

El MGIE, un modelo de gestión energética para el sector productivo nacional

JUAN CARLOS CAMPOS AVELLA*
OMAR FREDY PRÍAS CAICEDO**
ENRIQUE CIRO QUISPE OQUEÑA***
JUAN RICARDO VIDAL MEDINA****
EDGAR DANIEL LORA FIGUEROA*****



Utilización de la energía en la producción y en la reducción del impacto ambiental

Resumen

En este trabajo se propone un modelo de gestión energética para el sector productivo colombiano, denominado Modelo de Gestión Integral de la Energía (MGIE). Este modelo ha sido desarrollado al considerar las experiencias de gestión energética nacionales e internacionales en los últimos quince años y el estado de desarrollo del sector productivo nacional. La aplicación del MGIE permite instalar en la empresa el Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE) y lograr reducir el consumo energético y sus costos. El objetivo final del MGIE es que la empresa alcance una cultura energética ambiental que se verifique en el incremento de la productividad o la competitividad y la reducción del impacto ambiental en una

* Ph.D. en Ciencias Técnicas, Profesor Universidad del Atlántico. Grupo de Investigación Gestión Eficiente de la Energía, KAI

** MSc. en Eficiencia Energética. Consultor Internacional.

*** MSc. en Ingeniería Eléctrica. Profesor Universidad Autónoma de Occidente. Grupo de Investigación en Energías, GIEN

**** MSc. en Eficiencia Energética. Profesor Universidad Autónoma de Occidente. Grupo de Investigación en Energías, GIEN

***** MSc. Proyectos de Desarrollo Social. Profesor Universidad del Atlántico. Grupo de Investigación Gestión Eficiente de la Energía, KAI

Fecha de recibo: marzo 29 de 2007 Fecha de aceptación: marzo 14 de 2008

visión de desarrollo energético sostenible.

Palabras clave

Modelo, gestión de la energía, eficiencia energética, sistemas de gestión.

Abstract

This paper present a model of energy management for Colombian productive sector, denominated Modelo de Gestión Integral de la Energía (MGIE). This model has been developed considering national and international experiences in energy management in the last 15 years, the state of development of the national productive sector has been considering. The application of the MGIE, allows to install in the company the Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE) and to reduce the power consumption and the costs of the energy. The final object of the MGIE is that the company to obtaine an environmental energy culture that allow the increase of the productivity or the competitiveness and the reduction of the environmental impact in a vision of sustainable energy development.

Key words

Model, energy management, energy efficiency, systems of management.

Introducción

Los sistemas de gestión empresarial están implementados tomando como referencia los sistemas de gestión recomendados por normas internacionales. Así, los sistemas de gestión de la calidad responden al cumplimiento de las Normas ISO 9000, los sistemas de gestión ambiental a las Normas ISO 14000,

los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo a las Normas OHSAS 18001. Lo anterior debido a que el cumplimiento de estas normas internacionales de gestión representa una garantía para la buena relación cliente-proveedor y para asegurar el desarrollo de la empresa.

La situación energética y ambiental actual hace imperativo la toma de acciones para reducir el consumo energético en las empresas y así el impacto que el uso irracional de la energía tiene sobre el medio ambiente; estas acciones corresponden tanto al sector empresarial como al sector gubernamental.^{1,2,3.}

Para lograr el uso eficiente y racional de la energía las empresas tienen que realizar cambios en su sistema organizacional, en sus sistemas de planificación y control e incluso en sus sistemas de toma de decisiones. Esto implica relacionar adecuadamente la estructura organizacional y los sistemas de control, que le permita manejar eficientemente sus recursos energéticos.

Sin embargo no existe, como en los casos de calidad, ambiente, salud y seguridad, una norma internacionalmente reconocida que guíe el diseño organizacional requerido en la empresa para la administración eficiente de la energía en los procesos productivos. Esto ha hecho necesario que las empresas planteen sus propios “modelos de gestión” de la energía para incentivar el desarrollo de la nueva cultura organizacional para el uso eficiente de la energía.

Los “modelos de gestión energética” en Colombia, se han desarrollado espontáneamente o tomando como referencia modelos externos. Se han limitado fundamentalmente a los siguientes aspectos:^{3,4,7} diagnósticos de eficiencia energética, monitoreo de indicadores energé-

ticos, sustitución de fuentes primarias para el suministro de energía, cambios tecnológicos, y gestión de negociación y contratación de energéticos primarios.

Se ha encontrado que muchas de las actividades de gestión energética realizadas a nivel empresarial constituyen procesos discontinuos en el tiempo. Son acciones reactivas que responden a eventos tales como la oscilación de los precios de la energía primaria y del peso del costo energético en los costos de producción, a los saltos del valor absoluto de la factura de la energía.^{4,7}

Esta situación se mantiene aunque Colombia posee un marco regulatorio y normativo que ha creado las oportunidades para el desarrollo de proyectos de incremento de la eficiencia energética y la reducción del impacto ambiental. Lo anterior tal vez indica que hace falta en Colombia un modelo de gestión de energía que oriente al sector empresarial para reducir sus costos energéticos en forma continua, para incrementar así su nivel de productividad y competitividad.

En este trabajo se propone un modelo de gestión energética para el sector productivo colombiano, denominado Modelo de Gestión Integral de la Energía (MGIE). El modelo se ha estructurado para ser integrado al modelo de gestión organizacional de la empresa, con el objetivo de implementar en esta un sistema de gestión energética llamado Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE). Su implementación permitirá a la empresa alcanzar el mínimo consumo energético a través de un proceso de mejora continua; el objetivo estratégico es construir una cultura energético-ambiental que permita a la vez el incremento de la competitividad y la reducción del impacto ambiental.^{2,3,8,9} El Modelo de Gestión Integral de la Energía es resultado del Proyecto de

Investigación “Programa de Gestión Integral de la Energía para el Sector Productivo Nacional”³ realizado por la Universidad del Atlántico y la Universidad Autónoma de Occidente entre los años 2006 y 2007, proyecto que fue financiado por Colciencias y la UPME.

Analisis de los modelos de gestión de energía en el mundo

Un amplio estudio de los modelos de gestión de energía usados en el mundo,^{3,5,6,9} mostró que éstos consideran necesario desarrollar una cultura organizacional para el uso racional y eficiente de la energía, dirigida en términos estratégicos a lograr la sostenibilidad energética y ambiental de los procesos productivos, y en términos tácticos a incrementar el nivel de competitividad empresarial. Así mismo, Prías^{8,9} muestra que en general la gestión energética está desarticulada de los marcos de los sistemas ambientales y de innovación tecnológica, y son poco compatibles con los sistemas de gestión de la producción.

