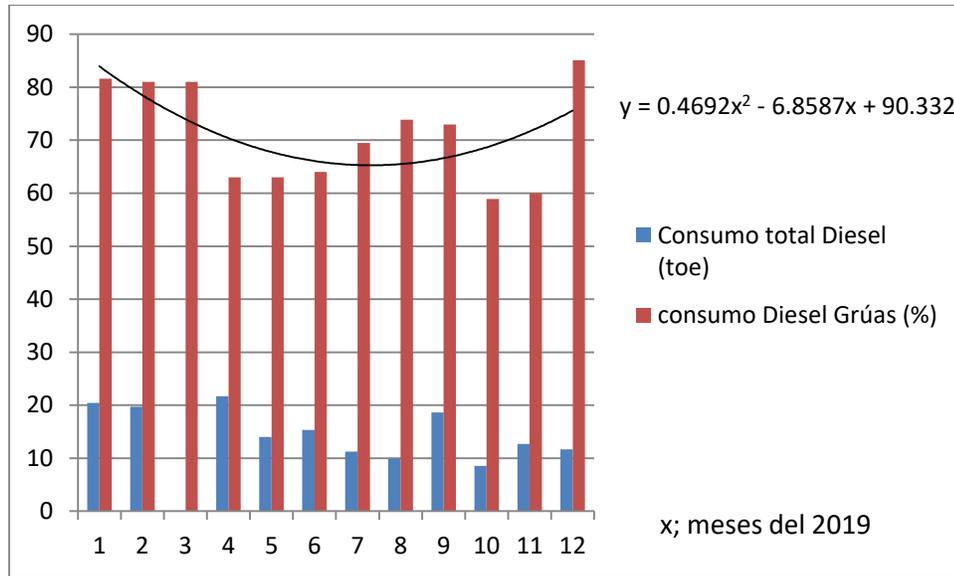
Este portador energético, es por mucho, el principal de la empresa pues rebaza el 93,5% de la matriz general de energía.

Se aprecia que en el mes de marzo no se reportaron consumos, lo cual es un error de información. La ecuación mostrada es una posible línea de base energética pero con coeficiente de regresión R^2 menor que 0,60



Consumo mensual de combustible automotor Diesel por las Grúas e equipos de izaje.

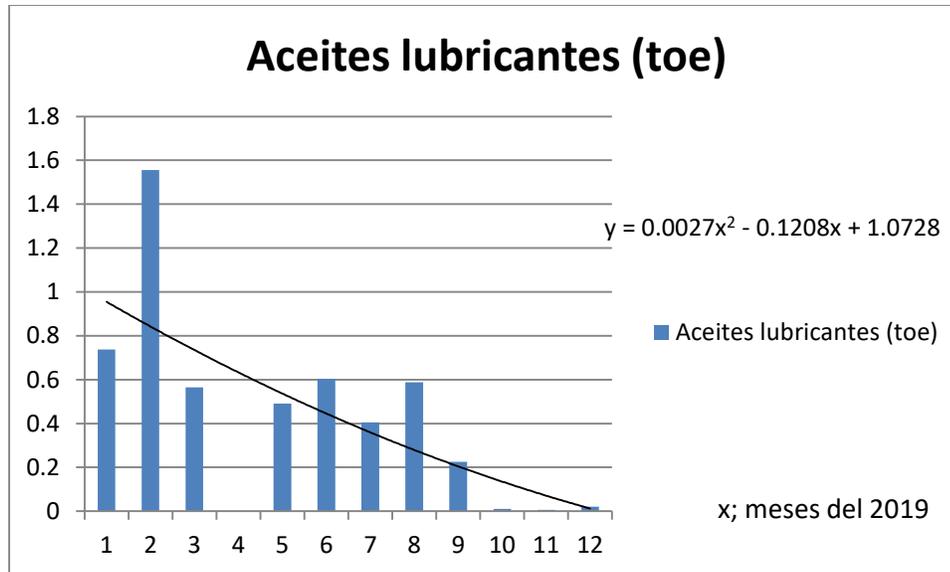
A partir de la información captada (UEB CUBIZA-ENERGÍA, 2019) y procesada se determinó el área de uso significativo de la energía (puesto clave) que resulto ser este tipo de equipamiento con el 71,17% del consumo promedio mensual de Diesel. La ecuación mostrada es una posible línea de base energética pero con coeficiente de regresión R^2 menor que 0,60. Esto se puede apreciar en el siguiente gráfico.



Consumo mensual de aceites y lubricantes para vehículos automotor Diesel.

Los registros de consumo se refieren a los momentos de las compras y no al uso.

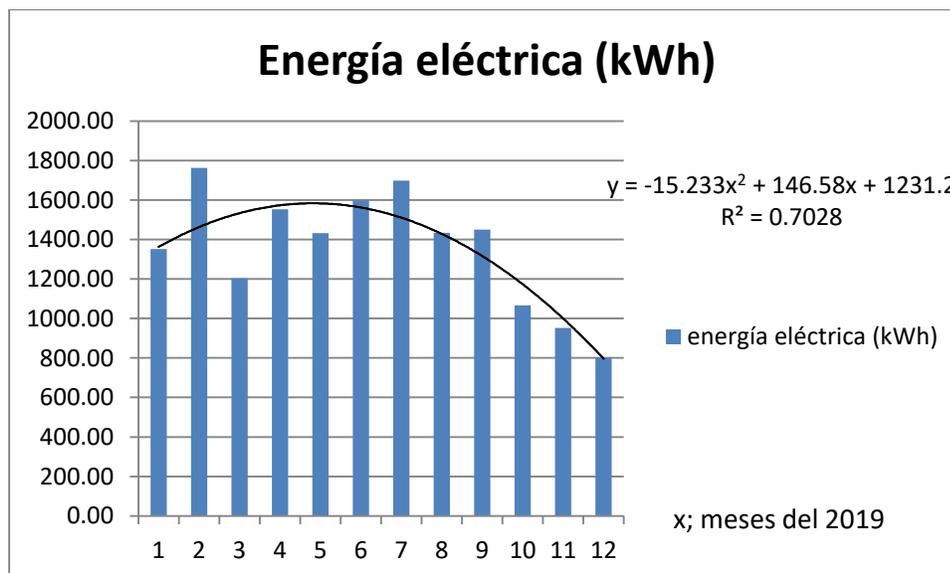
Es el segundo portador energético en importancia, representando el 3% de los valores de la matriz energética de la entidad. La ecuación mostrada es una posible línea de base energética pero con coeficiente de regresión R^2 menor que 0,60



Consumo mensual de energía eléctrica.

Es el tercero de los portadores energéticos empleados por la entidad, representa el 2,6% del valor en la matriz energética.

