



Implementación de la etapa de Planificación Energética de la Norma ISO 50001, en la Batería de Grupos Electrógenos de la Refinería de Petróleo

Nueva Gestión Energética

Autor: Abel Rodríguez Rodríguez.

Tutor: M. Sc. Gustavo Crespo Sánchez.



UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ
INGENIERÍA

CIENFUEGOS 2020
“AÑO 62 DE LA REVOLUCIÓN”

REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS
FACULTAD DE INGENIERÍA

*Nuestra mayor debilidad radica en renunciar. La forma
más segura de tener éxito es siempre intentarlo una vez
más.*

Thomas A. Edison

Dedicatoria



✚ Lleno de amor y regocijo dedico este trabajo a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante.

✚ A mis padres, Deisy Rodríguez y Rubén Rodríguez, por ser la motivación de mi vida, mi orgullo de ser y lo que seré.

✚ A mis tíos y abuelos, que me han apoyado en mis aciertos y desaciertos.

Agradecimientos



 *A todo aquel que me brindó su ayuda solidaria de forma incondicional.*

 *A mi tutor M. Sc. Gustavo Crespo Sánchez.*

 *A mis padres.*

Resumen



Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo la implementación de la etapa de Planificación Energética en la Batería de Grupos Electrónicos de la Refinería de Petróleos de Cienfuegos. Se realizó una revisión bibliográfica que permitió determinar los fundamentos científicos que la sustentan. La caracterización energética de la Batería de Grupos Electrónicos Diésel de la Refinería de Petróleo Cienfuegos permitió determinar que consta entre su equipamiento fundamental, de 40 agregados motores de combustión interna-generadores sincrónicos trifásicos, de tecnología alemana, serie 4000 G-83, de dispositivos encargados del suministro de las materias primas necesarias en el proceso de combustión y generación de electricidad y de equipos secundarios necesarios para el funcionamiento eficiente del proceso, cuyo 97.7 % consumo de portadores energéticos corresponden al diésel utilizado en la generación. Se aplicaron las herramientas de la Norma ISO 50001, que permitieron obtener las líneas bases energéticas Real y Meta de la Central, proponer 214.8 g/kWh como indicador energético para la Batería de Grupos Electrónicos, realizar el análisis de brechas para la evaluación del cumplimiento de los requisitos de la Norma y construir la Matriz energética. Se determinó la No integralidad de la Gestión Energética de la entidad y fueron propuestas las oportunidades de ahorro.

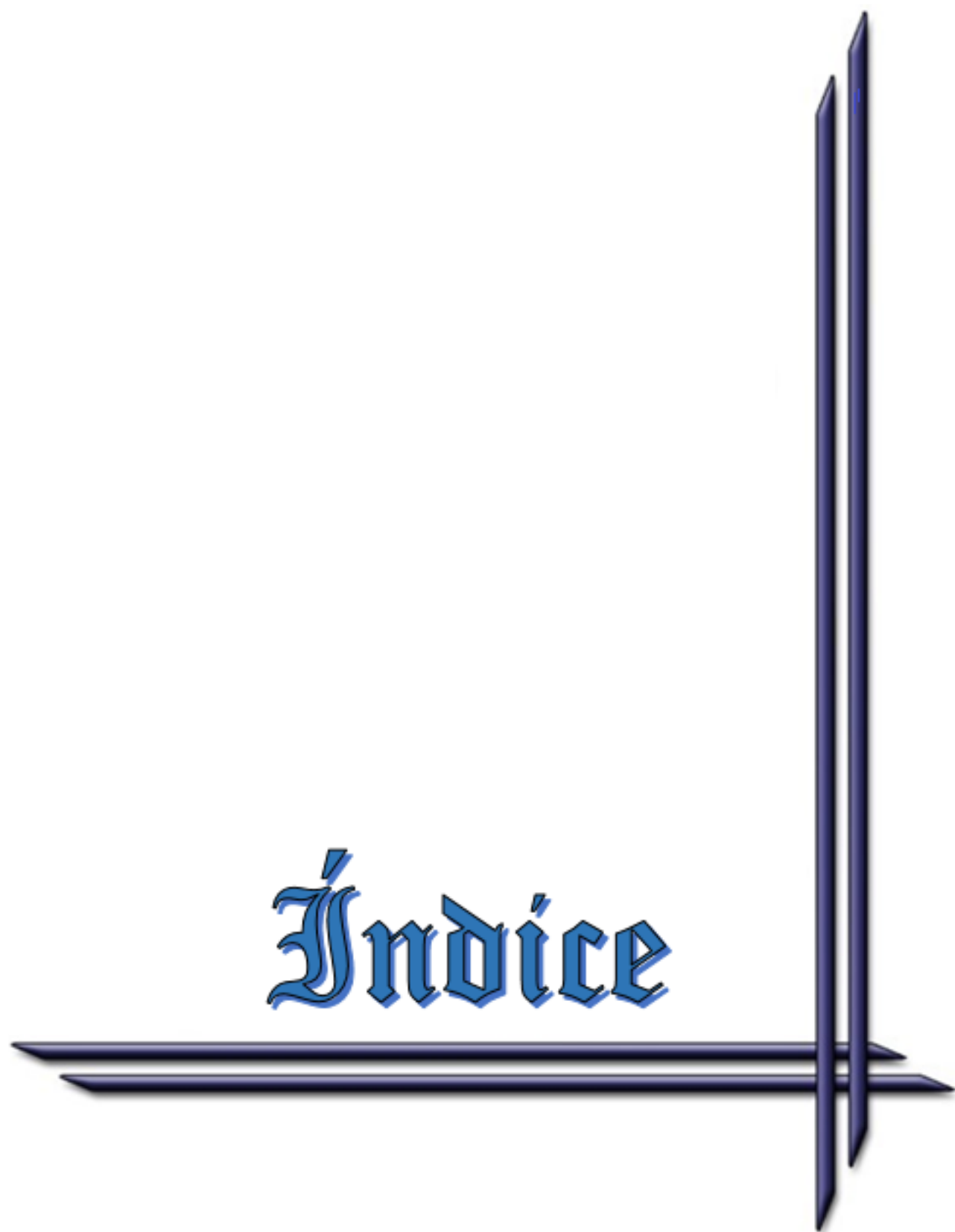
Palabras claves: *Eficiencia energética, generación distribuida, grupos electrónicos, Indicador de Eficiencia Energética, Norma ISO 50001.*

Abstract

Energy Planning Stage Implementation in Cienfuegos Oil Refinery Generator Sets Battery was the research objective. A bibliographic review was carried out that allowed determining scientific foundations that support it. Cienfuegos Petroleum Refinery energy characterization permitted to determine that it consists of 40 fundamental aggregate internal combustion engines- three-phase synchronous generators, German technology, 4000 G-83 series, of necessary raw materials supplying devices for combustion process and electricity generation and secondary equipment necessary for efficient process operation, whose 97.7% energy carriers consumption correspond to diesel used in generation. ISO 50001 Standard tools were applied, for obtaining Plant Real and Meta energy baselines, proposing 214.8 g / kWh, as well as performing gap analysis for compliance assessing with Standard requirements and build Energy Matrix. Entity's Energy Management non-integrity was determined and savings opportunities were proposed.

Key words: *Distributed generation, energy efficiency, energy performance Indicator, Generator Sets, ISO 50001 Standard.*

Indice

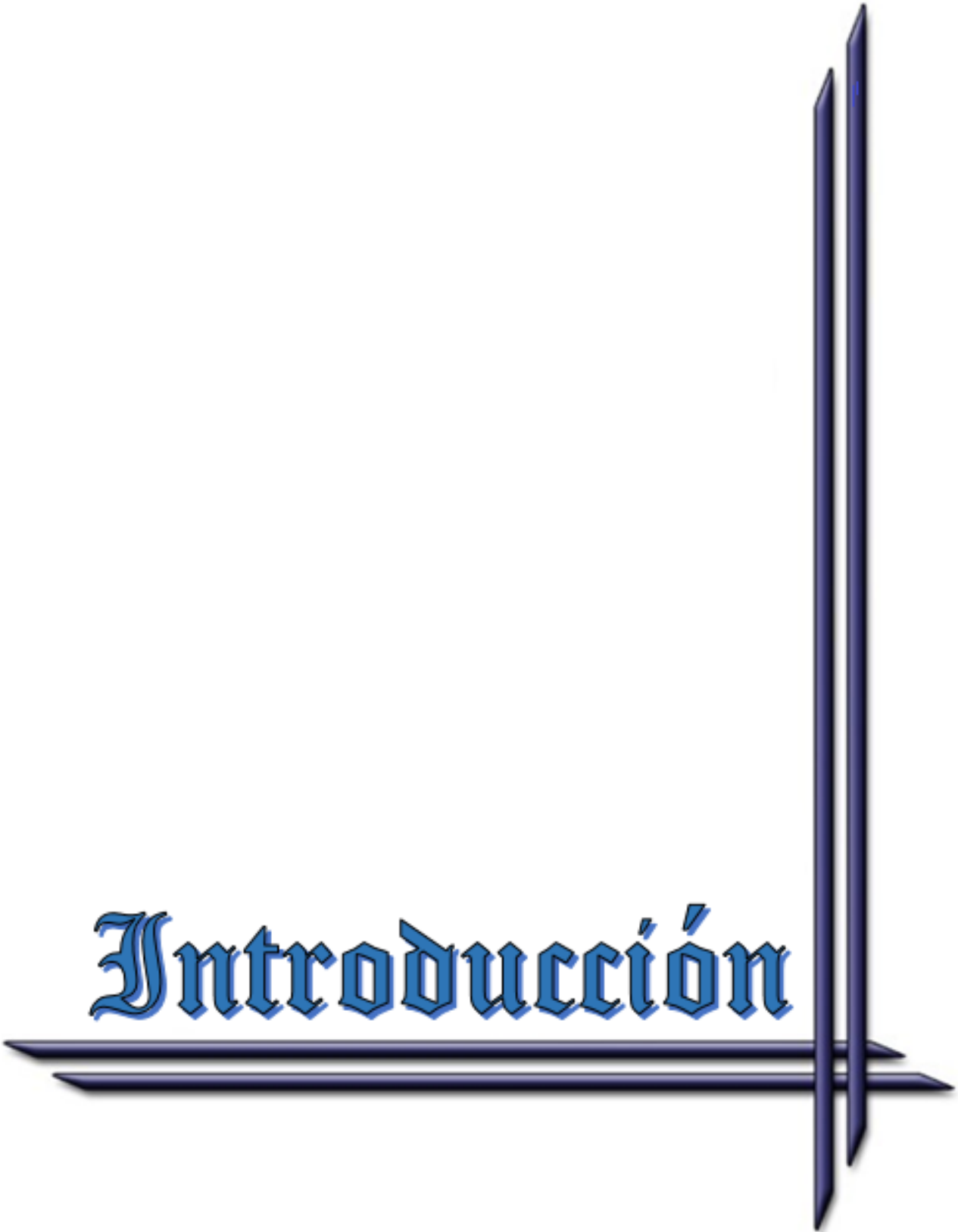


Índice

Resumen.....	8
Abstract	9
Introducción.....	1
Hipótesis	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	3
Capítulo 1. Revisión Bibliográfica.....	4
1.1. Panorama energético mundial	4
1.2. Panorama energético cubano	5
1.3. La Generación distribuida	8
1.3.1. Generación distribuida en Cuba	10
1.3.2. Ventajas de la generación distribuida	13
1.3.3. Barreras que impiden la implementación y el crecimiento de los sistemas de Generación Distribuida.	14
1.3.4. Maneras de utilizar la Generación Distribuida.	14
1.3.5. Tendencias y futuro de la generación distribuida.....	15
1.3.6. Perspectivas de la Generación Distribuida	16
1.4. Eficiencia energética	17
1.4.1. Eficiencia energética en baterías de grupos de grupos electrógenos.....	18
1.5. Sistema de Gestión Energética	20
1.6. Norma ISO 50001	21
1.7. Planificación Energética	22
1.8. Conclusiones Parciales	23
Capítulo 2. Caracterización de la batería de grupos electrógenos	25
2.1. Descripción General del funcionamiento de los Grupos Electrógenos Diésel (GED) 25	
2.2. Caracterización de la Unidad Empresarial de Base (UEB) de Cienfuegos y Central eléctrica Diésel de Grupos electrógenos de la Refinería	26
2.3. Caracterización energética de CDE de Grupos Electrógenos.....	27
2.3.1. Estratificación de los principales portadores energéticos	27
2.3.2. Análisis del consumo de Diésel	29
Conclusiones Parciales	32
Capítulo 3. Aplicación de las herramientas de la etapa de planificación de la norma ISO-500001	33
3.1. Implementación de la Etapa de Planificación energética en la Batería de Grupos Electrógenos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos.....	33

3.1.1.	Determinación de Línea de Base Energética.....	33
3.1.2.	Determinación del Indicador de Eficiencia Energética.....	36
3.1.3.	Análisis de brechas para la verificación del cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO 50001	38
3.2.	Oportunidades de ahorro	42
3.2.1.	Medidas organizativas:	42
3.2.2.	Medidas técnicas y de inversión:	43
	Conclusiones Parciales.....	43
	Conclusiones Generales	45
	Recomendaciones.....	46
	Referencias Bibliográficas	47

Introducción

A decorative graphic consisting of two crossed swords. The swords are dark blue with lighter blue outlines. They are positioned vertically on the right side of the page, with their blades pointing upwards and their hilts at the bottom. The hilts are crossed, forming an 'X' shape.

Introducción

En los países en desarrollo los grupos electrógenos (GE) son la única fuente de electricidad fiable. Suministran energía a aquellas comunidades que no disponen de medios para conseguirla, mejorando la calidad de vida en muchas de las regiones menos desarrolladas del mundo.

