

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS “CARLOS RAFAEL RODRIGUEZ”
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Químico.



Autor:

Rosalí Castillo Hernández

Tutores:

Mcs. Yamile Díaz Torres

Ing. Yosvany González Mazorra

Cienfuegos, 2014

Pensamientos

“La diferencia entre lo que hacemos y lo que somos capaces de hacer, bastaría para solucionar la mayoría de los problemas del mundo”.

Mahatma Gandhi

(1869 – 1948)

“Cuida tus Pensamientos, porque se volverán Actos.

Cuida tus Actos, porque se harán Costumbres.

Cuida tus Costumbres, porque formará tu Carácter.

Cuida tu Carácter, porque formará tu Destino.

Y tu Destino será tú Vida”.

Mahatma Gandhi

(1869 – 1948)

... si no podemos hacer nada para cambiar el pasado hagamos algo en el presente para mejorar el futuro...

Che.

Dedicatoria

*Dedico este Trabajo de Diploma, y con él este gran sueño, a mis padres Doris y
Noel,*

Por su infinito amor, dedicación y apoyo.

LOS AMO...

Agradecimientos

No hubiese sido posible haber culminado esta etapa de mi vida sin el apoyo incondicional de las personas que guiaron e hicieron posible que hoy me graduara. Por ello agradezco

A:

Mi tesoro más preciado, mis padres, por su amor, ejemplo y confianza.

A mis tutores Yamile y Yosvany por su inmenso e imprescindible apoyo.

A mi hermosa y gran familia, abuelos, hermana, tíos y primos, por su cariño.

A mi prima, hermana y amiga del alma Rosalía.

A mis amigos que son mi gran dicha; en especial a Claudia, Betty, Rigoberto, Delvys, Beatriz, Elizabeth y Yesenia.

A mis compañeros de aula, por compartir estos 5 años inolvidables de mi vida.

A todos los trabajadores del departamento Ingeniería de Procesos y Centro de Información de la Refinería.

Y a todas esas personas que fueron importantes y determinantes en mi vida, para que hoy sea una mejor persona.

A todos mi más sincero agradecimiento.

Muchas Gracias

Rosalí

Este trabajo tiene como objetivo analizar el sistema de gestión de la energía que esta implementado en la planta Destilación Atmosférica. Para la ejecución de esta labor se hizo una búsqueda bibliográfica actualizada sobre el escenario energético y acerca de la gestión de la energía en las refinerías a nivel mundial y nacional, examinando los Sistemas de Gestión de la Energía donde estudiamos normas internacionales. Se utilizó la Tecnología de la Gestión Total de la Energía (TGTEE) elaborada por el CEEMA. Se aplicaron herramientas como el análisis de la Gestión de la Energía, Diagramas de Pareto, Análisis de correlación, gráficos de control, diagrama de sumas acumulativas (CUSUM) , diagramas energético-productivo y finalmente una Matriz DAFO. Su aplicación permitió un mejor análisis y entendimiento de la situación energética de la planta y la misma favorecerá a la toma de decisiones y de control, además de proponer medidas para un mejor margen de refino.

Palabras clave: energía, Destilación Atmosférica, refinería

Abstract

This work aims to analyze the system of energy management that is implemented in Atmospheric Distillation plant. For the execution of this work, it was made an updated literature search on the energy scenario and about energy management in refineries at global and national level, examining Systems of Energy Management where it is studied international standards. Technology Total Energy Management (TGTEE in Spanish), developed by the CEEMA, was used. Tools such as the analysis of Energy Management, Pareto diagrams, correlation analysis, control charts, cumulative sum chart (CUSUM), energy-production diagrams and finally a SWOT matrix were applied. Its application allowed a better analysis and understanding of the energy situation in the plant and it will favor the decision-making and control. Besides, it will allow proposing measures for better refining margins.

Keywords: energy, Atmospheric Distillation, refineries.

Índice

Introducción	1
Antecedentes y justificación	1
Resultados obtenidos.....	6
Capítulo I: La administración de la energía. Sistema de Gestión Energética.	7
1.1. Escenario energético mundial	7
1.2. Estado actual de la economía y el uso de la energía en Cuba. Escenario energético.....	10
1.3. La eficiencia energética .Oportunidades y desafíos.	13
1.4. Sistema de gestión de la energía.	18
1.5. La gestión de la energía en refinerías de petróleo a nivel mundial (América Latina y el Caribe).	26
1.6. La gestión de la energía en Refinería de Petróleo en Cuba.	29
Conclusiones Parciales.	33
Capítulo II: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía	34
2.1. Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía. (TGTEE)	34
2.2. Prueba de Necesidad en una empresa.	38
2.3. Diagnóstico energético y socio ambiental	40
2.4. Aplicación de acciones y medidas.....	41
2.5. Seguimiento y control	45
2.6. Herramientas para establecer un SGTEE	49
Conclusiones Parciales	63
Capítulo III: Diagnóstico Energético en la Planta de Destilación Atmosférica de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos.	64
3. Introducción.....	64
3.1. Refinería de petróleo Camilo Cienfuegos.....	64
3.2. Descripción del proceso tecnológico de la Sección 100. Torre de Destilación Atmosférica.	69
3.3. Prueba de Necesidad.....	77
3.4. Caracterización de la Gestión Energética en la empresa.....	78

3.5. Gráficos de Producción vs Consumo	82
3.6. Gráficos de control	84
3.7. Diagrama de Correlación de Consumo - Producción.	85
3.8. Indicadores de consumo	89
3.9. Diagrama de Índice de Consumo de Energía – Producción. (IC vs. P)	91
3.10. Gráfico CUSUM.....	93
3.11. Análisis individual de portadores energéticos.....	94
3.12. Identificación de oportunidades de mejoras.	97
3.13. Matriz DAFO.....	98
Conclusiones Parciales.	101
Conclusiones Generales	102
Recomendaciones.....	103
Bibliografía.....	104
Anexos	

Introducción

Antecedentes y justificación

La energía es un recurso que se ha gestionado adecuadamente para garantizar la sostenibilidad de las actividades del hombre en el mundo y minimizar sus impactos ambientales. El previsible agotamiento de los combustibles fósiles y el daño irreversible que se ocasiona al medio ambiente, exige la adopción de nuevas estrategias, como base de un modelo de desarrollo sostenible, que permita satisfacer las necesidades energéticas de las generaciones actuales y futuras. (Nordelo, 2001)

La eficiencia energética y el uso racional de los portadores energéticos son herramientas rentables en la lucha por alcanzar un futuro energético sostenible y un medio ambiente más saludable. El análisis del consumo energético y la contaminación ambiental desde diferentes aristas de la sociedad, en especial en los procesos industriales, son frases muy frecuentes encontradas dentro de las políticas que aplican casi todos los países a escala mundial, impulsadas cuando se presentan etapas o períodos de crisis, ya sea por efecto de precios elevados o por falta de oferta. (Yanes, 2006)

Las mejoras en la eficiencia energética pueden reducir la necesidad de inversión en la infraestructura energética, los gastos de combustibles y aumentar la competitividad en las industrias. Los cuales forma parte de los valores que fomenta la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE)

La industria del refinado del petróleo es consumidora intensiva de energía, tanto en forma de combustible directamente aplicado en los numerosos hornos y calderas que la integran, como en forma de energía eléctrica utilizada esencialmente para accionamiento de motores y en menor medida, aunque en cantidades nada despreciables en el alumbrado de las plantas.

Introducción.

La importancia relativa de los costes energéticos dentro del refino de petróleo se puede apreciar al considerar que representa: - 40,0 % de los costes totales, incluyendo amortizaciones.- 80,0% de los costes variables. (Proyectos, 2014)

En la industria petrolera los principales procesos industriales de mayor consumo energético son la destilación de crudo, seguido por el hidrot ratamiento, la reforma o mezcla de gas y la destilación a vacío. Hay otros procesos más en el sector de la refinación que también requieren mucha energía como el cracking térmico (termofraccionación), el craqueo catalítico, el hidro craqueo (hidro fisuración), y la producción de isómero y gasolina a base de alquilatos. El monitoreo de los diversos tipos de energía utilizados en dichos procesos industriales nos conduce a la aplicación de estrategias energéticas eficientes. (Saved, 2012)

La Refinería de Petróleo de Camilo Cienfuegos perteneciente a la Empresa Mixta CUVENPETROL, Cuba-Venezuela, es hoy uno de los pilares fundamentales en el proceso de cambio de la matriz energética del Caribe, bajo los acuerdos de la Alianza Bolivariana para las Américas (ALBA) y PetroCaribe. La misma procesa anualmente más de 20 millones de barriles de crudo y consta entre sus principales estrategias propiciar niveles de pérdida cada vez menores y obtener el máximo rendimiento de productos claros; percibir ahorros de portadores energéticos, como agua, energía eléctrica, reactivos químicos, aceites lubricantes y oíl, que favorecen el margen de refinación. (Molina, 2013)

En la actualidad está implementado un sistema de planificación y control de la energía pero no responde a un sistema de gestión ni a las exigencias actuales de las normas internacionales que tratan en el tema. Teniendo en cuenta que en una refinería unos de los mayores consumidores de portadores energéticos es la Planta Destilación Atmosférica se presenta el siguiente:

Problema de investigación:

La Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos” no posee un sistema de gestión energética eficiente que facilite la evaluación sistemática del comportamiento de

sus portadores energéticos, identificar las áreas o equipos de mayor consumo y tomar las medidas necesarias en el menor tiempo posible, con el propósito de elevar la eficiencia energética.

Hipótesis

La implementación de un Sistema de Gestión Energética basada en la TGTEE para la administración eficiente de la energía en la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos” con un alcance de La Planta de Destilación Atmosférica, permitirá elevar la competitividad, la eficiencia real de la planta, aumentar el margen de refino y reducir el impacto ambiental por el uso irracional de energía en las instalaciones.

Objetivo general:

- Proponer un Sistema de Gestión Energética basada en la TGTEE en la Planta de Destilación Atmosférica de la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos”, basado en la filosofía del mejoramiento continuo, que eleve la eficiencia energética, reduzca los consumos energéticos, el impacto ambiental y eleve la competitividad de las instalaciones.

Objetivos específicos

1. Resumir las tendencias actuales de los sistemas de gestión de la energía y los avances de este campo aplicado a la industria de la refinación de petróleo.
2. Analizar el comportamiento del sistema de planificación y control de la energía implementado en la Planta de Destilación Atmosférica y proponer mejoras al sistema de monitoreo y control energético.
3. Establecer un indicador de consumo que logre en gran medida el establecimiento de un sistema de gestión de la energía eficiente.
4. Ejecutar un diagnóstico de recorrido que posibilite identificar áreas de oportunidades de ahorro de energía.

Métodos y procedimientos:

En función de los objetivos del 1 al 4, se trabajará con el método histórico-lógico que permitirá analizar las principales características de la situación energética de la planta y de esta forma poder encontrar el indicador necesario para establecer el Sistema de gestión de eficiencia energética

Capítulo I denominado «LA ADMINISTRACION DE LA ENERGÍA. SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA» es donde se incluyen todos los aspectos teóricos que soportan este proyecto en relación con los sistemas de gestión energética a nivel mundial.

Capítulo II denominado «TECNOLOGÍA DE GESTION TOTAL EFICIENTE DE LA ENERGIA » donde se expone todo lo referente a la TGTEE, se exponen sus fundamentos teóricos , así como se explican las herramientas que utilizan para el diagnostico energético.

Capítulo III denominado «DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN LA PLANTA DE DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA REFINERÍA CAMILO CIENFUEGOS.» donde se caracterizan el sistema de gestión que emplea, el consumo de sus portadores energéticos durante el año 2013 y 2014, y se aplican las herramientas que permiten establecer un correcto diagnóstico e índice de desempeño energético. Posteriormente se proponen medidas basados en el análisis realizado

Conclusiones.

Recomendaciones.

Bibliografía.

Anexos.

Metodología a utilizar

Para efectuar el análisis bibliográfico y recopilación de la información:

- Se recopilará información sobre los sistemas de gestión energéticas existentes a nivel mundial
- Se revisarán trabajos que vinculen la integración energética en plantas.
- Se revisaran todo lo referente al petróleo, a su refinación, a la destilación atmosférica y todo lo relacionado con el tema a tratar
- Se revisara la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía elaborado por el CEEMA en el año 2000
- Se revisará el reglamento tecnológico de la Planta Destilación Atmosférica S-100.
- Se revisará el Reglamento tecnológico de los Hornos.

1. Para Implantar el sistema de control:

- Fijación de Objetivos:
 - Establecer un sistema de contabilidad energética.
 - Fijar los más importantes indicadores que auxilien a operaciones en el seguimiento de la eficiencia.
 - Evaluar el potencial de ahorro en las diferentes áreas.
 - Determinar el sistema para fijar prioridades y evaluar resultados.
- Revisión final del programa y sistema de trabajo adoptado.
 - Determinar la eficiencia energética de las Unidades de Procesos.
 - Resumir los datos sobre el consumo energético de las unidades.
 - Desarrollar programas simplificados para el seguimiento de los consumos.
- Desarrollar la estrategia para la conservación energética:
 - Énfasis en las unidades altamente consumidoras o aquellas que se desvían fuertemente de la norma.
 - Evaluar el impacto de nuevos proyectos.

Resultados obtenidos

1. Con el sistema de control energético propuesto implantado se cree oportuno realizar un esfuerzo suplementario en este sentido, pensando en la magnitud de las cifras involucradas permitirán abrigar fundadas esperanzas de conseguir ahorros significativos que indiscutiblemente disminuirían los costos operacionales mejorando así el margen de refinación.

2. Con el propósito que anteriormente se expuso se prevé crear planes de actuación en la refinería, creando grupos de trabajo con intención de desarrollar, controlar y evaluar un programa para la reducción de consumos y mermas en la Planta de Destilación Atmosférica.

3. Los planes, cuyo criterio principal será la rentabilidad de las medidas a implantar, prevé actuar sobre los dos factores claves en la eficiencia:

- Gestión (En una primera aproximación no precisa inversiones)

Mejoras en los métodos de operación, mantenimiento y control, que serán plasmados en procedimientos escritos, con el propósito de dotarles continuidad.

- Diseño (Probablemente acompañado de inversiones)

Estudiando posibles modificaciones en los esquemas de producción e implantando aquellas de rentabilidad adecuada.

4. Las razones para implantar este sistema de control y el desarrollo de la guía para la conservación de la energía son puramente económica, pero paralelamente se le suman consideraciones medioambientales, hoy día en primer plano de la preocupación social.

5. Que la guía propuesta se desarrolle en todas las unidades de la refinería

Capítulo I: La administración de la energía. Sistema de Gestión Energética.

1.1. Escenario energético mundial

El sector energético mundial: situación actual

La existencia de todas las formas de vida en el planeta está sustentada por un conjunto de transformaciones energéticas que conforman los llamados ciclos energéticos vitales. El ser humano desde sus primeros pasos en la tierra, y a lo largo de la historia, ha sido un buscador de formas de generación de esa energía necesaria y facilitadora de una vida más agradable. Gracias al uso y conocimiento de las formas de energía ha sido capaz de cubrir necesidades básicas tales como: luz, calor, movimiento, fuerza, y alcanzar mayores cotas de confort para tener una vida más cómoda y saludable.

La energía es imprescindible para potenciar el bienestar social y económico y, en la mayoría de los casos, es indispensable para generar la riqueza industrial y comercial. Es una condición imprescindible para aliviar la pobreza, generalizar la protección social y elevar el nivel de vida. (Rodríguez, 2012)

El sector energético es crucial y estratégico para el desarrollo socio-económico de cualquier país o región. Su relevancia radica en que se extiende desde la extracción de crudo y gas hasta la refinación, la petroquímica y la generación de electricidad, los productos de estas industrias son insumos de otras, y, así, se va formando una gran cadena de valor económico. En la actualidad, ninguna actividad económica moderna puede subsistir o competir sin el suministro de energía.

La principal fuente no renovable de energía en el mundo actualmente es el petróleo, también se utilizan el gas, el carbón y el uranio pero en una proporción mucho menor, de ahí la importancia de este recurso para el desarrollo industrial de acuerdo a la tecnología actual.

Según las últimas estadísticas disponibles, los combustibles fósiles representan alrededor del 80% del consumo global de energía primaria, distribuidos de la siguiente forma: petróleo, del 33% al 35%; carbón, 24% y gas natural, 21%. El consumo restante está repartido entre las fuentes renovables (17%) y la energía nuclear cerca del 6%. El porcentaje de las fuentes renovables se divide a su vez entre las tradicionales de la biomasa (9%), la hidroelectricidad a gran escala (5%) y las llamadas nuevas fuentes renovables con apenas 2%. (Guzmán, 2010)

Distribución de Portadores Energéticos %

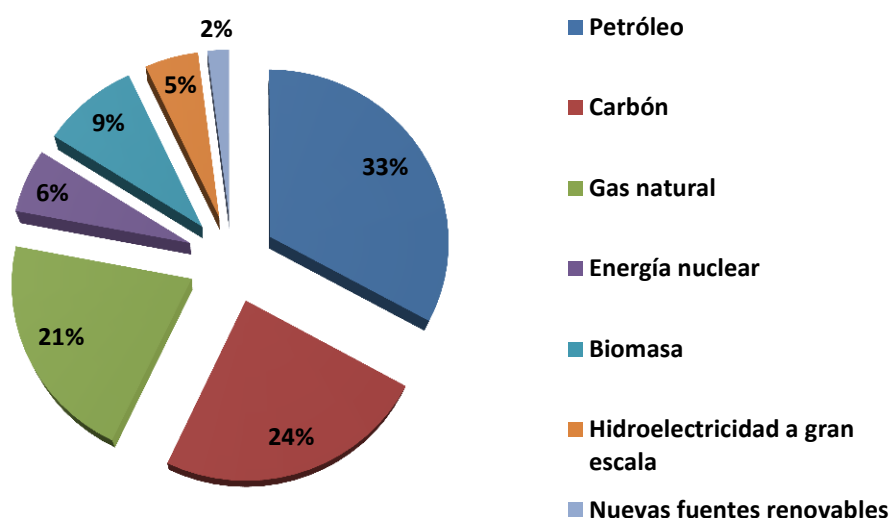


Figura 1.1 Distribución de combustibles fósiles y fuentes renovables. Elaboración propia.

No debe sorprender que, si el funcionamiento de la sociedad depende en tal medida del petróleo, cualquier incremento en su precio genere procesos inflacionarios que finalmente acaben por extenderse a todos los sectores económicos y por afectar a las economías de todos los países, golpeando primero y en especial a las de los más débiles.

Escenario energético en América Latina y el Caribe.

En América Latina el papel de los recursos energéticos es estratégico y funciona como objeto de la competencia cada vez más abierta entre grandes empresas y países. La región latinoamericana es responsable del 13,5% del petróleo que se comercializa en el mundo y tiene bajo su subsuelo el 9,7% de las reservas globales de crudo y el 4% de las de gas. Pero más allá de las cifras, la región tiene un papel clave en la geopolítica internacional por dos cuestiones: es un territorio fundamental para el abastecimiento energético de Estados Unidos y, por otro lado, en ella residen la mayor parte de los intereses de las transnacionales energéticas españolas.

Dentro de los países con mayores concentraciones de hidrocarburos resaltan Venezuela tanto en reservas de petróleo como de gas. Luego, Brasil que, tras el reciente descubrimiento de un gran yacimiento en las profundidades marinas, podría llegar a ser la segunda mayor reserva de petróleo de la región. Los países que aparecerían en segunda línea, en cuanto a riqueza de crudo y gas, serían Ecuador, Perú y Trinidad y Tobago. Por último, Bolivia es el territorio con las segundas mayores reservas de gas natural.

Gran parte de los países latinoamericanos y caribeños no posee reservas de petróleo, por lo que necesitan importar prácticamente la totalidad de su consumo. En Suramérica, éste es el caso de Chile, Uruguay y Paraguay que ocupan el primero, segundo y tercer lugar respectivamente en el nivel de dependencia de las importaciones de fósiles. Los países de América Central y la mayoría del Caribe son también altamente dependientes de las compras al exterior.

Otro aspecto importante de señalar con relación a los países del Caribe es que estos ofrecen facilidades de almacenamiento por aproximadamente 100 millones de barriles de petróleo crudo y productos refinados. Además en esta área se encuentran instaladas importantes refinerías con una capacidad de procesamiento de casi dos millones de barriles diarios.

Capítulo 1: La administración de la energía. Sistema de Gestión Energética.

La presencia de América Latina entre las mayores empresas petroleras del mundo de ambos grupos es considerable. Se destacan Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) y Petróleos Mexicanos (PEMEX), la brasileña Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), que posee la mayor cantidad de activos en el exterior, y la argentina Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF), adquirida por la empresa española Repsol después de su privatización en los años noventa. También se encuentran las empresas estatales petroleras de Chile, Colombia y Ecuador. La mayoría de estas empresas latinoamericanas ha realizado inversiones considerables fuera de sus fronteras.

A pesar de sus recursos energéticos, paradójicamente América Latina y el Caribe cuentan con una elevada deuda energética; alrededor de un 30% de la población no tiene acceso a los servicios de electricidad y existe una gran dependencia de los combustibles tradicionales -leña, carbón vegetal y otros-, sobre todo en sectores rurales y suburbanos; entre otros problemas. A su vez las desigualdades en la distribución geográfica de los recursos energéticos en la región y las diferencias en los niveles de desarrollo tecnológico y de infraestructura dificultan aún más la situación. Existen también en la región hay países que exportan energía a pesar de que no satisfagan la demanda interna, esos países son Argentina, Colombia, Venezuela, y Paraguay.

Los escenarios proyectados de requerimientos energéticos de América Latina al 2020 presentan un significativo incremento en la demanda, para todos los países de la región. Ello implica aumentos en la capacidad de extracción y exportación en los países productores; y la promoción de altos niveles de integración para el intercambio energético por parte de los países dependientes. (Guzmán, 2010)

1.2. Estado actual de la economía y el uso de la energía en Cuba. Escenario energético.

Con el derrumbe del campo socialista y la desaparición de la URSS, unido al brutal bloqueo norteamericano, se establece en el país el período especial. Bajo estas condiciones las importaciones del combustible para la generación de

Capítulo 1: La administración de la energía. Sistema de Gestión Energética.

electricidad llegaron a valores muy bajos y la caída en la generación de electricidad fue abrupta, decidiéndose iniciar el proceso de asimilación paulatina del crudo nacional en las plantas, a pesar de que sus características (alto contenido de azufre, alta viscosidad y otros componentes) no eran las especificadas en el diseño. Al agudizarse aún más las condiciones del bloqueo y considerando el requerimiento de satisfacer las necesidades de la economía y la población, se acelera el empleo del crudo nacional y del gas acompañante que se perdía con la extracción del hidrocarburo, llegando al cierre del año 2003 al consumo de 2 300 000 ton de combustibles nacionales. (Cereijo, 2007)

Como parte de la estrategia de alcanzar la independencia energética se apoya en el desarrollo de energías renovables, se pretende continuar apoyando la utilización de la biomasa como principal recurso energético alternativo. (Borrell., 2007)

La realidad muestra que no se trata solo de diversificar la matriz energética, sino de preocuparse por dar un uso racional y eficiente a la energía. Por lo que se crea el **Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba (PAEC)**, primera acción de carácter integral que se llevó a cabo en el país para promocionar el ahorro de electricidad y la cultura energética en Cuba. Incluye diversas medidas que conducen al ahorro de energía eléctrica. En la tabla 1.1 se presentan los objetivos y principales proyectos del PAEC

Tabla 1.1. Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba. (Wikipedia, 2013)

PAEC		
OBJETIVOS	PROYECTOS	RESULTADOS
Reducir la demanda máxima y la tasa de crecimiento anual del consumo.	Proyecto de Aseguramiento Técnico.	El cambio que se ha logrado en la población en cuanto al conocimiento de la energía, la importancia de su uso racional y su estrecho vínculo con los problemas ambientales.
Reemplazo de equipos y a la modernización de procesos tecnológicos, a partir de inversiones con períodos de recuperación no superiores.	Proyecto de Motivación al Ahorro de Energía.	Reducir los consumos de electricidad y los valores de demanda.
Desarrollar hábitos y costumbres en el uso racional de energía y protección del medio ambiente en las nuevas generaciones.	Proyecto Docente-Educativo.	Educación de las nuevas generaciones en la conservación de la energía y el cuidado del medio ambiente.
Desarrollar una base normativa y una política de precios que estimule el uso racional y el manejo de la demanda y eleve la eficiencia energética de todos los nuevos equipos eléctricos que se instalen en el país.	Proyecto de Implantación de Normas y Precios.	

El plan es auto sustentable y con el mismo ahorro se paga la inversión muy rápidamente.

