

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL

RESUMEN

En este trabajo se muestran los pasos a seguir para implementar un programa de administración de la Energía en el sector industrial y los avances al respecto logrados en un ingenio azucarero colombiano.

PALABRAS CLAVES: Administración de energía, eficiencia de energía, cogeneración, industria del azúcar

ABSTRACT

In this work, a methodology to implement an energy Management program in the industrial sector and the Achieved results in a Colombian sugar mill are shown.

KEYWORDS: *Energy Management, energy efficiency cogeneration, sugar industry*

TITO A CALDERÓN.

Ingeniero Electricista
Jefe Departamento Eléctrico
Ingenio Río Paila S.A., La Paila,
Colombia

FERNANDO VILLADA D.

Ingeniero Electricista, Msc, Phd.
Grupo de Investigación en Manejo
Eficiente de la energía eléctrica GIMEL
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Antioquia, Medellín,
Colombia
Fvillada@udea.edu.co

JOSÉ JOAQUÍN MURILLO S.

Ingeniero electricista, Msc.
Profesor Titular,
Universidad Tecnológica de Pereira,
Colombia
jmurillo@utp.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La introducción de nuevas tecnologías y las necesidades de mejorar y optimizar los procesos en la industria han exigido la implantación de nuevos métodos y procedimientos para lograr los objetivos programados.

Es así como se ha generalizado la implantación y uso de técnicas de mantenimiento como mantenimiento predictivo, mantenimiento sistemático, etc. agrupadas ahora bajo la denominación de técnicas para administrar el mantenimiento [1].

Pero si bien en primera instancia los objetivos se concentran en lograr los mínimos tiempos perdidos en la producción y la reducción de los costos de mantenimiento y almacenamiento de materiales, ahora también nos debe interesar que los equipos y el proceso funcionen eficientemente y se optimice el uso de la energía en la industria. Para lograr estos objetivos se han desarrollado una serie de técnicas y procedimientos denominados “Administración de la Energía” de tal forma que su implantación permita que una fábrica opere eficientemente y se logre el control sobre el uso de la energía, eliminando los desperdicios y minimizando las pérdidas.

A pesar de tener la industria azucarera características favorables para el aprovechamiento del combustible de su materia prima (bagazo), y de mantener equilibrio entre las disponibilidades y requerimientos energéticos, las

exigencias reales con las nuevas tecnologías y objetivos de la empresa y las posibilidades en el desarrollo económico del país han demostrado que cualquier esfuerzo y avance en este campo es bien recibido y recompensado.

En este trabajo se muestran los pasos a seguir para implementar un programa de administración de la energía y los avances logrados en un ingenio azucarero colombiano.

2. ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA Y ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La administración de energía es el arte de planear, dirigir y controlar el uso de la energía en la industria. Se dice que la administración de energía es en su mayoría actitud y en menor grado (aproximadamente 20%) tecnología.

La energía que se usa en cada proceso, por lo general excede al mínimo requerido para cada caso. Esta energía adicional corresponde a las pérdidas inherentes al proceso y el desperdicio; la administración de energía se encarga de reducir al mínimo las pérdidas y eliminar los desperdicios.

La administración de energía tiene dependencia directa de la administración del mantenimiento. Para poder hacer una evaluación energética de un equipo equerimos de un historial de operación, reportes de trabajos, reformas

efectuadas y de una información completa de su estado y características. Esto se logra con la infraestructura creada en la administración del mantenimiento.

En primer lugar se requiere que los equipos sin importar su grado de eficiencia, funcionen adecuadamente para luego poder pasar a estudiar las posibilidades de mejorar su eficiencia energética. De esta forma, la administración del mantenimiento crea una disciplina y metodología de trabajo que al ser adoptada por los encargados de la administración de energía posibilita el logro de los objetivos.

3. CÓMO IMPLEMENTAR UN PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA

El primer paso técnico a dar en un programa de administración energética es la auditoria de energía que se hace a través de investigaciones y muestreos de donde y como la energía está siendo utilizada y/o desperdiciada.

La auditoria es la herramienta básica en todo programa de administración de energía. De esta forma, a las tareas para optimizar el uso de la energía en cada etapa, corresponden unas labores de auditoria, las cuales son necesarias para detectar en que casos se deben tomar medidas correctivas y cuales serían.

La implementación de un programa de administración de energía se puede dividir en tres etapas a saber:

3.1 Etapa 1. Costumbres en Casa

Al desear establecer a mediano plazo un programa de administración de energía en una empresa, lo primero que se debe desarrollar son una serie de tareas y trabajos llamados de costumbres en casa, los cuales implican pocos desembolsos y a la vez producen grandes beneficios en los costos energéticos de la planta.