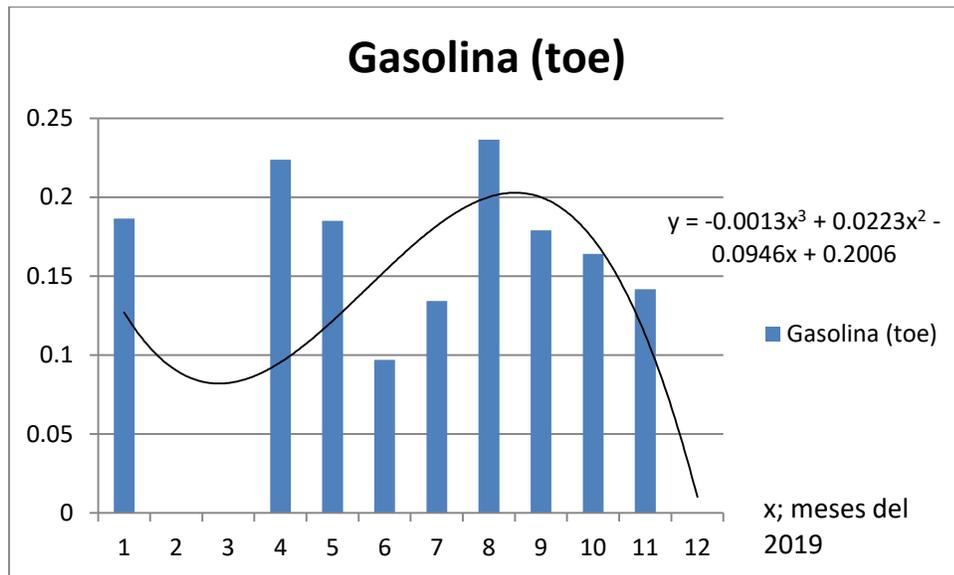
La ecuación mostrada es una posible línea de base energética con coeficiente de regresión R^2 mayor que 0,60



Consumo mensual de gasolina automotor

En los meses de febrero, marzo y diciembre no se reportan consumos, esto debe ser un error de información.

Este portador es el cuarto en su orden de importancia dentro de la matriz energética y representa un 0,9% del total de consumos. La ecuación mostrada es una posible línea de base energética pero con coeficiente de regresión R^2 menor que 0,60

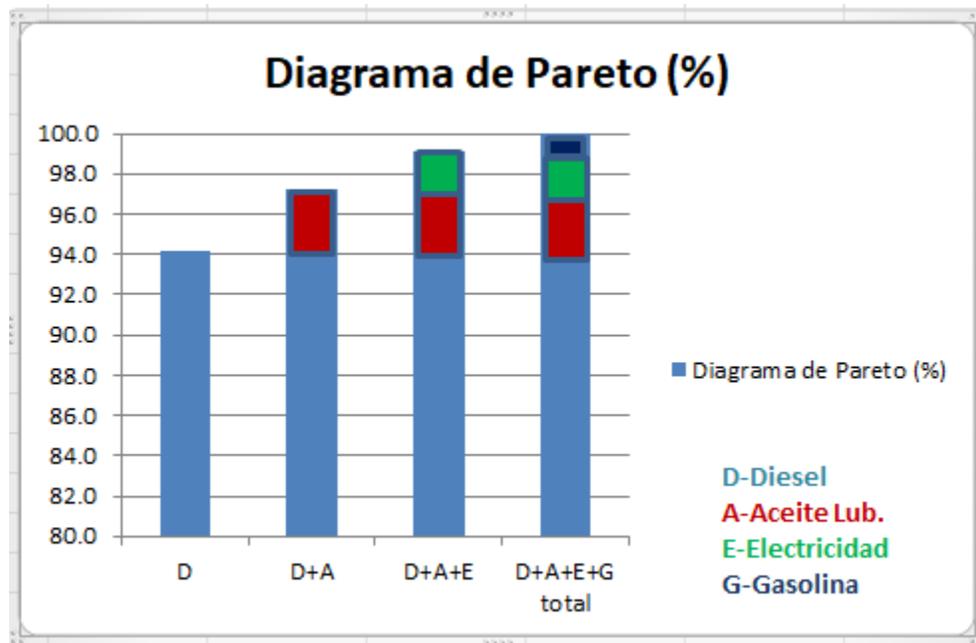


3.2 Diagrama de Pareto para los consumos de portadores energéticos

La confección de este diagrama permitió ver de entre los consumos de energía cual es el orden de importancia relativa para ejercer el necesario control sobre aquellos que deciden la eficiencia energética de la entidad.

Por tanto, las medidas de mejora continua a llevar a cabo serán muy dependientes del gasto del combustible Diesel.

Ejemplo de ello son los indicadores de control que a continuación será expuestos.



Se pudo calcular también (Anexo III) el promedio mensual de gastos en portadores energéticos respecto al total del valor de la producción mercantil que toma valores promedio mensual del 9,39 %, se puede esperar que este valor resulte elevado respecto a este tipo de actividad económica.

3.3 Intensidad energética y Eficiencia energética de la entidad

La Intensidad energética (IE) y la Eficiencia energética (Ee) están relacionadas por las ecuaciones siguientes:

El modelo estadístico cubano No. 5073-09 de la ONEI de Cuba, relaciona alguna de las variables antes descritas, estas son: IE, PM, eficiencia energética (Ee), nivel de actividad (uso de capacidad), tipos de portadores energéticos y sus consumos, así como el combustible equivalente (toe) calculado. Estas son ampliadas por el autor de este trabajo:

Intensidad energética (IE):

$$IE = \frac{toe}{PM} ; \text{kg}/\$ \quad (3.1)$$

$$toe = Boptm + Bahorro ; \text{toe/año} \quad (3.2)$$

$$PM = PM_{opt} - PM_{mejor} ; \$/año \quad (3.3)$$

Donde:

B_{opt} y PM_{opt} ; representan los valores esperados según la condición del mejor funcionamiento del proceso.

B_{ahorro} y PM_{mejor} ; representan el potencial que se puede tratar de obtener mediante mejoras para reducir el gasto de combustible (B_{ahorro}) y aumentar la producción mercantil (PM_{mejor}).