Para llevar a cabo la Revolución Energética en Cuba, fue necesario romper con los esquemas tradicionales en la generación de energía eléctrica; el país contaba con grandes plantas termoeléctricas, algunas construidas luego del triunfo de la Revolución, que en su momento desempeñaron un importante papel, pero se convirtieron en altas consumidoras de combustible e insumos, debido a su mal estado técnico-tecnológico acumulado durante el período especial, sufrían constantes averías y debían salir del Sistema Electro energético Nacional (SEN). Como las plantas estaban dispersas en puntos distantes de los consumidores, se producían altas pérdidas en la transmisión de electricidad; así comenzaron a llegar a Cuba baterías de GE Diésel con alta calidad y eficiencia, que sincronizadas al SEN apoyan actualmente a las termoeléctricas, generando electricidad durante las horas del día en que tiene lugar el pico en la demanda.

Se evidencia el esfuerzo inversionista que realiza el gobierno de la República de Cuba en el mejoramiento de la producción y distribución de energía eléctrica para lograr mejor calidad de vida en la población, y de gran importancia son los recursos humanos, materiales y financieros que dedica la sociedad para mantener y reparar los equipos de generación existentes. Por lo que la reducción máxima de los costos con los equipos de generación, acompañado del máximo aprovechamiento de su capacidad de trabajo, es una cuestión de interés para la economía nacional.

Dado el significado estratégico que poseen los GE y teniendo en cuenta que el país no los

produce, se considera muy útil el análisis de los parámetros principales bajo los que trabaja para luego mejorar la eficiencia productiva de los mismos mediante investigaciones científicas teóricas y prácticas

En el caso de la batería de grupos electrógenos que apoya el municipio de Cienfuegos comprende un complejo sistema cuyo propósito es la generación de energía eléctrica; abarca el almacenamiento de combustible, su distribución y suministro hasta los Motores de Combustión Interna Diésel, el cual funciona utilizando la energía química del combustible para transformarla en energía mecánica. Cuenta con un grupo de 40 motores diésel instalados cerca de la refinería de Carlos Manuel de Céspedes

Se toma como referencia esta batería de GE que lleva instalada hace aproximadamente dos años por no haberse realizado investigaciones energéticas y se desconoce el comportamiento de la misma.

De las consideraciones siguientes emerge el siguiente **Problema Científico**

La Batería de Grupos Electrógenos de la Refinería de Cienfuegos no cuenta con una evaluación de su desempeño energético que le permita emprender acciones para mejorar su eficiencia energética.

Hipótesis

Si se implementa la etapa de Planificación Energética en la Batería de Grupos Electrógenos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos se podrá evaluar su desempeño energético y mejora la eficiencia energética de la instalación

Objetivo general

Establecer un indicador de desempeño energético de la Batería de Grupos Electrógenos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos que le permita evaluar su eficiencia energética

Objetivos específicos

1. Realizar una revisión bibliográfica de los antecedentes del tema que permita establecer los fundamentos que sustentan la investigación
2. Caracterizar energéticamente la Batería de Grupos Electrógenos de la Batería de Grupos Electrógenos.
3. Aplicar las herramientas de la Norma ISO 50001 para determinar las líneas Base Energéticas Real y Meta y el Indicador de Eficiencia Energética de la Batería de Grupos Electrógenos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos y determinar las oportunidades de ahorro

La tesis está estructurada en tres capítulos, cada uno con conclusiones parciales, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y Anexos.

En Capítulo 1 se realizó una búsqueda bibliográfica para establecer los antecedentes y fundamentos que sustentan la investigación.

En el Capítulo 2 se realizó la caracterización general y energética de la entidad objeto de Estudio: Batería de Grupos Electrógenos de la Refinería de Petróleo Cienfuegos.

En el Capítulo 3 se aplicaron las herramientas de Planificación Energética de la Norma ISO 50001 para determinar las Líneas Básicas Energéticas Real y Meta, el Indicador de Eficiencia Energética (IDEn). Se realizó además el análisis de brechas para evaluar el cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO 50001 y se construyó la Matriz Energética de la Batería de Grupos Electrógenos.

Capítulo I



Capítulo 1. Revisión Bibliográfica

Cada vez es mayor el número de organizaciones públicas y privadas, que son conscientes de la reducción de los consumos de energía, así como la utilización de fuentes de energía alternativas a las tradicionales menos agresivas con el medio ambiente ya que contribuye a la reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero; esta actitud ambientalmente responsable no es incompatible con la necesidad de hacer más competitivas a las organizaciones, es decir, no perjudica la calidad de los productos y servicios que ofrecen.

1.1. Panorama energético mundial

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

Los países en desarrollo o en transición están experimentando una expansión económica que ha dado lugar a crecimientos de sus consumos energéticos para la producción de sus productos, muy superiores a los de los países ya desarrollados en distintos sectores, debido al incremento asociado de la demanda de energía y a leyes menos restrictivas en los aspectos medioambientales,

Es evidente que la producción energética actualmente no es sostenible, debido a que los combustibles fósiles son la principal fuente de energía empleada a nivel mundial teniendo apoyo público, en año 2011 alcanzó un valor de 523.000 millones de dólares, un 30% superior al año anterior, y en comparación con lo recibido por las energías renovables, seis veces más.

Las estrategias que se implementan para mejorar la eficiencia energética a largo plazo son insuficientes, ya que no se está explotando todo el potencial que existe para aprovechar

mejor los recursos que se tienen, hace falta respaldar modelos que garanticen a los inversores la obtención de una rentabilidad mínima.

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

1.2. Panorama energético cubano

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

- Ley eléctrica, ley 1287/1975 de servicio eléctrico.
- Ley del Medio Ambiente, Ley No. 81/1997 en el artículo 29 considera la evaluación del impacto ambiental el empleo de materias primas o fuentes de energía.
- Decreto-Ley No. 207/2000 sobre el uso de la energía nuclear
- Resolución 3358/2004: Medidas excepcionales para reducir la demanda eléctrica en las horas picos.
- Resolución 1315/2005: Programa de eficiencia energética y administración de las demandas eléctricas.
- Resolución 1604/2007: Nuevas medidas de ahorro de electricidad para el sector estatal.

- Resolución No. 3287/2007 sobre el establecimiento del plan anual de consumo de portadores energéticos, del antiguo Ministerio de la Industria Básica, actual Ministerio de Energía y Minas.
- Acuerdo 4002/2001 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros mediante el cual se le asignan nuevas funciones al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en las que incluye la promoción del uso de energías renovables
- Carta circular No 12/2005. Programa de eficiencia energética y administración de las demandas eléctricas

También la implementación de la NC ISO 50001: 2011 en algunas entidades ha contribuido al ahorro y uso eficiente de las energías puesto que en el año 2015 el uso de la energía renovable se comportó al 4% y se aspira que para el 2030 aumente hasta el 24%

Existen otros programas implementados en Cuba vinculados con el tema energético:

- Programa de desarrollo de las fuentes nacionales de energía. (1993)
- Creación de centros de investigación (1990 - 2003):
 - ✓ Centro de Estudios de Tecnología Energéticas Renovables (CETER)
 - ✓ Centro de Estudios de Termoenergética Azucarera (CETA)
 - ✓ Centro de Estudios de Energía y Medioambiente (CEEMA)
 - ✓ Grupo de Biogás de Villa Clara, Área de Investigación y Desarrollo de Hidroenergía
 - ✓ Sociedad Cubana para la Promoción en las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR)
 - ✓ Centro Integrado de Tecnologías del Agua (CITA)
 - ✓ Centro de Estudios de Eficiencia Energética (CEEFE)
 - ✓ Grupo de Aplicaciones Tecnológicas en energía Solar (GATES)
 - ✓ Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía

- ✓ Frente de Energías Renovables (FER)
- Revolución energética, donde se instrumentaron y aplicaron los siguientes programas: Ahorro y uso eficiente de la energía. Incremento de la disponibilidad eléctrica Uso de las FRE (2005).
- Promulgación de los lineamientos de la de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución: Lineamientos 113, 131, 245, 247, 252, 254, 267. (2011).

En Cuba la única ley respecto a la energía es Ley Eléctrica de 1975 relacionada con el de servicio eléctrico, sin embargo en el año 2011 fueron aprobados los lineamientos para la actualización del modelo económico y social cubano en el 2014 se aprobó la política para el desarrollo perspectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía y por último en el 2016, la declaración de protección de los recursos y el medioambiente como dimensiones del desarrollo sostenible y ejes estratégicos para el Plan de desarrollo económico y social hasta el 2030.

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

- El ahorro es una política de estado por lo que la implementación la gestión energética local tiene apoyo político y gubernamental a todos los niveles.
- La mayoría de las entidades de producción y servicios son de propiedad pública, por lo que los gobiernos locales tienen autoridad para incluirlos en la planificación energética local y verificar su desempeño.
- Existe una tarifa eléctrica progresiva que se incrementa con el consumo, por lo que las nuevas formas de propiedad y de gestión tienen interés en reducir su factura eléctrica.

- Existe una estructura del Ministerio de Energía y Minas, la Oficina Nacional para el Control del Uso Racional de la Energía (ONURE) que tiene un representante en cada municipio del país, que es miembro del Consejo de Administración Municipal (CAM) y que potencialmente podría desarrollar las funciones de gestor energético local.
- El desarrollo de la economía del país se basa en la planificación, por lo que la Planificación Energética Local ya se realiza y existe experiencia al respecto.

En el Anuario Estadístico de Cuba 2015 se evidencia que la Administración Pública reúne a los sectores educacionales, de salud, deporte, los servicios comunales y servicios a la población tienen subordinación local y una incidencia significativa en el consumo de los cuatro portadores energéticos de mayor consumo en el país, particularmente en el consumo de combustible diésel y energía eléctrica es tienen una mayor representatividad con un 51% y un 30% aproximadamente

1.3. La Generación distribuida

En los años setenta, factores energéticos (crisis petrolera), ecológicos (cambio climático) y de demanda eléctrica (alta tasa de crecimiento) a nivel mundial, plantearon la necesidad de alternativas tecnológicas para asegurar, por un lado, el suministro oportuno y de calidad de la energía eléctrica y por el otro, el ahorro y el uso eficiente de los recursos naturales. Una de estas alternativas tecnológicas es generar la energía eléctrica lo más cerca posible al lugar del consumo, precisamente como se hacía en los albores de la industria eléctrica, incorporando ahora las ventajas de la tecnología moderna y el respaldo eléctrico de la red del sistema eléctrico.

Asociado al auge del uso de las fuentes de energía renovables ha surgido la revisión de un concepto, que, si bien no es nuevo, estuvo abandonado en las últimas décadas

Muy frecuentemente las fuentes de energía renovable utilizadas para generar energía

eléctrica están disponibles en magnitudes reducidas (con excepción de las grandes hidroeléctricas). Estas pequeñas plantas generalmente han carecido de la tecnología adecuada para su incorporación, de una forma económica, a las redes eléctricas; sin embargo, con el desarrollo de las técnicas modernas (electrónica de potencia) estas limitaciones han dejado de existir y se ha posibilitado su conexión a las redes eléctricas existentes de una forma segura, eficiente y confiable para garantizar y controlar su operación exitosa

A esta modalidad se le ha denominado Generación Dispersa, o más cotidianamente, Generación Distribuida, cuya definición aún está por precisar; diversos autores han tratado de explicar el concepto, que a grandes rasgos puede afirmarse que la generación distribuida es la generación o el almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana al centro de carga, con la opción de interactuar (comprar o vender) con la red eléctrica y, en algunos casos, considerando la máxima eficiencia energética. (Martínez, 2013-2014)

Esta forma de enfocar la generación, permite incorporar las diferentes fuentes de energía renovable y no renovable, fundamentalmente las de menor potencia y menor complejidad de operación; por tanto, la generación distribuida representa un cambio en el paradigma de la generación de energía eléctrica centralizada. Una de estas alternativas tecnológicas para enfrentar el control de la demanda ha sido pues, generar la energía eléctrica lo más cerca posible al lugar de consumo (precisamente como se hacía en los principios de la industria eléctrica), incorporando las ventajas de la tecnología moderna y el respaldo eléctrico de la red del sistema eléctrico, para compensar cualquier requerimiento adicional de compra o venta de energía eléctrica

El rango en capacidad instalada de generación distribuida, varía aún más que la propia definición, es bastante subjetivo el criterio para calificar a sus instalaciones como

“relativamente más pequeñas a las centrales de generación”. En la literatura se manejan diferentes rangos: menores a 500 kW; mayores a 1 000 kW y menores a 5 000 kW; menores a 20 000 kW; menores a 100 000 kW; e inclusive de tan sólo unos cuantos kW, por ejemplo 3 kW; no obstante lo anterior y con el afán de establecer una capacidad de acuerdo con las características de la generación eléctrica, se puede decir que, en lo que respecta a tecnologías disponibles, la capacidad de los sistemas de generación distribuida pueden variar desde cientos de kW hasta 10 000 kW (Percy Viego Felipe, 2007)

El éxito de la difusión y fomento de la misma radica en la existencia de tecnologías de punta que permiten, para potencias pequeñas, generar energía eléctrica en forma eficiente, confiable y de calidad. Las tecnologías de generación se dividen, a su vez, en convencionales y no convencionales; las primeras incluyen a las turbinas de gas, motores de combustión interna y micro turbinas; las segundas se refieren a las energías no renovables, como la mini hidráulica, geotérmica y biomasa, las turbinas eólicas, celdas de combustibles y celdas fotovoltaicas. La aplicación de una u otra tecnología depende de los requerimientos particulares del usuario.

Una de las formas de utilización de la generación distribuida es el uso de motores de combustión interna (motores diésel y fuel). Cuba se encuentra inmersa en un proceso de transformaciones en el Sistema Electroenergético Nacional, en el cual, su principal estrategia es la explotación de estas plantas para solucionar de forma rápida y económica los problemas existentes con la generación en el SEN. (Martínez, 2013-2014)

1.3.1. Generación distribuida en Cuba

Uno de los cambios conceptuales inherentes a la Revolución Energética radica en el establecimiento de un nuevo esquema de generación eléctrica (La Generación Distribuida por todo el país); esta se basa en la instalación de baterías, dispersas a lo largo de todo el

territorio nacional, y sincronizados al Sistema Electroenergético Nacional (SEN). Los equipos son de alta disponibilidad y fácil instalación, además tienen niveles de potencia unitaria inferiores a los de las termoeléctrica, por lo que, la salida de funcionamiento de alguno de ellos no crearía nunca una crisis.