Los estudios realizados^{3,5,6,9} mostraron que los modelos revisados presentaron generalmente los siguientes aspectos comunes:

- Tienen como objetivos inmediatos reducir costos e impacto ambiental y elevar la competitividad.
- Están basados en el modelo general de mejora continua: Ciclo PHVA.
- El liderazgo de la implementación y aplicación del modelo está en la gerencia.
- Existe una entidad colectiva que dirige y evalúa la implementación y operación del modelo.
- Hay un representante de gerencia que organiza y controla las actividades del modelo en la empresa.
- Utilizan la figura de equipos temporales para implementar programas, tareas o medidas de eficiencia energética.
- Incluyen la actividad de monitoreo y control de indicadores de procesos y empresa.
- Incluyen la elaboración de políticas, objetivos, metas y responsabilidades.
- Incluyen el diagnóstico, elaboración de un plan, evaluación económica de las tareas del plan, ejecución, verificación y seguimiento.
- Indican la necesidad de capacitación y/o entrenamiento de recursos humanos.
- Incluyen la necesidad de sistemas de información y divulgación de la gestión energética.
- Enfocan su gestión en cambios organizacionales, preparación de los recursos humanos, cambios tecnológicos, mantenimiento de equipo y cambios de los procedimientos operacionales y de gestión.
- Involucran en la gestión energética actividades específicas de diferentes áreas de la gestión organizacional: contabilidad, finanzas, compras, ventas, operación, calidad, seguridad operacional, planeación de la producción, innovación y gestión tecnológica.
- Indican la necesidad de alineación de la dirección, equipos de mejora, empleados, operadores, en los objetivos a lograr y las medidas a implementar en la gestión energética.
- Plantean el uso del monitoreo *on line*, no solo para el control de los consumos e indicadores energéticos, sino también para el diagnóstico operacional de equipos, incremento de productividad y la calidad del producto.
- Indican la conveniencia de establecer a nivel de centros de costo modelos económicos que relacionen la eficiencia energética con los costos de los procesos o productos.

Modelos de gestión de energía en Colombia

En Colombia existen antecedentes de elaboración de modelos de gestión energética para el sector productivo que han sido aplicados en las empresas. Los más representativos han sido:

- Modelo de control del consumo energético.¹⁰
- Guía de buenas prácticas para el uso racional de la energía para el sector de las pequeñas y medianas empresas.¹¹
- Modelo de mejora continua de la eficiencia energética.¹²
- Modelo de gestión integral de la eficiencia energética en ambientes competitivos.^{8,9}

El análisis de los modelos de gestión aplicados en Colombia^{3,14} y el trabajo de caracterización energética realizado entre los años 2001 y 2005 en 60 empresas de Barranquilla,⁴ permiten afirmar que un modelo de gestión energética, para que sea efectivo, debe de considerar el nivel de desarrollo del sector donde va a ser aplicado. Lo anterior, aunado a un análisis de los modelos de gestión aplicados internacionalmente^{3,5,6} ha permitido conceptualizar un modelo de gestión energética para el sector productivo colombiano. El modelo desarrollado se ha denominado Modelo de Gestión Integral de la Energía y recoge tanto la experiencia nacional en gestión energética empresarial de los últimos quince años, como el estado actual de los modelos de gestión energética usados internacionalmente.

Modelo de gestión integral de la energía

El Modelo de Gestión Integral de la Energía (MGIE) (3,14) es un conjunto estructurado de procedimientos y actividades, que están conceptuados para que se integren al modelo de gestión organizacional de la empresa, y que sirven de guía para la implementación y operación en la empresa de un sistema de gestión energética denominado Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), ver Figura 1.

El Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), es un sistema de gestión integrado por el conjunto de factores estructurados mediante normas, procedimientos y actuaciones que permite la materialización de las políticas, los objetivos y las metas de eficiencia energética a través de una participación activa de los trabajadores en relación con la tecnología y los procesos. El SGIE constituye una parte del sistema general de gestión de la empresa.

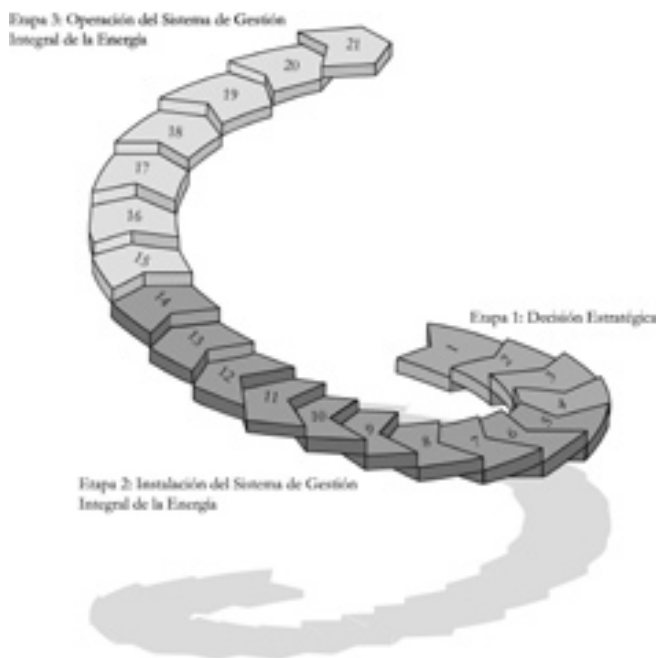


Figura 1. Modelo de Gestión Integral de la Energía

El MGIE se puede aplicar a una empresa independientemente del nivel de desarrollo en gestión energética en que ésta se encuentre; y permite mediante un proceso de mejora continua de los hábitos, tecnologías, procedimientos y la operación del SGIE, alcanzar tanto el mínimo consumo energético como el mínimo costo de energía posible. El objetivo final es que la empresa logre una cultura energético-ambiental que se verifique en el incremento de la productividad o la competitividad y la reducción del impacto ambiental en una visión de desarrollo energético sostenible.

El MGIE está formado por tres etapas consecutivas: Decisión Estratégica, Instalación y Operación;^{3,14} las etapas a su vez están compuestas por un conjunto de actividades. Se han conceptuado tres etapas porque generalmente las empresas no están preparadas cultural, técnica y organizativamente para comenzar la operación del SGIE, por lo que se necesitan actividades previas que permitan su implementación en condiciones más favorables.

Información básica para la implementación del SGIE en una empresa

Para iniciar la implementación del SGIE en la empresa es necesario obtener la siguiente información:

1. Flujograma del proceso productivo y sistemas auxiliares.
2. Censo de carga de equipos por portador energético.
3. Estructura contable de la empresa. Centros de costo actuales de la empresa.
4. Datos de diseño, datos de operación de los equipos y procesos que más energía consumen.
5. Actividades de mantenimiento de diseño de los equipos y procesos mayores consumidores.
6. Diagramas unifilares térmicos y eléctricos de los energéticos primarios y secundarios.
7. Estructura de medición de los consumos de los portadores energéticos primarios y secundarios.
8. Estructura de medición de los subproductos, productos semielaborados y elaborados de la empresa.
9. Organización o estructura administrativa de la empresa.
10. Costos actualizados de los portadores energéticos primarios.
11. Costo unitario de los portadores energéticos secundarios.
12. Diagrama de la gestión organizacional de la empresa.
13. Estructura de costos de producción de la empresa. Impacto de los costos de energía en los costos de producción.
14. Indicadores actuales de consumo, costos, eficiencia y gestión energética que tiene la empresa.