Pese a la selección adecuada de las líneas principales de acción del Programa de Desarrollo de Fuentes Nacionales de Energía, así como a las acciones ya realizadas o las obras en proceso de construcción, valga mencionar que el sector enfrenta dos grandes obstáculos para asegurar el suministro de energía al país: la escasa disponibilidad de divisas en la operación normal de las empresas y la falta de fuentes de financiamiento para emprender las inversiones previstas. Algunas de las posibles soluciones a estos problemas pertenecen más a la esfera de las políticas macroeconómicas que al propio sector energético. Otro problema se relaciona con el abasto de energía al sector residencial. (Castellón, 2000)

En la tabla 1.2 se muestra el estado de la economía de Cuba observando un crecimiento pequeño pero gradual en los últimos años.

Tabla 1.2 Estado de la economía.((CEPAL), 2013)

TASAS DE VARIACIÓN ANUAL DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO				
En porcentajes del producto interno bruto				
Cuba	2009	2010	2011	2012
	1.4	2.4	2.8	3.0

1.3. La eficiencia energética .Oportunidades y desafíos.

La eficiencia energética, entendida como la eficiencia en la producción, distribución y uso de la energía necesaria para garantizar calidad total, es parte del conjunto de problemas que afectan la competitividad de las empresas o instituciones.

Eficiencia Energética: implica lograr los requisitos establecidos por el cliente con el menor gasto energético posible y la menor contaminación ambiental por este concepto.

Capítulo 1: La administración de la energía. Sistema de Gestión Energética.

Toda técnica creada por el hombre trabaja sobre la base de la utilización de energía; por ello es natural que en muchos casos uno de las principales partidas del costo total sea el costo energético, donde se incluyen los componentes relativos a la producción, distribución y uso de las diferentes formas de energía. (Nordelo, 2001)

Hay un gran número de oportunidades para mejorar la eficiencia energética de los vehículos, edificios, hogares y equipos industriales, reduciendo así el consumo de energía. Desde los motores de los automóviles que consuman menos combustible, mejor aislamiento de los edificios y hogares, y sistemas más eficientes en la fabricación de equipos y producción son sólo algunas de las posibilidades. Si todas las oportunidades de eficiencia energética se desarrollaran, el crecimiento anual de la demanda mundial de electricidad entre 2005 y 2030 se reduciría de 2,7% por año. En la Figura 1.2, se observa el potencial de reducción al aplicar un aumento de eficiencia en la demanda eléctrica y demanda de combustibles fósiles, con un potencial de 35% de reducción al 2030.

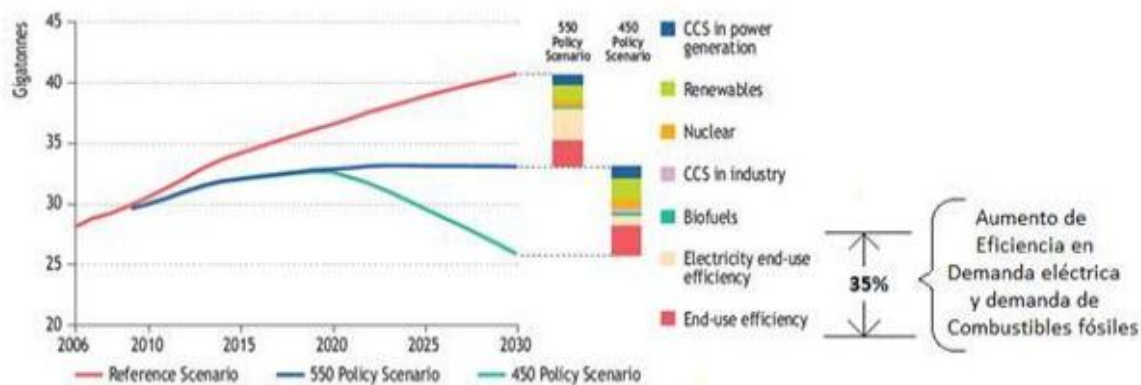


Figura 1.2 Escenario de Mitigación - Supone Reducciones en la Trayectoria de Estabilización de los GEI. (Chile, 2010)

La eficiencia energética es considerada como un medio clave para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y también considerada como medio para lograr otros objetivos de políticas energéticas (reducción de la

dependencia de las fuentes fósiles), pero el comportamiento de los mercados y las respuestas políticas han generado debates económicos. Como por ejemplo conceptos económicos subyacentes en la toma de decisiones de los consumidores sobre productos y servicios de eficiencia energética.

Oportunidades.

Los mercados de la energía y los precios del mercado influyen en las decisiones de los consumidores, con respecto a la cantidad de energía que consume y si debe invertir en productos y equipos más eficientes energéticamente. Un aumento de los precios de la energía se traducirá en un ahorro de energía en el corto plazo, sin embargo, los cambios a corto plazo en la eficiencia energética tienden a ser limitados debido a la larga vida útil y baja rotación de los aparatos que utilizan energía y bienes de capital. Sin embargo, si un aumento de precios de la energía es persistente, también es más probable que afecte de manera significativa la adopción de eficiencia energética, ya que los consumidores tenderán a sustituir antiguos e ineficientes bienes de capital, y las empresas tendrán el tiempo necesario para desarrollar nuevos productos y procesos más eficientes.

Cuando se desarrolla un mercado de Eficiencia Energética es claro que incluye rendimientos positivos sobre la inversión, así como importantes beneficios colaterales, que incluyen el crecimiento económico, la creación de empleo y usualmente mejoras sobre la producción.

A pesar de las mejoras en la eficiencia energética en las naciones desarrolladas, aún queda un gran potencial de ahorro de energía en todos los sectores.

La tasa de mejora en eficiencia energética es necesario aumentarla sustancialmente para lograr un futuro energético más seguro y sustentable. Hay indicadores de que el índice de mejora de la eficiencia energética ha aumentado ligeramente en los últimos años, como consecuencia de las numerosas políticas de países desarrollados. En general los gobiernos deben aprender de las mejores prácticas de los demás y actuar para desarrollar y aplicar la mezcla de políticas

Capítulo 1: La administración de la energía. Sistema de Gestión Energética.

necesarias para generar mercado y regular las proyecciones de crecimiento con una mejora en la intensidad energética (incluyendo normas estrictas y estándares).

Desafíos.

El tema común en las deficiencias del mercado de eficiencia energética es que los precios de la energía no reflejan el verdadero costo marginal social del consumo de energía, ya sea a través de las externalidades ambientales, los costos medios, o la seguridad nacional.

Las tecnologías y servicios de Eficiencia Energética (EE), son particularmente complejas y difíciles de desarrollar desde su implementación, debido al hecho de que demostrar los ahorros de energía de estas tecnologías de Eficiencia Energética no es fácil, donde la tasa de ejecución de los proyectos de EE, medidas de mejora de EE y las mejores prácticas, pese a su enorme potencial deben ser impulsadas por políticas públicas para romper las barreras existentes. Las externalidades ambientales asociadas con la producción y el consumo de combustibles fósiles generan grandes emisiones de GEI y otros contaminantes que resultan en costos no ponderados sobre la salud y el medio ambiente, es decir, que no son internalizados por el consumidor de energía. En ausencia de la política, una externalidad ambiental conduce a un uso excesivo de energía en relación con la falta de inversión óptima social, y por lo tanto, una disminución en la eficiencia energética.

En la medida en que los precios de la energía no internalicen estas externalidades (que varían según el tipo de contaminación), el mercado va a incentivar un nivel de eficiencia energética que es demasiado bajo. Una respuesta política puede ser determinar económicamente los precios a las emisiones, lo que indirectamente estimula una mayor eficiencia energética. (Chile, 2010)

1.3.1. Contribución de la Eficiencia Energética al desarrollo sostenible y el medioambiente

La eficiencia energética contribuye al desarrollo sustentable en la medida que propende a un uso óptimo de los recursos energéticos al permitir encarar tanto el problema de la cantidad como del aprovechamiento efectivo de los recursos involucrados.

La eficiencia energética no consiste en racionar o reducir el consumo sino en utilizarla mejor. Los aumentos de productividad y la reducción de los consumos energéticos por unidad de producto constituyen, en realidad, fases de un mismo proceso con aportes muy significativos al crecimiento, la protección del medio ambiente y la equidad social.

La eficiencia energética contribuye a la reducción de los costos y por ende a la fijación de precios más bajos de los bienes que insumen la energía. Ello debería tener efectos favorables sobre el crecimiento de la economía al inducir a incursionar en nuevos mercados, en condiciones más favorables de competencia, ya sea en el país o en el extranjero, posibilitando el desarrollo de nuevas actividades y el aprovechamiento de economías de escala, debido a la expansión del mercado.

Si bien en las etapas de generación, transporte, distribución y uso de la energía se podría afectar de manera negativa al medio ambiente, por el contrario un manejo sustentable del sistema energético puede reducir los impactos negativos.

La utilización de menos energía por unidad de producto o servicio va en esta línea al atenderse las necesidades con un menor uso de las fuentes disponibles. Está demostrado, por ejemplo, que una adecuada política de transporte público, permitiría reducir significativamente el consumo de energía.

Asimismo, la puesta en práctica de políticas de eficiencia energética aparece estrechamente relacionada con una utilización racional de los recursos naturales

involucrados. Desde este punto de vista, la eficiencia energética responde a las exigencias que derivan de la adopción de ciertos principios basados en la equidad transgeneracional que sugieren entregar un stock de recursos naturales al menos similar a los disponibles por nuestra generación. (Albavera, 2001)

1.4. Sistema de gestión de la energía.

La Gestión Empresarial incluye todas las actividades de la función gerencial que determinan la política, los objetivos y las responsabilidades de la organización; actividades que se ponen en práctica a través de: la planificación, el control, el aseguramiento y el mejoramiento del sistema de la organización.

La Gestión Energética o Administración de Energía, como subsistema de la gestión empresarial abarca, en particular, las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial que le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas.

Un sistema de gestión energética se compone de: la estructura organizacional, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para su implementación.

Dentro de los (SGEn) normalizados se destacan el de la Norma ANSI/MSE 2000 y el de la Norma EN 16001, los cuales sentaron las bases para el propuesto en la Norma Internacional ISO 50001. Por su parte, dentro de los (SGEn) no normalizados sobresale la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) del Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos.

1.4.1. Norma ANSI/MSE 2000

Esta norma estadounidense, publicada en 2000, describe los elementos necesarios para establecer y mantener un sistema de gestión de la energía de aplicabilidad a cualquier organización. Es considerada como el primer sistema de gestión de la energía estandarizado y de carácter nacional, del mundo.

Capítulo 1: La administración de la energía. Sistema de Gestión Energética.

La Norma fue revisada en 2005 y en 2008 para darle una mejor organización que reflejara más acertadamente el enfoque por procesos del modelo de gestión Planear-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA), e incluirle nuevos requerimientos. Los elementos fundamentales de la versión vigente son:

1. Sistema de gestión para la energía.
2. Responsabilidad de la dirección.
3. Planificación de la gestión energética.
 - a. Gestión de la información energética.
 - b. Perfil energético.
 - Seguimiento de datos energéticos.
 - Diagnóstico energético.
 - Usos significativos de la energía.
 - Indicadores clave de desempeño.
 - Información externa.
 - c. Requisitos legales y otros requisitos.
 - d. Objetivos, metas y planeación de proyectos.
4. Implementación y operación.
5. Verificación y evaluación.
6. Revisión por la dirección.

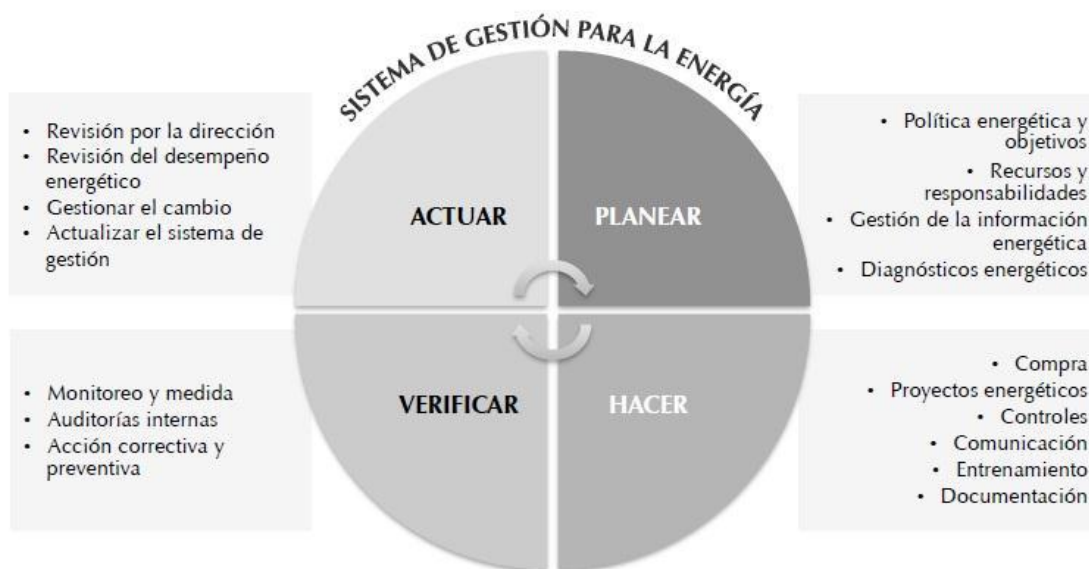


Figura 1.3 Proceso de mejora continua de la ANSI/MSE 2000:2008.

Herramientas de apoyo para la planificación.

En la ANSI/MSE 2000:2008, la planificación de la gestión energética tiene como fin el establecimiento de objetivos, metas y "proyectos energéticos" a partir de la información obtenida en el "perfil energético", los cuales deben estar en correspondencia con la política energética y los planes estratégicos de la organización.

La planificación se centra en el desarrollo y mantenimiento de un "perfil energético". Este perfil se obtiene con base en datos energéticos, financieros y de producción, y en los resultados de los diagnósticos energéticos de equipos, sistemas y procesos. A partir de dichos diagnósticos, se identifican usos significativos de la energía y oportunidades para desarrollar los "proyectos energéticos", al tiempo que se establecen indicadores clave de desempeño para medir la efectividad del sistema de gestión.

El perfil energético inicial se considera en sí mismo como una línea base a partir de la cual se miden los cambios en el desempeño energético. Para el desarrollo

de esta fase, la Norma recomienda algunas herramientas que ayudan en el cumplimiento de los requisitos. (Véase Anexo 1)

Aunque la misma Norma recomienda estas herramientas, no hace ninguna referencia a la forma como ellas pueden aportar al cumplimiento de los objetivos de la fase de planificación. (Campo, 2012)

1.4.2. Norma EN 16001.

En Europa, Dinamarca fue el primer país en iniciar la normalización de los sistemas de gestión de la energía. La publicación de su norma nacional en 2001, fue seguida por la de otros países de la región. Así pues, en 2003 una norma sueca fue anunciada, una irlandesa en 2005 y una española en 2007.

Estas normas nacionales se centraban en asegurar que la gestión de la energía se integrara a la estructura organizacional y de esta manera, las organizaciones pudieran ahorrar energía, reducir costos, mejorar el desempeño energético y de negocio, y reducir sus emisiones contaminantes. Y al igual que la ANSI/MSE 2000, estaban estructuradas y basadas en las Normas de gestión ISO 9001 e ISO 14001.

Su éxito y masiva aceptación, condujo en 2006 a la formación de un grupo de trabajo dentro del Comité Europeo para la Normalización (CEN), para tratar este tema. Para el año 2009, se logró la publicación de la Norma Europea EN 16001, la cual sustituyó a las demás normas nacionales.

La Norma EN 16001, al igual que las que reemplazó, tiene la misma estructura de la Norma ISO 14001, y con ello se buscaba una mejor compatibilidad, debido a que la Norma ambiental había alcanzado gran aceptación a nivel regional.

Herramientas de apoyo para la planificación.

En la EN 16001, la planificación se basa en la identificación y evaluación de los “aspectos energéticos” (elemento de las actividades, bienes o servicios de la organización que pueden afectar al uso de la energía o al consumo energético), y en el establecimiento de objetivos, metas y “programas energéticos”.

La actividad medular de la planificación es la identificación y evaluación de dichos aspectos energéticos. Ello incluye el análisis, tanto del consumo energético pasado y presente, como de los factores que lo influyen; la identificación de equipos y procesos que tienen un consumo energético significativo; la estimación del consumo energético esperado; y la identificación y priorización de oportunidades de mejora.

En su guía de implementación, la Norma persigue un cúmulo de herramientas para el proceso de planificación, las cuales se muestran en (Anexo 2.)

A pesar de que la Norma tiene una guía de implementación y una guía específica para los requisitos de carácter técnico, en donde se listan ampliamente herramientas para el cumplimiento de cada uno de sus cláusulas, no expone la idoneidad de éstas para alcanzar los objetivos de los mismos. (Campo, 2012)

1.4.3. Sistema de Gestión Integral de la energía.

Este sistema de gestión se estructura mediante normas, procedimientos y actuaciones que permiten la materialización de las políticas, los objetivos y las metas de eficiencia energética. Fue desarrollado por varias universidades colombianas a través de un proyecto de investigación auspiciado por el Estado.

La implementación del SGIE se desarrolla en tres etapas: Decisión Estratégica, Instalación y Operación, tal como se ilustra en la Figura 1.5.



Figura 1.5 Modelo de gestión del SGIE. (Avella, 2008.)

Herramientas de apoyo para la planificación

La planificación se efectúa en la etapa de Instalación. En esta etapa se debe crear la estructura organizativa, las bases técnicas, preparar e involucrar al personal, identificar los programas, documentar el SGIE y verificar la capacidad de la empresa para ejecutarlo.

En el anexo 3 se presentan los requisitos que hacen parte de la etapa de Instalación del SGIE, así como las herramientas propuestas por el sistema de gestión para el cumplimiento de éstos. Algunas de las cuales, son las mismas que se utilizan en la TGTEE, y al igual, se explica su uso para el cumplimiento de los requisitos. (Occidente, 2007)

1.4.4. Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) del CEEMA.

El Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA), perteneciente a la Universidad "Carlos Rafael Rodríguez" de Cienfuegos, ha desarrollado como resultado de más de 10 años de trabajo la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE), la cual tiene como objetivo central crear en las empresas 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.

La TGTEE ha sido aplicada en numerosas empresas tanto a nivel provincial como a nivel nacional, siendo esta las bases para la implementación de la Norma ISO 50001 en nuestro país.

1.4.5. Norma ISO 50001

Al darse cuenta de la importancia de la gestión de la energía, la International Standardization Organization (ISO) publicó ISO 50001, su primera edición el 15 de junio de 2011. A diferencia de las normas de sistemas de gestión de la energía que la anteceden, la ISO 50001 se centra en el concepto de desempeño energético, el cual amplía para incluir, además de la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía. Ello garantiza que todos los aspectos relacionados con la energía, sean tenidos en cuenta dentro del sistema de gestión y puedan ser controlados por la organización.

La Norma ISO 50001 incorpora el consenso de los expertos acerca del estado del arte nacional e Internacional, se brinda una calificación acreditada de los logros alcanzados en el desempeño energético y medio ambiental de la organización y a pesar del carácter voluntario de las normas internacionales, las autoridades gubernamentales locales pueden darle más fuerza reglamentaria o legislativa. La Norma ISO 50001 recoge todos aspectos y gracias a ello se espera que alcance un gran índice de aceptación mundial. A esto se suma el hecho de compartir muchos de los requisitos y principios de las Normas EN 16001 y ANSI/MSE 2000, e igualmente como ocurre en otras normas ISO de sistemas de gestión, como la 9001, de sistemas de gestión de calidad y 14001, de sistemas de gestión ambiental, está basada en el ciclo de mejora continua PHVA anteriormente visto. Estas características tributan a una fácil transición y compatibilidad con estos sistemas de gestión.

La ISO 50001 considera todos los tipos de energía, incluyendo energía renovable, no renovable y alternativa. Requiere la identificación, priorización y registro de oportunidades para mejorar el desempeño energético, incluyendo, donde sea posible, fuentes energéticas potenciales, uso de energías renovables o alternativas. (Normalización, 2011)

1.5. La gestión de la energía en refinerías de petróleo a nivel mundial (América Latina y el Caribe).

Una refinería de petróleo es no sólo un generador de energía, es también un consumidor que utiliza una parte de sus productos generados como resultado del procesamiento del petróleo crudo para apoyar sus operaciones. En este caso además de las plantas químicas y petroquímicas, la energía representa el segundo principal costo. (Ruiz, 2010.)

Los sistemas de gestión de energía en estos sitios son inherentemente complejos. Las plantas de procesamiento utilizan diferentes tipos de combustibles vapor, electricidad, fuel gas, fuel oil, hidrógeno, aceite térmico y otras, que a menudo operan en unidades de cogeneración, sus redes de vapor se componen de varios niveles de presión, hay diferentes tipos de consumidores de energía y hay límites de emisión que deben ser observadas.

Los sistemas de gestión de la energía que se aplican a las industrias son perfectamente adaptables en este caso. De forma particular en muchas refinerías del mundo han implantado el software de Soteica llamado Visual MESA, un sistema de gestión en línea basado en las normas de gestión ISO 50 001 que ayuda a reducir los costos operativos energéticos, y permite la toma de decisiones óptimas. La aplicación permite a los operadores e ingenieros monitorizar el uso y producción de vapor; optimizar la producción y uso de vapor, los combustibles y la energía eléctrica. (Ruiz D. R., 2006 N°. 436)

En el escenario actual, cuando los márgenes de beneficio de las refinerías se están reduciendo y el negocio de la refinación de petróleo es cada vez más

Capítulo 1: La administración de la energía. Sistema de Gestión Energética.

competitivo, es esencial para las refinerías hacer que sus procesos sean aún más eficientes en el uso de la energía. Monitorear continuamente los costos de energía e identificar las áreas críticas en las que las pérdidas de energía se pueden evitar. Los esfuerzos incluyen el desarrollo de una política de gestión de la energía y el mantenimiento de la aplicación y la mejora continua del proceso de racionalización del consumo de energía.

1.5.1. Normas e Indicadores.

La gestión sostenible de la energía necesita indicadores que permitan conocer el desempeño de los procesos productivos, para saber cuánto se consume y de qué manera. Un buen indicador debe permitir identificar las pautas reales de consumo y el potencial de ahorros, así como planificar objetivos y ejecutar acciones para optimizar el uso de la energía.

Los indicadores de gestión energética son un punto clave de su metodología cuyo fin es incrementar la eficiencia energética y minimizar el impacto ambiental de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los combustibles empleados para generar energía.

Para evaluar la eficiencia energética se utilizan indicadores de tres tipos fundamentales:

Índice de Consumo:

- Energía consumida / Producción realizada
- Energía consumida / Servicios prestados
- Energía consumida / Área construida

Índice de Eficiencia:

- Energía teórica / Energía real
- Energía producida / Energía consumida

Índice económico – energético:

- Gastos energéticos / Gastos totales

- Gastos energéticos / Ingresos (ventas)
- Energía total consumida / Valor de producción total realizada (intensidad energética)

Sistemas de indicadores para las actividades de refinación de petróleo

Dada la complejidad característica de las instalaciones de refino de petróleo, existen varios sistemas de indicadores para cuantificar el desempeño energético de las instalaciones de una refinería, algunos de ellos son: indicadores de consumos y mermas, indicador de ahorro de energía. Adicionalmente se incluye información genérica de los indicadores de Solomon y los de Nelson.

Indicadores de consumos y mermas – indicador de ahorro de energía

Consumo de energía

Los consumos de energía en una refinería son muy diversos. Corresponden a varios tipos de combustibles (vectores) que incluyen entre otros: fuel oil, fuel gas, gas natural, propano, etc. El valor de energía de cada vector se establece utilizando el Poder Calorífico Intrínseco (PCI) de cada producto/vector. Existen otros tipos de consumos (vectores energéticos), por ejemplo: electricidad, agua y vapor para intercambiadores, etc.

Mermas

Además de la energía que se emplea en los procesos de refino, se deben tener en cuenta las MERMAS (o “perdidas”) de productos energéticos en las instalaciones por la existencia de fugas, emisiones fugitivas, quema de gas en antorcha, etc.

Índice de complejidad de Nelson

Mediante este método, una refinería es subdividida en sus unidades individuales de proceso y a cada una de ellas se le asigna un factor de complejidad. Nelson comparo las distintas unidades de proceso en base a sus costes de instalación. Así, seleccionó el coste de una unidad de destilación atmosférica de crudo como

Capítulo 1: La administración de la energía. Sistema de Gestión Energética.

caso base y le asignó un factor de 1. Los costes relativos de otras unidades determinaron los factores de dichas unidades.

De forma general, la complejidad de una refinería se determina mediante el promedio ponderado del índice de complejidad de cada una de sus unidades, incluida la unidad de destilación. Una refinería con un índice de complejidad de 10 se considera diez veces más "compleja" que una refinería que solo cuenta con la destilación atmosférica de petróleo crudo para la misma cantidad de producto procesado.