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

En régimen de emergencia:

En su mayoría alimentan pequeñas cargas de importancia social o económica como panaderías, policlínicos y empresas, y la idea es que sean utilizados para aliviar al sistema en horarios picos al asumir su carga cuando esta se desconecte de la red. Su capacidad va desde 7 kVA hasta de 500 kVA.

En régimen de producción:

Pueden trabajar en régimen normal o en emergencia conformando baterías; en ambas condiciones se encuentran sincronizadas en paralelo con la red de distribución.

Las baterías están constituidas por grupos de motores múltiples de cinco u ocho, en dependencia del GE (por ejemplo, una batería son cinco u ocho motores, dos baterías son 10 o 16 motores y así sucesivamente). Cuando están en funcionamiento normal, disponiendo de tensión en el lado de baja del transformador, el motogenerador arranca por programación horaria o manualmente por una orden del operador. El sistema de sincronización verifica el sincronismo a ambos lados del interruptor de conexión y automáticamente cierra cuando se verifique la condición de sincronismo entre ambos lados.

Cuando existe caída del SEN, las baterías de GE pueden trabajar como islas, pero debe tenerse en cuenta que quedarán aislados de cualquier otra generación, encargándose de la vigilancia de tensión y frecuencia. En situación de isla las cargas se introducirán de forma progresiva para que estos grupos tengan tiempo de poder absorberlas y repartírselas.

Si los GE son de mayor potencia que los de emergencia y están conformados de forma solitaria o en grupos de dos o tres, trabajan sincronizados a la red y en caso de que la red se quede sin energía puede alimentar una parte del sistema eléctrico; estando desconectado eléctricamente del resto del sistema, se dice que están trabajando en régimen de producción aislado y en tal situación los GE pueden trabajar en horarios picos para aliviar la demanda y así ayudar al Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

Los grupos electrógenos instalados forman parte del régimen base, sincronizados a la red, con un modo de entrega de potencia continua, siendo esta la máxima potencia que el GE es capaz de entregar continuamente a una carga eléctrica constante, cuando opera un número ilimitado de horas bajo las condiciones de operación que el productor ha establecido, e incluye sus intervalos de mantenimiento y los procedimientos de operación. Deben cumplimentar requerimientos técnicos para la tensión, la frecuencia y las potencias de entrega; estos requerimientos, establecidos en la ISO 8528,2 están acorde con la clase de comportamiento de los GE, los cuales a su vez están en concordancia con las cargas que alimentan dichos GE, y que son:

- Clase G1: Aplica para los grupos donde están conectadas cargas que solo requieren los parámetros básicos de tensión y frecuencia. Ejemplo: Aplicaciones de propósito general (cargas eléctricas sencillas y de iluminación)
- Clase G2: Aplica para grupos donde las características de tensión sean muy similares a las del sistema eléctrico público comercial con el cual opera. En estos casos, se

permiten desviaciones temporales de tensión y frecuencia cuando ocurren cambios en la carga. Ejemplo: Sistemas de iluminación, bombas, ventiladores y grúas.

- Clase G3: Aplica cuando los equipos conectados demandan, de los grupos, determinadas características de estabilidad y niveles de frecuencia, tensión y forma de ondas. Ejemplo: Cargas de telecomunicaciones o controladas por tiristores
- Clase G4: Aplica cuando los requerimientos de estabilidad y niveles de frecuencia, tensión y forma de onda son excepcionalmente severos. Ejemplo: Equipamiento que procesa información o sistemas de cómputos

Como dato de interés, los GE instalados en Cuba, se consideran con clase de comportamiento dentro del grupo G3 (Mairelys Francisco, 2007)

1.3.2. Ventajas de la generación distribuida

El auge de los sistemas de GD se debe a los beneficios inherentes a la aplicación de esta tecnología, tanto para el usuario como para la red eléctrica. A continuación, se listan algunos de las ventajas para el usuario:

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

Ventajas para el suministrador

- Reducción de pérdidas en transmisión y distribución. [L]
[SEP]
- Abasto en zonas remotas. [L]
[SEP]
- Libera capacidad del sistema. [L]
[SEP]
- Proporciona mayor control de energía reactiva. [L]
[SEP]
- Mayor regulación de tensión.
- Disminución de inversión.
- Menor saturación.
- Reducción del índice de fallas. [L]
[SEP]

1.3.3. Barreras que impiden la implementación y el crecimiento de los sistemas de Generación Distribuida.

Barreras Tecnológicas: Todavía existe una falta de conocimiento de las tecnologías de generación distribuida; muchas de ellas aún están en etapa de investigación con un alto costo asociado. Ejemplo las celdas fotovoltaicas

- Redes de distribución típicamente radiales: es decir, están diseñadas para llevar el flujo de energía en una sola dirección, mientras que la generación distribuida requiere de flujos que se muevan en ambas direcciones, por lo tanto, surge la necesidad de tener sistemas de distribución enmallados o en anillo.
- Barreras de regulación y de mercado: en la mayoría de los países subdesarrollados, los sistemas regulatorios no consideran a la generación distribuida como un aspecto diferente a la generación convencional, por lo que explícitamente la penalizan

1.3.4. Maneras de utilizar la Generación Distribuida.

La aplicación de una u otra tecnología en la GD depende de los requerimientos particulares del usuario. Los arreglos tecnológicos más usuales se citan a continuación (Martínez, 2013-2014):

- Carga base: Se utiliza para generar energía eléctrica en forma continua; opera en paralelo con la red de distribución; puede tomar o vender parte de la energía, y usa la red para respaldo y mantenimiento.
- Proporcionar carga en punta: Se utiliza para suministrar la energía eléctrica en períodos punta, con lo que disminuye la demanda máxima del consumidor, ya que el costo de la energía en este período es el más alto.
- Generación aislada o remota: Se usa para generar energía eléctrica en el modo de autoabastecimiento, debido a que no es viable a partir de la red eléctrica (sistema aislado o falta de capacidad del suministrador).
- Soporte a la red de distribución: A veces en forma eventual o bien periódicamente, la empresa eléctrica requiere reforzar su red eléctrica instalando pequeñas plantas, incluida la subestación de potencia, debido a altas demandas en diversas épocas del año, o por fallas en la red.
- Almacenamiento de energía: Se puede tomar en consideración esta alternativa cuando es viable el costo de la tecnología a emplear, las interrupciones son frecuentes o se cuenta con fuentes de energía renovables.

1.3.5. Tendencias y futuro de la generación distribuida

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

Se estima, según los especialistas en el tema, para la próxima década, el uso de la

generación distribuida alcance valores cercanos al 40% de toda la producción de electricidad a nivel mundial. Esta tendencia a la generalización de la generación distribuida contribuirá al ahorro de energía, la cual proviene principalmente de los combustibles fósiles, lo que se traduce en menores daños para el medioambiente y una menor dependencia de las fuentes tradicionales de energía, las cuales son sustituidas, aunque todavía en pequeña medida, por fuentes renovables. (Centro de Estudio de Energía y Medio Ambiente, 2007)

1.3.6. Perspectivas de la Generación Distribuida

Diésel

Los grupos electrógenos de consumo de combustible diésel, se instalaron en nuestro país con el objetivo de dar una solución rápida a los problemas ocasionados por la crisis energética del año 2004. Representaron el incremento de la generación y el restablecimiento paulatino de la potencia disponible. La generación de electricidad a partir de grupos electrógenos Diésel presenta altos valores de consumo de combustible Diésel de alta calidad, aceite, líquidos refrigerantes, elevados costos de mantenimientos y reparaciones, en tiempos de operación no muy grandes.

Todo lo antes expuesto ligado a la existencia de tecnologías aplicables a la GD, que permiten aprovechar el crudo nacional para la generación de electricidad llevo a la toma de la decisión que la generación eléctrica con grupos electrógenos Diésel se realiza principalmente para cubrir los picos de la demanda con tiempos de trabajos limitados por día, y para disminuir los gastos que los aspectos antes planteados implican

Fuel Oil

La existencia de tecnologías que permiten el aprovechamiento del crudo nacional en la generación de electricidad para la GD, ha sido un aspecto de importantes análisis. Partiendo de las deficiencias de la generación con grupos electrógenos de consumo de combustible

Diésel se tiene como perspectiva lograr sistemas estables de generación de energía eléctrica a partir de unidades con consumo de combustible Fuel Oil y mantenimientos con cantidad de horas superiores a los grupos electrógenos Diésel

Este tipo de combustible a utilizar para los emplazamientos es de menor calidad del Diésel, pero resulta factible la utilización de este tipo de tecnología debido a que nuestro país puede garantizar el suministro a los emplazamientos, con el crudo de extracción nacional, con un menor costo e índices de consumo comparados con el Diésel

1.4. Eficiencia energética

La eficiencia energética implica lograr un nivel de producción o servicios, con los requisitos establecidos por el cliente, con el menor consumo y gasto energético posible, y la menor contaminación ambiental por este concepto.

La eficiencia energética no es solo cuestión de poseer las últimas tecnologías, sino de saber emplear y administrar los recursos energéticos disponibles de un modo hábil y eficaz, lo que requiere desarrollar procesos de gestión de la energía.

En el sector industrial la eficiencia energética tiene por objetivo reducir los costos de producción, contribuir al cumplimiento de las exigencias ambientales, disminuir la dependencia energética y mejorar la competitividad global, incorporando una gestión eficiente de la energía.

El ahorro de energía, su consumo responsable y el uso eficiente de las fuentes energéticas son esenciales a todos los niveles. La importancia de las medidas de ahorro y eficiencia energética se manifiesta en la necesidad de reducir la factura energética, restringir la dependencia energética del exterior, y reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEIs) y la compra de derechos de emisión con objeto de cumplir los compromisos adquiridos con la ratificación del Protocolo de Kioto.

1.4.1. Eficiencia energética en baterías de grupos de grupos electrógenos

La eficiencia energética de un grupo electrógeno queda determinada por la eficiencia del motor en sí, la eficiencia de la caja de transmisión y la eficiencia del generador eléctrico, entre los cuales, el motor es el equipo de menor eficiencia.

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

Sería ideal conectar cargas constantes a un grupo electrógeno, para asegurar su buen rendimiento; la carga del motor y del alternador en KW debe mantenerse sobre el 50%. Lo ideal sería que las condiciones de carga permitan que tanto el motor como el alternador funcionen en sus puntos de máxima eficiencia.

Los fabricantes de motores entregan las curvas de carga de sus motores, las cuales indican el porcentaje de la carga en el motor contra su consumo de combustible, eficiencia u otro indicador de desempeño. Los alternadores son dimensionados para entregar su potencia nominal con la mayor eficiencia posible, a partir de una carga de alrededor del 70% de su potencia nominal o superior. En las curvas entregadas por los fabricantes es posible encontrar el punto de operación que entregue el mejor del rendimiento del motor, y su carga correspondiente, en KW o kVA.

Además de esto, hay factores relacionados con las cargas conectadas a los grupos electrógenos que influyen en su desempeño. Éstas son totalmente dependientes de la carga y no pueden ser modificadas por el grupo generador. Las características que son

perjudiciales para la eficiencia del grupo electrógeno se pueden mejorar en la mayoría de los casos y a continuación se describen:

Factor de Potencia: Es un factor totalmente dependiente de la carga; El generador está diseñado para un factor de potencia de 0,8 en retraso, según lo especificado por las normas, un bajo factor de potencia exige una mayor corriente, con un aumento de las pérdidas. El sobredimensionamiento de los grupos generadores para una operación a un bajo factor de potencia tiene como resultado una menor eficiencia y mayores costos operacionales. La alternativa económica es proporcionar condensadores para mejorar el factor de potencia.

Patrón de carga: En muchos casos, la carga no será constante a lo largo de la jornada y la eficiencia del motor disminuye a cargas parciales; de existir variaciones importantes en la carga, entonces se deberá considerar el funcionamiento de grupos electrógenos en paralelo. En tal situación los grupos electrógenos inactivos entrarán en funcionamiento cuando el aumento en la carga lo requiera; si los grupos electrógenos fueran utilizados en paralelo, éstos podrían funcionar cerca de sus respectivos puntos de máxima eficiencia, optimizando su consumo de combustible y, además, integrando flexibilidad al sistema. Este esquema puede aplicarse también al caso de cargas que pueden ser separadas entre críticas y no críticas, proporcionando energía stand-by a las cargas críticas del sistema.

Desequilibrio en la carga: Las cargas no equilibradas llevan al grupo electrógeno a un desequilibrio en las tensiones entregadas (tensiones de salida no balanceadas) y a un sobrecalentamiento del alternador; cuando otras cargas conectadas tales como motores son alimentados con una tensión desequilibrada, también aumentan las pérdidas en dicho motor. Por lo tanto, la carga en el grupo electrógeno debe ser lo más equilibrada posible; el desequilibrio máximo de la carga de entre las fases no debe exceder el 10% de la capacidad

de la generación de grupo. En lugares donde las cargas monofásicas son predominantes, se debe considerar la adquisición de un generador alterno monofásico.

Cargas transitorias: Para compensar las bajadas de tensión transitorias que pudieran derivarse de la aplicación de cargas transitorias, puede seleccionarse un generador dentro del grupo para compensar estas variaciones o muchas una combinación no-estándar entre el motor y el alternador. Tal combinación asegura que el motor principal no sea sobredimensionado innecesariamente, para evitar el aumento de los costos de inversión y de operación.

Cargas especiales:

Cargas especiales, como un rectificador o tiristores, soldadoras, y hornos necesitan generadores especiales. El fabricante del motor diésel y el generador de corriente alterna deben ser consultados para una recomendación adecuada para que la utilización deseada del grupo electrógeno se logre sin problemas. En ciertos tipos de cargas, que son sensibles a la tensión, a la regulación de frecuencia, a la forma de onda del voltaje, debería considerarse la posibilidad de separarlas de las demás cargas, y alimentarlas por un grupo electrógeno exclusivo. Tal alternativa se asegura de que el diseño especial de dicho generador de corriente alterna se limita a la parte de la carga que requiere de alta pureza, en lugar de aumentar el costo de los grupos electrógenos especialmente diseñados para el total de las cargas en el establecimiento. (Programa de Estudios e Investigaciones en Energía).