15. Métodos actuales de evaluación de la gestión energética de la empresa.
16. Contratos de compra de energéticos primarios.
17. Manual de los sistemas de gestión organizacional implementados en la empresa (Calidad, Talento Humano, Mantenimiento, Seguridad y Salud Ocupacional, Gestión ambiental, Gestión tecnológica).
18. Informes anteriores de diagnósticos energéticos o auditorías energéticas.
19. Manuales de procedimientos de operación en los procesos y equipos claves de la empresa.

Modelo matemático del proceso productivo

El modelo matemático que se propone a continuación permite analizar los datos de consumo de energía y producción para un mis-

mo período mediante el método de los mínimos cuadrados. La Figura 2 muestra el modelo matemático propuesto.

Al graficar los pares ordenados de Energía (E) Vs Producción (P) y trazar la línea que más se ajuste a dichos pares (línea base), se puede calcular analíticamente la pendiente y el intercepto de la recta, la ecuación se expresa de la siguiente forma:

$$E = mP + E_0$$

Donde:

E: Consumo de energía en el período seleccionado.

P: Producción asociada en el período seleccionado.

m: Pendiente de la recta que se interpreta como la razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la producción.

E₀: Intercepto de la línea en el eje vertical que se interpreta

Figura 2. Modelo del proceso productivo

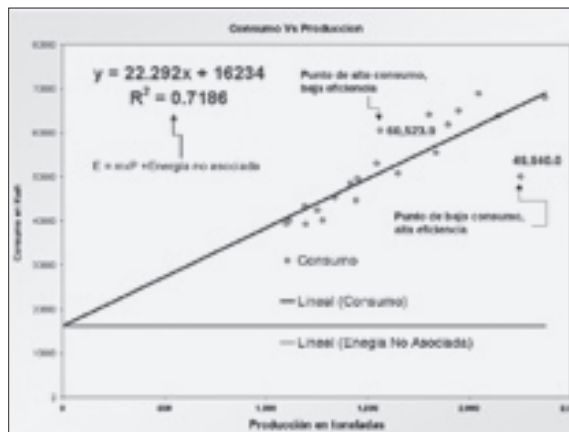
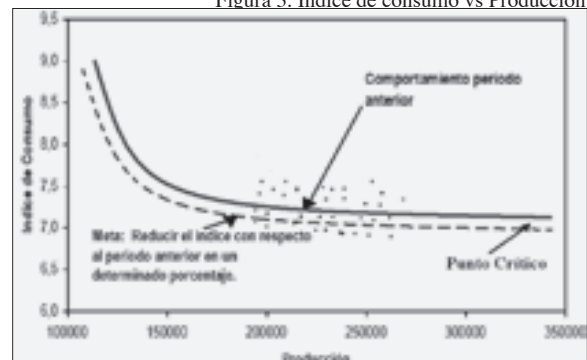


Figura 3. Índice de consumo vs Producción



como la energía no asociada a la producción.

mP: Es la energía utilizada en el proceso productivo.

Un valor de R^2 mayor de 0.85 significa que hay buena correlación (proceso de producción bajo control) y se puede hacer proyecciones futuras con base en la ecuación mostrada. En el caso de ser menor de 0.85 se debe buscar una producción equivalente o desagregar el proceso productivo.

Si se hace el mismo procedimiento con los pares ordenados de bajo consumo (por debajo de la línea base) se obtiene una línea meta. El potencial de ahorro en el proceso es la diferencia de entre la línea base y la línea meta.

Después de haber obtenido la ecuación, $E = mP + E_0$, se halla el gráfico de Índice de Consumo (IC) Vs Producción (P) que se muestra en la Figura 3 y cuya expresión se da a continuación:

$$E = mP + E_0$$

$$IC = E/P = m + E_0/P$$

$$IC = m + E_0/P$$

La curva muestra que el índice de consumo depende del nivel de la producción realizada. En la medida que la producción disminuye es posible que disminuya el consumo total de energía, pero el gasto energético por unidad de producto aumenta. El incremento de la producción disminuye, por el contrario, el gasto por unidad de producto, pero hasta el valor límite de la pendiente de la ecuación $E(P)$.

El punto donde comienza a dispararse el índice de consumo para bajas producciones se denomina punto crítico. Producciones por encima del punto crítico no cambian significativamente el índice de consumo, sin embargo, por debajo del punto crítico se incrementa cada vez más.



El buen manejo energético incide drásticamente en la producción agrícola.

Proceso de implementación del SGIE

En seguida se describen las etapas que permiten la implementación del SGIE y las actividades que la componen, con las herramientas recomendadas para su ejecución.

Etapa 1. Decisión estratégica

La primera etapa debe desarrollarse dado que generalmente las empresas no están preparadas a nivel cultural, técnico ni organizativo para comenzar la instalación y operación de un sistema de gestión, sino que necesitan de algunas actividades preparatorias que se realizan una sola vez.

En esta etapa se identifica el estado actual de la empresa, los potenciales globales de reducción de los consumos energéticos y se establece las metas energéticas basadas en estos potenciales tales como los impactos en la productividad, el medio ambiente, la utilidad, los gastos operacionales, el rendimiento y las ventas.

Actividad 1. Caracterización energética de la empresa

En esta actividad se procede a identificar el estado actual de la em-

presa en cuanto a la administración y al uso eficiente de la energía. Dicha identificación consiste en la aplicación de herramientas de caracterización para determinar el potencial global de ahorro total por reducción de la variabilidad operacional, de la planeación de la producción y de la mejora de la capacidad técnica - organizativa de la empresa.

La caracterización del estado de la empresa se puede complementar con la identificación de las capacidades de innovación; así como también es importante evaluar los avances organizacionales en relación con el estado de madurez de los procesos, los impactos de los sistemas de calidad, ambiental y los modelos de gestión humana.

En esta actividad se aplican las siguientes herramientas: Encuesta cualitativa, filtrado de outliers, diagrama de correlación E vs. P , producción equivalente, Diagrama IC vs. P , gráfico de tendencia, línea base, diagnóstico de recorrido.

Actividad 2. Compromiso de la alta dirección

Se presentan a la alta gerencia de la empresa los resultados de la

actividad anterior, se establecen los compromisos de tiempos, tareas y de reducción de costos energéticos, se determinan los requisitos para implementar el SGIE en la empresa. Se establecen los compromisos generales de la gerencia durante la instalación y operación del sistema.