Índice de intensidad energética (IIE) de Solomon

Existe un estudio internacionalmente reconocido que se denomina Estudio Solomon, en el cual se analizan todos los aspectos que se necesitan para operar una refinería:

El índice del Estudio Solomon para medir la eficiencia energética se denomina Índice de Intensidad Energética (EII). Representa el porcentaje de consumo total de energía de la refinería frente al consumo estándar de Solomon para una refinería con las mismas unidades de proceso, corrigiendo por modo de operación, calidad de productos, rendimientos, etc. ((Repsol), 2013)

1.6. La gestión de la energía en Refinería de Petróleo en Cuba.

La unión Cuba petróleo consta de 4 refinerías tres de ellas antes de 1959 pertenecían a empresas norteamericanas, con el triunfo de la Revolución estas industrias fueron nacionalizándose y asumieron los nombres de Níco López provincia de Ciudad de la Habana, Sergio Soto Alba provincia Santi Spíritus, Hermanos Días provincia Santiago de Cuba y la refinería Mixta Camilo Cienfuegos provincia Cienfuegos.

La gestión de la energía en las refinerías de petróleo en Cuba se rige principalmente por el capítulo 8 del manual para la organización y dirección técnica de la producción, actualmente del Ministerio de Energía y Minas.

Capítulo 1: La administración de la energía. Sistema de Gestión Energética.

Las refinerías de petróleo por ser entidades subordinadas a este ministerio el Sistema de Gestión Energético se basa en un proceso cíclico dinámico de ejecución, control y revisión a partir de la integración de nueve elementos fundamentales:

- Auditoría Energética.
- Programa de Economía Energética.
- Reglamentación Técnica de Equipos y Sistemas, para asegurar el Uso Racional de la Energía.
- Planificación Energética.
- Estimulación Económica.
- Inspección Energética.
- Investigación e Innovación Tecnológica.
- Preparación del Personal y Divulgación Energética.
- Evaluación de resultados.

La Entidad tiene que establecer la realización de Auditorías Energéticas a través de procedimientos aprobados e implantados, que permitan auditar todas las energías involucradas, en una sucesión de estudios de mayor a menor detalle analítico (Equipo - Taller Productivo - Entidad), para identificar claramente los potenciales de ahorro de energía.

La Gestión de la energía en la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos se maneja fundamentalmente por los procedimientos:

RF-DT-P-13-40: Procedimiento para la Realización de Auditorías Energéticas Internas. En este procedimiento se recoge las categorías que se consideran en la auditoria y el sistema para el control administrativo.

Categorías que se consideran para ser evaluadas:

- Empleo de los portadores energéticos (Uso de la energía).
- Control del uso de los portadores energéticos (Qué nivel y efectividad del control existen).

Capítulo 1: La administración de la energía. Sistema de Gestión Energética.

- Estado físico de los componentes de los sistemas energéticos (Cómo están las instalaciones).
- Gestión energética de la administración (Accionar y efectividad de la administración).
- Participación de las organizaciones de base (Cómo accionan las Org. de Base).

Sistema para el control administrativo:

- Contrato del Servicio Eléctrico.
- Cumplimiento de los indicadores establecidos por la DURE.
- Consumo de Energía Eléctrica.
- Comportamiento del Factor de Potencia.
- Índices de Eficiencia Energética.
- Intensidad Energética
- Balance de los Portadores Energéticos.
- Programa Energético y Planes de Medidas.
- Información Básica General.

RF-DT-P-13-06: Procedimiento para la elaboración del programa y plan de la economía energética. Para la realización de la evaluación del estado del Programa y el Plan de la Economía Energética se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- Cantidad de medidas planificadas a ejecutar en el período.
- Cantidad de medidas planificadas a terminar en el período.
- Cantidad de medidas en ejecución en el período.
- Cantidad de medidas terminadas en el período.
- Costos estimados de las medidas a terminar en el período.
- Costos de las medidas terminadas en el período.
- Efecto económico esperado por la implementación de las medidas a terminar en el período, tanto en toneladas de petróleo equivalente (Tep), como en miles de pesos.

- Efecto económico de las medidas terminadas en el período, tanto en toneladas de petróleo equivalente (Tep), como en miles de pesos.

Conclusiones Parciales.

1. El agotamiento de los combustibles fósiles; el deterioro cada vez mayor del medio ambiente por el hombre; y las necesidades de las organizaciones de elevar su competitividad empresarial, exige la creación de sistemas de gestión energética, los cuales constituyen la base para la mejora del desempeño energético.
2. Existen sistemas de gestión de energía que posibilitan reducir el consumo de portadores energéticos y el impacto ambiental, todos ellos contribuyen al incremento de la competitividad empresarial. Ellos son la Norma ANSI/MSE 2000, Norma EN 16 001, Sistema de Gestión Integral de la energía, TGTEE y la ISO 50001, y a diferencia de las normas de sistemas de gestión de la energía que la anteceden, la ISO 50001 se centra en el concepto de desempeño energético, el cual amplía para incluir, además de la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía.
3. Las refinerías de petróleo es una de las empresas de mayor consumo de energía, por sus características propias, por lo que las mismas deben preocuparse por hacer un uso racional de la energía.
4. Las refinerías de petróleo en Cuba no están exentas de un sistema de gestión de la energía, el cual se rige principalmente por el capítulo 8 del manual para la organización y dirección técnica de la producción, actualmente del Ministerio de Energía y Minas. En la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos se maneja fundamentalmente por dos procedimientos: RF-DT-P-13-40 y RF-DT-P-13-06.

Capítulo II: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía

2.1. Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía. (TGTEE)

La 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. Permite establecer en una empresa 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 como se observa en la figura 2.1.



Figura 2.1 Modelo de gestión de la TGTEE. (Yanes, 2006)

El Modelo de gestión propuesto por TGTEE, consta de los siguientes pasos:

1. Prueba de necesidad.

Abarca la información de las fuentes y consumos de portadores energéticos del proceso productivo, distribución general de costos, indicadores globales de eficiencia y productividad y posibilita la conformación de la estrategia general para la implantación del sistema de gestión energética en la empresa.

2. Compromiso de la Alta Dirección.

Aunque en las actividades de la Gestión Energética todo el personal debe tomar parte de una forma u otra, resulta imprescindible para el éxito de estas actividades el compromiso de la dirección.

3. Diagnósticos energéticos y Socio-ambiental.

El diagnóstico o auditoría energética constituye la herramienta básica para saber cuánto, cómo, dónde y por qué se consume la energía dentro de la empresa, para establecer el grado de eficiencia en su utilización, para identificar los principales potenciales de ahorro energético y económico, y para definir los posibles proyectos de mejora de la eficiencia energética.

4. Diseño de un plan.

Para el diseño de un plan se debe tener en cuenta la identificación de soluciones, la evaluación técnico-económica, el establecimiento de escenarios, la clasificación de soluciones, la planificación de soluciones y metas, el diseño de sistemas de monitoreo y el diseño de programas de concientización, motivación y capacitación.

5. Organización y composición de equipos de mejora.

En este paso se definen estructuras necesarias, determinación de tipo, misión y funciones de los equipos, sistemas de retroalimentación, mecanismos de estimulación y las barreras y posibles alternativas.

6. Aplicación de acciones y medidas.

Corresponde la regulación de las normas y aplicación de las medidas técnico organizativas, aplicación de las medidas aprobadas, establecimiento de las herramientas de monitoreo, aplicación del programa de concientización, motivación, y por último, el entrenamiento.

7. Seguimiento y control.

En este paso se hace el monitoreo y registro de índices y factores, evaluación técnico económico y ambiental, identificación de causas de desviación estimado-real de las metas, selección e implantación de correcciones al sistema y divulgación de resultados.

La TGTEE contiene además los siguientes aspectos:

- Capacitación al consejo de dirección y especialistas en el uso de la energía.
- Establecimiento de un nuevo sistema de monitoreo, evaluación, control y mejora continua del manejo de la energía.
- Identificación de las oportunidades de conservación y uso eficiente de la energía en la empresa.
- Proposición, en orden de factibilidad, de los proyectos para el aprovechamiento de las oportunidades identificadas.
- Organización y capacitación a los trabajadores vinculados al consumo energético en hábitos de uso eficiente.
- Establecimiento de un programa efectivo de concientización y motivación de los recursos humanos de la empresa para auto diagnosticarse en eficiencia energética.
- Establecimiento en la empresa la herramientas necesarias para el desarrollo y perfeccionamiento continuo de la tecnología. (Yanes, 2006)

Las diferencias entre la tecnología de gestión total eficiente de la energía y los servicios que se ofertan en este campo están dadas porque:

- Es un proceso de reingeniería de la gestión energética de la empresa.

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

- 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.
- 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.
- Es capaz de identificar un número muy superior de medidas triviales y de baja inversión para la reducción de los costos energéticos.
- Entrena, capacita y organiza los recursos humanos que deciden la reducción de los consumos y gastos energéticos creando una nueva cultura energética.

En general la TGTEE permite, abordar el problema en su máxima profundidad, con conceptos de sistema, de forma ininterrumpida y creando una cultura técnica que permite el autodesarrollo de la competencia alcanzada por la empresa y sus recursos humanos

La secuencia de aplicación de la TGTEE se presenta en la figura 2.2.

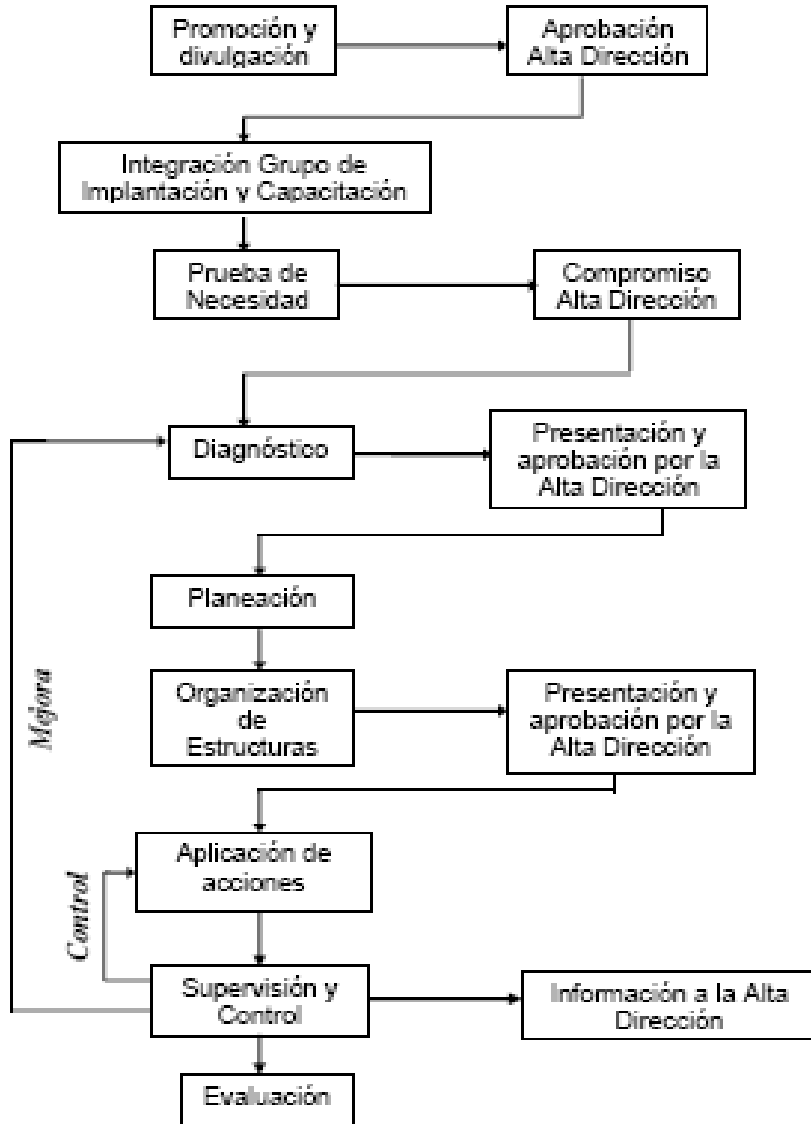


Figura 2.2. Secuencia de aplicación de la TGTEE

A continuación se detallarán algunos pasos de la TGTEE

2.2 Prueba de Necesidad en una empresa.

La Prueba de la Necesidad constituye el primer paso para implantar un Sistema de Gestión Total por la Eficiencia Energética en la empresa. De los resultados de esta prueba depende que los especialistas y la alta dirección, decidan, con elementos técnicos y económicos, continuar con la implantación y dedicar recursos materiales y humanos a esta actividad.

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

La misma caracteriza e identifica los principales problemas energéticos de la empresa en el ámbito general. Permite la planificación objetiva de los índices de consumo, modelación de los comportamientos históricos y cuantificación de la influencia de diferentes factores globales en los consumos, costos energéticos y gastos totales de la empresa. Aspectos todos que se usan en las etapas subsiguientes de la implantación de la TGTEE.

Las actividades que las constituyen son:

- Diagnóstico de recorrido en las instalaciones de la empresa
- Recopilación y de información y datos
- Determinación y análisis de índices globales
- Curvas de comportamiento de consumos.
- Diagnóstico energético-ambiental preliminar.
- Entrevistas a dirigentes, técnicos, operadores y obreros de la empresa
- Diagnóstico general al sistema de administración.
- Identificación de potenciales y evaluación de impactos
- Elaboración del informe final.

En sentido general los datos a utilizar deben corresponder preferentemente a valores mensuales del año en curso y de los dos años anteriores a éste, y la Información debe contener los gastos totales por partidas principales.

Los indicadores más comunes son:

- Índices de consumo: energía total o por portador consumida/Producción Bruta realizada.
- Índices de Eficiencia: Energía real consumida/Energía que debe consumirse o necesaria.
- Índices Económico-Energéticos:
 - Gastos Energéticos Totales o por Portador/Gastos Totales de la Empresa.

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

- Costo de la Energía Total consumida/Valor de la Producción Total Realizada.
- Energía Total Consumida/Valor de la Producción Total Realizada.
- Costo de la Energía Total consumida / Horas Totales Productivas.

2.3 Diagnóstico energético y socio ambiental

La realización de un diagnóstico energético básico permite la identificación de centros de costos energéticos, identificación de potenciales de ahorro y reducciones de emisiones, las alternativas tecnológicas de ahorro de energía, y la factibilidad económica de estas alternativas. La metodología del diagnóstico se puede dividir en las siguientes etapas:

1. Planeación: identificar áreas importantes en planta y definir centros de costos contables de energía, planear el uso eficiente del tiempo del equipo de auditoría.
2. Obtención de datos básicos: obtener los datos básicos disponibles acerca del consumo energético y las actividades de producción. En esta fase deben recolectarse las especificaciones de equipo y proceso.
3. Datos de prueba del equipo: llevar a cabo corridas de prueba y mediciones para obtener nuevos datos acerca de las condiciones reales de operación así como la eficiencia de los equipos y procesos claves.
4. Análisis de datos: analizar los datos obtenidos, incluyendo presentaciones gráficas. Calcular los balances de energía de planta y los departamentos principales. Calcular eficiencias de equipo y procesos. Establecer balances de vapor y energía eléctrica de planta.
5. Recomendaciones de baja inversión o que no requieren inversión: identificar prácticas operativas, de mantenimiento y actitud que pueden ahorrar energía o mejorar eficiencias. Especificar procedimientos a seguir y

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

determinar ahorros de energía y reducciones de costos susceptibles de obtenerse.

6. Inversiones de capital: identificar oportunidades de ahorro de energía que requieren inversiones de capital. Especificar equipo a reemplazar, adquirir o rehabilitar. Determinar períodos de recuperación de inversión o tasas de retorno.
7. Plan de acción: delinear un plan de acción claro que contemple todos los tópicos requeridos para poder implementar las recomendaciones en planta, incluyendo prioridades, procedimientos, recursos y costos.
 - Reporte: Preparar un reporte completo para la gerencia, resumiendo los hallazgos realizados en la auditoría, las recomendaciones hechas (con justificaciones) y la implementación del plan de acción. (Soto., 2011)

2.4. Aplicación de acciones y medidas.

Para la aplicación de medidas que contribuyan a un ahorro de portadores energéticos debe tenerse en cuenta en primer lugar el análisis de pérdidas de energía. Este proporciona un método simplificado para examinar todas las formas en que los equipos y sistemas pueden modificarse para reducir su consumo.

Se deben considerar dos clases o tipos de acciones:

- a. Adaptar el uso a la necesidad: Son aquellas acciones que reducen directamente el uso del sistema o equipo, ajustando la necesidad o requerimiento de energía con el mínimo desperdicio o exceso.
- b. Incrementar la eficiencia del sistema o equipo: Son las acciones que reducen las pérdidas de los componentes del sistema, sin dejar de satisfacer la necesidad o requerimiento de energía.

Es importante señalar que en ambos casos se satisface la cantidad de energía necesaria.

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

El segundo paso, que es el incremento de la eficiencia del sistema, se orienta hacia la búsqueda de un sistema o equipo que, con un menor costo, satisfaga la necesidad.

Las acciones que pueden tomarse varían en su rango de costo. En el análisis se pueden considerar dos categorías distintas para las acciones y sus costos:

a. Costo bajo

Son aquellas que pueden realizarse con el presupuesto de gastos de operación normal; por lo general son resultado de acciones operacionales.

b. Costo alto

Son aquellas que requieren algún tipo de financiamiento y, normalmente, requieren la instalación de equipos o tecnologías nuevas y más eficientes.

El paso final en la identificación de las oportunidades de ahorro es considerar el suministro de energía al sistema y buscar las oportunidades de ahorro que se pueden obtener optimizando el suministro.

En esta categoría de oportunidades se encuentran:

- a. Recuperación de calor
- b. Bombas de calor
- c. Sistemas de cogeneración
- d. Sistemas de energía renovable
- e. Cambio de combustible
- f. Cambio de tarifa eléctrica

En las refinerías existen áreas de oportunidad para incrementar la eficiencia energética, estas están asociadas a la utilización adecuada de:

Hornos

- Se controla la temperatura de operación de los hornos de acuerdo a lo requerido por los procesos.
- Se programa la operación de los hornos a fin de minimizar la frecuencia de puesta en marcha y parada.
- Se regula la relación aire/combustible de los quemadores en forma periódica.
- Se repara y refuerza el aislamiento de las paredes del horno.
- Se usa el calor residual para calentar el aire de combustión o proporcionar calor al proceso productivo.

Bombas

- Evitar utilizar las bombas a carga parcial, en condiciones distintas a las nominales.
- Controlar las horas de operación, en particular durante horas punta.
- Seleccionar una bomba eficiente y operarla cerca de su flujo de diseño.
- Poner particular atención a las bombas en paralelo, adicionar más bombas puede hacer que el sistema total sea progresivamente menos eficiente.
- Minimizar el número de cambios de dirección en la tubería.
- En bombas de gran capacidad, es necesario un programa de monitoreo para calcular el tiempo óptimo de renovación.
- En ampliaciones o proyectos energéticos nuevos evitar el sobre dimensionamiento de las bombas.
- Evaluar la reasignación de una bomba a otra ubicación en la planta en donde pueda operar a condiciones cercanas a las nominales.
- Efectuar mantenimiento oportuno según especificaciones del fabricante.

Motores

- Evitar arranques en simultáneo que puedan contribuir a elevar la máxima demanda.
- Evitar el uso de motores con bajo factor de carga, alejados de las condiciones nominales (redistribución de unidades en la planta).
- Efectuar mantenimiento de los motores según especificaciones del fabricante.
- Evitar arranques frecuentes en un motor.
- Evitar sobre calentamiento y sobretensión del motor.
- Evitar reparar los motores en forma excesiva.
- En ampliaciones o proyectos energéticos nuevos evitar el sobre dimensionamiento de los motores.

Compresores

- Controlar la presión y utilizar la mínima requerida por el proceso.
- Usar aire frío externo para la admisión al compresor, de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.
- Evitar operaciones en vacío.
- Controlar las horas de operación, en particular durante el período de horas punta
- (18:00 a 23:00 h).
- Dimensionar el tamaño del compresor según la demanda, si se necesitan varios compresores usar un controlador.
- Mantener el equipo regularmente, evitando el uso de repuestos de baja calidad.
- Buscar fugas de aire regularmente con un detector ultrasónico y repararlas lo más pronto posible.
- Remover o cerrar permanentemente las tuberías no usadas.
- Evitarla el ingreso de aire húmedo al compresor.

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

- En ampliaciones o proyectos energéticos nuevos evitar el sobre dimensionamiento de los compresores.

Iluminación

- Limpiar de polvo las lámparas.
- Utilizar la luz natural.
- Controlar las horas de operación, en particular en horas punta.
- Apagar las lámparas innecesarias y reducir al mínimo imprescindible la iluminación en exteriores.
- Separe los circuitos de iluminación para que su control no dependa de un solo interruptor y se ilumine solo sectores necesarios.

Sistema eléctrico general

- Modulación de la carga, se controla la operación de equipos no imprescindibles en el proceso productivo dentro de las horas punta (18:00 a 23:00 horas).
- Revisar en forma periódica el correcto funcionamiento de los bancos de compensación.
- Seleccionar la ubicación más adecuada del banco de compensación reactiva (Compensación global, parcial e individual).
- Actualizar periódicamente los diagramas unifilares.
- Controlar la máxima demanda en horas de punta o pico.
- Evitar que los transformadores operen con baja carga o sobrecarga.
- Evaluar si la facturación proviene de la mejor opción tarifaria.

2.5 Seguimiento y control

En general, el control es la acción de hacer coincidir los resultados con los objetivos. Persigue elevar al máximo el nivel de efectividad de cualquier proceso. Para que exista la acción de control debe existir un estándar (objetivo a lograr), una medición del resultado, herramientas que permitan comparar los resultados

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

con el estándar e identificar las causas de sus desviaciones, y variables de control, sobre las cuales actuar para acercar el resultado al estándar.

Muchas empresas realizan muchos registros de indicadores energéticos, sin embargo, su uso es mayormente informativo, ya que no han establecido un sistema de control, perdiendo una buena parte de los costos en que incurren en el sistema de información.

En el caso particular de la eficiencia energética, la necesidad del control se justifica debido a:

- Factores internos y externos al proceso que influyen en la variación de la eficiencia y el consumo de energía de los equipos y sistemas (niveles de producción, características de los productos y servicios, calidad de la materia prima, temperatura ambiente, etc.)
- El precio de la energía cambia, provocando el cambio en los estándares.
- El estado técnico de los equipos consumidores cambia, produciendo cambios en los resultados.
- La actitud, motivación y nivel de competencia del personal que decide en la eficiencia energética se modifica con el tiempo.

Sólo un sistema de control energético puede mantener la atención sobre estos aspectos y lograr hacer coincidir los resultados en materia de eficiencia energética con los estándares o metas fijadas.

El procedimiento a seguir para la organización de un sistema de monitoreo y control energético consta de las siguientes etapas:

1. Establecimiento de los objetos de control: la selección de los objetos de control se realiza de la siguiente forma:

- Establecimiento del diagrama energético – productivo de la empresa.
- Establecimiento de la estructura de consumo de la empresa por portadores energéticos.

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

- Selección del 20% de los equipos y áreas que provocan el 80% del consumo y los costos energéticos (Puestos Claves).

2. Establecer indicadores de control:

- Identificación de posibles indicadores de control de empresa y de áreas a partir del diagrama energético – productivo. Ejemplos: índice de consumo, índice de costos, energía no asociada, consumo, etc.
- Selección y validar los indicadores de control mediante la aplicación de los diagramas de dispersión y correlaciones.

3. Establecer herramientas de medición de indicadores de control:

- Definir períodos de medición.
- Definir la toma y el flujo de la información.
- Establecer la toma de medición: medición directa, cálculos, estimaciones, balances.
- Definir la forma de registro.

4. Establecer estándares:

Para ello utilizar como fuentes de información:

- Comportamiento histórico. Precisar mejores valores del comportamiento.
- Datos técnicos de equipos o sistema.
- Comparaciones con equipos o sistemas similares (“benchmarking”).
- Pruebas técnicas en condiciones controladas.
- Realizar la toma de datos de períodos productivos típicos de la empresa.
- Establecer para los indicadores de control seleccionados lo siguiente:
- Gráfico de control (para determinar el valor promedio y límites superior e inferior del estándar).
- Estándar vs. Producción (para determinar la variación del estándar con el nivel de producción).

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

- Diagrama de correlación estándar vs. Producción (para determinar la ecuación que rige la variación del índice de control con respecto a la producción en el período estándar con un nivel de correlación significativo).
5. Establecer herramientas de comparación de indicadores con estándares:
- Gráfico de control (graficar valores reales del resultado sobre el valor medio y los límites superiores e inferiores estándares).
 - Gráfico de tendencia (graficar tendencia del valor real del resultado respecto al estándar).
 - Gráfico IC vs. P (graficar puntos reales de IC y P sobre la curva estándar de IC_s vs. P_s).
 - Evaluar la ecuación de desviación relativa del consumo: $(C_p - C_r)$ (determinar la desviación relativa del consumo real con respecto al seleccionado como estándar).
6. Establecer herramientas para determinación de causas de la desviación del indicador respecto al estándar:
- Establecer los factores claves que influyen sobre los indicadores de control.
 - Análisis de anomalías en el gráfico de control.
 - Análisis de causas de la desviación relativa del consumo.
 - Análisis de la influencia del valor real de las variables de control sobre los indicadores de control.
 - Conclusiones cualitativas y recomendaciones para corregir las desviaciones.
7. Establecer las variables de control:
- Seleccionar las posibles variables de control a partir del diagrama energético – productivo del proceso y los indicadores de proceso del departamento de producción de la empresa.
 - Identificar las variables de control a partir de los diagramas de correlación de estas variables con los indicadores de control energético seleccionados.