1.5. Sistema de Gestión Energética

Un sistema de Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) es un conjunto de elementos interrelacionados o que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos, y los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos.¹

- El SGEN se gestiona y lidera por un representante que utiliza herramientas que obtienen, auditan, analizan, prevén, prospectan y reportan información desde el sitio a un nivel superior. Un SGEN se integra de recursos internos (recursos humanos), hardware y software, y servicios de consultoría.

La gestión energética es un estudio integral que analiza situaciones energéticas en industrias, edificios, transportes, etc. y compara cambios, acciones y modificaciones con el objetivo de obtener un conjunto armónico y óptimo de soluciones que nos lleven a un gasto energético menor con una mejora de los servicios prestados, una mayor duración de los equipos y la máxima atención al impacto ambiental que se produce. Debe contribuir y ayudar a establecer objetivos a corto, medio y largo plazo para conseguir la optimización de los recursos energéticos y de sus técnicas. Una Gestión Energética se puede realizar en los siguientes casos: (Shneider Electric, 2012)

- En el proyecto de un edificio.
- En la ejecución material de la obra.
- En edificios que estén en servicio.
- En instalaciones industriales de todo tipo.
- En el análisis de la problemática energética del transporte.

El SGEN y los planes energéticos más efectivos por lo general son el resultado de una fuerte colaboración entre los recursos internos de una organización y una compañía experta en la gestión de la energía.

1.6. Norma ISO 50001

El propósito de esta Norma Internacional es facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el uso y el consumo de la energía. La implementación de esta Norma

Internacional está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como de los costes de la energía a través de una gestión sistemática de la energía.

Esta norma es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales, su implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y especialmente, de la alta dirección, especifica los requisitos de un sistema de gestión de la energía (SGEn) a partir del cual la organización puede desarrollar e implementar una política energética y establecer objetivos, metas, y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía. Su funcionamiento está basado en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA) e incorpora la gestión de la energía a las prácticas habituales de la organización.

1.7. Planificación Energética

La organización debe llevar a cabo y documentar un proceso de planificación el cual debe ser coherente con la política energética y debe conducir a actividades que mejoren de forma continua el desempeño energético e incluir una revisión de las actividades de la organización que puedan afectar al desempeño energético.

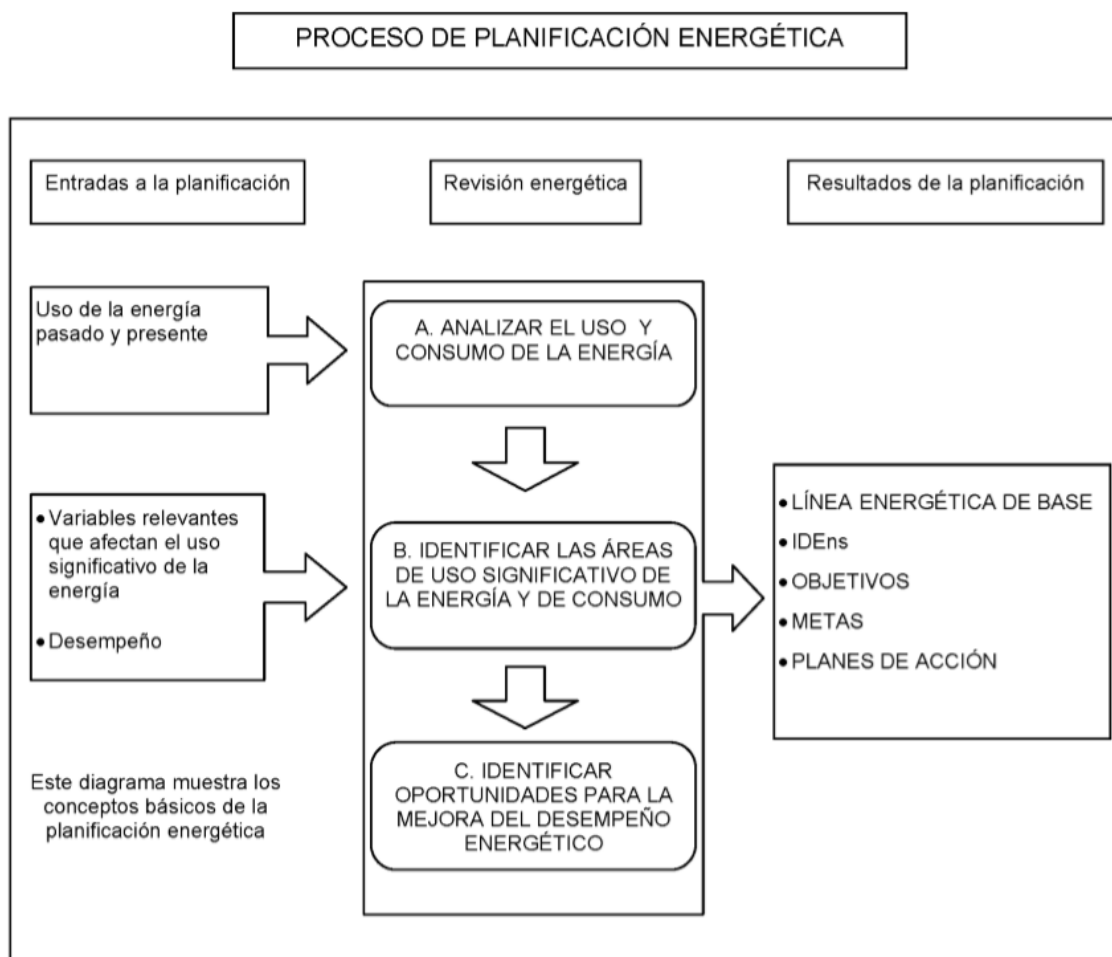


Figura 1.1. Diagrama conceptual del proceso de planificación energética

1.8. Conclusiones Parciales

1. En el panorama energético cubano los grupos electrógenos (GE) son la única fuente de electricidad fiable. Suministran energía en casos de emergencias y para ayudar a cubrir los déficits de generación en los horarios picos de demanda.
2. En los años setenta, factores energéticos (crisis petrolera), ecológicos (cambio climático) y de demanda eléctrica (alta tasa de crecimiento) a nivel mundial, surgió la necesidad de generar energía eléctrica lo más cerca posible del lugar del consumo e incorporar las ventajas de la tecnología moderna y el respaldo al Sistema Electroenergético Nacional, como alternativa tecnológica necesaria para asegurar por un lado, el suministro oportuno y de calidad de la energía eléctrica y por el otro, el

ahorro y el uso eficiente de los recursos naturales.

3. La eficiencia energética de los grupos electrógenos está determinada por la eficiencia de los motores, la eficiencia de las cajas de transmisión y la eficiencia del generador eléctrico.

Capítulo III



Capítulo 2. Caracterización de la batería de grupos electrógenos

2.1. Descripción General del funcionamiento de los Grupos Electrógenos Diésel (GED)

Los GED están constituidos por un motor de combustión interna y un generador sincrónico trifásico además de una serie de dispositivos que son los encargados del suministro de las materias primas necesarias en el proceso de combustión y generación de electricidad, unido a un número de equipos secundarios necesarios para el funcionamiento eficiente del equipamiento y la distribución de la energía. En el país se encuentran instalados distintos tipos de emplazamientos, en dependencia de la cantidad de GED que presenten, la cual puede variar desde 1 hasta 40 grupos, en dependencia de la demanda que se necesite la zona del emplazamiento, ya que el objetivo de la GD es acercar la fuente al consumidor para asegurar el suministro de energía y disminuir las pérdidas por transmisión.

El combustible llega al emplazamiento en carros cisternas los cuales son acopladas a los racores conectados válvulas para permitir el paso del combustible el cual es succionado por bombas de recepción, el combustible pasa por filtros, estos filtros tienen un manómetro antes y después de su conexión para la medición de diferencia de presión y ejecutar la limpieza cuando presente partículas de suciedad. A la salida del filtro, el combustible es impulsado por los impelentes de la bomba de recepción, la cual descarga a través de una válvula hacia el cabezal de entrada de los Tanques de Recepción estos poseen una toma en su interior a 8 cm del fondo para evitar la absorción de materias asentadas.

El combustible luego de la apertura de las válvulas es llevado las bombas y la centrífuga donde es sometido a un proceso de limpieza y purificación para eliminar toda partícula sólida, sedimentos y el por ciento de agua que puede contener, el agua y demás sustancias de desecho resultantes de este proceso se evacuan al pozo oleaginoso, donde van todas las líneas de los drenajes de los cubetos y del área de descarga, del pozo oleaginoso succiona

una bomba para evacuar el contenido del mismo al otro tanque de recepción para ser tratado posteriormente en la centrífuga y recuperar el combustible que se encuentre en la mezcla. El combustible limpio es impulsado por la centrífuga al tanque de operaciones con una presión determinada, el combustible almacenado se distribuye a todos los GED del emplazamiento por un sistema de válvulas, para facilitar el llenado de los tanques interiores de cada contenedor se conectan las bombas de combustibles de los grupos que están gobernadas por el sistema de control.

Luego arrancan automáticamente cuando los tanques se encuentran al 40% de su capacidad, en caso de avería se cuenta con una bomba de accionamiento manual. El sistema de combustible inyecta el diésel en los cilindros donde ocurren los procesos de admisión, compresión, explosión y escape, transmitiendo esta energía al cigüeñal, produciendo de esta forma el torque necesario para mover el generador trifásico acoplado al motor, creando una corriente inducida y con ella un campo magnético produciendo una potencia eléctrica. A la salida de los GED se encuentran los transformadores elevadores de tensión de, los cuales tiene sus devanados sumergidos en aceite, los devanados secundarios de estos transformadores se conectan a un transformador de salida, el cual es el encargado de elevar el voltaje, que es el voltaje de conexión de la batería con el SEN.

2.2. Caracterización de la Unidad Empresarial de Base (UEB) de Cienfuegos y Central eléctrica Diésel de Grupos electrógenos de la Refinería

La Unidad Empresarial de Base GEYSEL (UEB) Cienfuegos, está representada actualmente por José Luis Vázquez García en su carácter de Director, ubicada en Calle 12 NE No 8104 e/ 81 y 83 Tulipán, Cienfuegos, fue creada el 6 de mayo de 2007 y cuenta con un total de 240 trabajadores, agrupa 8 Centrales Diésel (5 aislados y 3 baterías), ubicadas en: Cruces, Junco Sur, Antonio Sánchez, Ramón Balboa, Hormiguero, la CEN y como objeto de estudio de esta investigación se utilizó la Central Eléctrica Diésel de Grupos Electrógenos que se

encuentra al norte de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos, en la Finca Carolina km 14 en el vial Yaguaramas-Cienfuegos; esta CED garantiza el 60% de la demanda local y representa el 90% de la generación eléctrica de la provincia; es válido destacar que es la más grande del país.

Su localización estratégica tiene como objetivo recibir desde allí el diésel, a través de un oleoducto, para prevenir costos adicionales por concepto de transportar materia prima (diésel); además cuenta con una línea de transmisión de 110kv de enlace de los grupos electrógenos al Sistema Electroenergético Nacional y un campo de sub estación 220/110kv. Posee 40 Grupos Electrógenos con tecnología germana de serie 4000 G-83 y una potencia instalada de 2.1 MW, para un total de 84 MW, repartidos en 5 baterías.

2.3. Caracterización energética de CDE de Grupos Electrógenos

2.3.1. Estratificación de los principales portadores energéticos

El uso de portadores energéticos tales como la electricidad, refrigerante, lubricante y diésel satisfacen las necesidades energéticas de CED de Grupos Electrógenos de la Refinería de Cienfuegos En la figura 2.1 se muestra un diagrama con uno de los usos finales de cada uno de estos portadores.

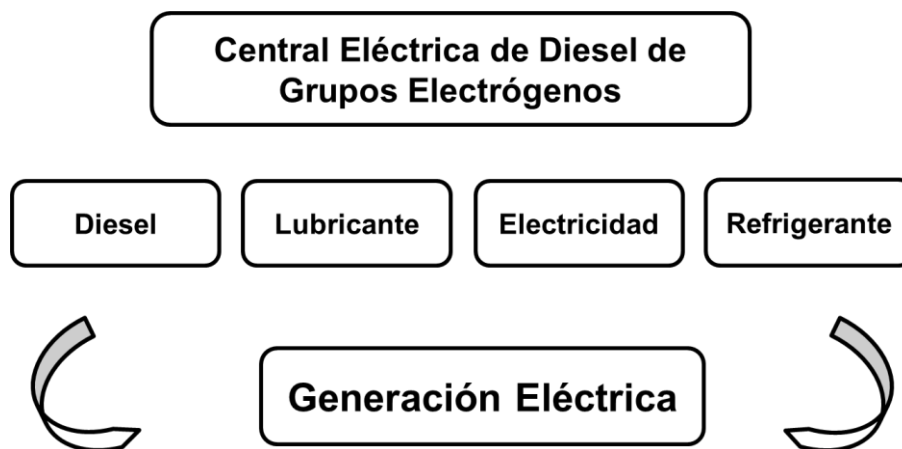


Figura 2.1. Diagrama del uno de los usos finales de los portadores energéticos en la CED de GE de la Refinería de Cienfuegos

Estos portadores en la empresa le denominan portadores tecnológicos debido a que son los que utilizan en el proceso de generación eléctrica. Aquellos q no están vinculados a la producción se le denominan no tecnológicos y debido que el uso no son los de mayor uso no fueron tomados como objeto de estudio.

En la tabla 2.1. se presenta el consumo de los portadores energéticos en la generación de electricidad desde enero de 2019 hasta mayo de 2020 expresado en toneladas equivalentes de petróleo (tep).

Tabla 2.1. Consumo de portadores energéticos en la CED de GE de la Refinería de Cienfuegos. Fuente de Elaboración propia.