Específicamente se deben definir las formas en que se garantizarán los requisitos de instalación y operación; como también precisar los objetivos y alcances del SGIE y su costo de implementación.

En esta actividad se aplican las siguientes herramientas: Informe técnico, Resumen ejecutivo, Reunión técnica y acta de inicio del proceso.

Actividad 3. Alineación de estrategias

La gerencia presenta a todas las áreas de la compañía involucradas los objetivos, plazos, resultados esperados del SGIE y métodos de trabajo que se utilizarán. Se hace énfasis en la participación, responsabilidades y los compromisos del personal de la empresa para el cumplimiento de los objetivos.

La integración del Modelo de Gestión Integral de la Energía con las políticas y estrategias de la empresa y con los modelos de gestión permite la definición clara de metas, impactos e indicadores de eficiencia.

Herramientas: Reuniones, murales, videos, realizar un acta de alineamiento del proceso de instalación del sistema de gestión integral de la energía.

Actividad 4. Definición y conformación de la estructura técnica y organizacional

En esta actividad se realiza el análisis de los diagramas unifilares de distribución de energía primaria

y secundaria, análisis o elaboración de los censos de carga de energía, diagrama de Pareto de consumo por energéticos, revisión o elaboración del flujograma del proceso productivo, identificación de posibles centros de costo energético, evaluación de la infraestructura de medición de los diferentes energéticos por centros de costo, identificación de las áreas y equipos claves de la empresa. Familiarización con la estructura orgánica de mando de la empresa, familiarización con los procesos y procedimientos del sistema organizacional que aplica la empresa para su funcionamiento.

Herramientas usadas en esta actividad: diagrama unifilar eléctrico y térmico de la empresa, flujo de producción, organigrama de la empresa, censo de carga térmica y eléctrica, diagrama de medición de energía térmica y eléctrica de la empresa. Organigrama de mando de la empresa. Manual de gestión organizacional de la empresa. Manuales de gestión de calidad, del mantenimiento, de talento humano, de seguridad y salud ocupacional. Procesos de aseguramiento de la producción, de costeo de la producción, programas y políticas establecidos en la empresa.

Etapas 2. Instalación del SGIE en la empresa

En esta etapa se realiza la instalación del SGIE en la empresa. A continuación se presenta la descripción de las actividades que permiten la instalación del SGIE en la empresa y las herramientas para llevarla a cabo.

Actividad 5. Establecimiento de los indicadores del sistema de gestión

Se realiza una caracterización energética en cada centro de costo, encontrándose los siguientes datos: Gráfico de correlación, identificación de la línea base, gráficos

de control del índice de consumo, determinación de la “producción crítica” por procesos y gráficos de tendencia para el monitoreo, gráficos base 100.

La caracterización permite validar los indicadores definir nuevos indicadores en la empresa, establecer metas alcanzables, establecer los gráficos de tendencia y base 100 en cada centro de costo, establecer el diagrama de Pareto de las pérdidas de la empresa, establecer el árbol de indicadores base 100, el gráfico de evaluación del presupuesto, el gráfico de Pareto de pérdidas absolutas y recuperables por áreas y a nivel de empresa.

Las herramientas que se aplican en esta actividad son: encuesta cualitativa, filtrado de outliers, diagrama de correlación E vs. P, producción equivalente, diagrama IC vs. P, gráfico de tendencia, línea base, 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.

Actividad 6. Identificación de las variables de control por centros de costo

Se procede a identificar las variables de control, o eventos que impactan los consumos energéticos, en cada centro de costo o subprocesos de los centros de costo de la empresa. Se realizan talleres con los operadores de cada turno de trabajo para identificar y validar las variables de control e identificar acciones, procedimientos o proyectos para el seguimiento o control de las variables identificadas. Este proceso se hace en cada centro de costo y a nivel de empresa para las áreas de gestión táctica siguientes: operación, coordinación, mantenimiento, producción. Clasificación y reducción de variables, acciones, procedimientos y proyectos.

Las herramientas usadas en esta actividad son: identificador de variables de control, mapa DMAIC Six sigma, conceptualización, filtrado de soluciones, matriz selección de mejoras.

Actividad 7. Definición de los sistemas de monitoreo

Una vez identificadas las variables de control se procede a establecer en cada centro de costo el sistema de monitoreo de la eficiencia energética del proceso. Este sistema se compone de: Software o herramienta de monitoreo, indicadores a monitorear, variables a monitorear, valores estándares, tiempo e intervalos de monitoreo, gráficos de resultados, reportes de resultados, sistema de información y divulgación de resultados, responsable del monitoreo y equipo de mejora. Este último es el que se encarga de analizar los resultados del monitoreo y adoptar las acciones correctivas o preventivas requeridas.

Las herramientas usadas para realizar esta actividad son: Monitoreo y metas, registros, gestión a la vista, plan de documentación y plan de monitoreo.

Actividad 8. Diagnóstico energético

El objetivo del diagnóstico energético es identificar las oportunidades o proyectos de ahorro energético en los equipos y procesos claves de la empresa. Para ello se realizan las siguientes actividades:

- Identificación de áreas de trabajo y equipos de diagnóstico.
- Identificar equipos y/o procesos que requieren balances de masa y energía.
- Identificar los equipos y sistemas que requieren pruebas.
- Diagnóstico a los estándares de operación: regímenes de trabajo

típicos, nivel de instrumentación, control y automatización, la planeación de la producción, planeación e indicadores del mantenimiento.

- Diagnóstico al estado técnico de los equipos, al nivel de automatización y control, al nivel tecnológico, a los efluentes energéticos y al uso de la energía y el agua.
- Desarrollar un listado de oportunidades en gestión, instrumentación, control y automatización, estado técnico, mejoras tecnológicas y recuperación de energía.
- Validación de las oportunidades identificadas con especialistas de la empresa.
- Desarrollar un listado de soluciones correspondientes a las oportunidades clasificadas.
- Validación de las soluciones con especialistas de la empresa.

Las herramientas que se aplican en esta actividad son:

- Tecnologías de diagnóstico energético.
- Balances de masa, energía, exergía y termoeconómicos.
- Criterio de expertos.
- Generador de soluciones.

Actividad 9. La vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva

Con el objetivo de fortalecer capacidades y competencias para la toma de decisiones estratégicas que ayuden a la innovación e incorporación de nuevas tecnologías eficientes, se requiere la conformación de redes de conocimiento integradas por: expertos, grupos de investigación, gremios y centros de desarrollo tecnológico, entre otros actores, que contribuyen en la definición de escenarios de

futuro y actualización permanente de las tecnologías asociadas a los procesos de la empresa con mayor consumo de energía e impacto en la productividad.