Eficiencia energética (E_e):

Para $IE \leq 1$, entonces

$$E_e = (1 - IE) \cdot 100 ; \% \quad (3.4)$$

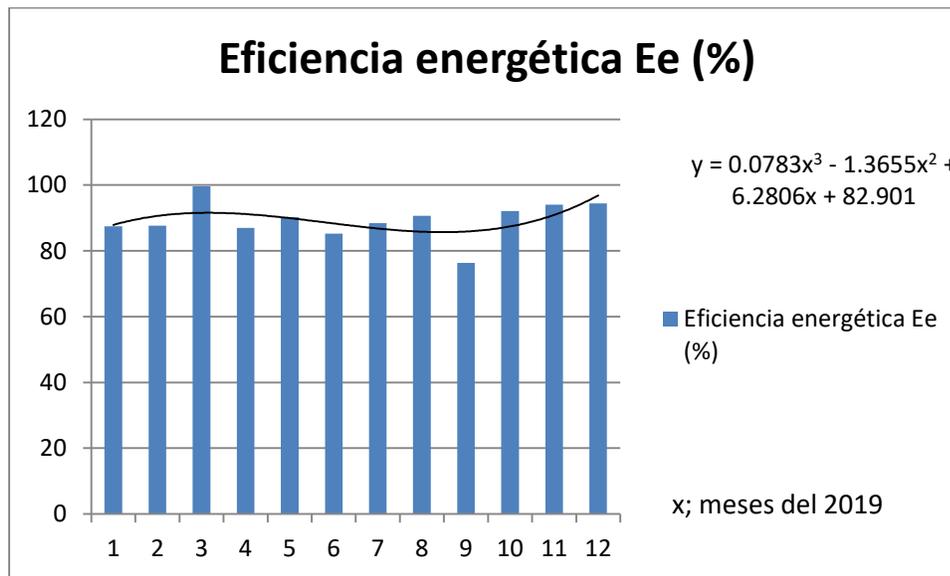
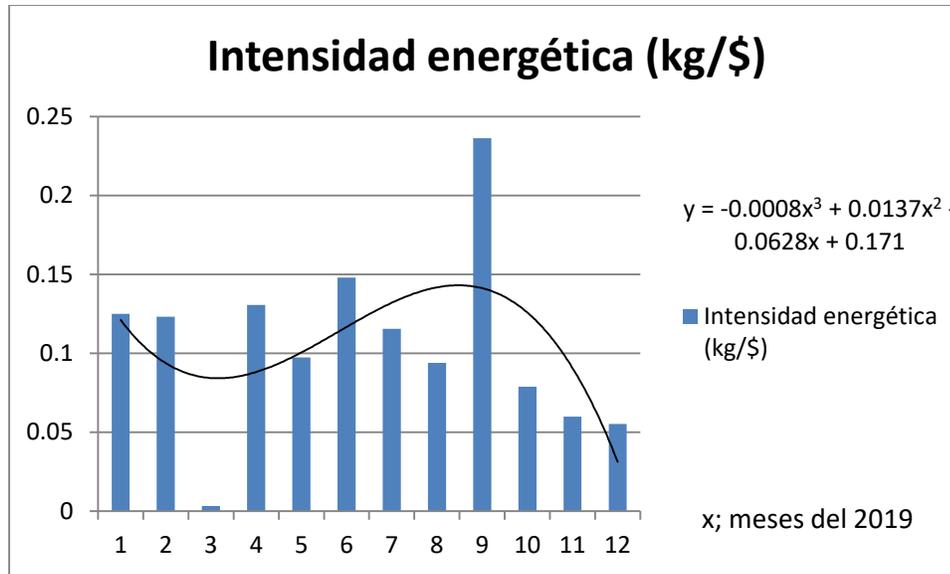
Para $IE > 1$, entonces

$$E_e = \frac{1}{IE} \cdot 100 ; \% \quad (3.5)$$

En caso de que fuera $IE=1$, el nuevo valor de la E_e para mejoramiento de la IE se realizará con la condición IE que corresponda.

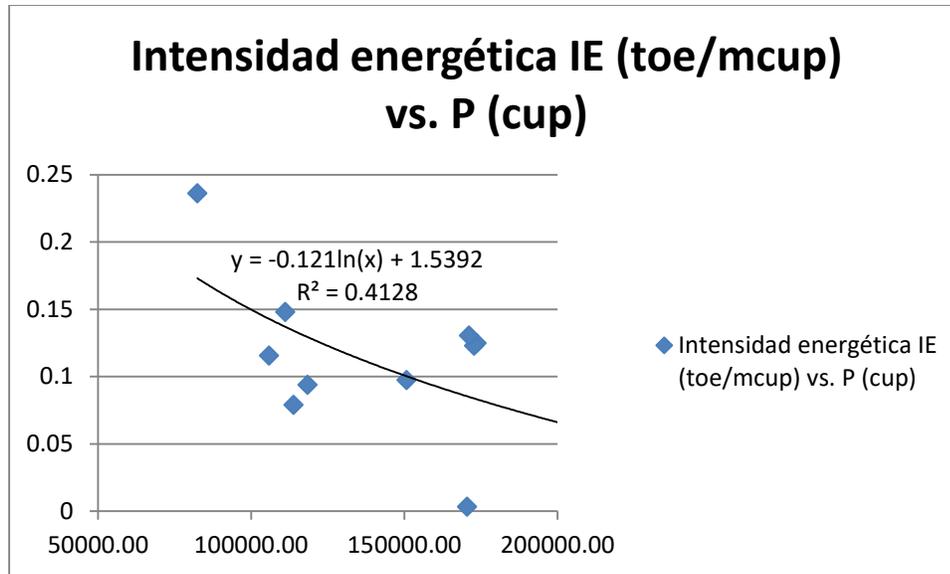
En este caso los valores de la IE son menores que 1. Como la entidad cumplió el plan de producción mercantil anual, las posibles mejoras vendrán dadas por disminuir los consumos de energía.

Para ambos modelos de IE y E_e se muestran líneas de base energética pero no son utilizables pues el coeficiente de regresión R^2 es menor que 0,6.



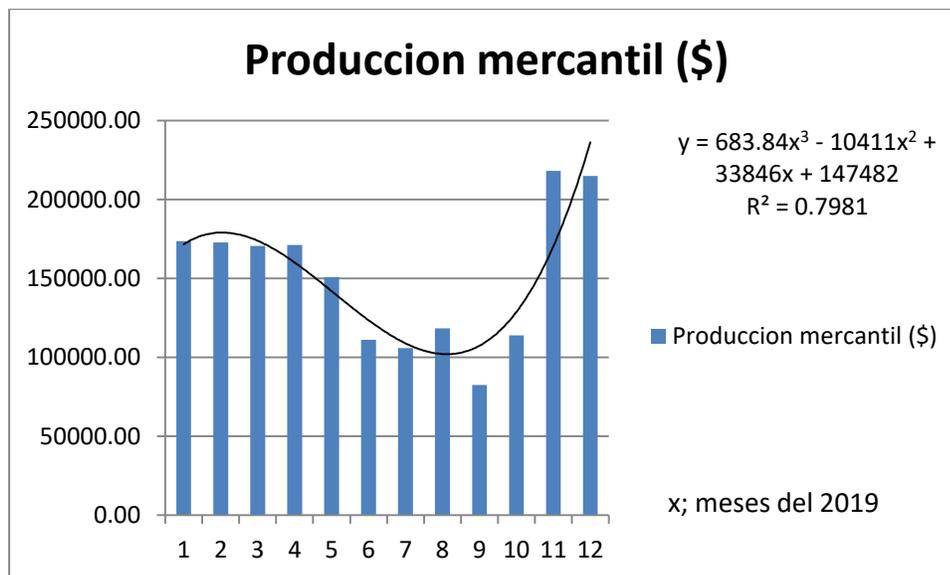
3.4 Gráfico de control Intensidad energética vs. Producción