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

- Determinar gráfica y analíticamente la relación entre las variables identificadas y los indicadores de control.
- Determinar la influencia de las variables de control sobre los indicadores de control.

2.6 Herramientas para establecer un SGTEE

2.6.1 Diagnóstico al sistema de dirección y control.

El diagnóstico al sistema de dirección y control es un paso para determinar el estado de comportamiento, conocimiento y control que se tiene en cuanto a Sistema de Gestión y eficiencia energética. Este diagnóstico se hace generalmente mediante encuestas y luego son evaluadas mediante herramientas con las que se puede conocer la posición actual de su organización en materia de gestión de la energía. Revisando periódicamente las herramientas puede ayudar a las organizaciones a medir su progreso.

Ejemplo de esto es La Evaluación de Gestión de la Energía (EMA) que ofrece una evaluación mucho más detallada del rendimiento de su gestión de la energía a través de doce áreas clave. Se requiere que para cada una de estas áreas se califique su organización frente a una serie de características seleccionando una puntuación según se considere. Si tenemos en cuenta que una característica particular se cumple plenamente la puntuación es la máxima, las puntuaciones medias se deben utilizar cuando la característica en cuestión se encuentra en desarrollo, pero no completa. En el caso que no exista el valor es 0. El porcentaje de la puntuación global generado para cada una de las doce áreas se traza en un radar (tela de araña) tipo gráfico. Esto pone de manifiesto las fortalezas y debilidades relativas, y así identifica áreas de mejora.

2.6.2. Diagrama Energético – Productivo

Esta herramienta consiste en desarrollar el flujograma del proceso productivo, agregándole todas las entradas y salidas de material y 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 semiprocados si los hubiera. Es bueno expresar las magnitudes de energía consumida en cada etapa del flujograma por tipo de energía consumida y en porcentaje con respecto al consumo total de cada tipo.

Utilidad del Diagrama Energético – Productivo:

- Muestra la relación entre las diferentes etapas del proceso productivo y las etapas mayores consumidoras por tipo de energético.
- Muestra donde se encuentran concentrados los rechazos de materiales y los efluentes energéticos no utilizados.
- Muestra las posibilidades de uso de efluentes energéticos en el propio proceso productivo.
- Muestra posibilidades de cambio en la programación del proceso o introducción de modificaciones básicas para reducir los consumos energéticos.
- Facilita el establecimiento de indicadores de control por áreas, procesos y equipos mayores consumidores.
- Permite determinar la producción equivalente de la empresa.

Pasos para la elaboración del diagrama energético-productivo

1. Elaborar el flujograma del proceso productivo de la empresa.
2. Indicar con flechas las entradas de materiales y el tipo de material, de energéticos o tipo de energético, así como las salidas de productos y sus tipos, los rechazos o residuos de productos y sus tipos y los efluentes energéticos y sus tipos.

3. Escribir en las flechas las magnitudes de los elementos representados, en las mismas unidades de medición de ser posible. En el caso de energéticos, expresar las magnitudes en Tep o kWh, en las unidades características de ese tipo de energía y en porcentaje respecto al consumo total de cada portador energético. Indicar además, la productividad de cada etapa del proceso, así como las magnitudes de productos que no pasan a la etapa siguiente y se almacenan en caso que existan.
4. A partir del diagrama confeccionar una tabla de consumos y efluentes energéticos por etapas del proceso productivo como se muestra en la tabla siguiente.
5. Establecer los posibles indicadores de control por área para cada tipo de portador energético.
6. Establecer la producción equivalente de la empresa. (Soto., 2011)

2.6.3. Gráficos de control.

Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usa como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los diagrama 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, cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar del valor medio. Este comportamiento permite detectar síntomas anormales actuando en alguna fase del proceso y que influyan en desviaciones del parámetro de salida controlado.

El valor medio de la variable se calcula por la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad X_i = \text{valores de la muestra, } n = \text{tamaño de la muestra.} \quad 2.1$$

También en este gráfico hay 3 líneas importantes, ellas son límite superior, inferior y línea de comportamiento con los valores exactos del parámetro que necesita evaluar. Si la línea de comportamiento está adentro del rango de límite superior e inferior se puede asumir que el proceso prácticamente está controlado. Límite superior (LCS) es tres veces de la desviación estándar ($+3\sigma$) arriba del valor medio y límite inferior (LCI) es tres veces de la desviación estándar (-3σ) abajo del valor medio. Como una herramienta de monitoreo y control en la gestión de la energía, el gráfico de control se puede utilizar para monitorear el comportamiento de una de las producciones o de las energías de la empresa.

Utilidad de los gráficos de control:

- Conocer si las variables evaluadas están bajo control o no.
- Conocer los límites en que se puede considerar la variable bajo control.
- Identificar los comportamientos que requieren explicación e identificar las causas no aleatorias que influyen en el comportamiento de los consumos.
- Conocer la influencia de las acciones correctivas sobre los consumos o costos energéticos.

Una vez que se hayan adoptado acciones para evitar la recurrencia de los problemas, se descartan los datos de las anomalías y se calculan los nuevos límites de control para el seguimiento del comportamiento de los consumos. Si solamente 1 de 35 puntos consecutivos o 2 de 100 consecutivos están fuera de los límites de control se puede considerar estable el proceso y continuar empleando los mismos límites.

Variaciones anormales en el gráfico E-P vs. T:

Generalmente debe ocurrir que un incremento de la producción produce un incremento del consumo de energía asociado al proceso y viceversa.

Comportamientos anómalos son:

- Incrementa la producción y decrece el consumo de energía.
- Decrece la producción y se incrementa el consumo de energía.

La razón de variación de la producción y el consumo, ambos creciendo o decreciendo, son significativos en el período analizado. (Días., 2013)

2.6.4. Producción Equivalente.

Esta técnica de normalización busca considerar el efecto que tiene la variación del tipo de producto (o de referencia) procesado con diferente intensidad energética, en el consumo energético, generalmente presente cuando se utilizan los mismos equipos para producirlos o cuando las mediciones no son realizadas durante los mismos periodos. Dicho efecto se refleja como un bajo nivel de correlación entre el consumo energético y el nivel de producción global de la organización, habitualmente alta en procesos productivos. Se debe utilizar únicamente después de haber descartado problemas con la adquisición y procesamiento de los datos, ya que esto también puede generar bajos niveles de correlación.

La producción equivalente se puede estimar de varias formas, según los datos disponibles. Una primera opción es obtener un modelo lineal ($E = m \times P + E_0$) a través de un análisis de regresión para cada tipo de producto procesado. Luego se selecciona una referencia de producto como estándar, comúnmente el de mayor volumen de producción o el de mejor nivel de correlación, y se refieren los demás modelos al de éste. Así pues, la ecuación para calcular la producción equivalente de cada referencia de producto quedaría así:

$$Peq_{Refi} = \frac{m_{Refi}P_{Refi} + E_{0 Refi} - E_{0 estandar}}{m_{estandar}} \quad 2.2$$

Dónde:

m_{Refi} : Pendiente del modelo lineal para la referencia i.

P_{Refi} : Nivel de producción de la referencia i.

$E_{0estandar}$: Intercepto del modelo lineal para la referencia estándar.

$m_{estandar}$: Pendiente del modelo lineal para la referencia estándar. (Campo A. P., 2012)

2.6.5. Gráficos de consumo y producción en el tiempo.

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 se puede establecerse a nivel de empresa, área o equipo. El tiempo debería estar en el eje X, la producción y consumo energía pueden estar en los ejes Y1 y Y2 respectivamente. Se muestra el comportamiento de la producción y consumo de la energía respectivamente en un tiempo determinado.

Utilidad de los gráficos E-P vs.

- Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción.
- Permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

2.6.6. Diagrama de correlación y dispersión.

En un gráfico que 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.

Utilidad de los diagramas de dispersión y correlación:

- Muestra con claridad si los componentes de un indicador de control están correlacionados entre si y por tanto si el indicador es válido o no.
- Permite establecer nuevos indicadores de control.
- Permite determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre las variables en cuestión y establecer nuevas variables de control. (Soto., 2011)

2.6.6.1. Filtrado de Datos.

Esta técnica permite descartar los datos que no reflejan un comportamiento normal, y que son principalmente producto de errores en las mediciones y condiciones anómalas de operación. Su uso debe ser cuidadoso cuando la organización produce varias referencias de producto con diferentes intensidades energéticas en las mismas líneas de producción, ya puede inducir a la eliminación de datos válidos.

El filtrado se basa en un análisis de correlación, en donde se considera un patrón normal, cuando existe una variación simultáneamente lineal en el consumo energético y en el nivel producción (u otra variable independiente) durante un mismo periodo. Los pares de datos que no cumplen con este criterio son considerados anómalos.

Usando las funciones de *Microsoft Excel*® PENDIENTE e INTERSECCION.EJE, se calcula, para toda la muestra de datos de consumo de energía y nivel de producción (P) (u otra variable de influencia), la pendiente de la línea recta (m) y su intercepto (E_0), respectivamente, para obtener una ecuación de la forma:

$$E \text{ estimado} = m \times P + E_0 \quad 2.3$$

Con la cual, se estima un consumo energético teórico para cada nivel de producción. A continuación, para cada par de datos, se obtiene la variación

explicada (V_e) y la variación no explicada (V_{ne}), respecto al valor promedio y al valor estimado con la

Ecuación, de la siguiente manera:

$$V_e = (\text{Consumo observado} - \text{Consumo promedio})^2 \quad 2.4$$

$$V_{ne} = (\text{Consumo observado} - \text{Consumo estimado})^2 \quad 2.5$$

$$V_{ne} = (\text{Consumo observado} - \text{Consumo estimado})^2 \quad 2.5$$

Una vez obtenidas las dos variaciones, es posible entonces calcular el coeficiente de correlación (R_2), para cada par de datos, así:

$$R^2 = V_e / (V_{ne} + V_e) \quad 2.6$$

Este coeficiente determina en qué medida la variación en el consumo de energía es explicada por el nivel de producción, que en este caso esperamos sea lo más alto posible, ya que asumimos una variación lineal entre ambas variables. Además, se espera que el nivel de producción sea la variable que defina en mayor grado el consumo de energía en una planta industrial. (Campo A. P., 2012)

2.6.7. 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.

Utilidad del Diagrama de Pareto:

- 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.
- 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.
- Determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora. (Días., 2013)

2.6.8. 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.

Utilidad de la Estratificación:

- Discriminar las causas que están provocando el efecto estudiado.
- Conocer el árbol de causas de un problema o efecto.
- Determinar la influencia cuantitativa de las causas particulares sobre las generales y sobre el efecto estudiado.

2.6.9. Gráfico de tendencias y sumas acumulativas (CUSUM).

Este gráfico 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 período base hasta el momento de su actualización.

Utilidad del gráfico de tendencia:

- Conocer la tendencia real de la empresa en cuanto a la variación de los consumos energéticos.
- Compara la eficiencia energética de períodos con diferentes niveles de producción.
- Determinar la magnitud del ahorro o gasto en exceso en un período actual respecto a un período base.
- Evaluar la efectividad de medidas de ahorro de energía.

Uso del gráfico de tendencia para reducir y controlar los consumos energéticos:

- Monitorear los consumos energéticos con respecto al año o el semestre anterior a nivel de empresa, área o equipos altos consumidores.
- Evaluar la tendencia de la empresa en eficiencia energética.
- Determinar la efectividad de medidas de ahorro a nivel de empresa, área o equipo.
- Cuantificar las mejoras o disminuciones de la eficiencia energética a nivel de empresa, área o equipo. (Soto., 2011)

2.6.10. Matriz DAFO.

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

Es una herramienta para conocer la situación real en que se encuentra una organización, empresa o proyecto, y planificar una estrategia de futuro. El objetivo del análisis DAFO es determinar las ventajas competitivas de la empresa bajo análisis y la estrategia genérica a emplear por la misma que más le convenga en función de sus características propias y de las del mercado en que se mueve.

El análisis consta de cuatro pasos:

- Análisis Externo
- Análisis Interno
- Confección de la matriz DAFO
- Determinación de la estrategia a emplear

Análisis externo

La organización no existe ni puede existir fuera de un entorno, fuera de ese entorno que le rodea; así que el análisis externo permite fijar las oportunidades y amenazas que el contexto puede presentarle a una organización.

El proceso para determinar esas oportunidades o amenazas se puede realizar de la siguiente manera:

a- Estableciendo los principales hechos o eventos del ambiente que tiene o podrían tener alguna relación con la organización. Estos pueden ser:

- De carácter político
- De carácter legal:
 1. Tendencias fiscales
 2. Legislación
 3. Económicas
- De carácter social
- De carácter tecnológico

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

b- Determinando cuáles de esos factores podrían tener influencia sobre la organización en términos de facilitar o restringir el logro de objetivos.

Oportunidades

Las oportunidades son aquellos factores, positivos, que se generan en el entorno y que, una vez identificados, pueden ser aprovechados.

Amenazas

Las amenazas son situaciones negativas, externas al programa o proyecto, que pueden atentar contra éste, por lo que llegado al caso, puede ser necesario diseñar una estrategia adecuada para poder sortearlas.

Análisis interno

Los elementos internos que se deben analizar durante el análisis DAFO corresponden a las fortalezas y debilidades que se tienen respecto a la disponibilidad de recursos de capital, personal, activos, calidad de producto, estructura interna y de mercado, percepción de los consumidores, entre otros.

El análisis interno permite fijar las fortalezas y debilidades de la organización, realizando un estudio que permite conocer la cantidad y calidad de los recursos y procesos con que cuenta la entidad.

Para realizar el análisis interno de una corporación deben aplicarse diferentes técnicas que permitan identificar dentro de la organización qué atributos le permiten generar una ventaja competitiva sobre el resto de sus competidores.

Fortalezas

Las fortalezas son todos aquellos elementos internos y positivos que diferencian al programa o proyecto de otros de igual clase.

Debilidades

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

Las debilidades se refieren a todos aquellos elementos, recursos, habilidades y actitudes que la empresa ya tiene y que constituyen barreras para lograr la buena marcha de la organización. También se pueden clasificar: aspectos del servicio que se brinda, aspectos financieros, aspectos de mercado, aspectos organizacionales, aspectos de control. Son problemas internos, que, una vez identificados y desarrollando una adecuada estrategia, pueden y deben eliminarse.

Matriz DAFO

Tabla 2.1 Matriz DAFO.

	Fortalezas	Debilidades
Análisis Interno	Capacidades distintas Ventajas naturales Recursos superiores	Recursos y capacidades escasas Resistencia al cambio Problemas de motivación del personal
	Oportunidades	Amenazas
Análisis Externos	Nuevas tecnologías Debilitamiento de competidores Posicionamiento estratégico	Altos riesgos - Cambios en el entorno

De la combinación de fortalezas con oportunidades surgen las potencialidades, las cuales señalan las líneas de acción más prometedoras para la organización.

Las limitaciones, determinadas por una combinación de debilidades y amenazas, colocan una seria advertencia.

Capítulo 2: Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

Mientras que los riesgos (combinación de fortalezas y amenazas) y los desafíos (combinación de debilidades y oportunidades), determinados por su correspondiente combinación de factores, exigirán una cuidadosa consideración a la hora de marcar el rumbo que la organización deberá asumir hacia el futuro deseable como sería el desarrollo de un nuevo producto. (Wikipedia, 2013)

Conclusiones Parciales

1. La Gestión Total Eficiente de la Energía consiste en una tecnología integrada por un paquete de procedimientos y herramientas técnico-organizativas, la cual permite identificar y utilizar todas las oportunidades de ahorro, conservación de energía y reducción de los gastos energéticos de la empresa.
2. El Manual de Procedimientos forma parte de la Tecnología para la Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) desarrollada por el Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA) de la Universidad de Cienfuegos, es una guía para la realización de la Prueba de la Necesidad que constituye el primer paso para implantar un Sistema de Gestión Total por la Eficiencia Energética en la empresa.
3. La Prueba de Necesidad constituye un resultado importante al caracterizar e identificar los principales problemas energéticos de la empresa en el ámbito general.
4. La realización de un diagnóstico energético básico permite la identificación de centros de costos energéticos, identificación de potenciales de ahorro y reducciones de emisiones, las alternativas tecnológicas de ahorro de energía, y la factibilidad económica de estas alternativas.
5. En las refinerías existen áreas de oportunidad para incrementar la eficiencia energética, estas están asociadas a la utilización adecuada de hornos, bombas, motores, compresores, iluminación y sistema eléctrico general.

6. El diagnóstico al sistema de dirección y control es un paso para determinar el estado de comportamiento, conocimiento y control que se tiene en cuanto a Sistema de Gestión y eficiencia energética.

Capítulo III: Diagnóstico Energético en la Planta de Destilación Atmosférica de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos.

3. Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo realizar la caracterización general de la Refinería de Cienfuegos, objetivos, misión, visión, estructura organizativa y descripción de los principales procesos, haciendo énfasis en el proceso de Destilación Atmosférica (sección 100), siendo esta el alcance del Sistema de Gestión a implementar.

Se seleccionó esta planta por su importancia en constituye la primera etapa de la refinación de un crudo, A la misma se analiza el comportamiento de los diferentes portadores energéticos utilizados en la sección 100, mediante el empleo de procedimientos, herramientas técnico – organizativas, aplicadas de forma continua con la filosofía de gestión total de la calidad, permitiendo proponer mejoras en lo referente a la eficiencia energética

3.1. Refinería de petróleo Camilo Cienfuegos.

3.1.1 Reseña histórica

La Refinería Camilo Cienfuegos, ubicada al norte de la bahía de Cienfuegos, es una de las grandes inversiones que se iniciaron en la década del 80 con la colaboración de la desaparecida Unión Soviética. Su etapa de proyección, microlocalización y movimiento de tierra se inició en el período comprendido entre 1977 y 1983 y su construcción y montaje se realizó entre 1983 y 1990. La refinería fue diseñada para procesar 65 000 barriles/día de crudo "Soviet Export Blend"; y ocupa un área de 380 hectáreas, de ellas 110 para ampliaciones futuras. Esta entidad tiene varias etapas en su evolución como se puede apreciar en la figura 3.1



Figura 3.1. Evolución de la Refinería Camilo Cienfuegos.

El 22 de Mayo de 1992 se oficializa a la Refinería de Cienfuegos como Empresa. A partir del 2 de Julio de 1993, a petición de los trabajadores, la Refinería de Cienfuegos lleva el nombre de Camilo Cienfuegos. Por razones relacionadas con la situación económica del país, esta empresa inicio una etapa de conservación de su tecnología, donde paralizó sus actividades fundamentales.

A partir de los acuerdos alcanzados mediante la Alternativa Bolivariana para las Américas (ALBA) se decide la reactivación de la refinería. El 21 de Diciembre de 2007 se pone en marcha la Refinería "Camilo Cienfuegos" convirtiéndose en el pilar principal del desarrollo petroquímico del País.

En el año 2010, por acuerdo del Consejo de Estado, PDVCUPET, S.A cambia de nombre y de alcance, convirtiéndose en CUVENPETROL, S.A, cuyo objeto social además de la Refinación de Petróleo, se le adiciona la función de acometer los grandes proyectos de inversión del sector del petróleo y el gas en la República de Cuba, en esta nueva situación, la Refinería Camilo Cienfuegos pasa a ser una unidad de negocios de CUVENPETROL, S.A.

3.1.2. Objeto social.

El objeto social de esta institución es obtener derivados del petróleo según estándares internacionales manteniendo:

- Compromiso de alta dirección.
- Consolidación de Imagen Corporativa
- Sistema de información orientada a los procesos

3.1.3 Misión

Operar de forma segura y competitiva un sistema de refinación y suministro de derivados de petróleo y gas, para el mercado nacional e internacional, con un capital humano comprometido y competente, alta responsabilidad social y ambiental, contribuyendo al desarrollo de los países del ALBA.

3.1.3 Visión

Ser una empresa de clase mundial en el campo de la refinación de hidrocarburos y el suministro de gas, reconocida por su alto compromiso ambiental y su contribución al desarrollo sustentable de nuestros pueblos. (Pérez., 2011)

3.1.4. Características de sus procesos principales de la Refinería.

De forma global la refinería se puede dividir en cinco partes fundamentales:

1. Unidades de Producción.
2. Área de almacenaje de productos.
 - Tanques de crudo.
 - Tanques para productos terminados.
 - Tanques para productos Intermedios.
 - Balas y esferas para GLP.
 - Tanques para agua y el deslastre de barcos.
3. Muelle petrolero.

4. Facilidades Auxiliares.
5. Planta de Tratamiento de Residuales.

Las unidades productivas que actualmente se encuentran operando son: Destilación Atmosférica, Hidrofinación de Diesel con su bloque de regeneración de Amina, Fraccionamiento de Gases, Reformación Catalítica con su bloque de Hidrofinación de Nafta y Endulzamiento de Turbo. A continuación se brinda una breve descripción de cada uno de estos procesos, apoyándonos de la figura 3.2.

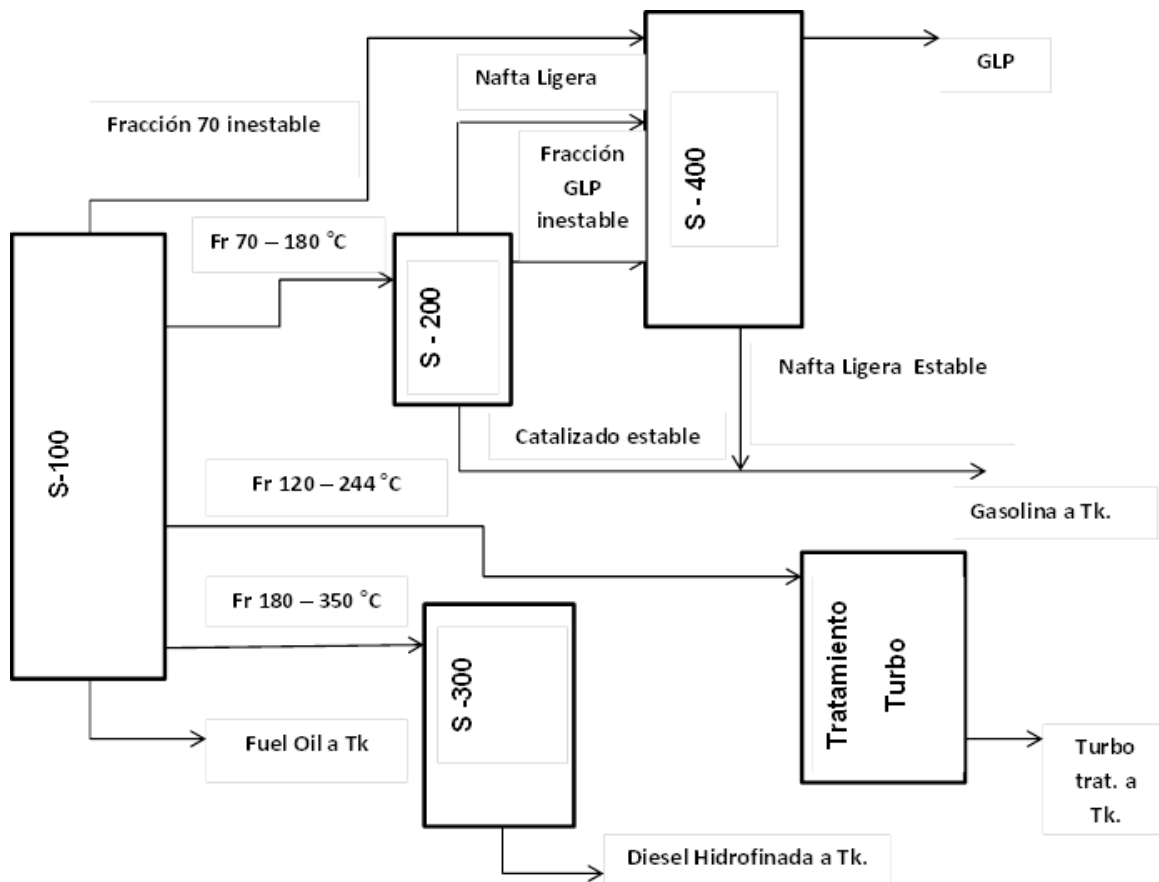


Figura 3.2. Diagrama de Bloque de las unidades productivas de la refinería.
Elaboración propia.

✓ **Planta Destilación Atmosférica**

Concebida para el procesamiento de 65 000 barriles de crudo diario, actualmente se encuentra procesando una mezcla 88 - 12 % respectivamente de crudo mesa 30 merey 16 a razón de 360 m³/h. Más adelante se ofrece una descripción más detallada de este proceso, ya que es el caso de estudio.