Crear mapas tecnológicos que agrupen las funciones y etapas del proceso que definen los parámetros técnicos del producto final.

Valorar las necesidades energéticas y tecnológicas en función de la productividad, de acuerdo con indicadores y metas de ahorro energético, con el fin de seleccionar y evaluar las alternativas tecnológicas.

Como resultado de esta actividad se espera tener los criterios suficientes para la selección y ubicación de los proveedores con mayor conocimiento y manejo de la tecnología y de su aplicación en los procesos productivos.

Las herramientas que se aplican en esta actividad son: Mapas tecnológicos, técnicas de análisis multicriterio, técnicas para el diseño de escenarios y toma de decisiones, técnicas para la gestión tecnológica, de la innovación y del conocimiento.

Actividad 10. Plan de medidas de uso eficiente de la energía

En esta actividad se debe identificar y realizar la valoración técnica, económica, y ambiental de medidas de uso eficiente de la energía a corto, mediano y largo plazo.

Estas medidas pueden clasificarse de la siguiente forma:

- No requieren cambios tecnológicos.
- Requieren cambios tecnológicos.
- Por el tiempo de recuperación de la inversión.
- Por el costo de la inversión inicial.

- Por el tiempo de ejecución.

Igualmente se recomienda diseñar y utilizar mecanismos que estimulen la generación de ideas y proyectos de innovación. También se debe aprovechar la experiencia del recurso humano en la empresa, por ejemplo: la experiencia de los operarios en el área de producción, la experticia de los ingenieros de mantenimiento, etc.

Las herramientas que se aplican en esta actividad son: Matriz selección de mejoras, análisis costo-beneficio, análisis económico simple, métodos de evaluación de impacto ambiental, modelos de costos de la empresa y modelos de evaluación financiera.

Actividad 11. Actualización y validación de la gestión organizacional del SGIE

- Esta actividad busca la actualización del SGIE y realizar la validación de éste sistema dentro de la gestión de la organización. Para ello se recomienda seguir los siguientes pasos:
- Actualizar el equipo responsable de la gestión energética (Comité, Junta, equipo de mejora, etc.), definiendo las funciones, responsabilidades y autoridades.
- Definición de la política energética; de los objetivos y sus metas de consumo y de reducción de pérdidas, definición de proyectos generales asociados a los objetivos, inclusión del SGIE en el sistema de gestión gerencial.
- Determinación de actividades, requerimientos y nuevos procedimientos en las áreas de gestión organizacional: ventas, compras, gestión tecnológica, innovación, contabilidad, proyectos, gestión humana, seguridad y salud ocupacional, medio ambiente, procesos gerenciales, etc.

- Establecimiento del Plan de Comunicación del SGIE.

- Establecimiento y registro de los programas de trabajo: Programa de competencias del personal, Programa de mantenimiento dirigido a la eficiencia energética, Programa de buenas prácticas operacionales, Programa de innovación y gestión tecnológica, Programa de medidas a corto, mediano y largo plazo, Programas específicos de cada empresa (estandarización de la operación, control de pérdidas, control de impacto ambiental, etc.).

Las herramientas que se aplican en esta actividad son: Manuales de gestión empresarial, herramientas de alineación empresarial, herramientas de planeación y control de procesos y herramientas de documentación, registro y procedimientos.

Actividad 12. Preparación del personal

Esta actividad consiste en realizar las tareas relacionadas con la capacitación del personal en relación con el SGIE, éstas son:

- Identificar el personal clave de la empresa para implementar el Uso Racional de la Energía – URE, así mismo identificar las competencias que debe tener dicho personal.
- Realizar un plan de preparación y estimulación del personal.
- Realizar un plan de evaluación de competencias y de la estimulación del personal.
- Entrenar al personal en buenas prácticas de operación y mantenimiento.
- Entrenar al personal en nuevas metodologías de gerencia energética en la industria.
- Entrenar al personal para la comprensión y administración del SGIE.

- Entrenar al personal para el autodiagnóstico y el mantenimiento dirigido a la eficiencia de los equipos claves.

Las herramientas que se aplican en esta actividad son: Plan de recursos humanos, encuestas, talleres de actualización.

Actividad 13. Elaboración de la documentación del SGIE

En esta actividad se debe definir el sistema de documentación del SGIE. Con este objetivo se deben realizar los documentos correspondientes a los procedimientos, los registros y los manuales. Estos son documentos esenciales para implementar el SGIE y estandarizar los procesos al interior de la empresa.

- Documentos correspondientes a los procedimientos.
- Procedimiento de comunicación.
- Procedimiento de control y de modificación de documentos del SGIE.
- Procedimiento para la compra de energía.
- Procedimiento para la ejecución de acciones correctivas y preventivas.
- Procedimiento para la auditoría periódica al SGIE.
- Procedimiento para elaborar instrucciones de trabajo del SGIE (instrucciones de operación, de mantenimiento, de producción, etc.).

Se recomienda que cada documento de procedimiento, tenga la siguiente estructura.

1. Encabezado.
2. Título.
3. Objetivos.
4. Alcance.
5. Responsabilidad.

6. Documentación (identificación, recolección, acceso, indexado, clasificación, vigencia, conservación, almacenamiento, disposición).
7. Comunicación.
8. Método de aseguramiento.
9. Otros.

Documentos correspondientes a los registros. Los documentos que se deben desarrollar son:

- Resultados de las revisiones de la gerencia al SGIE.
- Análisis y decisiones tomadas por la gerencia sobre modificaciones, expansiones o compra de equipos, sistemas o procesos que impactan significativamente el uso de la energía.
- Evaluación de las ofertas de proveedores de energéticos.
- Evaluación de los contratos definitivos de compra de energía.
- Cambios de procedimientos establecidos.
- Justificación de acciones correctivas y preventivas.
- Resultados de las auditorías al SGIE.
- Actividades de entrenamiento al personal vinculado con la energía.
- Actividades de los equipos de mejora.

Se recomienda que cada documento de registro, tenga la siguiente estructura.

1. Encabezado
2. Título.
3. Objetivo.
4. Alcance.
5. Responsabilidad.
6. Método de aseguramiento.
7. Identificación.

8. Recolección.
9. Acceso.
10. Indexado.
11. Clasificación.
12. Conservación.
13. Almacenamiento.

• Documento correspondiente al Manual de Energía. Este documento debe contener los siguientes ítemes:

1. Breve información general e histórica de la empresa.
2. Visión de la empresa.
3. Misión de la empresa.
4. Responsabilidad gerencial.
5. Política energética de la empresa.
6. Objetivos y metas de la política energética.
7. Organización del SGIE.
8. Recursos del SGIE.
9. Representante de la Gerencia para el SGIE.
10. Revisión por la gerencia del SGIE.
11. Breve descripción del Sistema de Gestión Energética (SGIE).
12. Alcance del SGIE.
13. Objetivos y metas por áreas del SGIE.
14. Manual de procedimientos del SGIE.
15. Registros.