Se obtuvo un comportamiento esperado, pues al aumentar la producción mercantil es posible reducir la intensidad energética y por tanto aumentar la eficiencia energética correspondiente. El modelo ajustado no tiene el coeficiente de correlación mínimo deseado $R^2=0,60$.



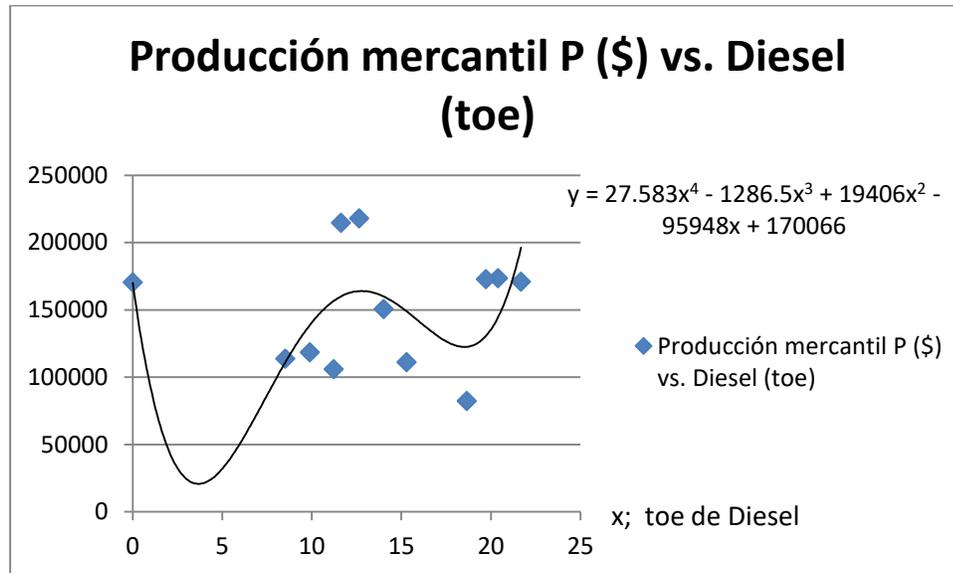
3.5 Gráfico de control de la producción mercantil (P)

Se aprecian valores menores en los meses comprendidos entre junio y octubre, siendo el más bajo en septiembre. Se podría tomar como línea de base energética la ecuación propuesta pues R^2 es mayor que 0,6.



Debido a que la actividad fundamental de la UEB CUBIZA depende de los equipos de izaje y estos a su vez consumen combustible Diesel se confecciona el diagrama de control

siguiente señalando que la ecuación de línea de base no es utilizable debido a que el coeficiente de regresión R^2 es menor que 0,6.



3.6 Productividad termoeconómica y su coeficiente de aprovechamiento

Este es un nuevo indicador que el autor propone para que se tenga en consideración la importancia relativa de los daños ambientales estimados económicamente y la producción mercantil expresada en dinero.

$$P_{Te} = \frac{1}{(IE \square 0,042)} - DAe ; \$/GJ.año \quad (3.6)$$

Donde

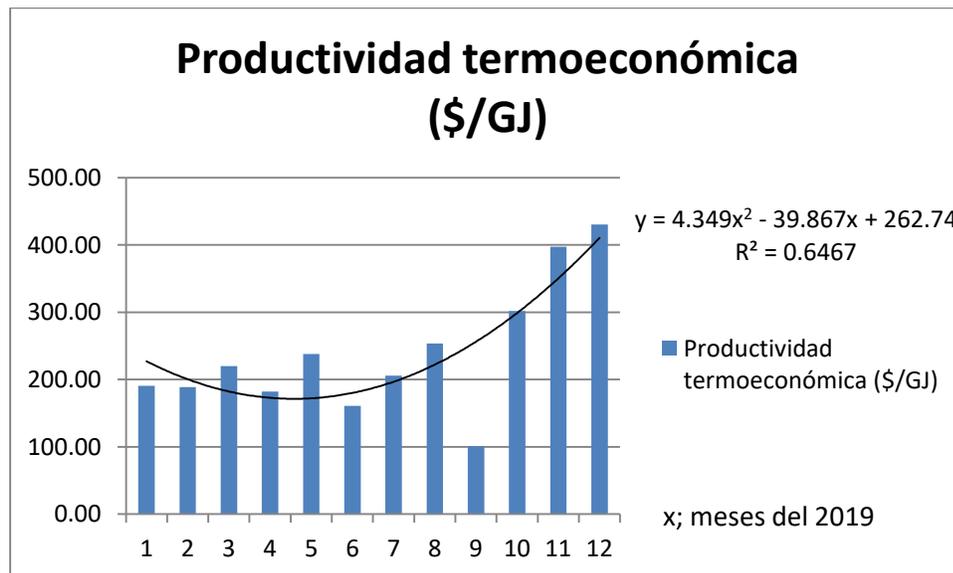
DAe; es un valor tomado de las referencias sobre daño ambiental estimado para Cuba por el uso de combustibles fósiles. Se puede tomar como entre (0,8 – 11) %, o hasta mayores valores según sea el caso de la producción mercantil. En este trabajo se tomó el criterio calculado para Cuba en (Vizcón, 2018).

También existen diferentes criterios que permiten calcular el valor de DAe, se seleccionaron los siguientes:

- *Environmental damage for energy use*; (Veziroglu, 1998)

- Los costes externos en los modelos energéticos globales de optimización. Una herramienta para la sostenibilidad; (Cuesta, 2007)
- Energía y medio ambiente; (Vizcón, 2018)
- Estimación del impacto ambiental por uso de petróleos y sus derivados; (Camaraza, 2019)
- *The Distribution of Environmental Damages*; (Hsiang, et al., 2019)

El valor más bajo que se aprecia es en el mes de septiembre, por ser el de menor producción mercantil y un elevado consumo de energía para alto valor de la intensidad energética y en correspondencia con una eficiencia energética menor. En este caso la ecuación de línea de base es utilizable debido a que el coeficiente de regresión R^2 es mayor que 0,6.