Es decir, el programa se comenzará con ahorros pequeños y de mediana consideración, pero de rápida obtención y a un costo insignificante; a la vez estos ahorros rápidos motivarán la realización del programa en una forma seria y continuada. Algunas de las tareas correspondientes a esta etapa son los siguientes:

- Mantener las tuberías de fluidos calientes adecuadamente aisladas (a la vez es una tarea de administración de mantenimiento y de seguridad industrial).
- Eliminar escapes de fluidos por válvulas, conexiones de tuberías, equipos, etc. Estos escapes son generalmente de naturaleza continua, lo que representa grandes pérdidas no solamente de vapor,

sino también de agua, condensado y aire comprimido.

- Mantener ajustadas correctamente las válvulas de seguridad para vapor, aire, gases, etc. con el objetivo de evitar pérdidas por disparos innecesarios de las mismas.
- Seleccionar adecuadamente las trampas de vapor y mantener vigilancia sobre su operación y mantenimiento. Se debe tener especial cuidado con la dependencia entre la capacidad de descarga de la trampa y el área de la válvula, la caída de presión a través de la misma y la temperatura del condensado.
- Limpieza y revisiones periódicas a evaporadores, condensadores e intercambiadores de calor.
- Control de las reparaciones internas y externas a la fábrica. Se debe cuidar al máximo que los equipos al ser reparados no pierdan sus características de eficiencia.
- Reemplazar las lámparas de baja eficiencia y corta duración.
- Desarrollar los programas de producción y puesta en operación de equipos de acuerdo a los horarios óptimos de utilización del servicio de energía eléctrica teniendo en cuenta las alternativas ofrecidas por la empresa de energía.
- Mejorar el voltaje de la planta, con lo cual se logra mantener la eficiencia de los equipos, mejorar la productividad y reducir los costos de energía.

A la auditoria en este primer nivel le corresponden tareas de tipo estadístico recopilando todos los datos existentes sobre el uso de la energía en la planta, por lo menos durante los últimos doce meses. Debe comprender datos sobre el consumo de electricidad, vapor y combustibles relacionándolos con la producción total de la fábrica en el mismo periodo.

En este primer nivel también se debe incluir un examen general de las labores de la administración del mantenimiento que tengan que ver con el uso de energéticos. Adicionalmente se recomienda obtener las estadísticas de energéticos y de producción por cada área y efectuar rutas de inspección por toda la fábrica para detectar usos incorrectos de los energéticos que se pueden remediar con las tareas incluidas en la etapa 1.

3.2 Etapa 2. Desarrollo del Programa De Administración de Energía

Esta etapa que se recomienda implementar una vez se tengan totalmente desarrolladas las tareas enumeradas en la etapa 1, incluye a nivel general.

- a) Creación de una infraestructura organizativa y física que permita adelantar las tareas de esta etapa y el nivel de auditoria correspondiente.

b) Adopción de procesos industriales de menor costo energético. Tales procesos, si bien implican mayores inversiones y más largas esperas para su amortización que el simple cuidado en casa, resultarán en considerable economías.

Las tareas más importantes a realizar en esta etapa son las siguientes:

- Cambiar quemadores de combustibles obsoletos por modelos eficientes.
- Instalar controles de combustión en las calderas que no los tengan.
- Instalar sistemas automáticos de encendido y apagado en aquellos equipos que lo permitan.
- Utilizar turboacopladores de velocidad variable, o motores de velocidad variable en todas aquellas aplicaciones donde se requiera controlar el flujo de fluidos, presión, nivel, temperatura y en los cuales se estén utilizando válvulas de control con sistemas a velocidad constante.
- Utilizar el calor residual de subproductos o desechos para transferir energía a otros procesos.

La auditoría energética en el nivel II comprende los siguientes aspectos:

- Un examen o diagnóstico de los procesos o sistemas en particular, para lo cual se deben instalar medidores de prueba y desarrollar un diagrama de balance de energía sobre el cual se hacen recomendaciones y mejoras. Entre las recomendaciones se deben incluir propuestas técnicas, costos, beneficios y retorno de la inversión.
- Completar la información de todos los consumos energéticos y materias primas auxiliares a la producción para obtener una relación de por lo menos 12 meses sobre la cual se deben hacer comparaciones estimativas y de comportamiento por unidad de producción.
- Elaborar un inventario de las eficiencias de todos los equipos que intervienen en el proceso: transformadores, motores, generadores, reductores, turbinas, bombas, ventiladores, calderas, intercambiadores de calor, evaporadores, variadores, sistemas hidráulicos, compresores y transmisiones entre otros. De estos se deben determinar cuales son los de más baja eficiencia y de acuerdo a su incidencia económica programar su renovación.
- Elaborar un balance general de energía.
- Analizar posibles fuentes alternas de energía para utilizar en el proceso y sus implicaciones técnico-económicas.