Se recomienda que el Manual de Energía tenga el siguiente contenido:

1. Informe técnico de caracterización energética de la empresa y de cada centro de costo.
2. Encuesta del estado actual del sistema de gestión energética.
3. Protocolo de compromiso de implementación del sistema.

4. Esquema de medición actual y del esquema recomendado.
5. Diagrama energético productivo de la empresa.
6. Diagrama de Pareto de los consumos térmicos y eléctricos por áreas y por equipos.
7. Diagrama de Pareto de las pérdidas absolutas y recuperables por gestión de la empresa por portador energético primario.
8. Tabla resumen de los modelos de consumo, índices de consumo, metas, potenciales de ahorro recuperables por gestión de cada área.
9. Árbol de indicadores base 100 de eficiencia energética de la empresa por portador energético primario.
10. Organigrama de la empresa con la estructura del SGIE propuesto.
11. Modelo del control de procesos gerenciales con la inserción del sistema integral de gestión energética propuesto.
12. Software o herramienta de monitoreo por centros de costo y a nivel de la empresa.
13. Procedimiento de monitoreo por centros de costos y a nivel de la empresa.
14. Tabla de registro y control de las variables de control para el uso eficiente de la energía, por centros de costo.
15. Plan de medidas a corto, mediano y largo plazo.
16. Actividades de alineación del SGIE en la gestión organizacional.
17. Programa de mantenimiento dirigido a la eficiencia.
18. Programa de buenas prácticas operacionales.
19. Programa de innovación y gestión tecnológica.

20. Programas específicos de cada empresa. (Estandarización de la operación, control de pérdidas, control de impacto ambiental, etc.).
21. Plan de preparación del personal.
22. Plan de evaluación de calificación, competencias y de estimulación del desempeño del personal.
23. Plan de comunicación del SGIE.
24. Metodología de la auditoría al sistema.
25. Planes de medidas producto de las auditorías.

Actividad 14. Auditoría interna al SGIE

En esta actividad se realiza la auditoría interna del SGIE. Para ello se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Establecer la metodología de la auditoría.
- Revisión del cumplimiento de los requerimientos.
- Identificación de las no-conformidades.
- Establecimiento de las acciones correctivas y preventivas.
- Seguimiento del cumplimiento de las acciones correctivas.

Las herramientas que se aplican en esta actividad son: Listas de chequeo, Manual de energía, registro de no-conformidades, protocolo de la auditoría.

Etapas 3. Operación del sistema de gestión integral de la energía en la empresa.

Finalizada la segunda etapa del MGIE, se espera que el SGIE haya sido instalado en la empresa. Por lo tanto, la tercera etapa tiene como objetivo, mediante la operación del SGIE, asegurar la mejora continua de la gestión energética y evaluar el desarrollo de la cultura

por la eficiencia energética, de tal forma que se mantenga el interés y el compromiso de los niveles estratégicos, tácticos y operativos de la empresa.

Las actividades que se realizan en esta etapa son:

Actividad 15. Seguimiento y divulgación de indicadores.

Los indicadores de gestión energética, definidos en la segunda etapa, deben ser monitoreados constantemente y divulgados en todos los niveles de la empresa como parte del Plan de comunicación del SGIE.

Actividad 16. Seguimiento y evaluación de buenas prácticas de operación, mantenimiento, producción y coordinación.

En esta actividad se debe realizar el seguimiento y evaluación de las buenas prácticas de operación, mantenimiento y producción realizadas por el personal. Así mismo se debe evaluar el estado de comprensión y administración del SGIE alcanzado por el personal.

Actividad 17. Implementación de programas y proyectos de mejora.

En esta actividad se implementan los programas o proyectos identificados en la actividad 10: Plan de medidas de uso eficiente de la energía.

Actividad 18. Implementación del Plan de entrenamiento y evaluación del personal.

Esta actividad consiste en implementar los planes de capacitación del personal desarrollados en la actividad 12 de la segunda etapa. El personal que participa en los planes de capacitación debe ser evaluado.

Actividad 19. Chequeos de gerencia.

La alta dirección de la empresa debe realizar un chequeo de los

avances del SGIE en la empresa una vez concluidas las actividades anteriores.

Actividad 20. Ajustes del sistema de gestión.

De acuerdo con los resultados de los chequeos realizados en la actividad anterior, y si la gerencia y el equipo responsable lo considera necesario, se deben realizar ajustes al SGIE.

Actividad 21. Evaluación de resultados.

El equipo responsable de la gestión energética debe evaluar los resultados de la operación del SGIE en la empresa durante un periodo no mayor a seis meses, desde la puesta en operación del sistema. Si el equipo considera conveniente puede requerir a consultores externos para esta evaluación.

En las actividades correspondientes a la tercera etapa del MGIE se usan las siguientes herramientas: gráfico de tendencia, gráfico base 100, alineación de sistemas, reuniones de control, reuniones de mejora, tecnologías de ajuste y optimización de equipos energéticos y productivos.

Ejemplo de aplicación: Caso Biofilm S.A.

El Modelo de Gestión Integral de la Energía fue aplicado en tres empresas demostrativas: Biofilm S.A., Cerrejón S.A. y Fagrade S.A., cumpliendo lo establecido en el Proyecto Programa de gestión integral de la energía para el sector productivo nacional.

A continuación se presenta un resumen de cómo se realizó la implementación en la empresa Biofilm S.A.

Acerca de la empresa Biofilm S.A.

Biofilm S.A. es uno de los productores de película de Polipropi-

leno Biorientado (PPBO) de mayor capacidad instalada en Suramérica y es hoy en día el mayor exportador de PPBO latinoamericano.

Biofilm S.A. cuenta con una primera planta de tres líneas de producción localizada en Cartagena-Colombia y se ha expandido internacionalmente con una segunda planta en Altamira-México, en el 2004.

En Biofilm S.A. se producen películas coextruídas, metalizadas, opacas, etiquetas y planas fabricadas de acuerdo con las exigencias del usuario final del empaque.

Biofilm S.A. cuenta con un Departamento de Investigación y Desarrollo dedicado a la innovación de nuevos productos.

Metodología

Objetivos de la Gestión Energética en Biofilm

- Crear una cultura empresarial del uso eficiente de la energía.
- Dirigir el mantenimiento hacia la eficiencia energética.
- Conocer el impacto de los costos de energía, por tipo de producto y proceso.