Portadores Energéticos	Consumo(Tep)	%	% acumulado
Diésel	4856.376611	97.6952108	97.6952108
Electricidad	102.9438686	2.070910835	99.76612164
Lubricantes	10.75105882	0.216277905	99.98239954
Refrigerantes	0.874909412	0.017600459	100
Total	4970.946448	100	

En la Figura 2.2. se representan en un gráfico de Pareto el consumo promedio de los portadores energéticos en toneladas equivalentes de petróleo (Tep) desde enero de 2019 hasta mayo de 2020. El diésel representa el 97,7% del consumo total de portadores energéticos de la Central Eléctrica Diésel (CDE) Batería de Grupos Electrónicos de la Refinería de Petróleo Cienfuegos.

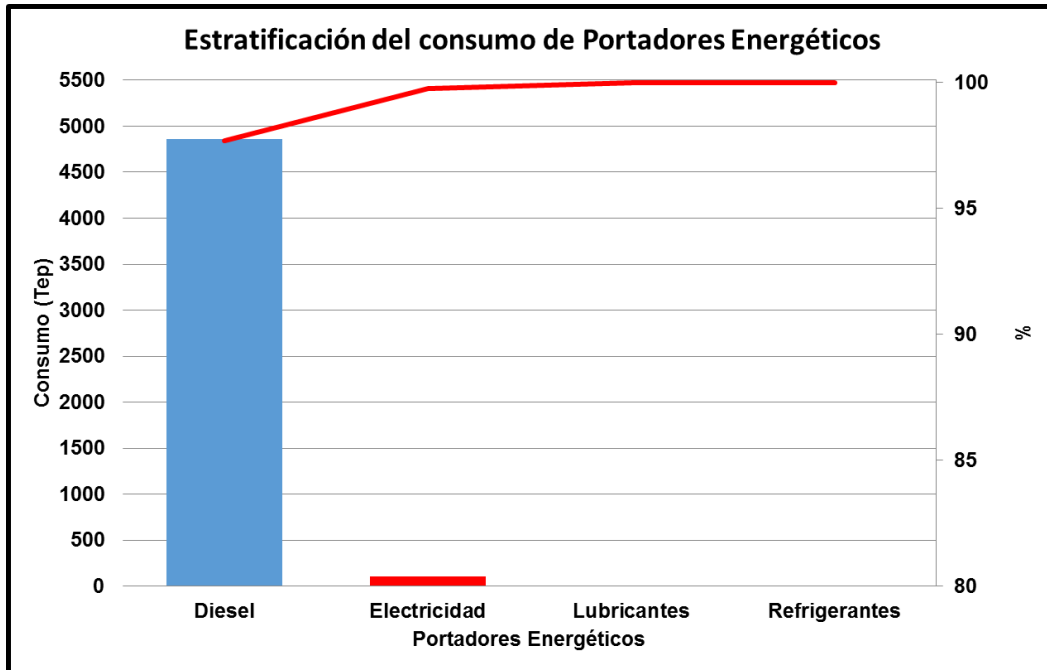


Figura 2.2. Consumo de los portadores energéticos en el tiempo establecido. Fuente de elaboración propia

Debido a que el consumo de diésel es el portador energético de mayor consumo, el análisis energético está dirigido a lograr un uso eficiente del mismo.

2.3.2. Análisis del consumo de Diésel

Los gráficos de control 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. (Centro de Estudio de Energía y Medio Ambiente, 2006).

Los gráficos que se presentaran a continuación permiten analizar los siguientes aspectos

- Meses de mayor y menor consumo de diésel.
- Períodos donde ocurren los mayores y menores picos de consumo de diésel.
- Establece un promedio de consumo de diésel.

- Establecer los límites de control superior e inferior del consumo de diésel.

El gráfico Figura 2.3 presenta el consumo mensual de diésel para 17 meses a partir de enero de 2019. Los mayores consumos evidentemente están en los meses de verano fundamentalmente en el mes de Julio donde hay una mayor demanda eléctrica debido a las vacaciones y las altas temperaturas. El mes de menor consumo fue el de Enero, ya que debido al período invernal y a las temperaturas más frescas reduce la utilización de equipos electrodomésticos por parte de la población y las empresas.

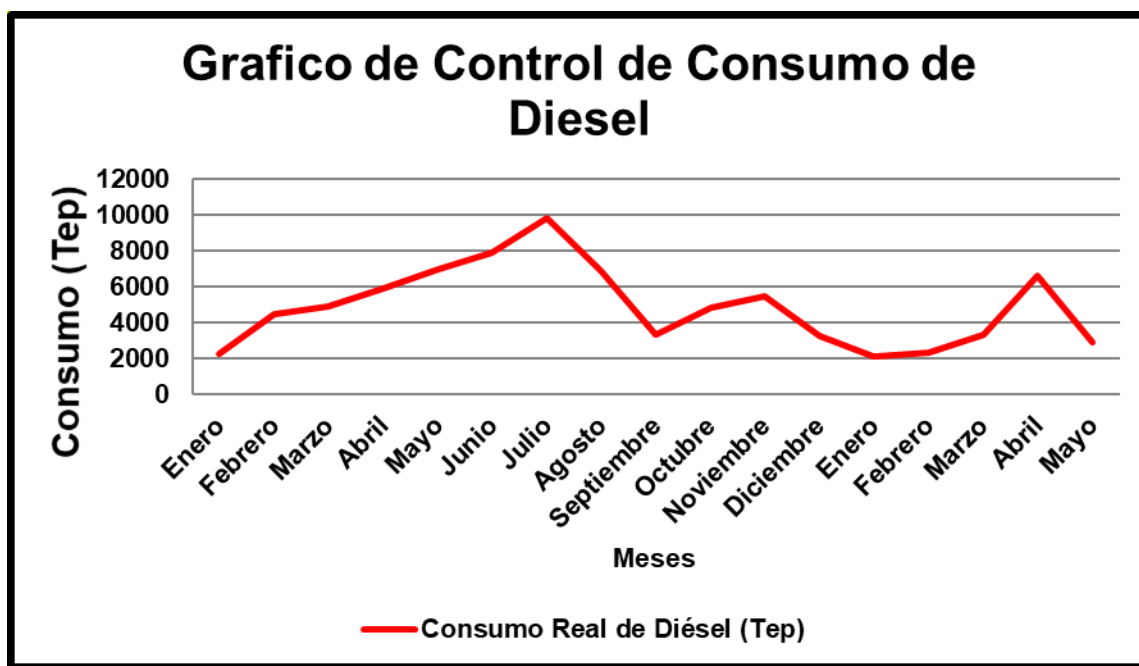


Figura 2.3. Consumo mensual de diésel para 17 meses. Fuente de elaboración propia.

En la figura 2.4 el consumo de diésel se mantuvo dentro de los límites de control superior e inferior para los 17 meses, a partir de los meses de marzo hay un aumento de la línea de consumo sobrepasando el consumo promedio debido a la gran demanda energética de esos meses por las condiciones climatológicas existentes en el país como son las elevadas temperaturas.

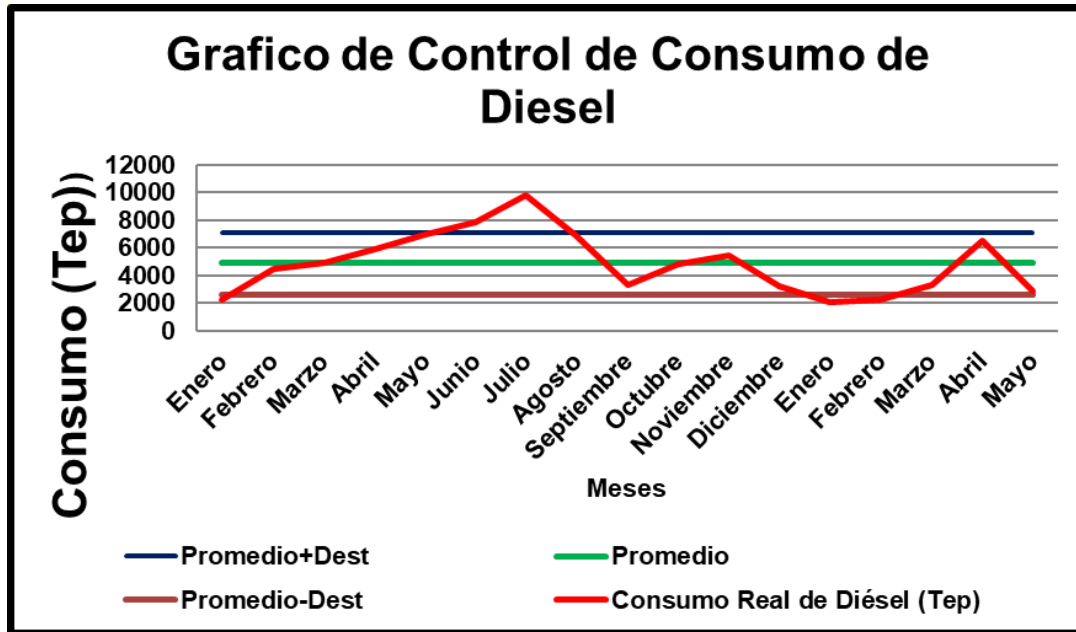


Figura 2.4. Gráfico de control del consumo de diésel para un periodo de 17 meses a partir de enero de 2019. Fuente de elaboración propia.

En la figura 2.5 a pesar de utilizar el promedio $\pm$ dos veces la desviación estándar, el consumo de diésel no estuvo dentro de los límites de control superior e inferior para los 17 meses, sobrepasando el mes de julio el límite superior con 9826.83 Tep de combustible consumido para la generación.

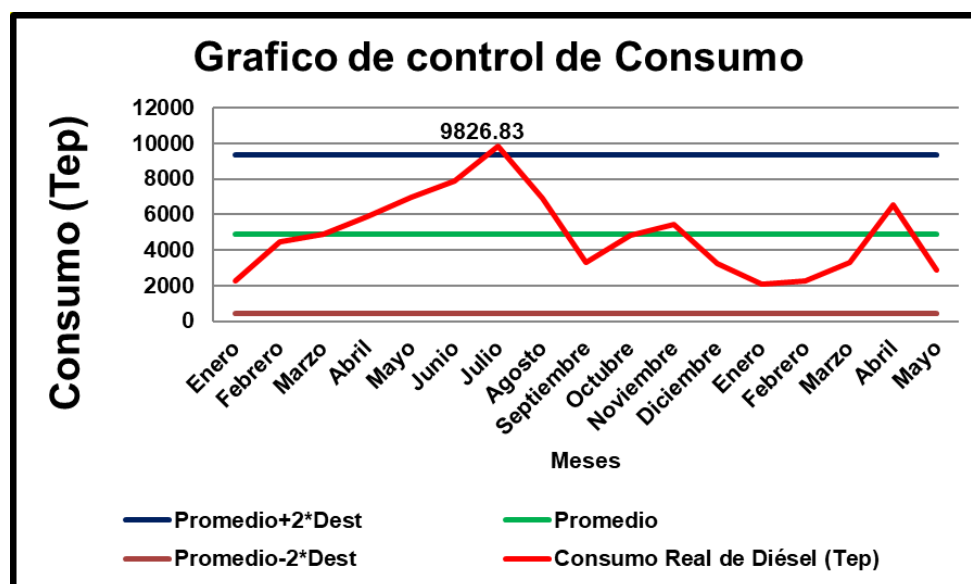


Figura 2.5. Gráfico de control del consumo de diésel para un periodo de 17 meses a partir de enero de 2019. Fuente de elaboración propia.

Conclusiones Parciales

1. La Batería de Grupos Electrógenos Diésel de la Refinería de Petróleo Cienfuegos está constituida por 40 motores de combustión interna y 40 generadores sincrónicos trifásicos de tecnología germana de serie 4000 G-83, además de una serie de dispositivos encargados del suministro de las materias primas necesarias en el proceso de combustión y generación de electricidad, unido a un número de equipos secundarios necesarios para el funcionamiento eficiente del equipamiento y la distribución de la energía.
2. Su localización es estratégica con el objetivo de recibir el suministro de diésel desde la Refinería a través de un oleoducto, para prevenir costos adicionales por concepto de transportar materia prima (diésel). Cuenta además con una Subestación de 110 kV para el enlace con el Sistema Electroenergético Nacional.
3. La Batería de Grupos Electrógenos Diésel de la Refinería de Petróleo Cienfuegos tiene una potencia instalada de 84 MW, distribuíos en 5 baterías. El diésel representa el 97,7% del consumo total de portadores energéticos de la Central.

Capítulo III



Capítulo 3. Aplicación de las herramientas de la etapa de planificación de la norma ISO-50001

3.1. Implementación de la Etapa de Planificación energética en la Batería de Grupos Electrónicos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos

3.1.1. Determinación de Línea de Base Energética

La línea de base energética, es establecida a partir de los resultados de la revisión energética, constituye la referencia a partir de la cual se medirá la evolución del desempeño energético de la organización, se monitoreará los indicadores de desempeño energético (IDEn) y se establecerán las metas energéticas. La línea base debe establecerse tomando un periodo reciente de datos confiables, normalmente de uno o dos años, donde haya existido una operación estable, sin cambios considerables en la organización. Este periodo debe reflejar la situación típica de operación de la organización.

Al constituir la base de comparación del desempeño energético, la línea base debe tener determinada estabilidad en el tiempo, aunque deben realizarse ajustes en ella cuando los IDEn ya no reflejan el uso y el consumo de energía de la organización o se hayan realizado cambios importantes en los procesos, patrones de operación, o sistemas de energía. Se deben mantener los registros de la línea base y de sus actualizaciones.

- Registrar los datos de consumo de energía y producción asociada a este para el mismo período de tiempo seleccionado (día, mes, año, etc.).
- Verificar la consistencia de la información recolectada, evaluar su validez e identificar errores, por ejemplo: valores ilógicos, equipos de medición fuera de calibración, valores de producción realizada no reales o estimados, datos tomado en condiciones no estándares de producción, etc.