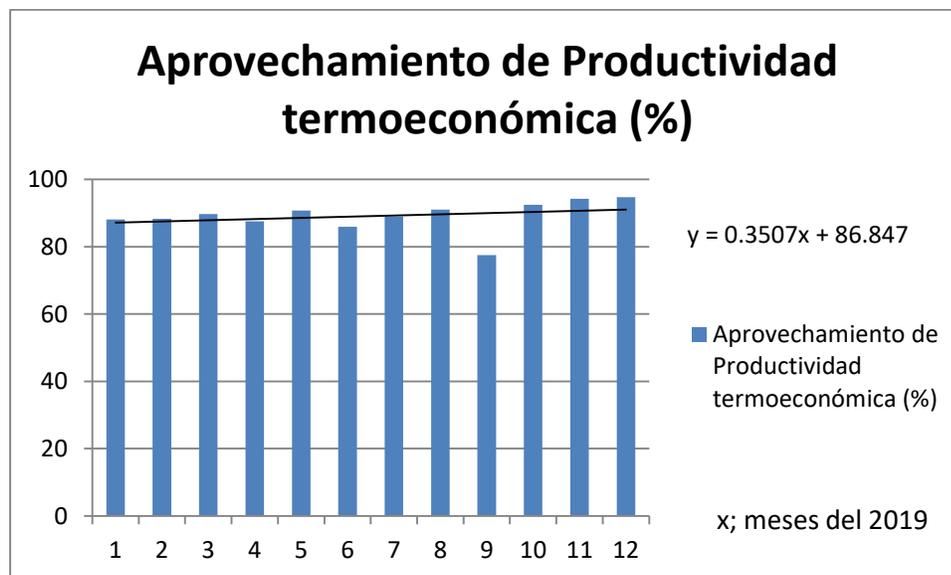
También se propone calcular el Aprovechamiento de la Productividad termoeconómica (APTe) a partir de la relación de dividir el valor de la PTe calculada para un valor del daño DAe con respecto al valor de la PTe considerando que el sistema no causa daños ambientales.

$$P_{Te} = \frac{1 - \frac{1}{(IE_{0,042})}}{1 - \frac{1}{(IE_{0,042})}} - DAe ; \text{ Adimensional} \quad (3.7)$$

O también

$$A_{P_{Te}} = (1 - \frac{1}{(IE_{0,042})}) \cdot DAe ; \text{ Adimensional} \quad (3.8)$$

Este comportamiento se aprecia a continuación.



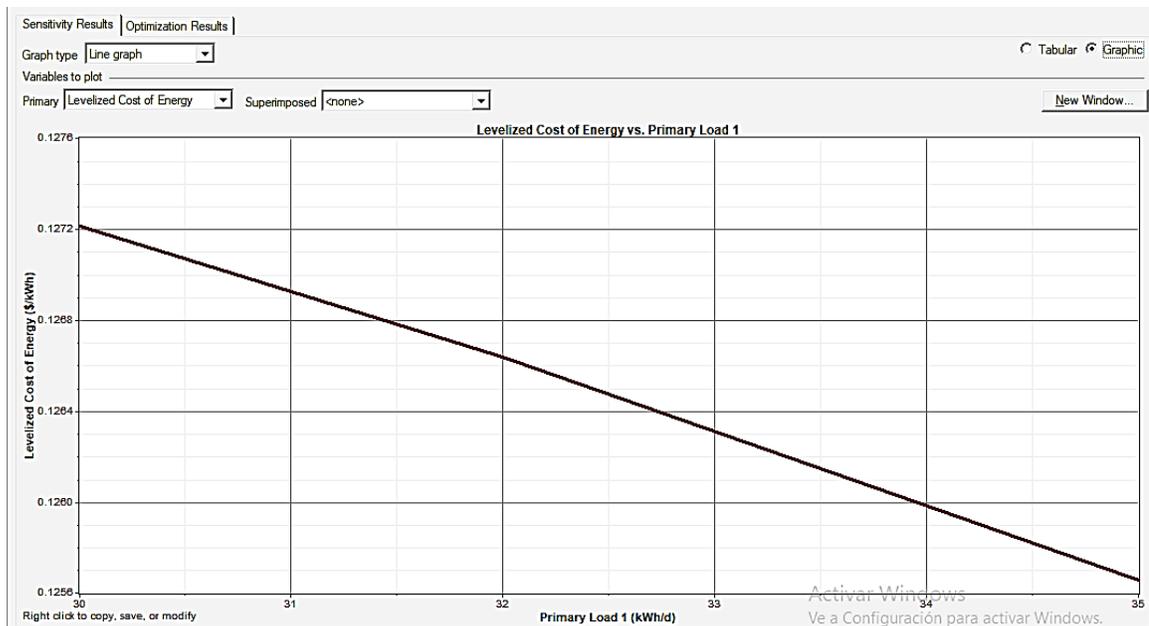
En este caso la ecuación de línea de base no es utilizable debido a que el coeficiente de regresión R^2 es menor que 0,6.

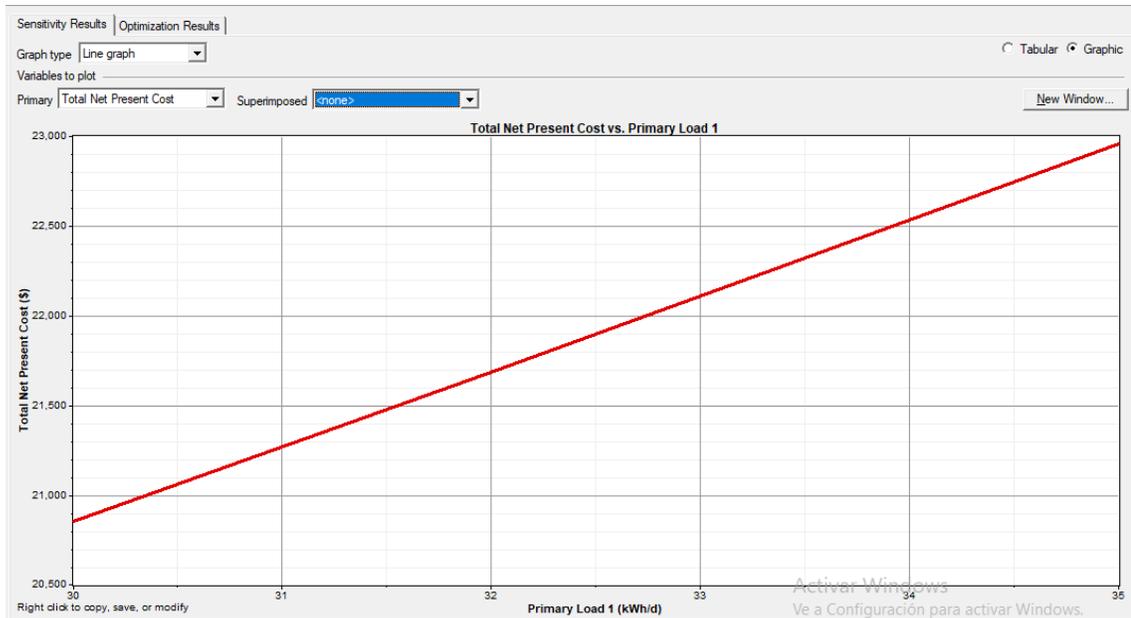
3.7 Propuesta de sistema energético para generación de energía eléctrica mediante Paneles Fotovoltaicos