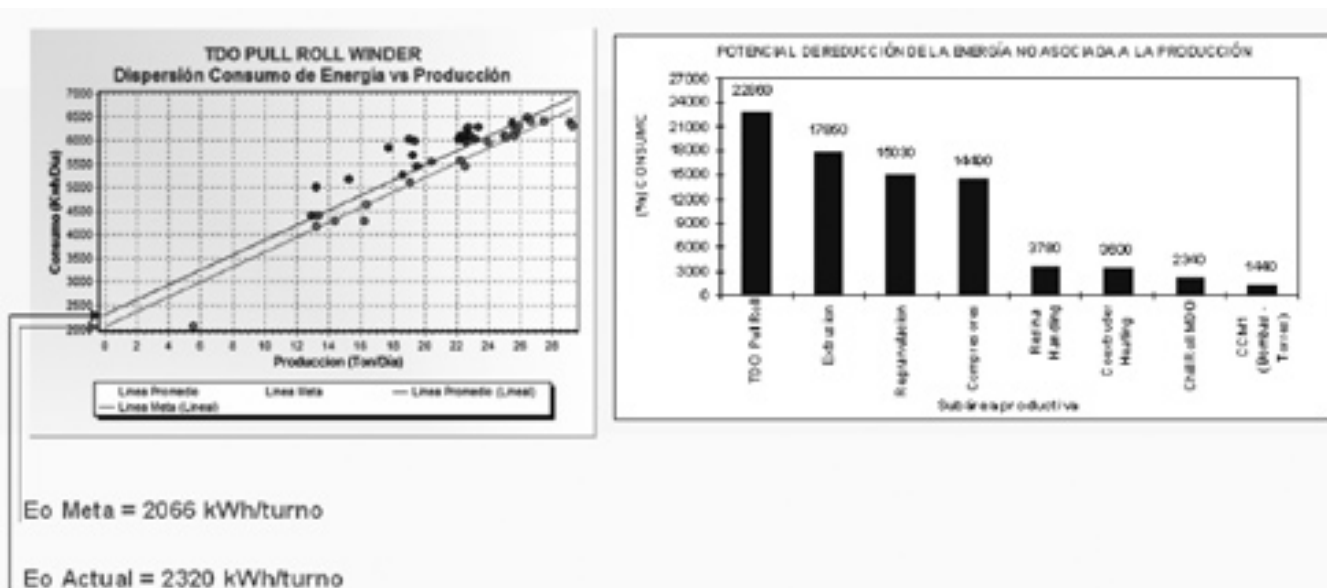
- Identificar acciones operacionales que ocasionan variabilidad en los índices de consumo energético.
- Mantener un programa de mejoramiento continuo de la eficiencia energética.
- Identificar el impacto de las tecnologías de proceso productivo en los índices de consumo de energía.
- Incluir en los criterios de planeación de la producción, los índices de consumo energético.

Establecimiento de metas

La etapa de caracterización global tiene como resultado la identificación de los potenciales de reducción de los consumos energéticos, y el establecimiento de metas energéticas basadas en estos potenciales.

En el proceso de alineación se busca orientar al personal clave hacia la consecución de las metas energéticas de la compañía. A continuación se presentan las acciones de gestión requeridas por cada departamento de la organización:

1. Planeación de la producción
 - Presupuesto de la energía asignada para la producción de cada línea.
2. Gerencia
 - Chequeo de los indicadores energéticos con igual frecuencia que se chequean los indicadores financieros y productivos.
3. Producción y operación
 - Identificación y monitoreo de las variables del proceso productivo que impactan la eficiencia energética.
 - Mejoramiento de la eficiencia energética en todos los eventos productivos: operación normal, paradas, arranques, cambios de productos, ensayos.
4. Mantenimiento
 - Implementación de indicadores de mantenimiento energético en equipos claves.
5. Aseguramiento de la calidad
 - Auditoría de los procedimientos de gestión energética.



6. Contabilidad y finanzas

- Asignación de costo energético a cada tipo de producto y proceso.

Luego de establecidos los centros de costo energético, se procede con la identificación de las variables de control energético, lo cual se hace mediante talleres interactivos con el personal de operación y mantenimiento de los equipos y/o procesos estudiados.

Las variables de control que impactan la eficiencia energética se asocian a los siguientes factores:

- Estado técnico de los equipos (Controlable)
- Variables operacionales (Controlable)
- Condiciones ambientales (No controlable)
- Coordinación entre áreas (Controlable)
- Variables productivas (Controlables y no controlables)
- Cultura de uso eficiente de la energía

Entrenamiento del personal.

Campaña publicitaria por uso eficiente de la energía.

Divulgación de indicadores energéticos.

- Gestión Energético - Productiva

Diagnóstico energético de variables operacionales.

Identificación de costo energético por producto.

Procedimientos de buenas prácticas.

- Auditoría energética a sistemas y equipos clave

Compresores de aire, chillers, torres de enfriamiento.

- Establecimiento de indicadores de mantenimiento energético:

Indicadores energético – productivos de proceso. Ejemplo: kWh extrusión/Tonelada; lbv/Tonelada

Indicadores de mantenimiento dirigido a la eficiencia (basados en variables de operación de los equipos). Ejemplo: Diferencial de temperatura en trampas de vapor, kWh/cfm en ventiladores, lbv/TR en chillers de absorción.

Indicadores de costo energético en equipos claves. Ejemplo:

- Regranulación = 350 kWh/Ton = \$49350/Ton
- Torre de enfriamiento = \$15/TR
- Sistemas de agua fría = (18 lbv/TR + 0,387kWh/TR) = \$153/TR
- Adaptación de rutinas de mantenimiento de acuerdo con la etapa de auditoría y medición de eficiencia energética

Distribución de potenciales de mejoramiento identificados en Línea 3

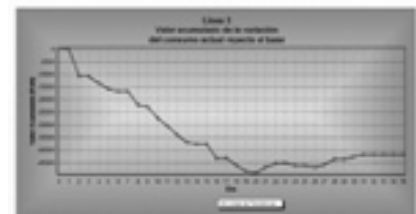
Identificación del impacto de cambios tecnológicos en la eficiencia energética

Luego de la actualización tecnológica se redujo el índice de consumo tecnológico de 424,93 kWh/Ton a 324,06 kWh/Ton.

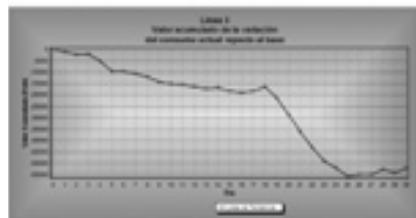
La energía no asociada a la producción se mantuvo casi constante, igual que la variabilidad de la energía no asociada a la producción. Es decir, se mantuvieron los potenciales de reducción del consumo eléctrico mediante la gestión energética.

El índice de consumo eléctrico global se redujo aproximadamente un 8%.