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

Se calcula analíticamente la pendiente y el intercepto de la recta, expresando su ecuación de la forma

$$E = m \cdot P + E_o \quad (1)$$

Donde:

E- consumo de energía en el período seleccionado

P- producción asociada en el período seleccionado

m- pendiente de la recta que significa la razón de cambio medio de consumo de energía respecto a la producción. Es el valor del índice de consumo mínimo promedio de energía en el período caracterizado.

E_o - intercepto de la línea con el eje y que significa la energía no asociada a la producción en el período analizado.

$m \cdot P$ - es la energía asociada directamente al proceso productivo

La literatura indica que se pueden aceptar adecuados valores del coeficiente de correlación $\geq 0,75$. Valores inferiores al valor señalado indican una débil correlación entre los parámetros representados en el diagrama de dispersión, por tanto, el índice de consumo formado por cociente entre ellos no refleja adecuadamente la eficiencia energética de la entidad.

Las causas más frecuentes de la baja correlación entre energía y producción en la entidad son:

- La poca estabilidad en los procesos productivos.
- Pobre disciplina tecnológica.
- El consumo la empresa no es controlada adecuadamente.

- Las prácticas de operación y mantenimiento están pobremente definidas.

La producción de la CED de Grupos Electrónicos de la Refinería de Cienfuegos es la energía entregada al Sistema Electroenergético Nacional y está en correspondencia con el diésel consumido. La Figura 3.1. muestra la línea base energética correspondiente a un período de 17 meses a partir de enero del 2019 considerando el consumo de diésel consumido en Tep y la producción expresada en Kilowatt hora (kWh).

Para la determinación de la Línea Base Energética y del Indicador de Eficiencia Energética (IDEn) fueron utilizados los reportes del área técnica de los Indicadores de Producción y Eficiencia Mensuales de la Batería de Grupos Electrónicos de la Refinería. (Ver Anexo 1).

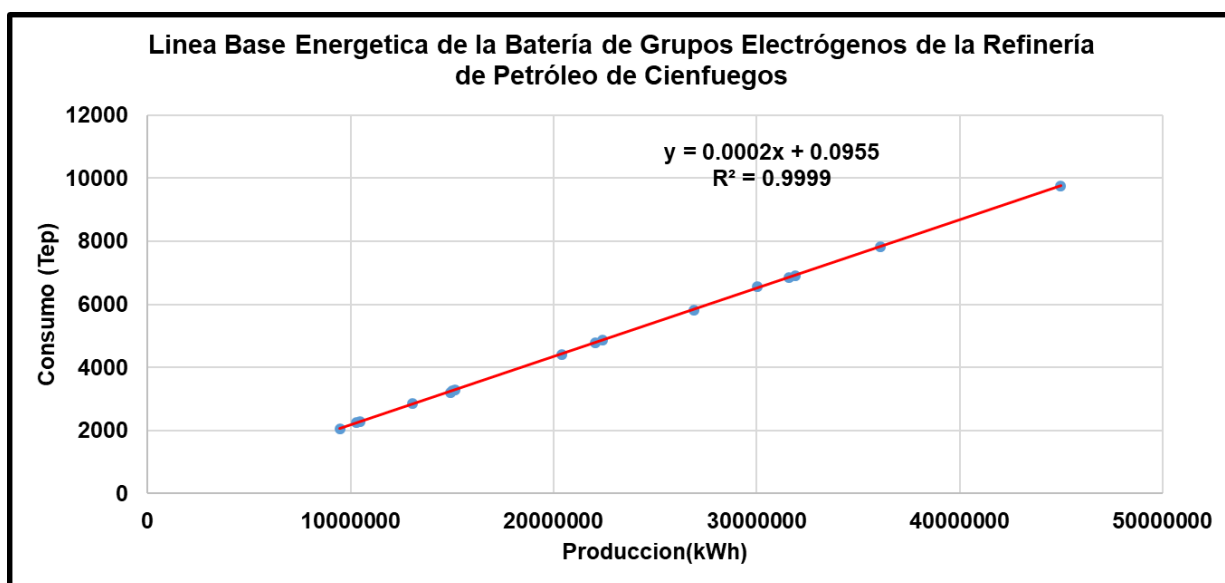


Figura 3.1. Línea Base Energética Real. Fuente: Elaboración Propia

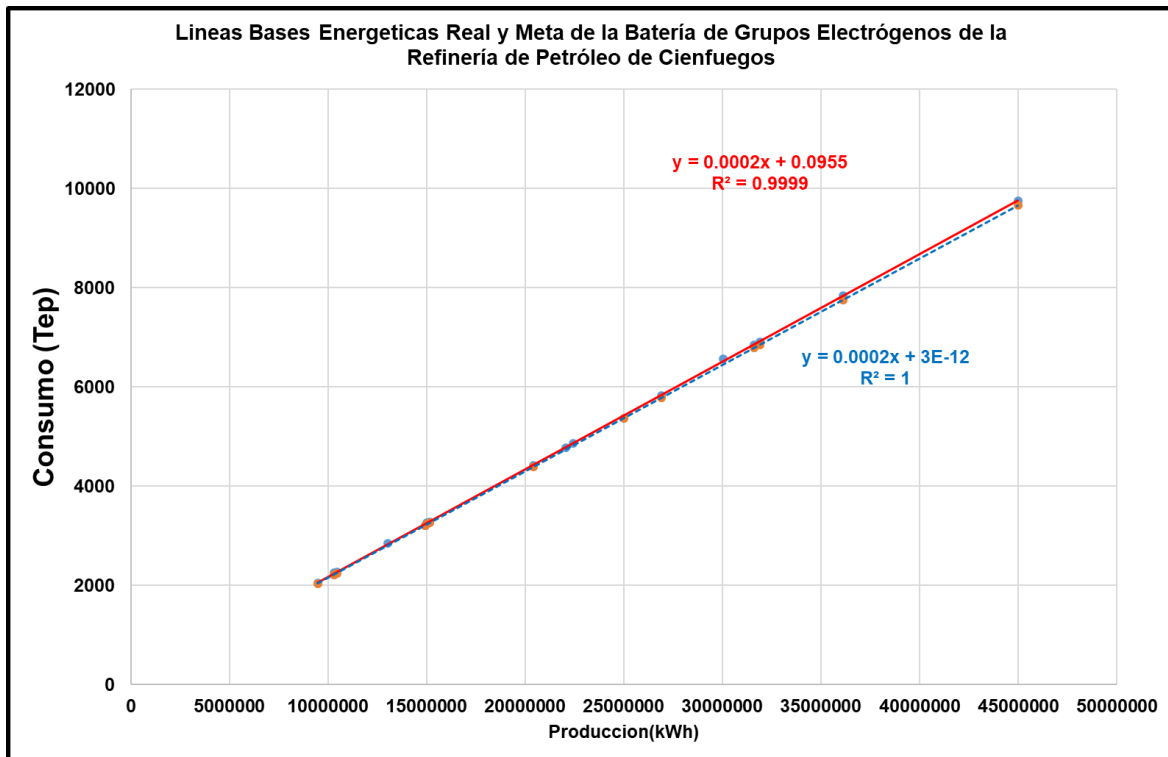


Figura 3.2. Línea Base Energética Meta. Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la Figura 3.2. la línea base energética meta de la CED de GE de la Refinería de Cienfuegos está cercana a la real esto ocurre debido a que para su obtención se tomó como dato que el índice de consumo sería el menor que hubo en el periodo de tiempo que fue objeto de estudio, con un valor de 214,48 g/kWh así obteniendo un resultado lo más cercano posible a lo real

3.1.2. Determinación del Indicador de Eficiencia Energética

La Figura 3.3. representa el Indicador de Eficiencia Energética (IDEn) para la Batería de Grupos Electrónicos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos. Los valores de consumo de energía ubicados por debajo de esta línea, indicarán un desempeño energético eficiente y viceversa.

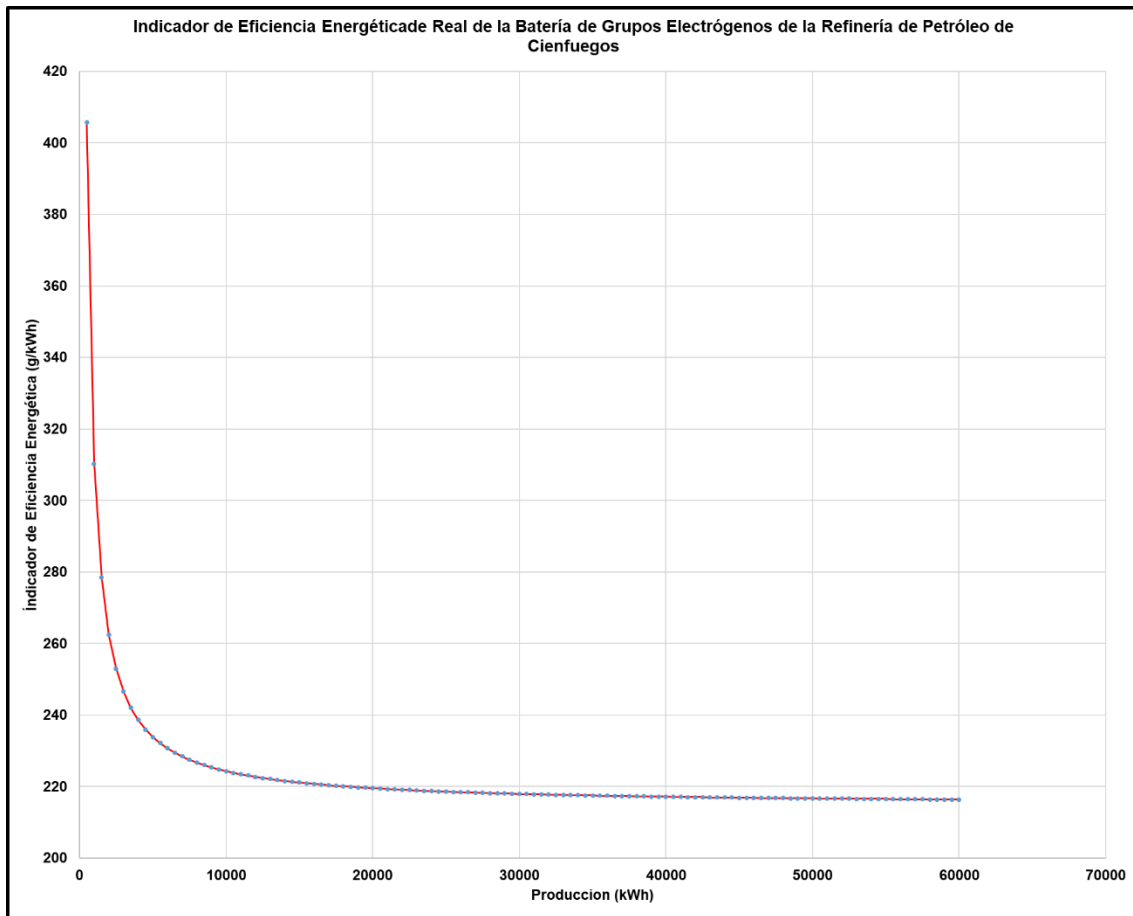


Figura 3.3. Gráfico de dispersión. Indicador de Eficiencia Energética Real. Fuente:
Elaboración Propia

Como se observa en la figura para valores menores de producción de 40000 mega watt hora con un indicador de eficiencia de g/kilowatt hora no es eficiente producir energía porque comienza aumentar considerablemente el indicador de eficiencia energética

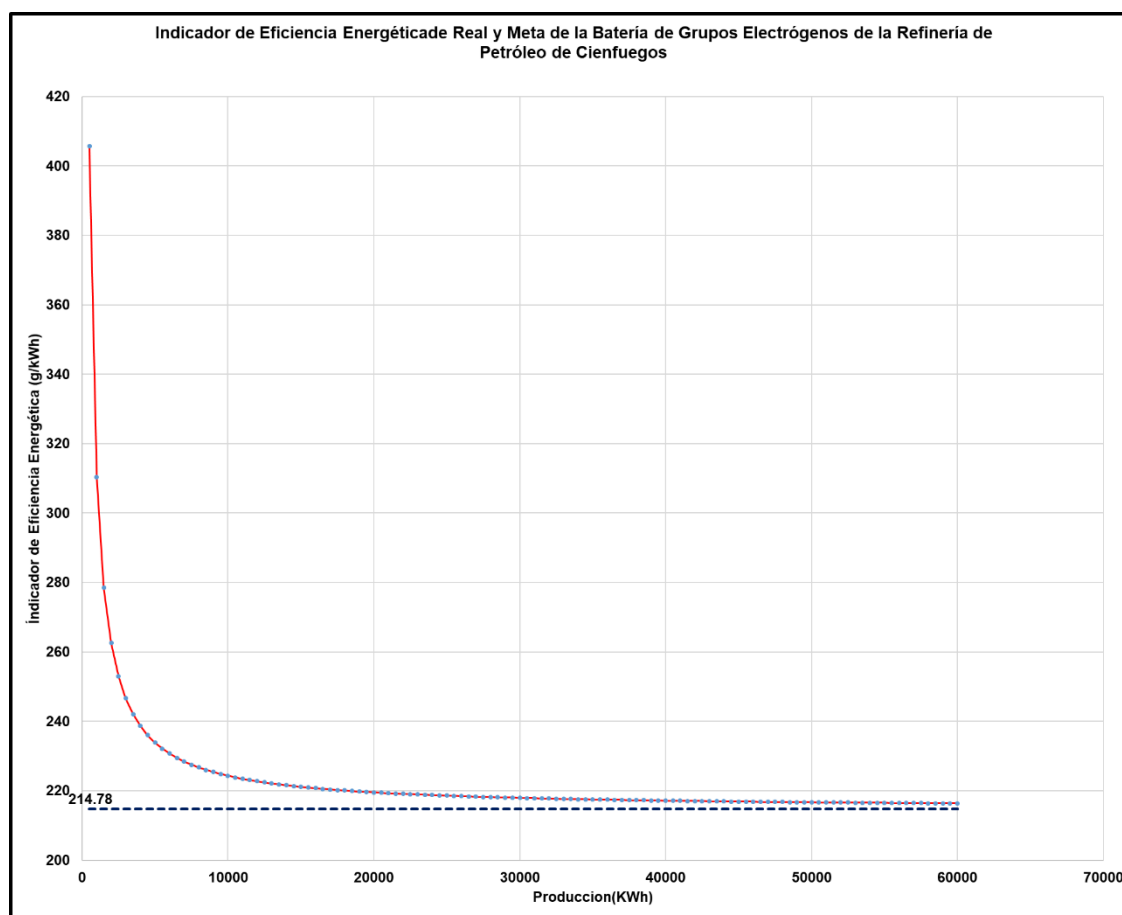


Figura 3.4. Gráfico de dispersión. Indicador de Eficiencia Energética Real y Meta. Fuente: Elaboración Propia.