✓ **Planta Reformación Catalítica.**

El objetivo de este proceso es aumentar el octanaje de la gasolina mediante reacciones químicas complejas, donde las parafinas y naftenos son convertidos en aromáticos. Producir hidrógeno entre 90 - 94 % molar. Utiliza como materia prima la fracción de nafta obtenida por destilación directa en la planta de destilación atmosférica que ebulle en el rango de 70-180 °C.

La nafta reformada es estabilizada con un número de octano 90 mínimo y se envía a tanque como componente gasolina.

Como subproductos se obtienen hidrogeno y nafta virgen ligera, un corte liviano de nafta y gases de estabilización siendo estos últimos parte del inyecto de la planta fraccionamiento de gases.

✓ **Planta Hidrofinación de Diesel y Tratamiento con Amina.**

El objetivo de este proceso es la disminución del contenido de compuestos sulfurosos en la fracción 180 – 350 °C hasta un 0.2 % masa, para la absorción del H₂S formado en este proceso se utiliza una solución de metil dietanolamina (MDEA) al 40 %.

Se obtienen como subproductos de este proceso: nafta, gas hidrocarburado, H₂S contenido en la MDEA.

✓ **Planta de fraccionamiento de gases**

El objetivo de esta planta es el fraccionamiento de las fracciones más ligeras del petróleo y obtener propano, butano e isobutano siendo esta la materia prima para

procesos concebidos en la segunda etapa de construcción de la refinería y que al mezclarse en línea forma el GLP comercial y obtener una nafta ligera estabilizada. Actualmente por encontrarse solamente activa parte de esta planta se obtiene unido el propano, butano e isobutano y es el GLP que se comercializa.

✓ **Planta de endulzamiento de turbo.**

El objetivo de esta planta es disminuir la acidez de la fracción de turbo.

3.2. Descripción del proceso tecnológico de la Sección 100. Torre de Destilación Atmosférica.

Ver Anexos 4 y 5

El proceso se efectúa por medio de métodos físico-químico, entre los químicos están la desalación y deshidratación y entre los físicos la rectificación y el intercambio de calor. Todo el proceso se verifica en dos etapas:

- La desalación eléctrica.
- La destilación atmosférica.

Desalación eléctrica.

El agua contenida en el petróleo con sales disueltas en ella, esencialmente con cloruros, no solamente constituye una impureza, sino que provoca una fuerte corrosión en los equipos del proceso y empeora la calidad de los combustibles que son inyectados para los procesos catalíticos.

El Crudo proveniente de la Estación de Bombeo de Crudo es descargado hacia el primer banco de intercambiadores. Este tren de intercambiadores cuenta con dos ramales en paralelo conformado, cada uno, por cuatro intercambiadores en serie. Cada ramal se calienta sucesivamente, en un banco de intercambiadores con reflujos recirculantes de la Torre T-102 y Fuel-Oil.

Finalmente, ambos ramales se unen para llevar el Crudo precalentado a una temperatura de 100-120 °C y a una presión de 11-12 Kgf/cm², al sistema de Desalación Eléctrica.

El Sistema de Desalación Eléctrica cuenta con dos etapas de Desalación cada una con un Sistema de Lavado con Agua.

A la succión de la bomba de carga a la planta, se inyecta una solución desemulsificante (progalita), proveniente del bloque de reactivos químicos. Esto con la finalidad de ayudar la destrucción rápida y completa de la emulsión formada mediante la disminución de la tensión superficial de las gotas de agua a través de un campo eléctrico y lograr la desalación del Crudo en el proceso.

La **1^{era} etapa**, cuenta con dos electrodeshidratadores, los cuales trabajan en paralelo. La alimentación a los mismos es a través de eyectores donde se mezcla el Crudo con agua proveniente del Sistema de Lavado.

La salida de ambos electrodeshidratadores se une, la cual es la alimentación de la **2^{da} etapa** de Desalación.

La operación de los electrodeshidratadores de la **2^{da} etapa**, es similar al de la primera etapa. La alimentación a los mismos es a través de los eyectores, mezclando en estos el crudo con agua fresca proveniente del tambor abastecido del agua recirculante del primer sistema de enfriamiento.

En general, para extraer las sales el petróleo, se mezcla con intensidad con el agua dulce en los eyectores y la emulsión formada entre el agua y el petróleo se destruye y se dispersa en un campo eléctrico de los electrodeshidratadores.

Por la parte inferior de los electrodeshidratadores se drena el agua conteniendo las sales mientras el crudo desalado se extrae a un nivel superior.

Destilación Atmosférica.

El crudo desalado es calentado hasta la temperatura de inyección a la T-101 (Desgasolinadora), en el segundo banco de intercambiadores donde el flujo principal se divide en dos ramales en paralelo conformado cada uno, por cuatro intercambiadores en serie. En esta etapa el crudo alcanza una temperatura de 225 °C al intercambiar en una primera etapa con la fracción 270-350 °C y en una segunda etapa con crudo reducido proveniente ambas corrientes de la columna T-102. En la línea de alimentación del segundo banco de intercambiadores, se le inyecta una solución al 2% de inhibidor de corrosión, proveniente del bloque de reactivos químicos. Finalmente luego del segundo banco de intercambiadores, el crudo calentado desalado y deshidratado, a una presión 6,1Kgf/cm² se dirige a la Torre Desgasolinadora T-101.

Por la línea de alimentación a la Torre Desgasolinadora T-101, se le inyecta una solución de álcali al 1% en caso de ser requerido según la acidez contenida en el crudo de inyecta, proveniente del bloque de reactivos químicos. La alimentación a la torre se distribuye en varias entradas distribuidas en los platos 7 y 9.

Por el tope de la Torre sale la fracción pie 105 °C, a una temperatura de 120 °C y a una presión de 4,5 Kgf/cm² hacia los enfriadores de aire, gran parte se condensan en dichos enfriadores y de allí van al tambor de reflujo del tope T-101 con una temperatura de 55 °C. En la línea de salida de los gases del tope y en la línea de reflujo de la Torre T-101, se inyecta solución al 2% de inhibidor de corrosión (19,9 g/Ton de crudo), procedente del bloque de reactivos. El reflujo es retornado desde el Tambor de Reflujo en el tope de la Torre T-101 en una relación tal, capaz de mantener estable y en los niveles deseado la temperatura en esta sección de la torre. El exceso de reflujo va a los enfriadores y constituye el inyecta a la torre T-104. En este tambor de reflujo se hacen extracciones de agua sulfhídrica que es enfriada y va hacia la planta de tratamiento de residuales.

Desde el fondo de la torre sale crudo desgasolinado, una parte pasa a través de un horno para reinyectarlo por dos corrientes en forma de chorro caliente a la Torre T-101 por debajo del plato 1 con el objetivo de mantener la temperatura de trabajo de la columna. El exceso de fondo alimenta a la columna de destilación atmosférica luego de pasar por un horno que cuenta con tres cámaras para garantizar la temperatura adecuada del inyector.

En la línea de salida del tope y en la línea de reflujo de la Torre T-102, se inyecta al 2% inhibidor de corrosión, procedente del bloque de reactivos.

Por el tope de la Torre sale la fracción pie 120 °C hacia enfriadores de aire a una temperatura de 114 °C y a una presión de 0,7 a 1.0 Kgf/cm². Esta fracción se enfría hasta una temperatura 55 °C y va al tambor de reflujo del tope T-102. Desde el Tambor de reflujo el producto va a un enfriador por aire y de allí pasa a un enfriador por agua. Posteriormente es retornada hacia el tope de la torre. En el tambor de reflujo se hacen extracciones continuas de agua sulfhídrica con una bomba, esta se descarga a través de un enfriador hacia la planta de tratamiento de residuales.

De la Torre T-102, se extraen cuatro cortes laterales:

- **La Fracción 120-180°C**, se extrae por los platos 45 y 47 y va a la parte inferior de la primera sección de la Torre Despojadora T-103, a una temperatura 134 ° C. Para despojar las fracciones ligeras, es suministrado al mismo vapor de agua sobrecalentado, la fracción ligera y los vapores de agua que salen del tope de la despojadora entran a la Torre T-102 en el plato 48 a una temperatura de 132°C. La fracción de fondo es bombeada hacia un enfriador por aire y posteriormente pasa a un intercambiador por agua para finalmente llegar al Nudo de Mezcla.
- **La Fracción 180-230°C**, se extrae de los platos 34 y 36 y va a la parte inferior de la segunda sección de la Torre Despojadora T-103, a una temperatura 195 °C.

Para despojar las fracciones ligeras, es suministrado vapor de agua sobrecalentado. La fracción ligera y los vapores de agua sale del tope de la despojadora y entran a la Torre T-102. Por el fondo la fracción es bombeada hacia un enfriador por aire para finalmente llegar al Nudo de Mezcla.

- **La Fracción 230-270°C**, se extrae de los platos 22 al 24 y va a la parte inferior de la tercera sección de la Torre Despojadora T-103, a una temperatura 252 °C. Para despojar las fracciones ligeras, es suministrado vapor de agua sobrecalentado. La fracción ligera y los vapores de agua sale del tope de la despojadora y entran a la Torre T-102. Por el fondo la fracción es bombeada hacia un intercambiador luego a enfriadores para ir al Nudo de Mezcla.

- **La Fracción 270-350°C**, se extrae de los platos 12 al 14. Este corte se divide en dos ramales y va al 2^{do} banco de intercambiadores para ceder calor al crudo desalado.

De la Torre T-102, se extraen tres reflujos recirculantes, los que son aprovechados para ceder calor en el 1^{er} banco de intercambiadores y así precalentar el crudo, antes de su desalación.

Del fondo de la T-102, se extrae el crudo reducido (fuel) que cede calor en el segundo banco de intercambio al inyectado de la T-101 después se dirige al primer banco de intercambiadores para ceder calor en contracorriente al crudo que se precalienta. Luego el crudo reducido sale hacia los enfriadores por aire, de estos enfriadores sale a patio de Tanques.

La torre (T-103) cuenta con tres secciones donde a cada una de ellas llegan las fracciones desde la Torre de Destilación Atmosférica T-102.

La torre estabilizadora (T-104) es alimentada con el exceso de gas y reflujo de tope de la T-101 y T-102 los cuales forman la fracción 70-120 °C inestable que se recolecta en un tambor alimentador para posteriormente ser precalentado en intercambiadores antes de ser inyectado. Por el fondo del tambor alimentador se

descarga el agua sulfhídrica hacia la planta de tratamiento de residuales luego de ser enfriada y por el tope los gases son enviados al cabezal de gas combustible.

Por el tope de la Torre sale la fracción pie 70 °C inestable hacia enfriadores de aire, luego a un enfriador por agua y posteriormente pasa al tambor de reflujo del tope de la Torre T-104 para ser retornado al tope con una relación de reflujo.

El exceso Pie 70 °C es bombeado a un enfriador por agua. Posteriormente, va a la sección 400.

Por el fondo, de la Torre T-104 la fracción 70-120 °C estable es recirculada a través de un horno para mantener la temperatura en la torre.

La otra salida de fracción 70-120 °C estable por el fondo de la torre va a un intercambiador donde precalienta el inyector y luego es enfriada por aire y agua y se dirige hacia el nudo de mezcla.

Nudo de Mezcla

El nudo de mezcla es donde se forman las fracciones resultantes de la sección 100. Estas son:

- 1. Fracción 70-180 °C**, se forma mezclando el corte 70-120°C y corte 120-180°C. A esta fracción se le denomina **Nafta** de Inyector que va a la sección 200 o al Patio de tanque (MCP)
- 2. Fracción 120-230 °C**, se forma mezclando el corte 120-180°C y corte 180-230°C. A esta fracción se le denomina **Turbo combustible** que va al Patio de tanque (MCP). Constituyendo el inyector a la planta MEROX.
- 3. Fracción 120-270 °C**, se forma mezclando el corte 120-180°C, corte 180-230°C y corte 230-270°C. A esta fracción se le denomina **Kerosene**, que va a al Patio de tanque (MCP).
- 4. Fracción 180-350 °C**, se forma mezclando el corte 180-230°C, corte 230-270°C y corte 270-350°C. A esta fracción se le denomina **Diesel** que va a al Patio

de tanque (MCP), constituyendo el inyecta a la sección 300-1(Planta Hidrofinadora de Diesel).

Torre de destilación:

La destilación del crudo, se basa en la transferencia de masa entre las fases líquido - vapor de una mezcla de hidrocarburos. La destilación permite la separación de los componentes de una mezcla de hidrocarburos, como lo es el petróleo, en función de sus temperaturas de ebullición.

En la figura 3.3 se puede observar el esquema de una torre de destilación.



Figura 3.3. Esquema de una torre de destilación.

Para que se produzca la "separación o fraccionamiento" de los cortes, se debe alcanzar el equilibrio entre las fases líquido-vapor, ya que de esta manera los componentes más livianos o de menor peso molecular se concentran en la fase vapor y por el contrario los de mayor peso molecular predominan en la fase líquida, en definitiva se aprovecha las diferencias de volatilidad de los hidrocarburos.

El equilibrio liquido-vapor, depende principalmente de los parámetros termodinámicos, presión y temperatura del sistema. Las unidades se diseñan para que se produzcan estos equilibrios en forma controlada y durante el tiempo necesario para obtener los combustibles especificados.

Básicamente el proceso consiste en vaporizar los hidrocarburos del crudo y luego condensarlos en cortes definidos. Modificando fundamentalmente la temperatura, a lo largo de la columna fraccionadora.

La vaporización o fase vapor se produce en el horno y zona de carga de la columna fraccionadora. En el Horno se transfiere la energía térmica necesaria para producir el cambio de fase y en la Zona de Carga se disminuye la presión del sistema, produciéndose el flash de la carga, obteniéndose la vaporización definitiva.

La fase líquida se logra con reflujos o reciclo de hidrocarburos retornados a la torre. Estos reflujos son corrientes líquidas de hidrocarburos que se enfrían por intercambio con crudo o fluidos refrigerantes. La función u objetivo principal de estos, es eliminar o disipar en forma controlada la energía cedida a los hidrocarburos en el horno, de esta manera se enfría y condensa la carga vaporizada, en cortes o fracciones de hidrocarburos específicas, obteniéndose los combustibles correspondientes.

La columna posee bandejas o platos donde se produce el equilibrio entre los vapores que ascienden y los líquidos descendentes. En puntos o alturas exactamente calculadas existen platos colectores desde los que se extraen los combustibles destilados.

La diferencia fundamental entre las unidades de Topping y Vacío es la presión de trabajo. El Topping opera con presiones típicas de 1 Kg/cm² (manométrica), mientras que en el Vacío trabaja con presiones absolutas de 20 mm de mercurio. Esto permite destilar hidrocarburos de alto peso molecular que se descompondrían o craquearían térmicamente, si las condiciones operativas

normales del Topping fuesen sobrepasadas.(MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2008)

3.3. Prueba de Necesidad

Para el análisis de la prueba de necesidad se aplicó una encuesta perteneciente a la herramienta Evaluación de Gestión de la Energía (EMA), a los principales factores que influyen en la operación y planificación de la planta, y que se relacionan en el anexo 6, el objetivo de la misma es detectar el estado de comportamiento, conocimiento y control que se tiene en cuanto a el sistema de gestión y eficiencia energética que actualmente se utiliza en la empresa en 12 áreas claves. El resultado de la encuesta en forma de gráfico de radar se muestra en la figura 3.4

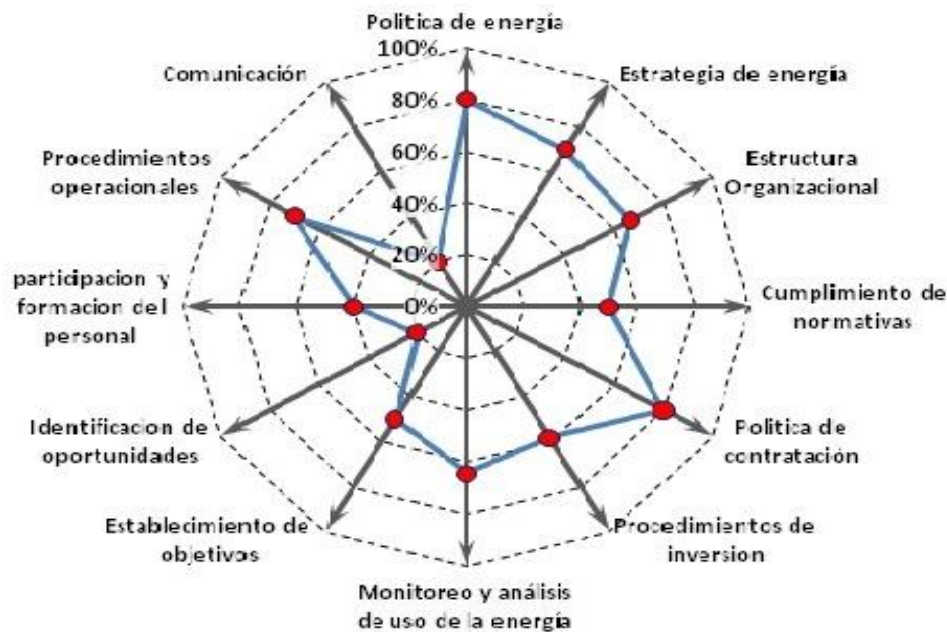


Figura 3.4. Gráfico de radar de la Evaluación de Gestión de la Energía (EMA).
Elaboración propia.

Los resultados que se evidencian son:

- No hay integralidad en la aplicación del sistema de gestión.
- Existe una estrategia de energía. Es necesario establecer una política energética aprobada por el consejo de dirección y que trace el rumbo de la gestión energética en la empresa. Crear una estructura organizacional que garantice el alcance del sistema de gestión a todos los niveles. que mejore la comunicación, o sea establecer mecanismos para comunicar los planes de energía, indicadores, consumos, etc. por áreas.
- La formación del personal es deficiente, hay que establecer planes de capacitación o introducir en los existentes el tema energético.
- No se tienen identificadas las oportunidades de ahorro lo cual se resuelve evidentemente en la etapa de planificación de la ISO 50001.
- Aunque existe suficiente información y el monitoreo de la energía puede calificarse de bueno, no se realiza un análisis adecuado de su uso y se carece de la implementación de las herramientas de gestión.

Con estos resultados de forma general se justifica la implementación del SGTEE

3.4. Caracterización de la Gestión Energética en la empresa

En la actualidad en la planta se registran los consumos totales de portadores energéticos y se maneja el índice de consumo total de portadores energéticos utilizados en Toneladas equivalentes de petróleo por total de producto destilados en toneladas (TEP/ t producto destilado) como indicador de eficiencia a nivel de empresa, no se utilizan índices de consumo físicos por unidad de producción a nivel de planta. Y su cómputo se muestra en la ecuación 3.1

$$I_{ef} = \frac{\sum P_e \text{ en TEP}}{t \text{ equivalentes de destilado}} \quad 3.1$$

I_{ef} : Indicadores de Eficiencia Energética.

P_e : Portadores Energéticos.

t de destilado = inyectoro 200 en $t \times 5$ + inyectoro 100 t 3.2

Estructura de consumo de portadores energéticos

Los principales portadores energéticos de la planta son:

- Fuel Oil
- Gas (GLP)
- Electricidad

El indicador de producción es crudo corrido, pero el producto final de la misma son:

- Fracción 70-180 °C: Nafta
- Fracción 120-230 °C: Turbo combustible
- Fracción 120-270 °C: Kerosene
- Fracción 180-350 °C: Diesel

La tabla 3.1 muestra el comportamiento energético de producción y consumo durante el año 2013

Tabla 3.1 Desglose de consumo de portadores energéticos y producción de la planta de Destilación Atmosférica 2013. Datos históricos ofrecidos.

Capítulo 3: Diagnóstico Energético en la Planta de Destilación Atmosférica de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos.

Consumo y producción de la planta de Destilación Atmosférica 2013				
Meses	Portador Energético			Producción
	Fuel Oil	Gas GLP	Electricidad	crudo corrido
	m ³	(F/O equivalente) m ³	MWh	m ³
Enero	1684,8	575,3	1535,4	235041,0
Febrero	1699,3	1121,8	1766,7	277896,0
Marzo	2178,4	1107,6	1944,8	306598,0
Abril	1961,1	858,5	1823,7	295451,0
Mayo	1442,7	1388,2	1895,1	308797,0
Junio	1557,9	1026,8	1920,5	295409,0
Julio	1845,8	942,1	1870,6	287141,0
Agosto	1521,8	1722,0	1914,2	303853,0
Septiembre	1272,1	1391,7	1676,4	268860,0
Octubre	1751,4	1370,9	1927,0	309683,0
Noviembre	1356,1	1212,3	1587,4	247692,0
Diciembre	30,6	0,0	123,8	0,0
Total	18302	12717,2	19985,5	3136421,00

A partir de finales de noviembre y durante todo el mes de diciembre la planta comienza un proceso de mantenimiento por lo que ocurre lo que se conoce como parada de planta, por esto el consumo de este último mes va a estar en dado solamente por este proceso. Es este el motivo por lo que no utilizamos este mes para el análisis de los datos tomados.

Para los análisis posteriores se aplica la técnica de consumo y producción equivalente, ver tabla 3.2. Estamos en presencia de un proceso donde todos los

Capítulo 3: Diagnóstico Energético en la Planta de Destilación Atmosférica de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos.

portadores energéticos convergen en función de un producto final. El indicador que se utiliza es Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP). Ver anexo 7.

Tabla 3.2 Consumo y producción de la Planta de Destilación Atmosférica 2013 en TEP.

Producción y consumo de la planta de Destilación Atmosférica 2013					
Meses	Consumo Portador Energético				Producción
	Fuel Oil	Gas GLP	Electricidad	total	crudo corrido
	TEP	TEP	TEP	TEP	T
Enero	1609,6	549,6	540,5	2699,6	207071,1
Febrero	1623,4	1071,7	621,9	3317,0	244826,4
Marzo	2081,1	1058,1	684,6	3823,9	270112,8
Abril	1873,5	820,2	641,9	3335,6	260292,3
Mayo	1378,3	1326,2	667,1	3371,6	272050,2
Junio	1488,3	981,0	676,0	3145,3	260255,3
Julio	1763,4	900,0	658,4	3321,9	252971,2
Agosto	1453,9	1645,1	673,8	3772,8	267694,5
Septiembre	1215,3	1329,6	590,1	3135,0	236865,7
Octubre	1673,2	1309,7	678,3	3661,2	272830,7
Noviembre	1295,6	1158,2	558,8	3012,5	218216,7
Diciembre	29,2	0,0	43,6	72,8	0,0
Total	17484,82	12149,35	7034,90	36669,06	2763186,90

3.5. Gráficos de Producción vs Consumo

El análisis de los datos de producción y consumo de la planta durante el 2013 permite realizar un proceso de identificación y evaluación del uso de la energía que finalmente debe conducir a la organización a definir las áreas de usos significativos de la energía e identificar oportunidades para mejorar el desempeño energético.

Esta herramienta posibilita observar la variación simultánea del consumo de energía con el nivel de producción durante un periodo determinado, facilitando la identificación de comportamientos anómalos, es decir, aquellos en donde no exista una variabilidad proporcional. La figura 3.5 se muestra la variación simultánea de los datos mostrados en la tabla 3.2.

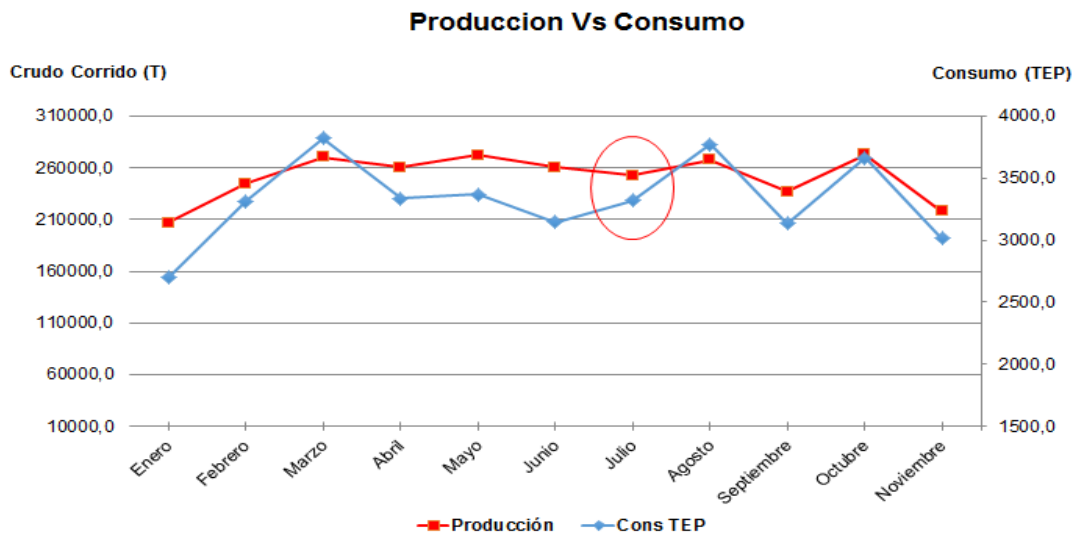


Figura 3.2. Gráfico Producción (T) vs Consumo (TEP). Elaboración propia.