El sistema calculado a partir del software HOMER para las condiciones medias de radiación solar en Cuba, permitirá instalar con un costo inicial de 11000 cuc y un Valor Actualizado Neto (NPC de HOMER) de 22 961 4 cup, un parque fotovoltaico (PFV) con 10 kW instalados, este asumirá 6,6MWh para un 55 % de una demanda anual de electricidad de 11,9MWh.

Para un costo promedio de 0,18 cup/kWh del servicio recibido del Sistema Electroenergético Nacional (SEN), el período de recuperación del capital inicial será menor de 10 años.

El sistema funcionará sin utilizar baterías de almacenamiento de carga eléctrica y acoplado directamente a las áreas de consumo, el mismo tendrá interconexión con el SEN y producirá su energía a un costo anual de 936 cup/año y costo nivelado de energía ascendente a 0,126 cup/kWh. No obstante, en la medida que se pueda asumir mayor demanda por este sistema de PFV el costo nivelado de la energía se reduce convenientemente. A continuación 2 gráficos de resultados del HOMER.





3.8 Estimación económica del daño ambiental por el uso de combustibles fósiles en la UEB CUBIZA

A partir del consumo anual de combustible equivalente calculado para el año 2019 ascendente a 174,99 toe y de la magnitud calculada en (Vizcón, 2018) dada por 22,64 cup/GJ, se alcanza una estimación económica total de daño ambiental de 163473,4 cup, es decir el 10,88% del PIB anual de la entidad, esta afectación podrá reducirse con el uso del PFV para sustituir total parcialmente el consumo de electricidad del SEN. Ver Anexo IV.

CONCLUSIONES

1. El área energética de la entidad trabaja con profesionalidad y disciplina.
2. Se logra aplicar herramientas del sistema de gestión eficiente de la energía que permitieron cumplir los objetivos de este trabajo. Se espera un mejor comportamiento energético de la UEB CUBIZA con posterioridad a este estudio de aplicarse las medidas propuestas.
3. Se determinaron los principales portadores energéticos que definen la eficiencia energética y que están soportados en el uso del diesel por parte de los equipos de izaje. Aunque están en ellos los puestos claves o de uso significativo de la energía pues consumen el 71,17% del total del Diesel, no fue posible por la información captada la diferenciación entre los equipos según sus capacidades de izaje y su estado técnico. Es posible utilizar las líneas de base energéticas cuyo coeficiente de regresión sea R^2 mayor que 0,6.
4. Se debe aplicar un sistema de mejora continua encaminado a resolver los nuevos problemas del Banco del Fórum.
5. Es viable la propuesta de suplir parte de la demanda de energía eléctrica por parte del sistema de Paneles Fotovoltaicos propuesto.
6. Los valores promedios mensuales calculados de la intensidad energética y de la eficiencia energética oscilaron entre $IE= (0,1 - 0,24)$ toe/mcup y de la $Ee= (76,4 - 99,7)$ %.
7. El valor promedio mensual calculado para los gastos en portadores energéticos de 9,39 % es posiblemente un valor que puede y debe ser reducido.
8. Es acertado utilizar el nuevo indicador de Productividad Termoeconómica dado que permitirá evaluar integralmente cuando las tecnologías energéticas empleadas son racionales y eficientes. Se calcularon valores para la entidad objeto de estudio que

oscilaron entre (100 - 430) cup/GJ mensualmente con aprovechamiento de la PTe que oscilaron entre (87,6 - 97,1) %.

RECOMENDACIONES

1. Atender por parte de la UEB CUBIZA las propuestas de este trabajo de diploma, que están encaminadas a resolver la problemática energética existente según la solicitud formulada a la Universidad de Matanzas.
2. Realizar el diagnóstico energético de la UEB CUBIZA a partir de contar con toda la información pertinente y adecuadamente registrada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- UEB CUBIZA-ENERGÍA, 2019. *información computarizada de uso de la energía para reportes del modelo estadístico 5073*, Matanzas, Cuba: s.n.
- Abas, N., Kalair, A. & Khan, N., 2015. *Review of Fossil Fuels and Future Energy Technologies*, s.l.: DOI: 10.1016/j.futures.2015.03.003.
- ADEME, 2016. *Energy Efficiency Indicators: The European Experience.*, s.l.: s.n.
- AEMA, 2018. *Indicators of Transport and Environment Integration*, s.l.: Environmental issue report.
- Agüero, J., Rodríguez, F. & Giménez, A., 2018. *Energy management based on productiveness concept*, s.l.: Renewable and sustainable energy reviews.
- Álvarez, A., 2006. *Tesis de grado: Implementación del Sistema de Gestión Energética en el Centro Universitario Las Tunas*, Las Tunas. Cuba: Universidad de las Tunas.
- American Council for an Energy-Efficient Economy, 2003. *Strategy for Energy Efficiency*, USA: s.n.
- Avella, J. C. C., Santos Macías, L. & Gómez Dorta, R., 2015. *La eficiencia energética en la gestión empresarial*, Cienfuegos. Cuba: s.n.
- Barbir, F., 1990. *Environmental Damage Due to Fossil Fuel Use*, Florida. USA: Internacional Research of Hidrogen.
- Blanco, A. y otros, 2017. *Eficiencia Energética en América Latina y El Caribe: Avances y Oportunidades*, s.l.: Editorial Pymedia.
- Borroto et al., 2002. *Gestión energética empresarial*, Cienfuegos, Cuba: Universidad de Cienfuegos. CEEMA.
- Borroto, A., 2005. *Tecnología de gestión total eficiente de la energía*. Cienfuegos, Cuba: Universidad de Cienfuegos.
- Borroto, A., 2006. *Gestión energética en el sector productivo los servicios*. Cienfuegos. Cuba: Universidad de Cienfuegos.
- Borroto, A. & Monteagudo, J., 2006. *La Gestión Energética Una Alternativa Eficaz para Mejorar La Competitividad Empresarial*, Varadero. Cuba: Memorias Conferencia Internacional De Energía Renovable, Ahorro De Energía y Educación Energética.
- Borroto, B. A., 1997. *Administración de Energía: Auditorias Energéticas y Cogeneración.*, Cienfuegos: s.n.
- Camacho, L., 2012. <http://www.juventudrebelde.cubaweb.cu>. [En línea] Available at: <http://www.juventudrebelde.cubaweb.cu> [Último acceso: enero 2020].
- Camaraza, Y., 2019. *Tesis predefensa doctoral: Métodos para la determinación de los coeficientes de transferencia de calor en aerocondensadores que operan en centrales eléctricas de biomasa*, Villa Clara, Cuba: UCLV.
- Castro, F., 2006. *Fidel Castro y la producción azucarera*, s.l.: Publicaciones Azucareras. MINAZ. La Habana..
- CEEMA, 2005. *Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía*, Cienfuegos, Cuba: Universidad de Cienfuegos.
- Centro de recursos ambientales , 2007. *Centro de recursos ambientales purriketal (dima.bizkaia)*. [En línea] Available at: www.unescoeh.org/ext/manual/html/energia.html.23.4.07. [Último acceso: 15 diciembre 2018].