3.1.3. Análisis de brechas para la verificación del cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO 50001

Se realizó el análisis de brechas para la evaluación preliminar del trabajo de la empresa en gestión energética y el cumplimiento de la NC ISO 50001:2011 obteniéndose como resultado la Calificación Promedio Total de la Central Eléctrica Diésel de Grupos Electrógenos de la Refinería de Cienfuegos es de 1.42 puntos de un máximo de 3 El porciento de avances en la implementación de la Gestión Energética es de un 9,65 %. La mayor puntuación es de 1.71 y 1.62 de un máximo posible de 3.0 en las etapas de Responsabilidad por la Dirección y Planificación Energética respectivamente.

Tabla 3.1. Evaluación de los Requisitos de la Norma ISO 50001. Análisis de Brechas.

REQUISITOS DE LA NORMA	CALIFICACIÓN
3.1. REQUISITOS GENERALES	1,00
3.2. RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN	1,71
Representante de la dirección	1,33
3.3. POLITICA ENERGÉTICA	1,50
3.4. PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA	1,62
Generalidades	1,67
Requisitos legales y otros requisitos	1,25
Revisión energética	2,00
Línea de base energética	1,00
Indicadores de desempeño energético (IDEn)	1,00
Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción.	1,00
3.5. IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN	1,24
General	1,00
Competencia, formación y toma de conciencia	1,00
Comunicación	1,00
Documentación	1,00
Control de documentos	1,00
Control operacional	2,00
Diseño	1,67
Compra de servicios de energía, productos, equipos y energía.	1,00
3.6. VERIFICACIÓN	1,45
Seguimiento, medición y análisis	1,61
Evaluación de requisitos legales y otros requisitos	1,00
Auditoría Interna del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn).	1,00
No Conformidad, Corrección, Acción Correctiva y Acción Preventiva.	1,87
Control de Registros	1,00
Revisión de la dirección	1,33
Resultados de la revisión	1,00
CALIFICACIÓN PROMEDIO TOTAL DE LA EMPRESA	1,42

$$\text{Calificación Promedio Total} = \frac{\sum_{\text{Requisito 3.1}}^{\text{Requisito 3.6}} \text{Valor}}{6} \quad (2)$$

Capítulo 3. Aplicación de las herramientas de la etapa de Planificación Energética de la Norma ISO 50001.

El por ciento de avance en la gestión energética de la Central eléctrica Diésel de Grupos Electrógenos de la Refinería de Cienfuegos se calcula como el número de requisitos evaluados con 3, entre el número de Requisitos Totales.

$$\% \text{ Avances} = \frac{\sum \text{Cantidad de Requisitos Evaluados con 3}}{\text{Cantida Total de Requisitos}} \quad (3)$$

$$\% \text{ Avances} = \frac{11}{114} \times 100 = 9,65\%$$

$$\text{Calificaci3n Pr omedioTotal} = \frac{(1.00 + 1.71 + 1.50 + 1.62 + 1.24 + 1.45)}{6} = 1.42$$

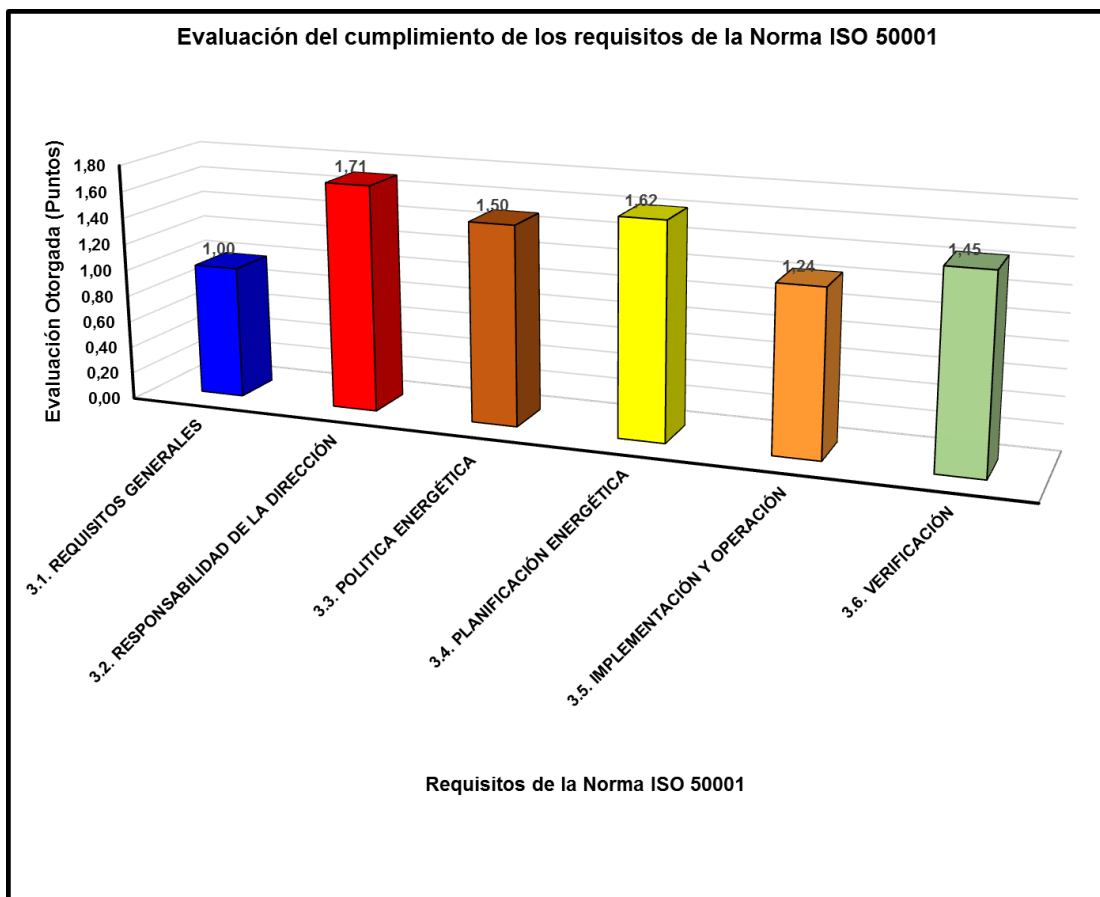


Figura 3.5. Evaluación del cumplimiento de los requisitos de la Norma ISO 50001

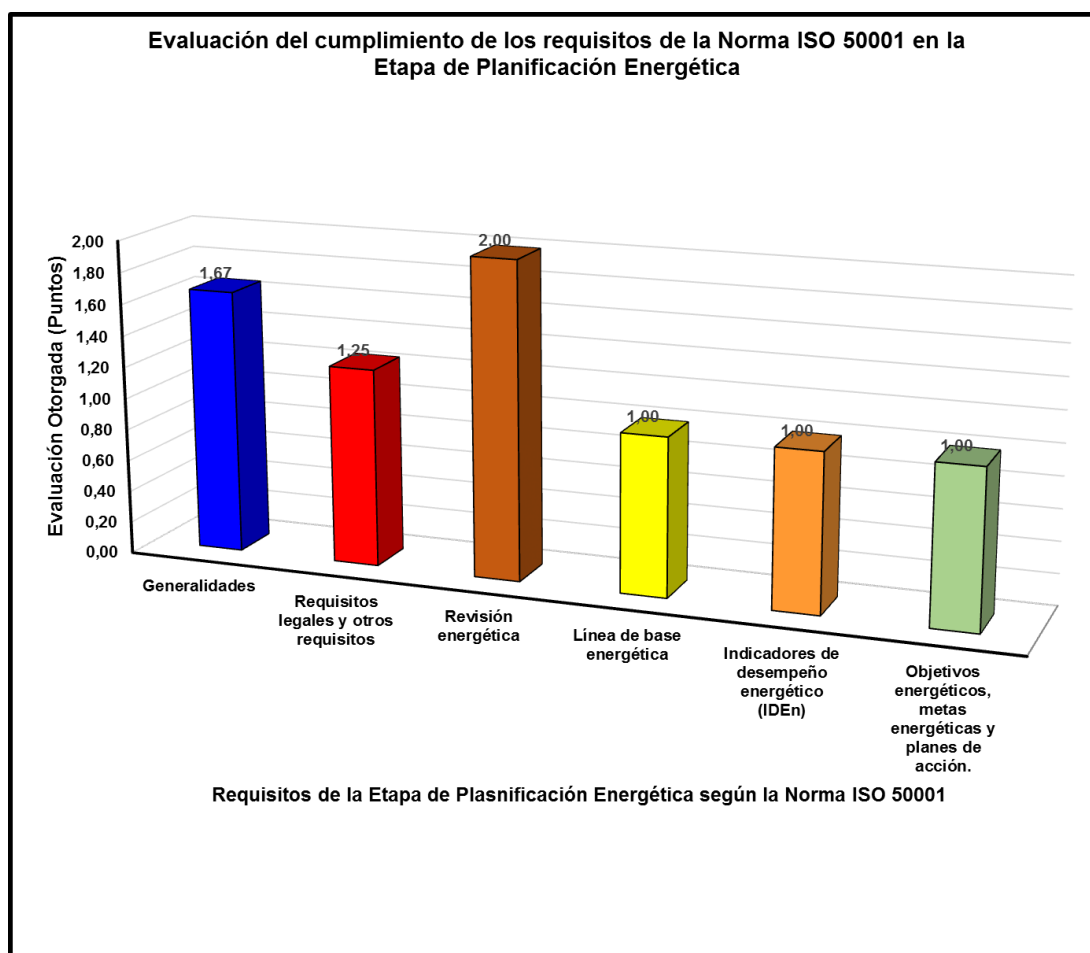


Figura 3.6. Evaluación de los requisitos de la norma ISO 50001 en la Etapa de Planificación Energética.

Se construyó en conjunto con la empresa una matriz de gestión energética que muestra una no integralidad de la gestión energética con dos columnas por debajo de la media y 2 columnas con puntuación de 3 (Anexo 2).

Capítulo 3. Aplicación de las herramientas de la etapa de Planificación Energética de la Norma ISO 50001.

MATRIZ DE GESTIÓN ENERGÉTICA						
	Política Energética	Organización	Información y comunicación	Monitoreo y Control	Divulgación y capacitación	Inversiones
4	Se cuenta con una política y un sistema de gestión energética formalmente estructurados, y un plan de acción que se revisa regularmente por la alta dirección.	El sistema de gestión energética está totalmente integrado a la estructura de gestión empresarial, existe una clara delegación de responsabilidades en el control del uso de la energía.	Existen canales formales e informales de comunicación utilizados regularmente por el gerente de energía y los equipos de trabajo a todos los niveles.	Se cuenta con un sistema integrado que establece metas, monitorea índices energéticos efectivos en equipos claves e identifica las desviaciones, cuantifica los costos energéticos y los ahorros.	Divulgación efectiva del valor de la eficiencia energética y del comportamiento y resultados de la gestión energética dentro y fuera de la organización. Alto nivel de competencia en el personal que decide en la eficiencia energética.	Estrategia en favor de las inversiones para ahorro de energía, con evaluación detallada en todas las nuevas inversiones y para el aprovechamiento de las oportunidades de mejora en las instalaciones existentes.
3	Se cuenta con una política energética, pero no con un sistema estructurado de gestión energética y no existe un compromiso activo de la alta dirección.	Se tiene un gerente de energía y un comité de energía presidido por un miembro de alta dirección.	El comité de energía se utiliza como canal principal, conjuntamente con el contacto directo con los mayores usuarios.	Monitoreo y establecimiento de metas en equipos claves, pero no se cuantifican y reportan los ahorros de manera efectiva.	Programas de entrenamiento del personal que decide en la eficiencia energética y campañas regulares de divulgación.	Se utilizan los mismos criterios de rentabilidad que para todas las otras inversiones.
2	La política energética no está formalizada y ha sido establecida por el gerente de energía o un gerente departamental.	Se tiene un gerente de energía, que reporta a un comité ad-hoc, pero la línea de mando y autoridad no están claramente establecidas.	Se realizan contactos con los mayores usuarios a través del comité ad-hoc, presidido por un gerente departamental.	Monitoreo y establecimiento de metas basadas en mediciones generales y en la facturación.	Acciones aisladas de divulgación y capacitación.	Se utiliza mayormente el criterio de la recuperación de la inversión a corto plazo.
1	Solo se cuenta con un conjunto de indicaciones generales escritas sobre el uso de la energía.	La administración de la energía forma parte de la responsabilidad de alguien con limitada influencia o autoridad.	Contactos informales entre el gerente de energía y los pocos usuarios.	Reporte de costos energéticos basado en la facturación. El gerente de energía elabora reportes para uso dentro del departamento técnico.	Contactos informales para promover la eficiencia energética.	Solo se implementan medidas de bajo costo.
0	No existe una política energética explícita	No se cuenta con un gerente de energía ni delegación de responsabilidad formal relativa al uso de la energía	No se realiza contacto con los usuarios	No hay sistema alguno de monitoreo y control	No se realiza ninguna promoción de la eficiencia energética	No se tiene como premisa la inversión para incrementar la eficiencia energética.

Figura 3.7. Matriz Energética de la Batería de Grupos Electrónicos de la Refinería de Petróleo Cienfuegos.