De manera general se observa que existe correspondencia entre el crecimiento o decrecimiento de la producción y el consumo energético asociado a la misma, exceptuando el mes de julio (señalado) donde no acontece de esta manera, ya que con una disminución de la producción hay un incremento de consumo, esto se debe a las incidencias ocurridas en ese mes:

- Trabajo inestable que incluye parada y productos a Slop.
- Parada para reparar salidero a la salida de la primera cámara del horno.
- Fallo Eléctrico Externo que provocó 0,75 Hrs de producto a slop.

A continuación mencionamos otras de las incidencias ocurridas en la producción en los demás meses:

Enero

- Arrancada del proceso productivo de la Planta procedente del período de mantenimiento de oportunidad.
- 4.7 días de parada por mantenimiento de las Cámaras I y II del F-101 (T-102)
- 8.5 hrs de parada por Fallo Eléctrico Externo.

Febrero

- 2 hrs producto a slop por fallo eléctrico en Casa de Caldera que provocó fallo de vapor
- Se intenta correr el producto recuperado de las, lo cual no fue posible por la presencia de grandes bolsas de agua que no decantaron en Tk e impurezas.

Marzo

- 12 Hrs con producto a slop por intentar correr el producto recuperado de las piscinas.

Abril

- 4.5 Hrs debido a fallo eléctrico externo general.

Septiembre

- Parada de planta durante 2.8 días por falta de cobertura en Turbo y Diesel por los incumplimientos en el levantamiento de ambos productos en el mes de Agosto.
- Dos horas por Fallo eléctrico externo que provoca llevar los productos a Slop.
- 4.5 días degradando Fracción Turbo a Fracción Diesel por falta de cobertura de almacenamiento.

Octubre

- Fallo eléctrico externo que provoca llevar los productos a Slop durante 1.5 horas.

Noviembre

- Día 25: Parada normal de la Planta para mantenimiento semi-capital.

3.6. Gráficos de control

Otra herramienta que ayuda a detectar anomalías son los gráficos de control. Estos diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos, como procesos de producción. Se usan como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles para detectar en qué momento se producen las alteraciones. La figura 3.6 muestra el gráfico de control de consumo en TEP.

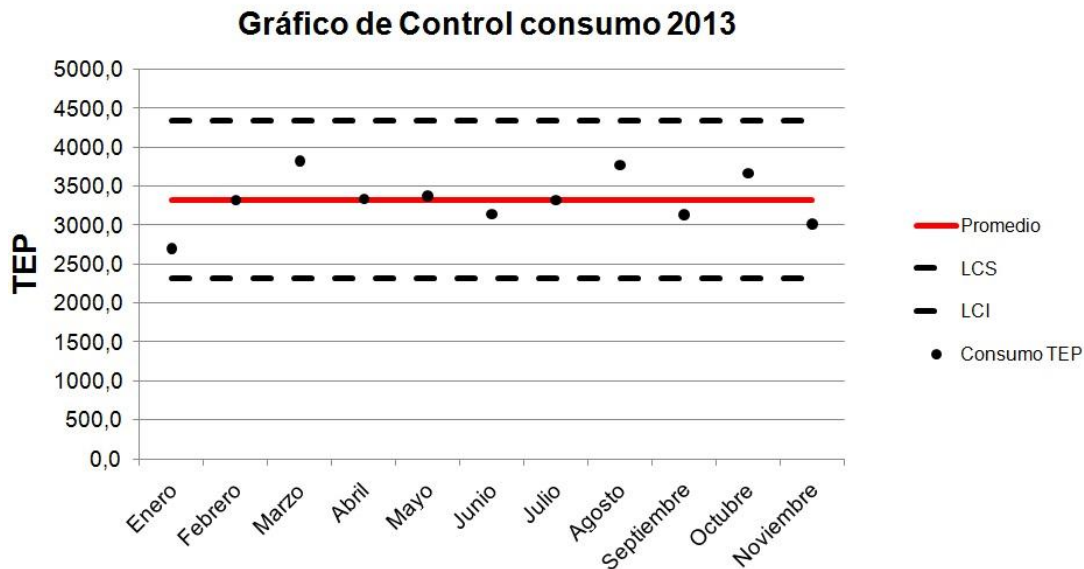


Figura 3.6. Gráfico de control consumo (TEP) 2013. Elaboración propia

Como se observa en la figura 3.6, no existen puntos de consumo fuera de los límites de control. El consumo medio mensual es de 3 326.9 TEP y la desviación estándar $\sigma = 334.9$ TEP. No obstante existe una gran aleatoriedad en sus variables que denotan una no uniformidad en el consumo. Unas de las causas del mismo pueden estar en las descritas anteriormente.

3.7. Diagrama de Correlación de Consumo - Producción.

Este diagrama revela importante información sobre el proceso. Permite obtener un indicador de consumo por unidad de producto. Hay que destacar que el comportamiento aleatorio del gráfico de control puede afectar la correlación entre producción y consumo como se evidencia en la figura 3.7

Gráfico de Correlación Producción vs Consumo

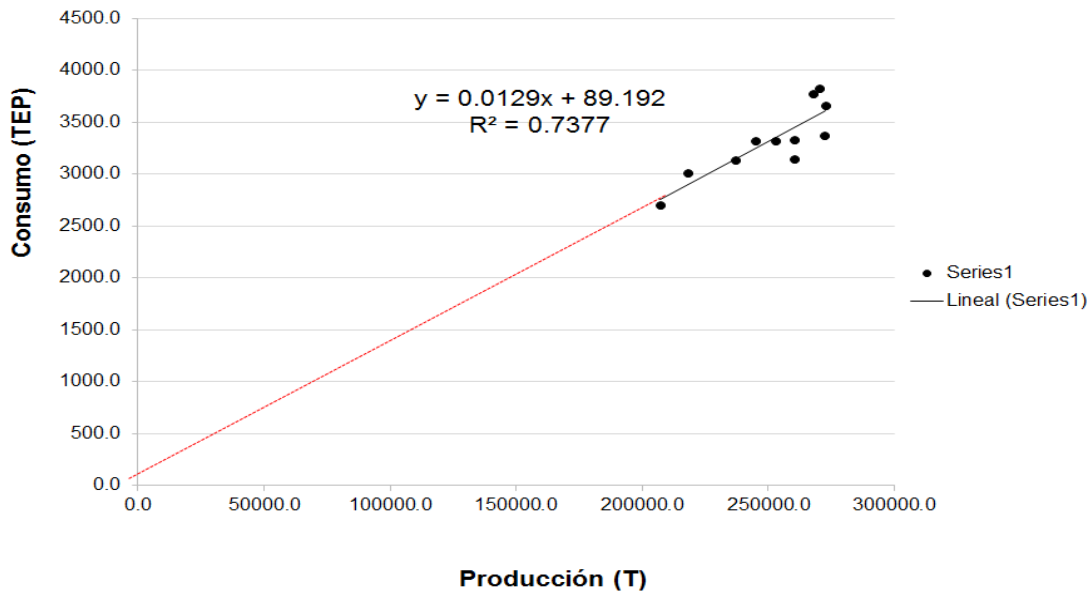


Figura 3.7 Correlación Producción T vs Consumo TEP.

El modelo de variación promedio de los consumos respecto a la producción identificado es lineal y tiene la siguiente expresión:

$$Y = 0.0129x + 89.192$$

$$R^2 = 0.74 < 0.75$$

Se observa que el grado de correlación no es bueno, por lo que no se utiliza esta expresión de cálculo para análisis posteriores. Se presume que este valor está afectado por la exactitud de las informaciones ofrecidas de la producción y el consumo además de la disminución de los gastos no asociados directamente al proceso productivo. El consumo de Gas Combustibles va a jugar un papel determinante ya que debido a las variaciones de uso de este, las cuales vienen dadas porque el gas que se consume llega de la planta de Reformación Catalítica en la cual la alimentación es nafta y de ella se obtiene gasolina y gas combustible. Este último es a través de las reacciones no deseadas de craqueo, mientras más ocurren estas reacciones menos gasolina se obtiene y más gas, por lo que no es

rentable que esto suceda desproporcionadamente. Por esta razón la cantidad de gas disponible a consumir va a obedecer a las condiciones de operación de la planta. En el caso específico de la planta de Destilación Atmosférica el consumo de gas va a depender de la disponibilidad que tenga la misma de este recurso, ya que pueden existir otras plantas que requieran más de este combustible y la sección 100 este obligada a aumentar el consumo de fuel oil y disminuir el del gas combustible.

Por esta razón utilizando las expresiones de cálculo (2.3, 2.4, 2.5 y 2.6) se aplica la técnica de filtrado de datos, obteniendo los resultados descrito en la tabla 3.3. La misma nos permite obtener una ecuación $Ex = mP + Eo$ que describa con mayor exactitud el proceso productivo.

Tabla 3.3. Resultado del filtrado de datos.

Meses	Consumo	crudo corrido	R ²
	TEP	T	
Enero	2699,6	207071,1	0,991
Febrero	3317,0	244826,4	0,020
Marzo	3823,9	270112,8	0,798
Abril	3335,6	260292,3	0,006
Mayo	3371,6	272050,2	0,037
Junio	3145,3	260255,3	0,267
Julio	3321,9	252971,2	0,026
Agosto	3772,8	267694,5	0,789
Septiembre	3135,0	236865,7	0,997
Octubre	3661,2	272830,7	0,976
Noviembre	3012,5	218216,7	0,894
Total	36596,3	2763186,9	

A partir de los datos obtenidos se elimina el dato correspondiente al mes de abril del análisis de correlación, al tener este el peor valor. Nuevamente se corren los datos filtrados como se observa en la figura 3.8 y se obtiene una nueva ecuación de consumo $y = 0.0131x + 44.49$ con un valor de R² aceptable igual a 0.75. Por

esta razón es válido utilizar como indicador de consumo de energía TEP/T de crudo procesado.

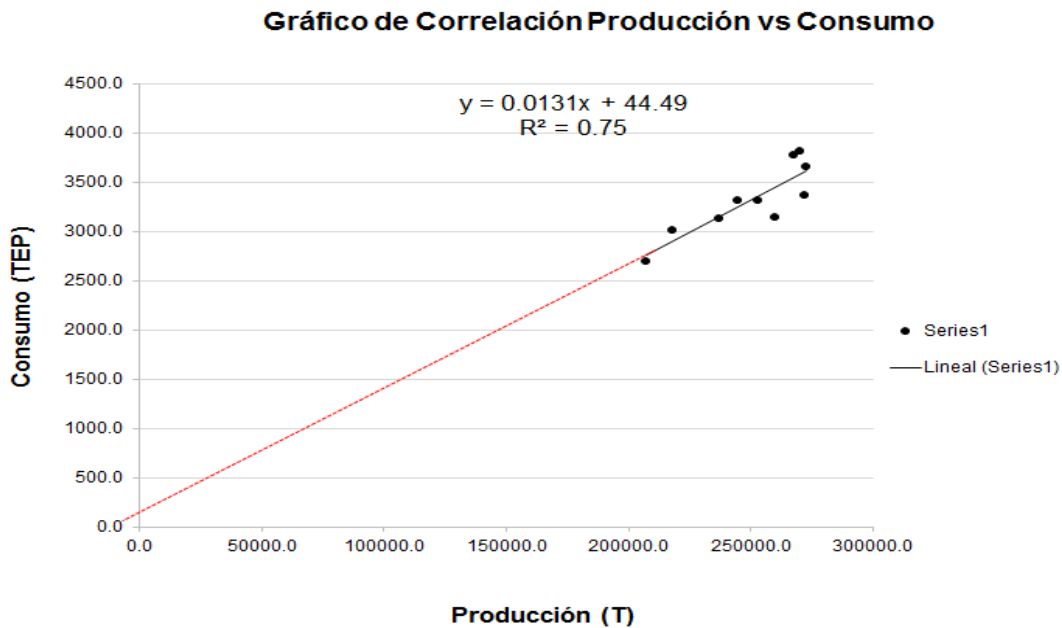


Figura 3.8. Gráfico de Correlación Producción T vs Consumo TEP. Elaboración propia

El gráfico de correlación muestra además el valor de la energía no asociada a la producción, la cual es de 44.49 TEP. El porcentaje de esta energía directamente al nivel de producción (Ena) es igual a

$$Ena = (E_0 / E_m) * 100\% = (44.49 / 3327) * 100 = 1.33 \%. \quad 3.3$$

El valor de Ena es bajo y la causa del mismo está dado por el consumo durante el proceso de arranque de las unidades. Este consumo es necesario para poder llevar el horno a la temperatura deseada.

También partir de la gráfica anterior se observan que para determinados niveles de producción se alcanzan valores de consumo energético inferiores a los esperados según el modelo de regresión obtenido. Por esta razón con estos

valores se obtiene otro modelo lineal que se muestra en líneas discontinuas en la figura 3.9 y que representa la línea meta. Esta línea meta permite cuantificar el ahorro potencial que puede obtenerse en la planta aproximadamente de 44 TEP

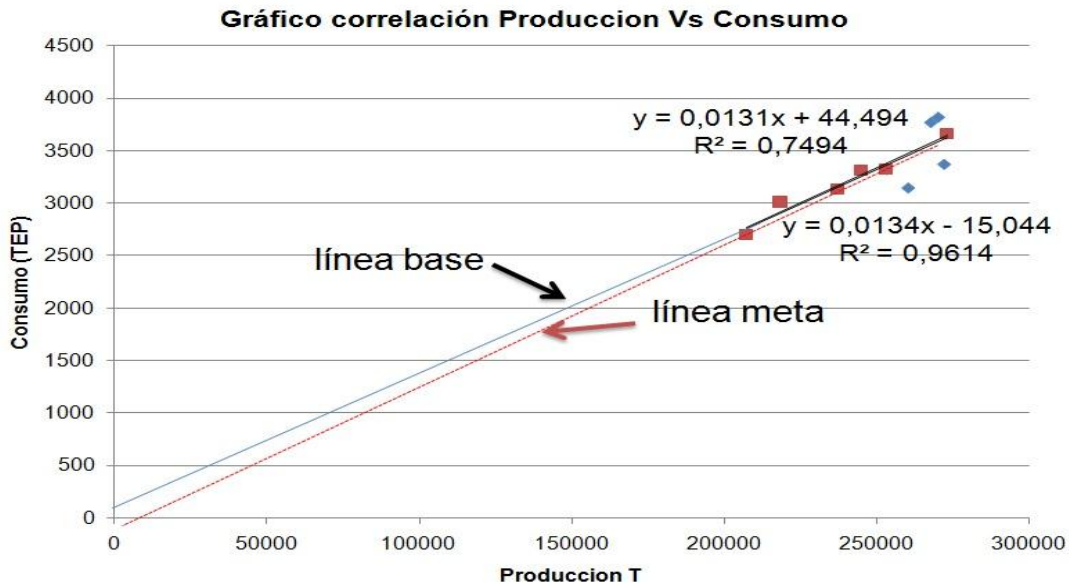


Figura 3.9. Gráfico de correlación Producción consumo. Línea meta. Elaboración propia

3.8. Indicadores de consumo

Teniendo en cuenta los valores de consumo de los portadores energéticos determinamos los valores de indicadores de consumo que se muestran en la tabla 3.4

Tabla 3.5. Indicador de consumo año 2013

Capítulo 3: Diagnóstico Energético en la Planta de Destilación Atmosférica de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos.

Producción y consumo de la planta de Destilación Atmosférica 2013						
Meses	Consumo Portador Energético				Producción	Índice de consumo total
	Fuel Oil	Gas GLP	Electricidad	total	crudo corrido	
	TEP	TEP	TEP	TEP	T	TEP/T
Enero	1 609,6	549,6	540,5	2 699,6	207 071,1	0,013
Febrero	1 623,4	1 071,7	621,9	3 317,0	244 826,4	0,014
Marzo	2 081,1	1 058,1	684,6	3 823,9	270 112,8	0,014
Abril	1 873,5	820,2	641,9	3 335,6	260 292,3	0,013
Mayo	1 378,3	1 326,2	667,1	3 371,6	272 050,2	0,012
Junio	1 488,3	981,0	676,0	3 145,3	260 255,3	0,012
Julio	1 763,4	900,0	658,4	3 321,9	252 971,2	0,013
Agosto	1 453,9	1 645,1	673,8	3 772,8	267 694,5	0,014
Septiembre	1 215,3	1 329,6	590,1	3 135,0	236 865,7	0,013
Octubre	1 673,2	1 309,7	678,3	3 661,2	272 830,7	0,013
Noviembre	1 295,6	1 158,2	558,8	3 012,5	218 216,7	0,014
Diciembre	29,2	0,0	43,6	72,8	0,0	
Total	17 484,82	12 149,35	7 034,90	36 669,06	2 763 186,90	

No se determinó indicadores con los portadores energéticos de forma individual por el bajo nivel de correlación que presentaron al analizarlo por separado como se puede ver en el anexo 8. Esto está dado por la integralidad de los mismos en el proceso productivo. De forma general el indicador más óptimo para el análisis es TEP/T (crudo corrido). En la figura 3.10 se ve que el comportamiento del índice de consumo de las TEP se mantiene de forma bastante estable con valores entre 0.012 – 0.014 TEP/T

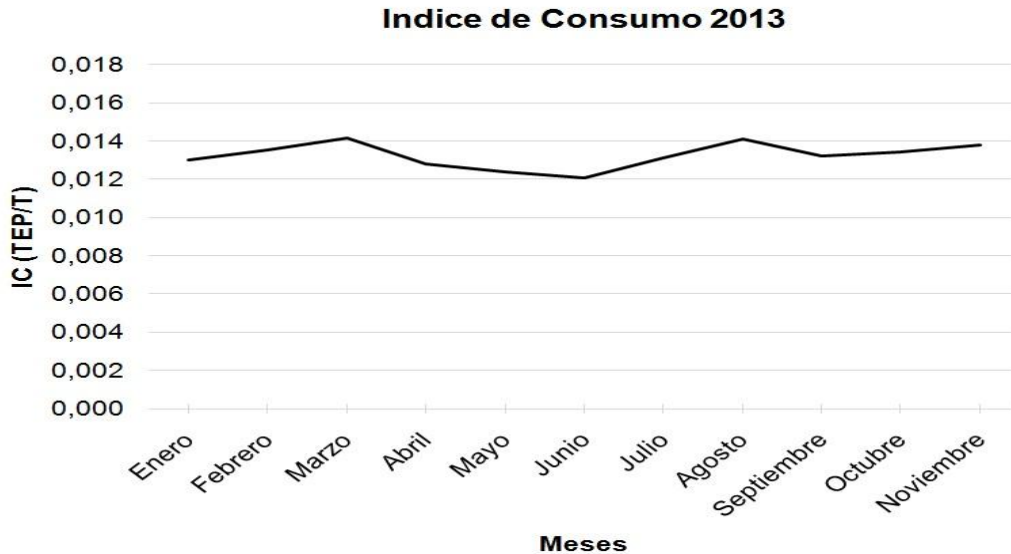


Figura 3.10. Gráfico índice de consumo TON/T (crudo corrido). Elaboración propia.

3.9. Diagrama de Índice de Consumo de Energía – Producción. (IC vs. P)

El diagrama de índice de consumo de energía - producción se obtiene del gráfico E vs. P y la ecuación $E = m \cdot P + E_0$, con un nivel de correlación significativo. Se parte de la mostrada en la figura 3.4

La expresión de la función $IC = f(P)$ se obtiene de la siguiente forma:

$$E = m \cdot P + E_0 \quad 3.4$$

$$IC = E/P = m + E_0/P \quad 3.5$$

$$IC = m + E_0/P \quad 3.6$$

Para el caso la Planta de Destilación atmosférica, el índice de consumo se puede calcular como:

$$IC = 0.0131 + 44.49/P \quad (\text{TEP}/\text{T}) \quad 3.7$$

La curva de IC vs. P se muestra en la figura 3.11. En esta figura se observa la influencia del nivel de producción sobre el índice de consumo. Este gráfico permite establecer el indicador de desempeño energético para el sistema de gestión energética.

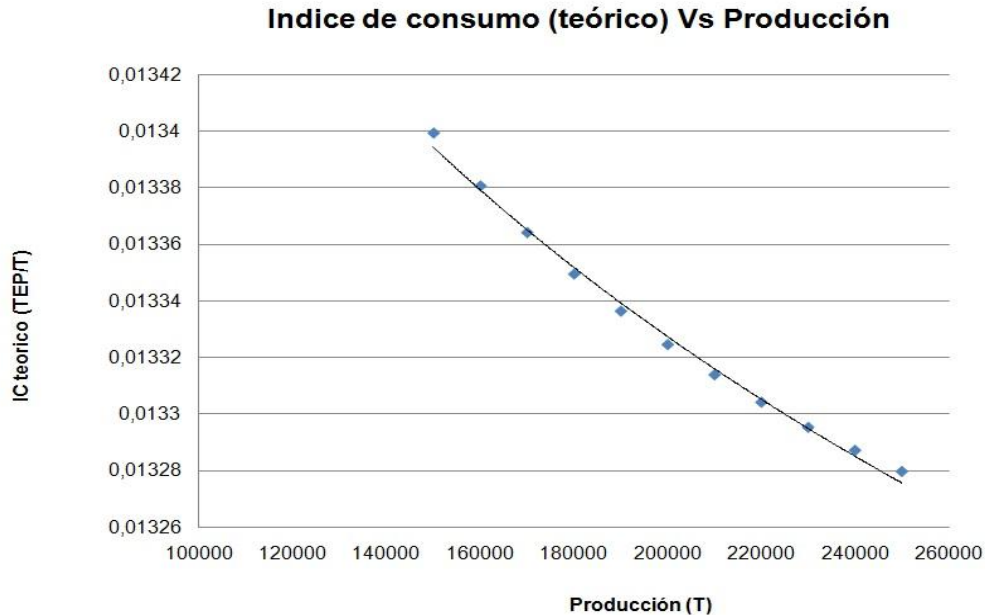


Figura 3.11 Gráfico de Índice de consumo (teórico) vs Producción. Elaboración propia.

Otra de las observaciones recogidas de la figura 3.11 es que los niveles de consumo aumentan al disminuir los niveles de producción. Esto está dado porque por 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 $E=f(P)$.

Por otra parte la figura 3.12 contrapone el índice de consumo teórico con los niveles reales de producción e índice de consumo.

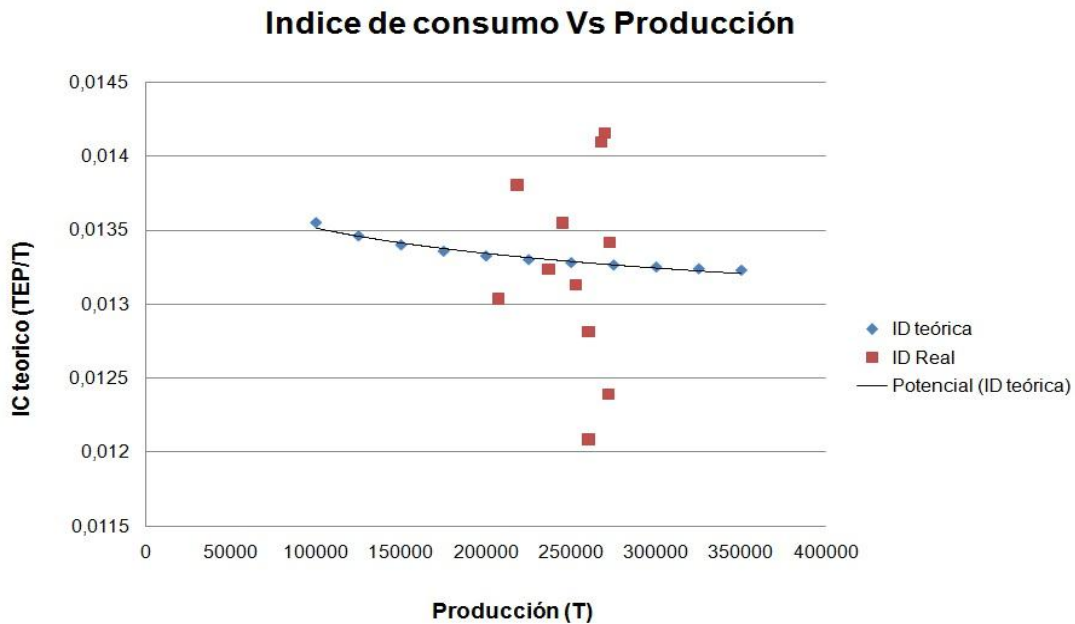


Figura 3.12. Gráfico IC teórico y real vs Producción. Elaboración propia.

Los valores de IC por debajo de la curva, representan un comportamiento bueno del índice de consumo en un periodo de tiempo determinado, o sea, significa un incremento de la eficiencia del proceso. Por el contrario, la planta incumple con el índice de consumo para la misma producción, si este está por encima de la curva. Se puede usar este gráfico para evaluar la eficiencia energética teórica de la planta.

3.10. Gráfico CUSUM.

La utilización del gráfico CUSUM nos sirvió para monitorear la tendencia de la planta en cuanto a la variación de sus consumos energéticos del presente año 2014 (enero a abril), con respecto a un período base, año 2013. Ver figura 3.13. Los valores utilizados así como las expresiones de cálculo se observan en el anexo 9.