- Comisión nacional para la energía de Chile, 2007. <http://www.cne.cl/archivos/sector/industrial>. [En línea] Available at: <http://www.cne.cl/archivos/sector/industrial> [Último acceso: enero 2020].
- Conrado, M. F., 2007. *Ponencia sobre energía eólica*, Habana, Cuba: CIER`2007. Cujae.
- Consejo de Estado de la República de Cuba, 2019. *Decreto Ley 345 "Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía"*, Habana: Gaceta Oficial de la República de Cuba.
- Coviello, M. & Carpio, C., 2013. *Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio.*, s.l.: s.n.
- CUBIZA, 2019. *Ejemplo de contrato de uso de grúa de izaje de la UEB CUBIZA*, Matanzas: s.n.
- Cuesta, H. C., 2007. *Los costes externos en los modelos energéticos globales de optimización. Una herramienta para la sostenibilidad*, España: Universidad Rey Juan Carlos.
- Dpto. de Industria Básica del CC del PCC, 2001. *Ahorro y Eficiencia Energética*, Habana, Cuba: s.n.
- Ecured (Ishikawa Kaoru-Jurán), 2016. *Mejora continua*. [En línea] Available at: https://www.ecured.cu/Mejora_continua [Último acceso: 15 junio 2020].
- Gómez, W., 2007. *Ponencia: Potencialidades energéticas de la agroindustria azucarera cubana*, La Habana. Cuba: Cátedra Azucarera Alcaro Reynoso. Universidad de la Habana.
- Guevara, L., 2008. *La Revolución Energética*, s.l.: Renewable Energy World 12.
- Hsiang, S., Oliva, . P. & Walker, R., 2019. *The Distribution of Environmental Damages*. [Online] Available at: www.academic.oup.com [Accessed 26 marzo 2020].
- Internacional energy agency (IEA), 2016. *IEA 25 Efficiency Policies*, USA: s.n.
- Laskurain, I., 2015. *Adoptación de estándares de Gestión Energética e integración con estándares de Gestión Medioambiental. Tesis Doctoral.*, Girona: Universidad de Girona. España.
- Mayoral, J., 2007. *Del Colapso a la Revolución Energética*, s.l.: Periódico Granma.
- Ministerio de Minas de Colombia, 2011. *Aplicación de la norma ISO 50001- Sistemas de gestión de la energía. [online].* [En línea] Available at: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Grupo%20de%20Participacion%20Ciudadana/AplicacionDeLaNormaISO50001.pdf>. [Último acceso: 2019].
- Nova, A., 2008. *La economía cubana y las fuentes alternativas de energía renovable*, s.l.: s.n.
- NREL, National Renewable energy laboratory, 2010. *HOMER. versión 2.76*, USA: s.n.
- Oficina nacional de estadísticas ONEI, 2018. <http://www.onei.cu>. [En línea] [Último acceso: 2019].
- Organización latinoamericana de la energía (OLADE), 2007. *THE LATIN AMERICAN AND THE CARIBBEAN ENERGY PERSPECTIVE AND OLADE WORK PLAN AND*

PLAN, Vienna, Austria 30 October -3 November 2006: International Atomic Energy Agency.

PAEC, 2002. *Ahorro de energía y respeto ambiental en Cuba*, Habana: Editora Política de Cuba.

Patterson, M., 1996. *What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues*, s.l.: Energy Policy.

Pérez, O., Gómez, S. & Martínez, Y., 2013. *La gestión energética en el contexto empresarial cubano..* [En línea] Available at: <http://caribeña.eumed.net/gestion-energetica-contexto-empresarial-cubano/> [Último acceso: 2019].

Pinto, N., 2011. *Tesis de maestría de termoenergética industrial*, Matanzas: Universidad de Matanzas.

Quintana, Y., 2013. *tesis de diploma: Implementación de la Tecnología de Gestión total y Eficiente de la Energía en el Hotel Barlovento*, Matanzas: Universidad de Matanzas. cuba.

Rizo, A. A., 2016. *Análisis de la Situación Energética en la Universidad de Matanzas Sede Camilo Cienfuegos para la Aplicación de la Norma ISO: 50001.*, Matanzas: Universidad de Matanzas.

Romero, K., 2018. *Panorama actual sobre eficiencia energética en América Latina. Revista Virtu*<http://www.revistavirtual.com>, s.l.: s.n.

Sánchez, M. G., 2019. *Análisis de los indicadores de desempeño energético según la norma iso 50001. Trabajo de diploma.*, Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas.

Standards, C. N. B. , 2011. *Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso*. s.l.: (ISO 50001:2011, IDT)..

Suárez, J. A., Beaton , P. A. & Faxas, R., 2011. *State and Perspectives of fossil energy in Cuba*, Santiago de Cuba: s.n.

Sulroca, F., 2007. *Tesis de doctorado: La caña de azúcar y sus potencialidades energéticas para el desarrollo económico cubano*, s.l.: s.n.

Torres, J., 2007. *Conferencia: La Biomasa Cañera y sus potencialidades*, Matanzas, Cuba: Cátedra Azucarera Álvaro Reynos . Universidad de la Habana.

UTP, 2005. "*Scientia et Technica*", ISSN 0122-1701(29).

Veziroglu, T., 1998. *Environmental damage for energy use*, Coral Gables, FL, 1998.: Proceedings of the 12th WHEC, International Association for Hydrogen Energy.