3.2. Oportunidades de ahorro

Las principales oportunidades de ahorro serán enfocadas entorno a los grupos electrógenos con el objetivo de disminuir a corto, mediano y largo plazo una disminución en el consumo de los portadores energéticos principalmente el diésel, las cuales se listan a continuación.

3.2.1. Medidas organizativas:

- Elaboración de un plan de solución para posibles problemas en la entrega de combustible y generación de energía.
- Determinación del personal clave para el mantenimiento.

- Información sistemática a los directivos principales de la UEB de Cienfuegos Geysel sobre el consumo de los portadores energéticos.
- Estudio del comportamiento de los índices de consumo de diésel sistemáticamente.

3.2.2. Medidas técnicas y de inversión:

- Medición diaria del consumo de diésel.
- Adquisición de mejores instrumentos de medición.
- Aumento de la calidad de mantenimiento a los equipos.
- Controlar el proceso de combustión mediante los medios de medición indispensables, incluyendo el análisis de los gases a fin de evitar el exceso de aire y altas temperaturas en los gases de escape.
- Determinar los parámetros óptimos de presión y temperatura del combustible en los sistemas de alimentación.
- Conocer o determinar los parámetros mínimos del diésel a utilizar en la generación de energía.
- Revisar periódicamente las tuberías del sistema, para detectar fugas de diésel, en caso de existir eliminarlas de inmediato
- Medir periódicamente el nivel del combustible en el depósito para conocer los consumos y tabularlos de acuerdo a lo establecido.

Conclusiones Parciales

1. El índice de correlación (R^2) de la Línea Base Energética obtenida es prácticamente uno (1) como resultado de que todo el Diésel consumido es empleado en la generación y la producción obtenida (MWh generados) tiene una relación lineal con el portador energético empleado.

2. Se obtuvo el indicador de eficiencia energética (IDEn) Meta, que resultó – a partir de la relación lineal entre consumo de combustible y generación – el mejor índice de consumo del período analizado: 0.0002148 tep/KWh (214.8 g/kWh).
3. El análisis de brechas y la matriz energética obtenida muestran no integralidad en la gestión energética de la Batería de Grupos Electrógenos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos.

Conclusiones



Conclusiones Generales

1. La revisión bibliográfica permitió determinar que en el panorama energético cubano los grupos electrógenos (GE) suministran energía confiable en casos de emergencias y que constituyen un soporte imprescindible para cubrir los déficits de generación en el Sistema Electroenergético Nacional y que los Grupos Electrógenos, como modalidad e generación distribuida, constituyen un suministro de energía oportuno y de calidad y coadyuvan al uso eficiente de los recursos naturales.
2. La Batería de Grupos Electrógenos Diésel de la Refinería de Petróleo Cienfuegos consta de 40 agregados motores de combustión interna - generadores sincrónicos trifásicos, de tecnología alemana, serie 4000 G-83, ubicada estratégicamente para recibir el suministro de diésel desde la Refinería a través de un oleoducto, evitando costos adicionales. Consta con una potencia instalada de 84 MW, y el diésel representa el 97,7% del consumo total de sus portadores energéticos.
3. La aplicación de las herramientas de la Norma ISO 50001, permitió obtener las líneas Base Energéticas Real y Meta, determinar 214.8 g/kWh como Indicador de Eficiencia Energética Meta para la Batería de Grupos Electrógenos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos y proponer las oportunidades de ahorro. El análisis de Brechas y la construcción de la Matriz Energética permitieron determinar la no integralidad de la Gestión Energética de la Central

Recomendaciones

Recomendaciones

1. Continuar con las acciones para el logro de la Implementación de un Sistema de Gestión de Energía.
2. Utilizar la Línea Base Energética y el Indicador de Eficiencia obtenidos para evaluar y mejorar el Desempeño energético de la Batería de Grupos Electrónicos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos.
3. Capacitar a la Dirección de la Central y al personal técnico directamente relacionado con los usos significativos de energía para facilitar la futura implementación del sistema de gestión de energía y para mejorar el desempeño energético de la Batería de Grupos Electrónicos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos.

Referencias Bibliográficas

- Borroto A. et al. (2002). *Gestion Energetica Empresarial*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Aliniuska Noa Ramírez, R. M. (2018). *Comportamiento operacional de grupos electrógenos: particularidades del índice de consumo específico de combustible*. Holguín.
- Almaguer, E. V. (2016). *APLICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA NORMA ISO 50001 EN LA UEBF 1100 LAS TUNAS*. Las Tunas.
- Andrés, G. S. (2015). *Implementación de un sistema de gestión energética en base a la norma ISO 50001 para la empresa "la ibérica"*. Riobamba, ECUADOR.
- Anibal Borroto Nordelo, J. m.-G. (2007). *EFICIENCIA ENERGETICA EN SISTEMAS TERMOMECHANICOS*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Arrollo, E. A. (2012). *Implantación de la norma ISO50001:2011. Sistemas de gestión energética*.
- Asociación Española de Normalización y Certificación . (2007). *Sistema de gestión energética*. Madrid. España.
- Bernal, W. E. (2018). *Caracterización energética basada en el estándar ISO 50001:2011 para la gestión eficiente de energía de la PTAP CENTENARIO propiedad de EMPOPASTO S.A. E.S.P.* Colombia.
- Carlos Romero Piedrahita¹, Y. C. (2016). *Valoración de la capacidad de cogeneración de una planta eléctrica diésel de 10 kVA*.
- CECIBEL, O. C. (2017). *AUDITORÍA Y PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICO APLICANDO LA NORMA ISO 50001:2011 EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, BLOQUE G CAMPUS OCCIDENTAL*. Quito. Ecuador.
- Centro de Estudio de Energía y Medio Ambiente. (2006). *GESTIÓN Y ECONOMÍA ENERGÉTICA*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Centro de Estudio de Energía y Medio Ambiente. (2007). *Eficiencia Energetica en Sistemas de Suministro Electrico*. Cienfuegos: Universo Sur.
- Colectivo de Autores (2014). *PARTICIPACIÓN DE LA UNIVERSIDAD EN LA MEJORA DE LA EFICIENCIA. Universidad y Sociedad*.

- Colectivo de Autores (s.f.). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE LA PARA EFECCTUAR LA PRUEBA DE LA NECESIDAD*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Flavio Humberto Fernández-Morales, J. E. (2015). *Automatismo para el monitoreo y control de un grupo electrógeno con arranque eléctrico*. Colombia.
- Gladys Cañizares Pentón, M. C. (2015). *Diseño e integración del sistema de gestión de la energía al sistema de gestión de la calidad en la ronera central "Agustín Rodríguez Mena"*. La Habana.
- Gómez, P. G. (20015). *Libro Blanco de lass Energías Renovables*. Barcelona.
- GONZÁLEZ, M. S. (2018). *ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA FLOTA DE GENERADORES EMPRESA GENERACIÓN Y SISTEMAS S.P.A*. Chile.
- Ingeniare. (20018). *Planificación energética para el ahorro de fueloil en una lavandería industrial*. Chile.
- Juan Rubén Zagal León, J. O. (2012). *El ahorro de energía, un beneficio económico para tu empresa*. Mexico.
- Mairelys Francisco, R. D. (2007). *Grupos electrogenos y Calidad de la energía*. La Habana.
- Martínez, D. R. (2013-2014). *Cálculo del ciclo de trabajo de los motores de combustión interna de la generación distribuida de energía eléctrica*. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
- Ministerio de Energía t Minas. (2017). *Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético*. Perú.
- Monteagudo Yanes, J. P. (2005). *Herramientas para la Gestión Energética Empresarial*. Colombia.
- Nordelo, A. B. (2013). *RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA SEGUN LA NORMA ISO 50001*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos .
- Norma de Gestión Energética para la Universida de Las Tunas a partir de la ISO 5001* . (s.f.).
- Optima Grid. (2008). *Buenas prácticas para el ahorro de energía en al empresa*.
- Organización Internacional de Normalizacion. (2011). *Gana el desafío de la energía con ISO 50001*. Obtenido de http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy-es.pdf

- Orozco, O. A. (2015). *Propuesta estrategica para mejorar la gestión energética de la empresa Agribiotechnologica de Costa Rica S.A.* Costa Rica .
- Percy Viego Felipe, A. P. (2007). *EFICIENCIA ENERGETICA EN SISTEMAS DE SUMINISTRO ELECTRICO*. Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba: Universo Sur.
- Programa de Estudios e Investigaciones en Energía. (s.f.). *GUÍA PARA LA CALIFICACIÓN DE CONSULTORES EN EFICIENCIA ENERGÉTICA*. Santiago de Chile.
- Rodriguez, Y. A. (2012). *Procedimiento pra la evaluacion de bateria de grupos electrógenos Diesel Trabajando en condiciones climatológicas*. Moa, Holguín.
- Rodríguez, Á. G. (s.f.). *DISEÑO Y ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DELA ENERGÍA EN LA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES DE CUBA S.A.INTEGRACIÓN DE LAS NORMAS ISO 9001:2008 E ISO 50 001: 2011. 2003*.
- Shneider Electric. (2012). *ISO 50001: Recomendaciones para su cumplimiento. Libro blanco*.
- Sirvent, F. M. (2017). *El mercado de Equipos de Generación Eléctrica en Cuba*. La Habana.
- TEJERA, J. L. (2009). *Sistema de Gestión Energética según la ISO 50001:2011*.
- Varela, M. J. (2016). *Caracterización energética del Hospital Militar Cmdte Manuel Piti Fajardo para la implementación de la norma ISO 50001*. Santa Clara .
- Vizhñay, J. M. (2013). *FACTIBILIDAD DE LA NORMA ISO 50001 EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA CARLOS MORA CARRIÓN*. Cuenca.

Anexo 1

Ejemplo de un Informe Mensual de Indicadores de Producción y Eficiencia de la Batería de Grupos Electrógenos de la Refinería de Petróleo de Cienfuegos.

Informe mensual de Generación Distribuida

Mes: ENERO

Año: 2019



Provincia: Cienfuegos

Indicadores de Producción y Eficiencia

Indicador	U/M	Mes			Acumulado		
		Plan	Real	%	Plan	Real	%
Generación Bruta	MWh	4740.2	10291.2	217%	4740.2	10291.2	217%
Con Diesel	MWh	4740.2	10291.2	217%	4740.2	10291.2	217%
Generación Neta	MWh	4550.9	10089.1	222%	4550.9	10089.1	222%
Con Diesel	MWh	4550.9	10089.1	222%	4550.9	10089.1	222%
Insumo	MWh	189.3	202.1	107%	189.3	202.1	107%
Con Diesel	MWh	189.3	202.1	107%	189.3	202.1	107%
Insumo	%	4.0	2.0		4.0	2.0	
Con Diesel	%	4.0	2.0		4.0	2.0	

Por Tecnologías.

DIESEL		MTU	GUASCOR	SCANIA	Total
Potencia Instalada DÍA	MW	3856.0		0.0	3856.0
Potencia Disponible DÍA	MW	3103.2		0.0	3103.2
Disponibilidad DÍA	%	80.5		0.0	80.5
Potencia Instalada PICO	MW	3856.0		0.0	3856.0
Potencia Disponible PICO	MW	3120.6		0.0	3120.6
Disponibilidad PICO	%	80.9		0.0	80.9
Generación Bruta	MWh	10291.2		0.0	10291.2
Insumo	MWh	202.1			202.1
Porcentaje de Insumo	%	2.0			2.0
Diesel Consumo Generación	litros	2701189.0		0.0	2701189
Densidad	g/lts	832.4		0.0	832.4
Consumo de Diesel Plan	tm	1038.1		0.0	1038.1
Consumo de Diesel Real Mes	tm	2248.5		0.0	2248.5
Consumo de Diesel Acumulado Plan	tm	1038.1		0.0	1038.1
Consumo de Diesel Acumulado Real	tm	2248.5		0.0	2248.5
Indice de consumo Plan	g/kWh	217.0		0.0	217.0
Indice de consumo Real Mes	g/kWh	218.5		0.0	218.5
Indice de Consumo Acumulado Plan	g/kWh	217.0		0.0	217.0
Indice de Consumo Acumulado Real	g/kWh	218.5		0.0	218.5
Consumo lubricante	litros	5875		0.0	5875
Indice de consumo Plan	g/kWh	0.80		0.0	0.80
Indice de consumo Real Mes	g/kWh	0.51		0.0	0.51
Indice de Consumo Acumulado Plan	g/kWh	0.80		0.0	0.80
Indice de Consumo Acumulado Real	g/kWh	0.51		0.0	0.51
Consumo Refrigerante	litros	350		0.0	350
Indice de consumo Plan	l/MWh	0.50		0.0	0.50
Indice de consumo Real Mes	l/MWh	0.03		0.0	0.03
Indice de Consumo Acumulado Plan	l/MWh	0.50		0.0	0.50
Indice de Consumo Acumulado Real	l/MWh	0.03		0.0	0.03

Indicadores de la Provincia Tecnología Diesel		Mes en Curso		Acumulado	
Indicador	U/M	Plan	Real	Plan	Real
Disponibilidad Día	%	81.6	80.5	81.6	80.5
Disponibilidad Pico	%	81.6	80.9	81.6	80.9
Por ciento de Insumo	%	4.0	2.0	4.0	2.0
Índice de consumo de Combustible	g/kWh	217.0	218.5	217.0	218.5
Índice de consumo de Lubricante motor	g/kWh	0.80	0.51	0.80	0.51
Índice de consumo de Líquido Refrigerante	l/MW	0.50	0.03	0.50	0.03

Anexo 2

Guía para la interpretación de los resultados de la Matriz Energética.

Forma de la matriz	Resultado
 3 o más en todo	Buen nivel de gestión energética.
 Puntuación media menor de 3	Bajo nivel de gestión energética.
 Forma convexa	Compromiso de la alta dirección pero deficiente implementación de la política energética y su sistema de gestión.
 Forma cóncava	Bajo compromiso de la dirección y acciones para la gestión energética a nivel operativo.
 1 columna más baja que el resto	No integralidad de la gestión energética.
 1 columna más alta que el resto	No integralidad de la gestión energética.
 2 o más columnas por encima o por debajo de la media	No integralidad de la gestión energética.