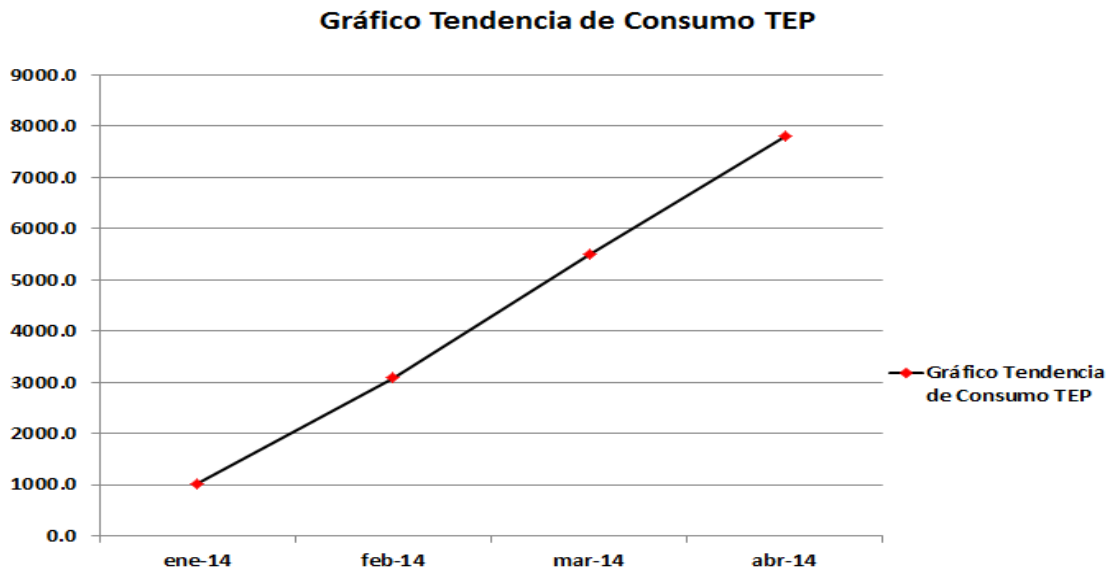


Figura 3.13. Gráfico de CUSUM. Elaboración propia

Es posible advertir una tendencia creciente en el consumo de combustible, comparado con el periodo base 2013. Este comportamiento se puede clasificar como no favorable con respecto al año de referencia ya que se predice un aumento en el consumo de TEP, esto puede ser debido a malas prácticas, como falta de organización, control y conocimiento.

3.11. Análisis individual de portadores energéticos

En el año 2013 se consumieron en portadores energéticos un total de 36 669,06 toneladas de combustible convencional, desglosadas de la forma siguiente:

Tabla 3.6. Estructura de consumo de Portadores energéticos.

Capítulo 3: Diagnóstico Energético en la Planta de Destilación Atmosférica de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos.

Consumo equivalente planta Destilación Atmosférica								
Portador energético	U/M	Total	U/M	Consumo	F. conv.	TEP	% Total	% Acum.
Fuel Oil	m3	18302	T	17 661,4	0,99	17 484,8	47,7	47,7
GLP	m3F/O Equiv	12 717,1	T	12 272,1	0,99	12 149,3	33,1	80,8
Electricidad	MWh	19 985,5	MWh	19 985,5	0,352	7 034,8	19,2	100,0
Total						36 669,1		

Al aplicar un diagrama de Pareto, ver figura 3.14 se concluye que los portadores más significativos son el fuel oil y el gas GLP representando ambos el 80% del consumo total de la planta.

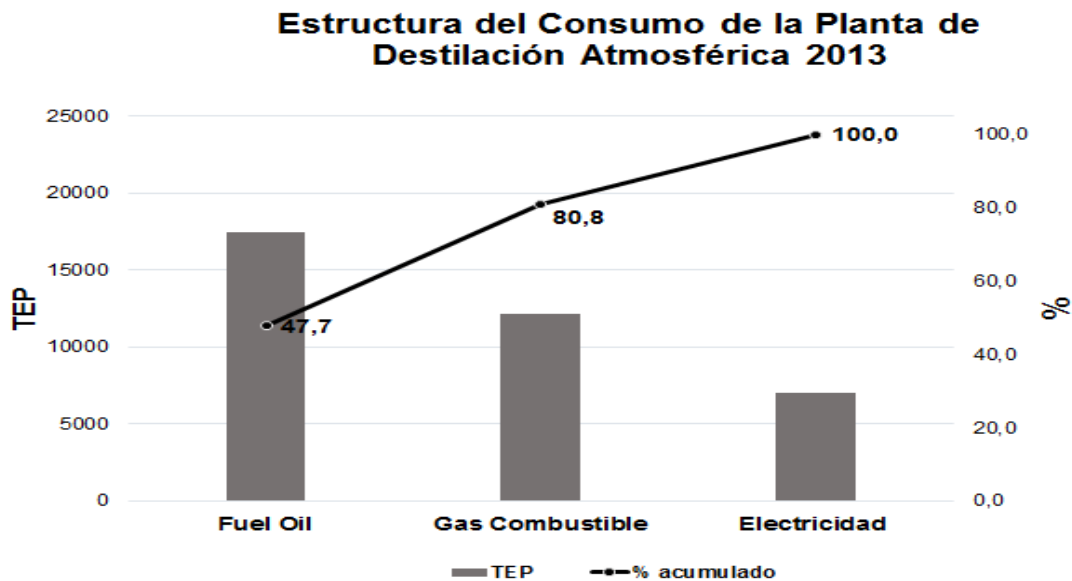


Figura 3.14 Gráfico de Pareto de la estructura de consumo de la planta Destilación Atmosférica 2013. Elaboración propia.

El uso de Fuel Oil y de Gas Combustible viene dado solamente por los hornos los cuales son consumidores de ambos portadores, por lo que las medidas a proponer

para un mejor uso y así una disminución del consumo serán principalmente para estos equipos.

A pesar que con estos portadores no es recomendable hacer un indicador, si se puede aplicar otra herramienta como el gráfico de control que se muestra en la figura 3.15 y 3.16.

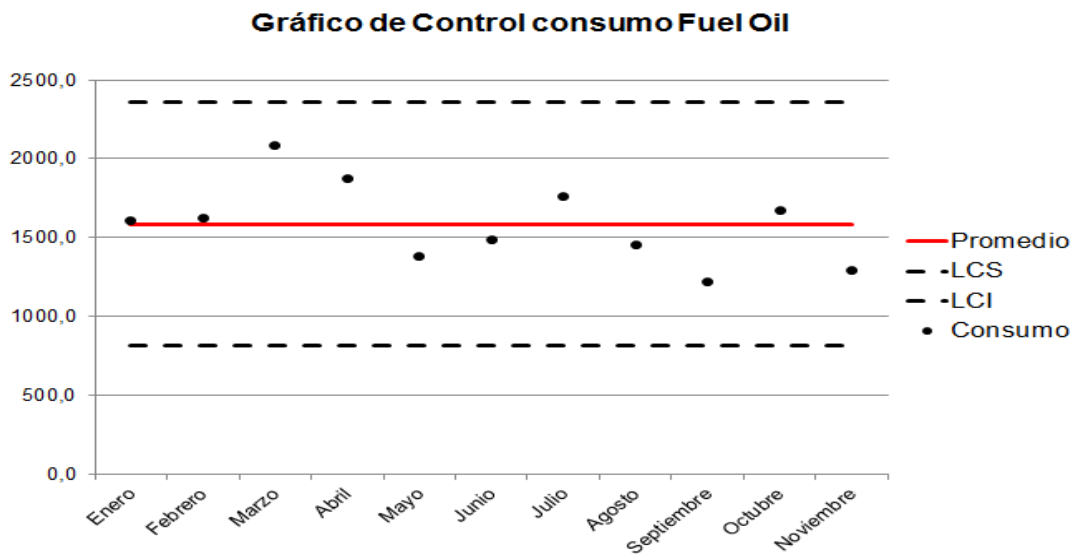


Gráfico 3.15 Gráfico de Control Producción (T) vs Consumo Fuel Oil (TEP).Elaboración propia.

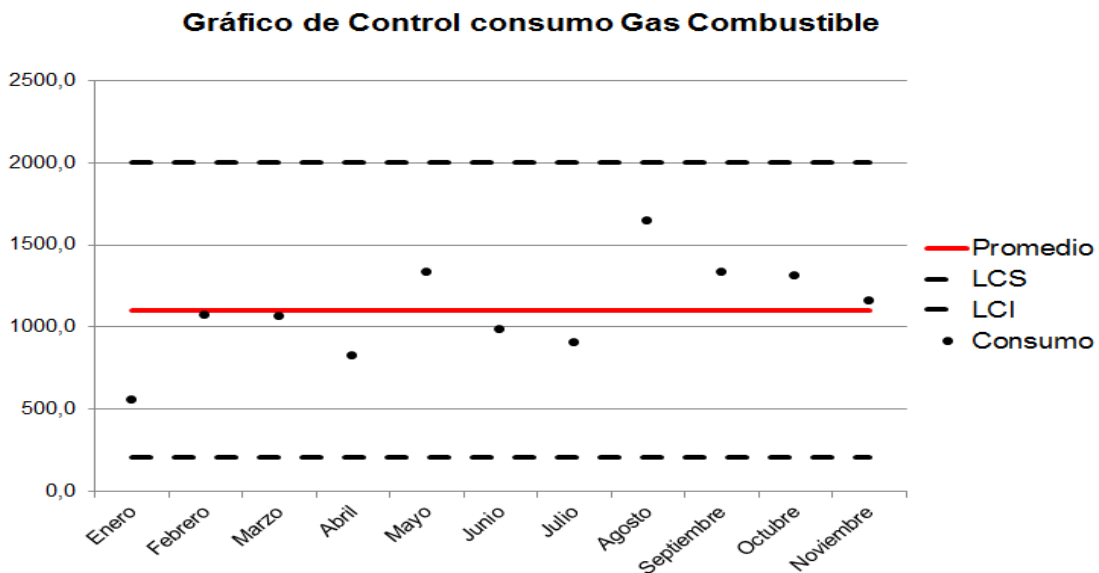


Figura 3.16 Gráfico de Control Producción (T) vs Consumo Gas Combustible (TEP).Elaboración propia.

Estos ayudaran a explicar mejor el proceso productivo, detectar anomalías y poder realizar acciones correctivas.

3.12. Identificación de oportunidades de mejoras.

Se identificaron áreas de oportunidades de ahorros tales como:

- Instalar analizadores de oxígeno en línea para el control y monitoreo de la combustión en los hornos de la planta.
- Instalación de sopladores de hollín en los hornos de la planta.
- Garantizar una dosificación estable de aditivos para mejorar la combustión.

Equipos de bombeo donde se detectaron potenciales de ahorro en el análisis de eficiencia energética realizado por la firma PASI:

Según el análisis de eficiencia energética estos equipos fueron lo que se identificaron que por su sustitución brindarían potencial de ahorro a la planta:

- P-114/R - 36.0% de potencial de ahorro
- P-102 - 26.3% de potencial de ahorro
- P-103 - 11.1 % de potencial de ahorro
- P-101 - 16.9 % de potencial de ahorro
- P-105 - 39.4% de potencial de ahorro

Equipos que se identificaron que por regulación del número de revoluciones brindarían potencial de ahorro:

- P-115R - 37.4 % de potencial de ahorro
- P-116R - 43.4 % de potencial de ahorro

3.13. Matriz DAFO.

Con el uso de esta herramienta podemos visualizar de forma simultánea los aspectos que facilitan y/o frenan el desarrollo del sistema de gestión propuesto. El mismo consta de:

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Monitorea y controla eficiente de los portadores energéticos. • Identificar las oportunidades de mejoras. • Crea planes de actuación para disminuir los costos operacionales. • Consigue ahorros significativos que mejoraran el margen de refino. • El sistema de gestión desarrollado tiene las siguientes ventajas: <ul style="list-style-type: none"> - Determinar si el proceso se encuentra en control estadístico. - Detectar anomalías en el proceso. - Establece indicadores de consumo. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se cuantifican todos los portadores energéticos. • Falta de capacitación del personal de la empresa. • Falta de comunicación. • Baja infraestructura operacional. • Inexistencia de un Sistema Integrado de Gestión.

<ul style="list-style-type: none"> - Determina el portador que más se consume. - Brinda la energía no asociada del proceso. - Predice el comportamiento futuro de la producción. 	
<p>Oportunidades</p>	<p>Amenazas</p>
<ul style="list-style-type: none"> • El interés creciente a nivel mundial y nacional de implementar un SGE en el sistema empresarial. • Transferencia tecnológica en el nuevo proceso inversionista de la refinería. • Postgrados de capacitación y maestrías de Eficiencia Energética disponibles en la Universidad de Cienfuegos. • Software Visual Mesa para el Monitoreo y Control de los portadores energéticos. • Las herramientas para el diagnóstico y control se pueden programar en una plataforma de Excel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca disponibilidad y disposición de los directivos de la empresa. • Acceso limitado a la tecnología de punta. • Limitado acceso a financiamiento externo.

Capítulo 3: Diagnóstico Energético en la Planta de Destilación Atmosférica de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos.

<ul style="list-style-type: none">• Sirve como paso preliminar a la implementación de la Norma ISO 50 001.	
--	--

Conclusiones Parciales.

1. Se determinó mediante la herramienta de Evolución de Gestión de la Energía (EMA) que no existe una integralidad en el sistema de gestión vigente en la empresa.
2. Todos los portadores energéticos convergen en función de un producto final. El indicador que se utiliza es Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP).
3. Existe correspondencia entre el crecimiento o decrecimiento de la producción y el consumo energético asociado a la misma, exceptuando el mes de julio donde no ocurre de esta manera debido a las incidencias ocurridas este mes.
4. Es proceso se encuentra en control estadístico, pero existe gran aleatoriedad en sus mediciones, causa de los incidentes ocurridos durante la producción.
5. Se utiliza como indicador de desempeño energético TEP/crudo corrido T, con un aceptable nivel de correlación de 0.75
6. La energía no asociada relativamente baja de 44.49 TEP dada por el consumo durante el proceso de arranque de las unidades.
7. La tendencia del consumo para el año 2014 es de aumentar, por lo que el comportamiento futuro de la producción va a empeorar.
8. Son más las fortalezas y oportunidades para implementar el sistema de gestión propuesto que debilidades y amenazas. Siendo la cuantificación de los portadores energéticos nuestro mayor inconveniente.

Conclusiones Generales

1. Existen Sistemas de Gestión de Energía que posibilitan reducir el consumo de portadores energéticos y el impacto ambiental, todos ellos contribuyen al incremento de la competitividad empresarial.
2. Las refinerías de petróleo por ser una de las empresas de mayor consumo de energía, deben preocuparse por hacer un uso racional de la energía. En las refinerías existen índices de desempeño energético como índice de intensidad energética de Solomon e índice de complejidad de Nelson.
3. La Gestión Total Eficiente de la Energía está basado en la filosofía del mejoramiento continuo, es una tecnología integrada por un paquete de procedimientos y herramientas técnico-organizativas, la cual permite identificar y utilizar todas las oportunidades de ahorro, conservación de energía y reducción de los gastos energéticos de la empresa.
4. No existe una integralidad en el sistema de gestión vigente en la empresa, a pesar de que existe una política energética y un monitoreo y control, no se realizan análisis que permitan evaluar científicamente el comportamiento energético.
5. El diagnostico demostró que el proceso de la Planta de Destilación Atmosférica se encuentra en control en sentido general, aunque existe mucha aleatoriedad debido a incidencias negativas ocurridas durante el año 2013.
6. Todos los portadores energéticos convergen en función de un producto final. El indicador apto para utilizarse en la planta de Destilación Atmosférica es Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP/t crudo corrido). El umbral de tiempo para su evaluación debe ser mensual.
7. Se determinó que los equipos donde existen potenciales de ahorro se encuentra principalmente el horno y los sistemas de bombeo.
8. Son más las fortalezas y oportunidades para implementar el sistema de gestión propuesto que debilidades y amenazas. Siendo la cuantificación de los portadores energéticos nuestro mayor inconveniente.

Recomendaciones

- ✓ Que la guía propuesta se desarrolle en todas las unidades de la refinería.
- ✓ Que se hagan análisis con más profundidad y teniendo en cuenta todos los portadores energéticos.
- ✓ Llevar a cabo todos los pasos del Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía propuesto.
- ✓ Cuantifica el vapor utilizado en la Planta para poder tenerlo en cuenta dentro de los portadores energéticos utilizados
- ✓ Realizar estudios para determinar otros portadores de desempeño energético.
- ✓ Verificar el estado de las mediciones de los portadores energéticos y que estén en correspondencia con el área donde se consume la energía.

Bibliografía

- (CEPAL), P. G. (2013). Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe 2013. *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe 2013* .
- (Repsol), J. M. (2013). Índice de Energía en la Industria del Petróleo y el Gas. 2013. *Asociación Regional de Empresas del Petróleo, Gas y Biocombustible en Latinoamérica y el Caribe (APREL)*.
- Albavera, V. G. (agosto de 2001). *Fundamento y anteproyecto de ley para promover la eficiencia energética en Venezuela*. Recuperado el febrero de 2014, de <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/0/7890/Lcl1594-P-E.pdf>
- autores, C. d. (s.f.). http://www.ecured.cu/index.php/Programa_de_Ahorro_de_Electricidad_en_Cuba. Recuperado el febrero de 2014, de http://www.ecured.cu/index.php/Programa_de_Ahorro_de_Electricidad_en_Cuba
- Avella, J. C. (2008.). , “El MGIE, un modelo de gestión energética para el sector productivo nacional. ” *El Hombre y la Máquina*, vol. 30, no. Enero-Junio de 2008, .
- Borrell., F. E. (2007). *Sistema de Gestión Total Eficiente de la energía en la “CTE Carlos M. de Céspedes.”*. Cienfuegos. Cuba.
- Campo, A. P. (2012). *Herramientas soporte para la planificación energética en sistemas de gestión de la energía según la Norma ISO 50001:2011*. Cienfuegos. Cuba.
- Campo, A. P. (2012). *Herramientas soporte para la planificación energética en sistemas de gestión de la energía según la Norma ISO*. Cienfuegos, Cienfuegos, Republica de Cuba.
- Castellón, S. R. (2000). *Consideraciones sobre el Sector Energético Cubano*. .
- Cereijo, M. (11 de Noviembre de 2007). *Crisis de energía eléctrica*. Recuperado el febrero de 2014, de <http://www.amigospaís-guaracabuya.org/oagmc236.php>
- Chile, U. C. (2010). *Mercados Energéticos*. Recuperado el febrero de 2014, de <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno10/eficiencia/EE.html>:
<http://web.ing.puc.cl/~power/alumno10/eficiencia/EE.html>
- Días., M. P. (2013). *Sistema Informático para el Monitoreo y Control Energético en el Sector Industrial basado ISO 50001. (SIMCEI 1.0)*. Cienfuegos. Cuba.

Bibliografía

- Guzmán, A. (2010). <http://www.monografias.com/trabajos93/sector-energetico-america-latina-y-caribe/sector-energetico-america-latina-y-caribe4.shtml#ixzz2t7Rf2nkh>. Recuperado el febrero de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos93/sector-energetico-america-latina-y-caribe/sector-energetico-america-latina-y-caribe4.shtml#ixzz2t7Rf2nkh>
- http://www.ecured.cu/index.php/Programa_de_Ahorro_de_Electricidad_en_Cuba. (s.f.). Recuperado el febrero de 2014, de http://www.ecured.cu/index.php/Programa_de_Ahorro_de_Electricidad_en_Cuba
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2008). *Guía N° 10: Elaboración de Proyectos de Guías de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético REFINERIAS*. Cuba.
- Molina, J. M. (20 de diciembre de 2013). *Cinco de Septiembre.Edición Digital*. Obtenido de Afianzarán proyecto del ALBA en Cienfuegos durante 2014. : <http://www.5septiembre.cu/>
- Nordelo, A. E. (2001). *Gestión energética empresarial*. Cienfuegos.
- Normalización, O. I. (junio de 2011). *Gana el desafío de la energía con la ISO 50001*. Recuperado el febrero de 2013, de http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy-es.pdf
- Occidente, U. d. (2007). "Guía para la implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía.". "Guía para la implementación de Sistemas de Gestión Integral de la Energía."
- Ortíz, R. S. (2003). *Los Servicios Auxiliares en la Refinería*.
- Pérez., L. M. (2011). *MC-002 MC R4 .Manual del sistema de gestión de la calidad*. Cienfuegos. Cuba.
- Proyectos, S. G. (2014). *EFICIENCIA Y AHORRO ENERGETICO EN REFINERIAS DE PETROLEO (EAERP)*. Obtenido de <http://www.serviciosgdp.com/>
- Rodríguez, B. S. (2012). *Conjunto de Indicadores de Desempeño energético para benchmarking del sector industrial y su uso en las aplicaciones de la norma ISO 50001*. Cienfuegos. Cuba.
- Ruiz, D. R. (2006 N°. 436). Reducción de costes energéticos usando una herramienta de optimización en línea. . *Ingeniería química*. , págs. 108-113. ISSN 0210-2064.

Bibliografía

Ruiz, D. S. (2010.). *Emissions and energy: an integral approach using an on-line energy management and optimization model. Thirty-second Industrial Energy Technology Conference*. Recuperado el 2013, de <http://www.soteica.eu>

Saved, E. (2012). *Aplicaciones para Sistemas de Gestión Energética*. Obtenido de <http://www.egenergy.com/es/about-us>

Soto., J. C. (2011). *Mejora de la eficiencia energética en la empresa Cereales*. Cienfuegos.

Wikipedia. (2013). Recuperado el marzo de 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_DAFO

Yanes, A. E. (2006). *Gestión Y Economía Energética*. Cienfuegos, Cienfuegos, República de Cuba.

Anexos

Anexo 1.

Tabla de herramientas para la planificación en la MSE 2000:2008.

Requisito	Objetivo del requisito	Herramientas
6.1 Gestión de la información energética	Identificar, recolectar, registrar y analizar la información necesaria para la gestión de la energía	No especificadas
6.2 Perfil energético	Revelar tendencias, anomalías, señales de precios, asignaciones de energía y costos.	
6.2.1 Seguimiento de datos energéticos	Recolectar y analizar el consumo y costo de fuentes energéticas, incluyendo el agua.	Gráficos, tablas, hojas de cálculo, software especializado.
6.2.2 Diagnóstico energético	Determinar el desempeño energético, regímenes de trabajo y de operación de equipos, sistemas y procesos relacionados con la energía.	Diagnósticos energéticos de todos los niveles (específicos para cada sistema energético), auditorías energéticas.
6.2.3 Usos significativos de la energía	Determinar los usos significativos a nivel organizacional para focalizar recursos. También puede incluir a personas.	Balances energéticos, análisis de Pareto, análisis de riesgo, sistemas de <i>ranqueo</i> , prioridades de costos, y otros.
6.2.4 Indicadores clave de desempeño	Desarrollar indicadores para realizar comparaciones de desempeño en diferentes periodos de tiempo.	Análisis de correlación estadística, técnicas de normalización.
6.2.5 Información externa	Considerar información externa que pueda facilitar o tener influencia en la gestión energética, como <i>benchmarks</i> sectoriales...	No especificadas
6.3 Requisitos legales y otros requisitos	Conocer los requisitos legales o de otro tipo que tengan relación con el uso de energía.	No especificadas
6.4 Objetivos, metas y planeación de proyectos	Generar estos elementos para garantizar la mejora continua en el desempeño energético.	Buenas prácticas por tecnologías de uso final.

Anexo 2

Tabla de herramientas para la planificación en la EN 16001.

Requisito	Objetivo del requisito	Herramientas
3.3.1 Identificación y evaluación de los aspectos energéticos		
3.3.1.a Identificar el consumo energético pasado y presente y sus factores energéticos, basándose en mediciones y otro tipo de datos	Identificar como se usa de la energía y que factores tienen influencia en ello. Establecer tendencias o cambios en el uso de la energía.	Gráficos, tablas, hojas de cálculo, software especializado, carta CUSUM, análisis de regresión.
3.3.1.b Identificar áreas de uso significativo	Establecer los aspectos energéticos y su efecto en el uso de la energía, para luego identificar el equipamiento, personal y los procesos que tienen un uso significativo de la energía.	Mapas de proceso, diagramas Sankey, modelos energéticos, análisis de Pareto, balances energéticos, mapeo de energía, encuestas de tecnologías de uso final.
3.3.1.c Identificar y priorizar oportunidades de mejora	Determinar oportunidades para reducir el consumo energético y ordenarlas según sus beneficios.	Auditorías energéticas, modelos energéticos, revisión de mejor tecnología disponible, análisis Pinch, análisis de causa raíz, benchmarking, <i>Lean manufacturing</i> , Seis Sigma.
3.3.1.d Estimar el consumo energético esperado durante el siguiente periodo	Planear el consumo energético para un siguiente periodo, tanto para medir el desempeño, como para establecer un presupuesto.	No especificadas
3.3.2 Requisitos legales y otros requisitos	Conocer y cumplir con todas las obligaciones legales y otros requisitos aplicables, relacionados con los aspectos energéticos.	No especificadas
3.3.3 Objetivos, metas y programas energéticos	Identificar y documentar objetivos y metas para la mejora de la eficiencia energética, así como los programas para ejecutarlos.	Análisis de regresión, análisis CUSUM, técnicas de control estadístico de procesos, análisis de carga base, revisión de mejor tecnología disponible.