Vizcón, T. R., 2018. "*Energía y medio Ambiente*". *Curso de posgrado. Maestría de Producción más Limpia*, Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas.

WEC. IEA, 2018. *World Energy Outlook*. [En línea] Available at: <http://www.iea.org/weo/> [Último acceso: noviembre 2019].

WORLD ENERGY COUNCIL, 2016. *RESOURCES 2016 SUMMARY*, United Kingdom: World Energy.

ANEXOS

Anexo I. Encuesta de Caracterización de la Gestión Energética en la UEB CUBIZA

<i>No</i>	<i>Preguntas</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>
1	¿Están identificados todos los portadores energéticos que consume el Centro y ordenados por prioridad en función de la incidencia de cada uno?	x	
2	¿Conoce y analiza el Centro el impacto de los costos energéticos en los costos totales de producción y en el precio de los productos que vende?	x	
3	¿Están identificados en el Centro los Puestos Claves?	x	
4	¿Están establecidos los índices de consumo a nivel de Centro y hasta el nivel de Puestos Claves?	x	
5	¿Existe algún mecanismo o procedimiento de análisis y control periódico de estos índices?	x	
6	¿Se conocen y siguen los valores de los índices de consumo energético con respecto al de otros equipos y procesos similares a nivel nacional e internacional?		x
7	¿Están identificados los operarios y jefes que deciden en los consumos y costos energéticos?	x	
8	¿Existe un sistema de atención diferenciada a este personal que decide en la eficiencia energética?		x
9	¿Se cuenta con un sistema para la motivación y capacitación especializada para los operarios y jefes que deciden en la eficiencia energética?		x
10	¿Se han desarrollado acciones para la concientización de todo el personal que labora en el Centro sobre el ahorro de energía?	x	
11	¿Se conoce cuánta energía se consume de forma fija,	x	

	independientemente del nivel de las producciones que se realizan o los servicios que se prestan?		
12	¿Se conoce cuánto se debe consumir en energía eléctrica y combustibles para cada nivel de producción o servicio?	x	
13	¿Se han realizado en el Centro diagnósticos energéticos en los últimos años?		x
14	¿Está identificado el banco de problemas energéticos y cuantificados las principales reservas de eficiencia energética y potenciales de ahorro?		x
15	¿Cuenta el Centro en la actualidad con un plan de medidas e inversiones para la elevación de la eficiencia energética?		x
16	¿Se conoce lo que cuesta producir los portadores energéticos secundarios?		x
17	¿Ha realizado el Centro inversiones en los últimos tres años para reducir los consumos y costos energéticos?		x
18	¿Se utiliza en el Centro alguna fuente de energía renovable?		x
19	¿Ha recibido la dirección y el personal técnico capacitación especializada en eficiencia y gestión energética?		x
20	¿Motiva y propicia el Movimiento del Fórum la creatividad, iniciativa y el talento de la masa trabajadora en la búsqueda y aplicación de soluciones al banco de problemas?		x
21	¿Se conocen y aplican soluciones útiles y generalizables en el Centro presentadas en las ediciones del Fórum nacionalmente y en los territorios?		x
22	¿Se conocen en el Centro los impactos ambientales asociados al consumo de energía y se trabaja en su control y atenuación?	x	

Anexo II. Registro de consumos de portadores energéticos 2019 de la UEB CUBIZA y sus equivalencias en toneladas de combustible equivalente (toe)

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	total año 2019
Electricidad (kWh)												
1352.00	1763.00	1203.00	1553.00	1433.00	1598.00	1699.00	1434.00	1451.00	1066.00	952.00	802.00	16306.00
Diesel (toe)												
20.40	19.72	0.00	21.68	14.01	15.30	11.22	9.89	18.65	8.51	12.65	11.64	163.67
Diesel-Grúas (%)												
81.60	81.00	81.00	63.00	63.00	64.00	69.50	73.90	73.00	58.90	60.00	85.10	71.17
Gasolina (toe)												
0.19	0.00	0.00	0.22	0.19	0.10	0.13	0.24	0.18	0.16	0.14	0.00	1.55
Aceite lubricante (toe)												
0.74	1.56	0.56	0.00	0.49	0.60	0.41	0.59	0.23	0.01	0.01	0.02	5.21
Combustible equivalente (toe)												
21.70	21.77	0.90	22.34	15.09	16.44	12.23	11.12	19.46	8.99	13.07	11.88	174.99

Anexo III. *Tabla de valores de la producción y de los gastos en portadores energéticos de la UEB CUBIZA en el año 2019.*

MESES (2019)	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	total
PRODUCCION (cup)	173594.40	172814.78	170500.03	171072.93	150738.57	111087.11	105855.12	118408.29	82388.63	113851.72	217997.34	214762.18	1803071.10
PLAN (cup)	150000.00	150000.00	150000.00	150000.00	150000.00	150000.00	150000.00	150000.00	150000.00	150000.00	150000.00	150000.00	1800000.00
cumplimiento (%)	115.73	115.21	113.67	114.05	100.49	74.06	70.57	78.94	54.93	75.90	145.33	143.17	100.17
Gastos en portadores energéticos (cup)	21061.91	22307.17	1794.19	20543.58	14715.25	16041.12	11848.77	11185.86	18230.99	8393.04	12089.62	11014.94	169226.44
% de gastos respecto a producción	12.13	12.91	1.05	12.01	9.76	14.44	11.19	9.45	22.13	7.37	5.55	5.13	9.39

Anexo IV. Tabla de valores calculados de los indicadores objeto de estudio sobre la Gestión Energética de la UEB CUBIZA. Año 2019.

enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	total
Producción mercantil (\$)												
173594.40	172814.78	170500.03	171072.93	150738.57	111087.11	105855.12	118408.29	82388.63	113851.72	217997.34	214762.18	1803071.10
Intensidad energética (kg/\$)												
0.13	0.13	0.01	0.13	0.10	0.15	0.12	0.09	0.24	0.08	0.06	0.06	0.10
Eficiencia energética (%)												
87.50	87.40	99.47	86.94	89.99	85.20	88.44	90.61	76.38	92.11	94.01	94.47	90.29
Productividad termoeconómica (\$/GJ)												
190.48	189.03	220.00	182.31	237.88	160.84	206.04	253.57	100.80	301.63	397.20	430.29	245.33
Gasto estimado daño ambiental (\$/GJ)												
22.64	22.64	22.64	22.64	22.64	22.64	22.64	22.64	22.64	22.64	22.64	22.64	22.64
Aprovechamiento de Productividad termoeconómica (%)												
88.11	88.02	89.71	87.58	90.48	85.92	89.01	91.07	77.54	92.49	94.30	94.74	89.08