- Determinar la posibilidad de utilización de los desechos y/o subproductos del proceso principal en energéticos, reciclaje, otros productos, etc.
- Intervenir en la compra de nuevos equipos y asegurarse que la decisión de compra considere sus características de eficiencia. Es más fácil conseguir el ahorro en la concepción original (pedido e instalación del equipo) que lograrlo mediante modificaciones posteriores.
- Pronosticar los suministros futuros de energéticos y sus costos con exactitud razonable.
- Estudiar y tener presentes las sobrecargas permisibles en todos los equipos. Esto puede eliminar en muchos casos la necesidad de compra de maquinaria al utilizar adecuadamente las sobrecargas admisibles.
- Efectuar un ordenamiento en motores, bombas y turbinas de tal forma que trabajen a una capacidad donde se logre el mayor rendimiento del equipo.

3.3 Etapa 3. Monitoría Energética

Monitoría energética es un sistema de medida que registra la producción y uso de la energía en cada centro de costo o línea de producción de la fábrica. La información obtenida es procesada utilizando un software adecuado permitiendo hallar en cualquier momento la energía producida y/o consumida en determinada parte de la fábrica.

La monitoría energética corresponde a los últimos avances en la administración de energía; la información obtenida nos ayuda a:

- a) Mejorar la eficiencia en el uso de la energía.
 - Reduciendo la carga base.
 - Aumentando la eficiencia del proceso.
- b) Mejorar la productividad.
 - Aumentando los promedios de producción.
 - Mejorando la calidad del producto.
 - Reduciendo el desperdicio.
 - Disminuyendo el tiempo muerto del equipo.
- c) Mejorar la toma de decisiones.
 - Suministrando la información necesaria para la utilización al máximo del equipo existente, logrando que posibles nuevas instalaciones sean pospuestas.
 - Suministrando la información sobre los procesos existentes y su operación, de manera que puedan ser comparados con los que se proyecte ampliar en el futuro.
- d) Mejorar la asignación de costos.
 - Midiendo en forma precisa los costos unitarios de cada proceso o unidad de producto.

La auditoria en el tercer nivel comprende la aplicación del estado actual de adelanto de la monitoría energética a los procesos industriales, lo cual conlleva por lo general a un gasto apreciable en medidores y sistemas computarizados. El objetivo es obtener información en vivo de todo el estado de la planta lo que implica tener la administración del proceso a través de los controles automáticos.

El sistema de monitoría energética exprime al máximo el presupuesto energético pero a la vez agota totalmente las posibilidades de desperdicio y mal uso de la energía. Por esta razón sólo se justifica en grandes plantas industriales.

4. QUIÉNES SON LOS RESPONSABLES EN CADA ETAPA

En las dos primeras etapas, una sola persona puede encargarse de todo el trabajo. Sin embargo es asunto crucial que la persona responsable tenga todo el tiempo y apoyo necesario para desarrollar el programa. Se requiere además que los demás miembros de la organización estén enterados del trabajo a efectuarse y respalden al encargado en lo que sea necesario.

En fábricas de organización más compleja se nombra un comité energético encabezado por un coordinador quien será el responsable de llevar a cabo el programa y responder por sus resultados. A este coordinador se le debe dar el entrenamiento y orientación necesarios.

El comité debe tener miembros de cada departamento que tenga consumos energéticos, materias primas y equipos. Nadie conoce mejor un área en particular que el encargado de la misma; es dicha persona quien debe administrar la energía en esa área bajo la dirección del coordinador general.

Para lograr el apoyo permanente de la gerencia, los administradores de la energía tendrán que desarrollar y presentar sus programas como inversiones con remuneraciones y tiempos de recuperación predecibles, en lugar de costos irre recuperables. Tendrán que demostrar que clase de remuneración (tanto de energía como en ahorro de costos) puede esperarse de cada proyecto y durante que periodo de tiempo.

5. RESULTADOS DEL PROGRAMA

A continuación se relacionan las actividades y resultados del programa de administración de la energía en un ingenio azucarero del Valle del Cauca.