Anexo 3

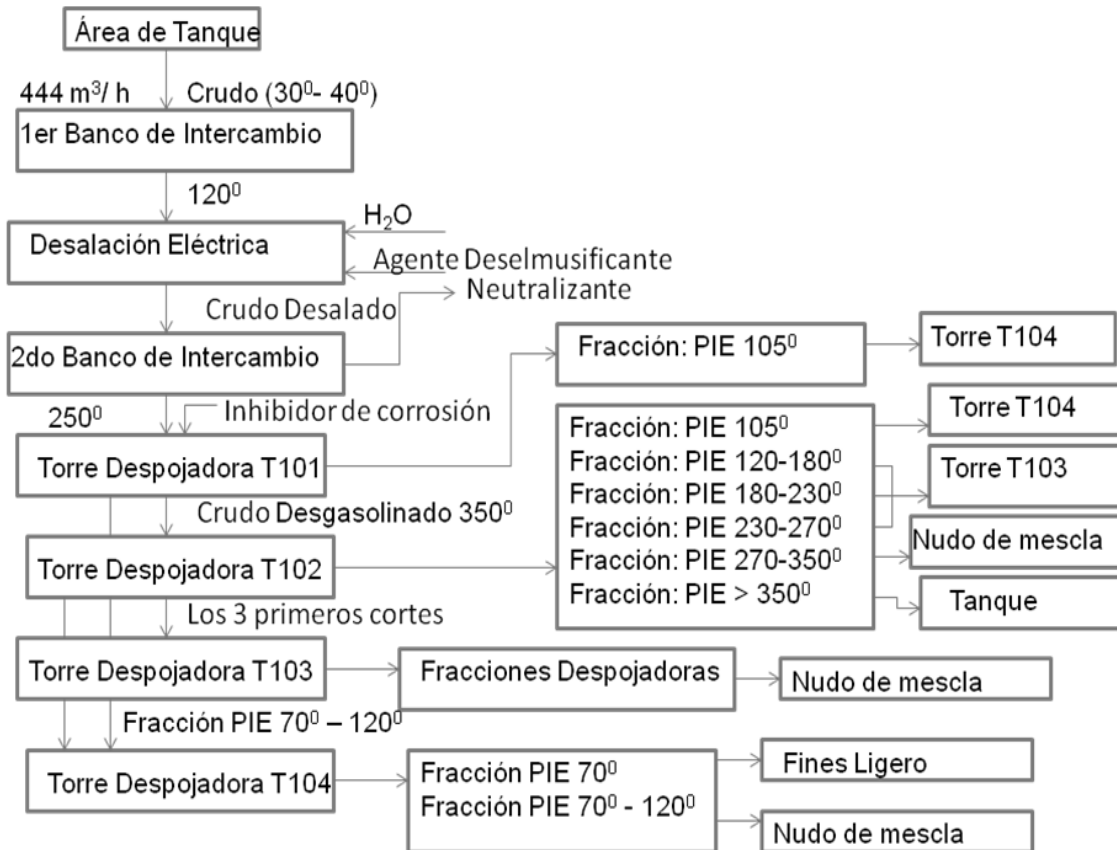
Tabla de Herramientas para la planificación del SGIE.

Requisito	Objetivo del requisito	Herramientas
5. Establecimiento de los indicadores del sistema de gestión	Caracterizar energéticamente cada centro de costo energético: definir metas de reducción, evidenciar tendencias, identificar pérdidas y potenciales.	Encuestas, filtrado de outliers, diagrama de correlación E vs. P, producción equivalente, Diagrama IC vs. P, gráfico de tendencia, gráfico base 100, árbol de indicadores de la empresa, gráfico de Pareto, diagnóstico de recorrido a áreas y procesos, hojas de cálculo y software especializados.
6. Identificación de las variables de control por centros de costo	Identificar las variables de control o eventos que impactan los consumos energéticos en cada centro de costo.	Identificador de variables de control, metodología DMAMC de proyectos Seis Sigma, conceptualización, filtrado de soluciones, matriz de selección de mejoras, mapas de navegación de procesos, mapas conductuales.
7. Definición de los sistemas de monitoreo	Establecer en cada centro de costo el sistema de monitoreo de la eficiencia energética.	Gestión a la vista, plan de documentación, plan de monitoreo.
8. Diagnóstico energético	Identificar las oportunidades, soluciones y medidas o proyectos de ahorro energético en los equipos y procesos clave	Balances de masa y energía, diagnósticos energéticos, análisis termoeconómicos, criterio de expertos, generador de

	de la organización.	soluciones.
9. Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva	Fortalecer capacidades y competencias en el desarrollo de los procesos asociados a la vigilancia tecnológica para la toma de decisiones estratégicas.	Mapas tecnológicos, técnicas de análisis multicriterio, técnicas para el diseño de escenarios y toma de decisiones, técnicas para la gestión tecnológica.
10. Plan de medidas de uso eficiente de la energía	Identificar y valorar técnica, económica, ambiental y financieramente medidas de uso eficiente de la energía.	Matriz de selección de mejoras, análisis costo beneficio, métodos de evaluación de impacto ambiental, modelos de costo de la empresa, modelos de evaluación financiera.
11. Actualización y validación de la gestión organizacional del SGIE	Actualizar y validar todos los elementos del sistema de gestión.	Manuales de gestión empresarial, herramientas de alineación empresarial.
12. Preparación del personal	Identificar el personal clave para el uso racional y eficiente de la energía dentro de la organización, y garantizar su competencia.	Plan de recursos humanos, encuestas, talleres de actualización, instructivos de trabajo, normas y procedimientos operacionales.
13. Elaboración de la documentación del SGIE	Definir y establecer los procedimientos, registros y manuales del sistema.	No especificadas.
14. Auditoría interna al SGIE	Establecer la metodología de la auditoría al sistema.	Listas de chequeo, manual de energía, registro de no conformidades, protocolo de auditoría.

Anexo 4

Diagrama de bloque de la S - 100.



Anexo 5

Diagrama de flujo de la S – 100.

DIAGRAMA DE FLUJOS MATERIALES Y CALORIFICOS SECCION-100 PLANO: 06-L-12189-E (PAGINA-1)

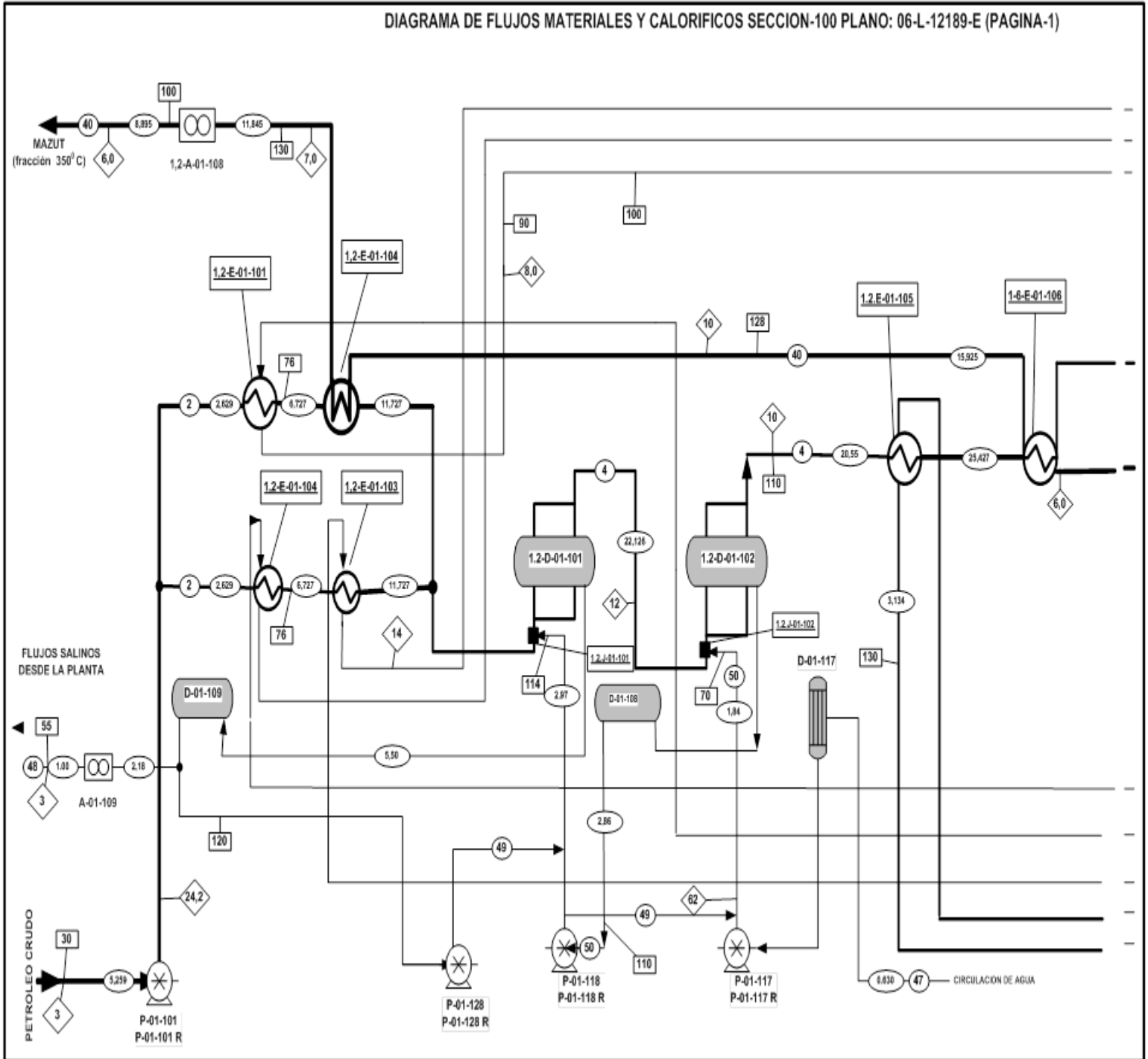


DIAGRAMA DE FLUJOS MATERIALES Y CALORIFICOS SECCION-100 PLANO: 06-L-12189-E (PAGINA-2)

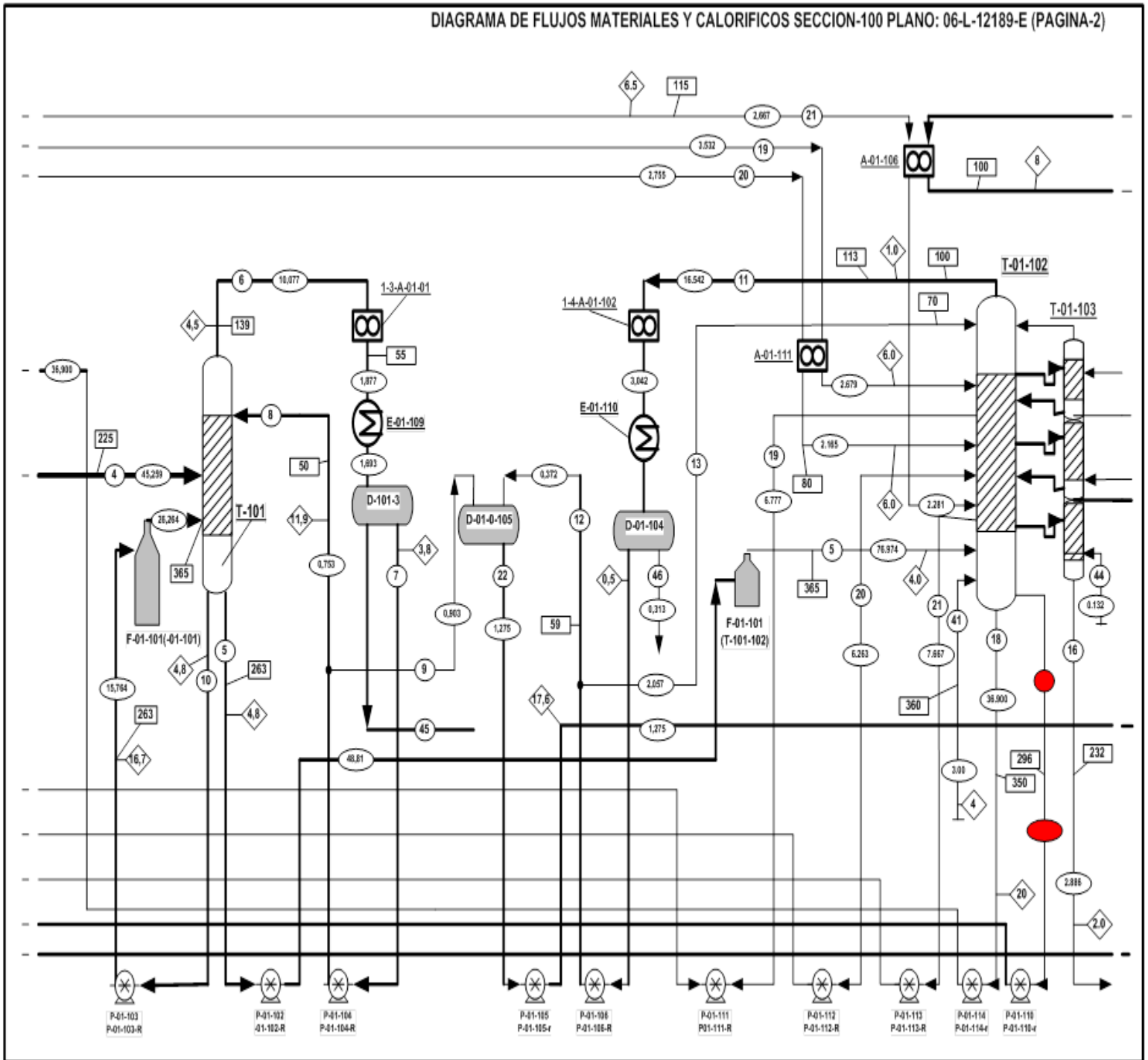
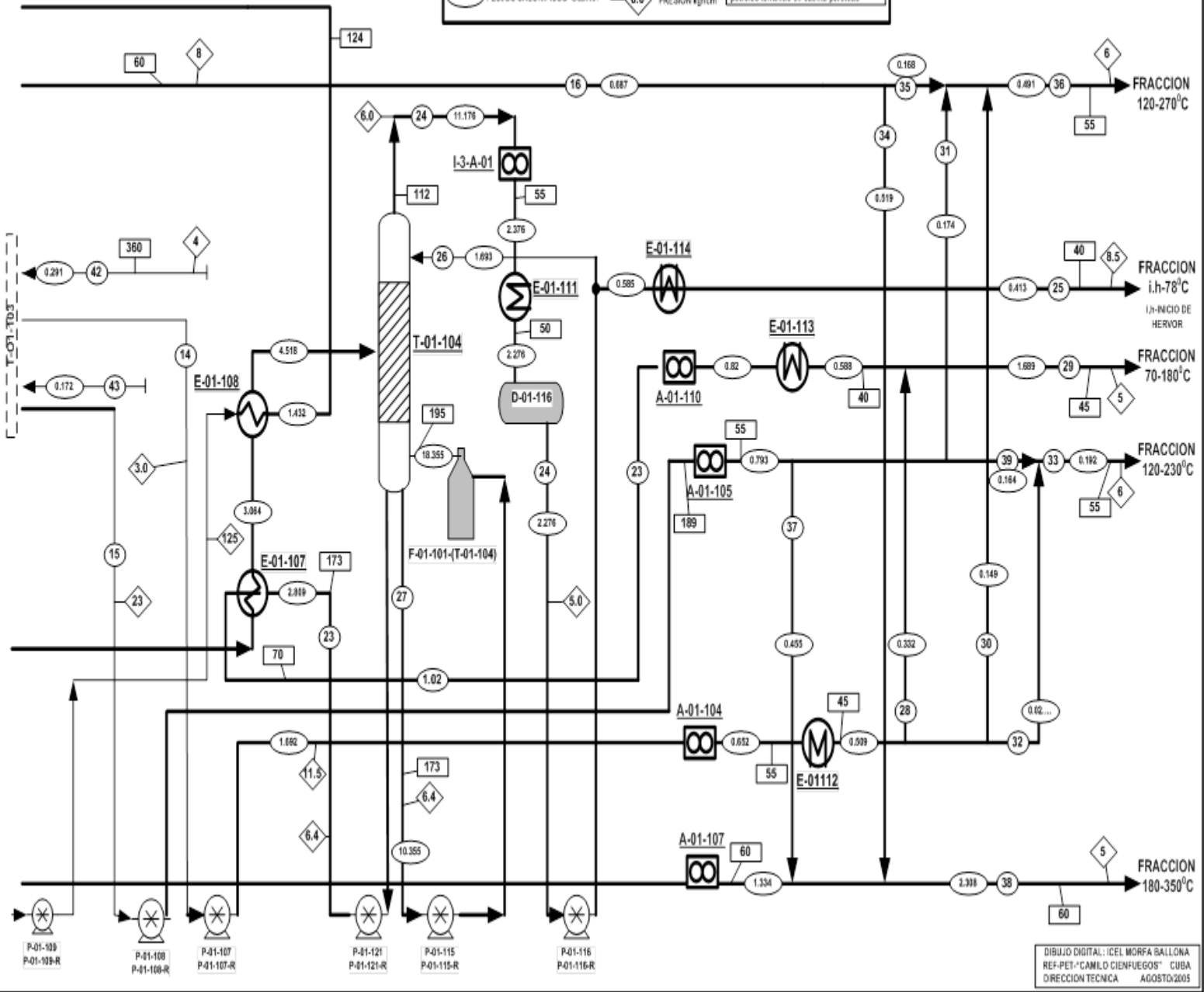


DIAGRAMA DE FLUJOS MATERIALES Y CALORIFICOS SECCION-100 PLANO: 06-L-12189-E (PAGINA-3)

SIMBOLOGIA

	NUMEROS DE PRODUCTOS		TEMPERATURA °C	Flujos materiales y caloríficos corresponden a 1 % contenido de gas en petróleo teniendo en cuenta pérdidas
	FLUJOS CALORÍFICOS Gcal/hr.		6.0 PRESION kgf/cm ²	



DIBUJO DIGITAL: ICEL MORFA BALLONA
 REF-PET-“CAMILO CIENFUEGOS” CUBA
 DIRECCION TECNICA AGOSTO 2005

Anexo 6

Tabla de los resultados de las 12 áreas claves de la encuesta.

Característica	Puntuación		% Puntuación
	Actual	Max	
Compromiso de dirección	23	32	72%
Política de energía	8	10	80%
Estrategia de energía	7	10	70%
Estructura Organizacional	8	12	67%
cumplimiento Normativo	5	10	50%
Cumplimiento de normativas	5	10	50%
Adquisiciones e inversiones	15	22	68%
Política de contratación	8	10	80%
Procedimientos de inversión	7	12	58%
Sistema de información de energía & Identificación de oportunidades	16	34	47%
Monitoreo y análisis de uso de la energía	9	14	64%
Establecimiento de objetivos	5	10	50%
Identificación de oportunidades	2	10	20%
Cultura & Comunicación	13	30	43%
participación y formación del personal	4	10	40%
Procedimientos operacionales	7	10	70%
Comunicación	2	10	20%
PUNTUACION TOTAL	72	128	56%

Tabla del personal encuestado.

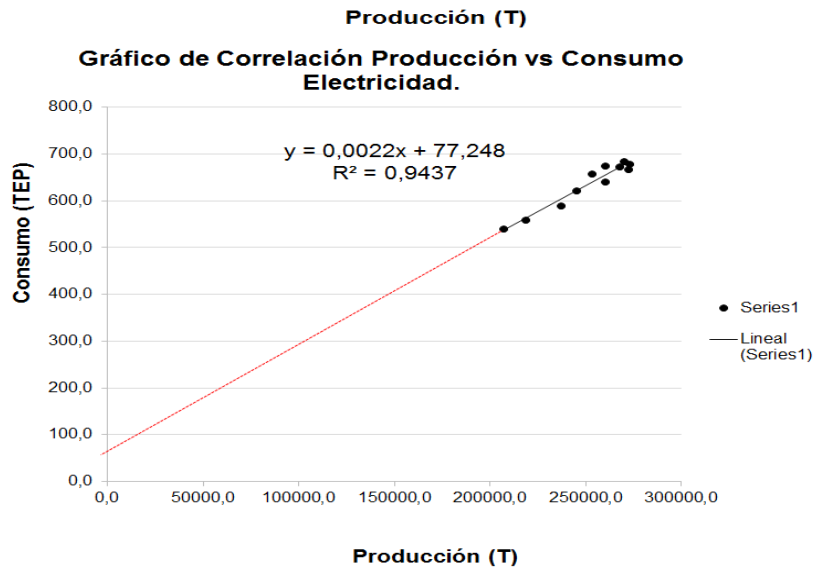
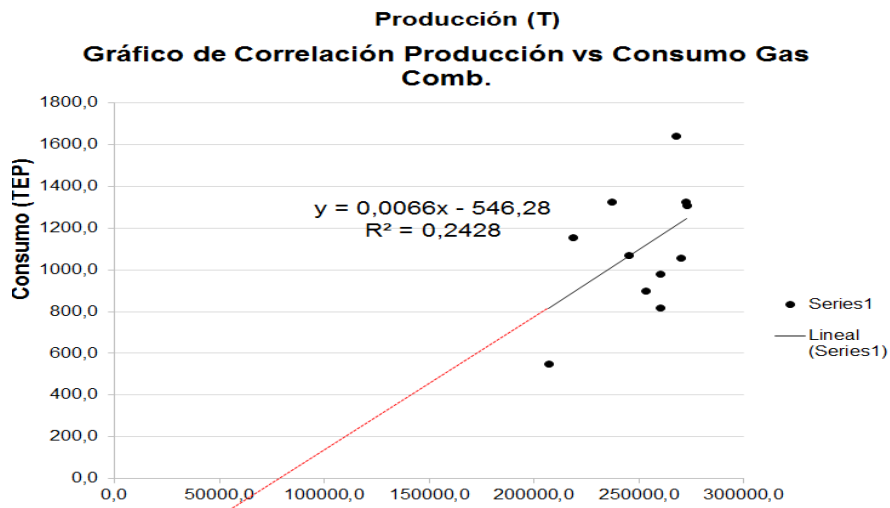
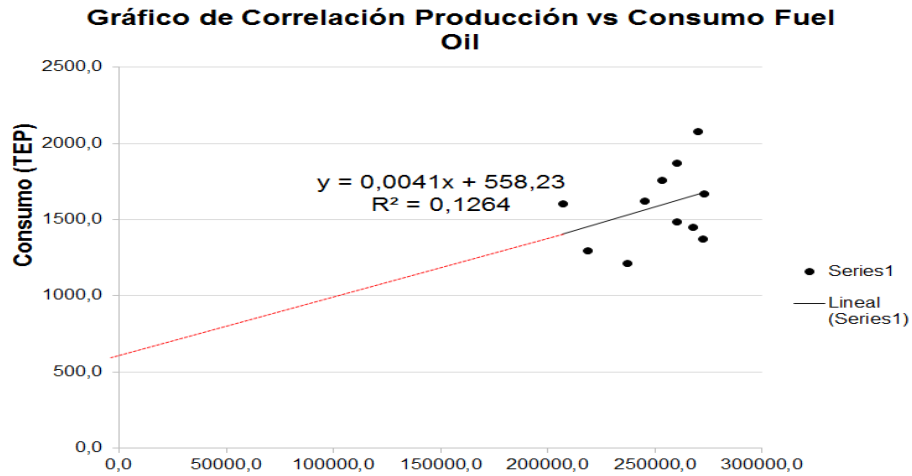
Director Técnico	Energético
Jefe de Tecnología	Jefe de Planta
Jefe de Sector	Tecnólogos
Inspectores Mecánicos	Inspectores Eléctricos
Mantenimiento	Recursos Humanos
Eléctricos	

Anexo 7

Tabla de los factores de conversión.

Portador energético	Factor de conversión
Fuel Oil	0,99
Gas Combustible	0,99
Electricidad	0,352

Anexo 8



Anexo 9

Tabla del cálculo del gráfico CUSUM.

			Tabla de valores de tendencia		
Período	Ea	Pa	$ET = m \times Pa + Eo$	$Ea - ET$	Suma acumulativa [(Ea - ET) _i + (Ea - ET) _{i-1}]
ene-14	2 195,5	86 170,6	1 200,8	994,7	994,7
feb-14	4 862,6	209 967,0	2 797,8	2 064,8	3 059,5
mar-14	5 501,0	233 201,6	3 097,5	2 403,5	5 463,0
abr-14	5 306,5	225 855,8	3 002,7	2 303,7	7 766,8