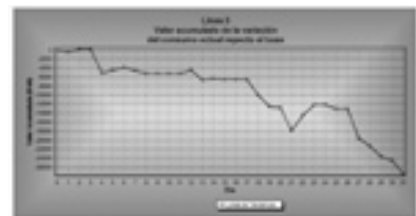
Tendencias de los consumos de energía eléctrica en Línea 3 respecto a abril de 2007



Mayo 2007 Ahorro: 41918 kWh/mes
19,76% de la meta energética



Junio 2007 Ahorro: 51201 kWh/mes
24,14 % de la meta energética



Julio 2007
Ahorro: 27449 kWh/mes
12,94 % de la meta energética

Sistema	Potencial de reducción del costo de energía eléctrica (\$/mes)	Porcentaje
Agua fría	\$ 7.964.100	36,30%
Aire comprimido	\$ 4.923.015	22,46%
Regranulación	\$ 4.145.400	18,91%
Línea 3 (operación)	\$ 2.467.218	11,25%
Iluminación	\$ 2.423.790	11,06%
Totales	\$ 21.923.526	100,00%

Porcentaje medidas de media inversión	52%
Porcentaje medidas sin o de baja inversión	47%



Tendencias de los consumos de energía eléctrica en Línea 3 respecto a abril de 2007

- Principales acciones:
 - Incremento de la velocidad de proceso.
 - Control de uso de la iluminación.
 - Mantenimientos en circuitos neumáticos y compresores.
 - Control de operación de equipos en vacío.

Tendencias de los consumos de vapor en Línea 3 respecto a abril de 2007

- Principales acciones:
 - Mantenimiento de trampas de vapor.
 - Corrección de fugas de vapor.
 - Aislamiento de tuberías de vapor.

6. Conclusiones

Este trabajo propone un modelo de gestión energético para el sector productivo colombiano denominado Modelo de Gestión Integral de la Energía (MGIE). El MGIE es una guía práctica para instalar en la empresa el Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE).

El MGIE ha sido desarrollado considerando las experiencias de gestión energética nacionales e internacionales en los últimos quince años y considerando el estado de desarrollo del sector productivo nacional.

El MGIE está formado por tres etapas de desarrollo: la decisión estratégica, la instalación y la operación. Estas etapas garantizan la adquisición de la cultura, la tecnología y el nivel organizacional requerido para que la gestión energética sea integral y continua en el tiempo.

El MGIE constituye una tecnología de gestión de baja inversión y gran impacto sobre los costos de producción y la productividad empresarial.

La adopción del MGIE para la gestión energética empresarial en Colombia, conjuntamente con una Norma de Gestión Integral de la Energía, puede constituir un elemento esencial para la reducción de la intensidad energética del sector productivo y el incremento de su competitividad frente a otros mercados.

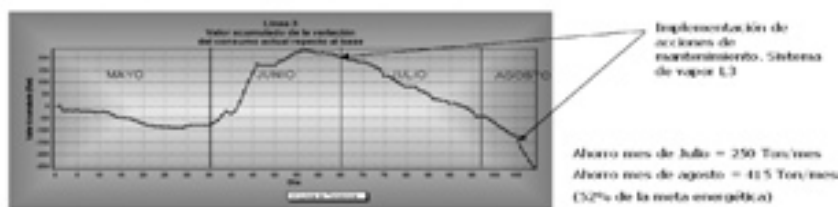
Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a las siguientes instituciones: Colciencias, UPME, Universidad del Atlántico y Universidad Autónoma de Occidente, por el financiamiento y apoyo en el desarrollo de este trabajo. ⚙️

Bibliografía

1. Campos J, Carmona G. y López D. Caracterización energética de empresas industriales. Memorias I Congreso Internacional sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía. CIUREE 2004. pp.314-318, ISBN.958-33-7132-7. Cali, Colombia, 2004.
2. Campos J., Gómez R. y Santos L. Eficiencia energética y competitividad de empresas.

- ISBN 959-257-019-1. Editorial UCF.80p., Cuba, 1998.
3. Campos J., Prías O., Quispe E; Vidal J.; Lora E., *et al.*. Proyecto "Programa de gestión integral de la energía para el sector productivo nacional". Segundo Informe Parcial. Proyecto UPME, Colciencias, Universidad del Atlántico y Universidad Autónoma de Occidente. Diciembre, 2006.
4. Campos J.C. Caracterización del uso de la energía en el sector industrial de la ciudad de Barranquilla. Revista Magazin. ISSN 1900-9119. No.11. Año 2006. Pág. 27.
5. Vidal J., Quispe E; Prías O.; Campos J., Análisis comparativo de las metodologías aplicadas internacionalmente para la gestión energética. Memorias II Congreso Internacional sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía, ISBN 978-958-670-553-0, CIUREE 2006. Cali, Colombia, 2006.
6. Vidal J., Quispe E; Prías O.; Campos J., Modelos de Gestión. Un análisis crítico. Aceptado para su presentación en el I Congreso Internacional de Materiales, Energía y Medio Ambiente. CIMEM 2007. Barranquilla, Colombia, 2007.
7. Molina M. La alineación estratégica de los recursos humanos a la gestión organizacional. Curso de Entrenamiento. Universidad Nacional de San Marcos, Lima, Perú. Año 2004-2005.
8. Prías O. Gestión integral de la eficiencia energética en ambientes competitivos: Un nuevo enfoque. Memorias I Congreso Internacional sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía. CIUREE 2004, pp.373-375, ISBN.958-33-7132-7, Cali, Colombia, 2004.
9. Prías O. Gestión estratégica integral de la eficiencia energética en ambientes competitivos. Tesis de Maestría con Opción al Doctorado. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Facultad de Ingeniería Mecánica. CEEMA. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Cienfuegos, Cuba. Abril, 2006.
10. Universidad Pontificia Bolivariana. Control del consumo energético. Herramientas para el control de variables por proceso. Primera edición. Edit. Universidad Pontificia Bolivariana. 2001.
11. Posada E. Guía de buenas prácticas en uso racional de la energía para el sector de la pequeña y mediana empresa. Publicación Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales. Ministerio del Medio Ambiente. ISBN 97200-6-3. Medellín, Colombia, 2002.
12. Campos J., Lora E. y Merino L. Tecnología para la gestión energética empresarial. Memorias I Congreso Internacional sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía. CIUREE 2004, pp. 319-323, ISBN.958-33-7132-7. Cali, Colombia, 2004.
13. Prías O. Gestión estratégica integral de la eficiencia energética en ambientes competitivos. Tesis de Maestría con Opción al Doctorado. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Facultad de Ingeniería Mecánica. CEEMA. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Cienfuegos, Cuba. Abril, 2006.
14. Campos J., Prías O., Vidal J., Quispe E; Lora E. Propuesta de un modelo de gestión energética para el sector productivo colombiano. Memorias II Congreso Internacional sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía, ISBN 978-958-670-553-0, CIUREE 2006. Cali, Colombia, 2006.



- ✓ Principales acciones:
 - Mantenimiento de trampas de vapor
 - Corrección de fugas de vapor