- Se elaboró un programa de actividades y trabajos correspondientes a la etapa 1 y a realizarse a corto plazo. Esta tarea que tiene como objetivo la eliminación del desperdicio y la disminución de las pérdidas en los equipos se realizó totalmente lográndose un ahorro en el consumo energético de aproximadamente un 8%.
- Se programaron rutas de inspección quincenales con el objeto de detectar fugas, gastos innecesarios y problemas de operación en las redes de vapor, aire y agua. Una vez analizadas las observaciones de las rutas se elaboran órdenes de trabajo para ser ejecutadas por el responsable del área.
- Se realizó con excelentes resultados un programa de recuperación de aguas de enfriamiento de equipos con el fin de reinyectar a la línea aquellas aguas que no tengan problemas de contaminación. El ahorro conseguido con esta medida fue del 25% en consumo de productos químicos para el tratamiento de las aguas.
- Se realizó un programa de computador para redistribuir los motores eléctricos de tal forma que trabajen con un factor de carga razonable con la potencia del motor y el tipo de carga.
- Se elaboró un formato para efectuar mediante una hoja electrónica el control energético semanal, la información procesada corresponde al vapor generado, energía eléctrica generada y comprada, energía eléctrica consumida por cada área, combustibles secundarios utilizados y los datos de producción.
- Acorde con la etapa 3 de monitoreo, se instaló un sistema de medición tomando señales de los instrumentos de control del proceso. Estas medidas se llevan a un computador supervisor donde se puede consultar el balance energético en línea y a la vez detectar las anomalías en los consumos al momento de presentarse y tomar los correctivos oportunamente (figura 1).
- Teniendo en cuenta la gran importancia de la automatización en la calidad y eficiencia del proceso; paralelamente a la etapa de monitoría se instaló un sistema de control inteligente. Este sistema ha representado aportes significativos en la eficiencia al aplicarse en áreas tales como control de cristalización en tachos [2], control del sistema de evaporación de múltiple efecto y control automático de calderas (figura 2) entre otras.
- Con el desarrollo completo de la etapa I y de casi la totalidad de las etapas II y III se consiguieron ahorros en los consumos energéticos cercanos al 15% y se mejoró la eficiencia en varios procesos. Finalmente con el desarrollo del programa se consiguió conocer al detalle todos los puntos del proceso lo cual hizo posible diseñar un proyecto de

cogeneración, el cual al ponerse en ejecución permitirá generar excedentes de energía eléctrica para la venta adicionando un nuevo producto y rentabilidad al negocio.

6. DIFICULTADES ENCONTRADAS

El programa de administración de energía también ha tenido dificultades, entre las que se tienen:

a) Uno de los problemas que se encuentra con frecuencia al desarrollar actividades de optimización energética es el hecho de que las órdenes de trabajo entregadas al responsable del área son catalogadas de mediana o baja prioridad y sólo son realizadas después de ejecutar todas las órdenes de mantenimiento.

b) Otro inconveniente es que el programa de administración de energía no tiene responsable directo y que las personas que intervienen en él lo hacen en el tiempo libre que les quede después de realizar las actividades normalmente asignadas. Esto ocasiona que el programa marche con los altibajos del tiempo disponible de las personas que intervienen en él.

c) La falta de apoyo estatal para llevar estos programas a los niveles de ahorro máximo, pues el proyecto de venta de energía propuesto desde 1996 [3] no se ha podido poner en marcha porque no se dan las garantías de precio estable y venta del producto por parte de las empresas de energía. Cabe anotar que en los países europeos se tiene una regulación que ha permitido desarrollar estos proyectos; para el caso de España, la ley del sector eléctrico [4,5] permite entre otras cosas, lo siguiente:

- Obligar a la compra de excedentes eléctricos procedentes de los auto productores.
- El precio de los excedentes eléctricos vertidos a la red de servicio público se compone del precio de mercado más una prima variable según el tipo de combustible fuente y el tipo de planta.

7. CONCLUSIONES

El tema de ahorro energético y de administración de energía debe generalizarse en la industria colombiana; de esta forma se contribuye a preservar los recursos energéticos del país, se logran un producto final más competitivo y se crean perspectivas de nuevos desarrollos y alternativas de uso de la energía.

La aplicación del programa permitió que con una inversión despreciable para la primera etapa se consiguieran ahorros del 8%. Luego para la implementación de las demás etapas, aunque la inversión

ya fue más elevada permitió ser justificada económicamente al lograr un ahorro final del 15% y como consolidación del programa el planteamiento de un proyecto de venta de excedentes de energía eléctrica adicionando un nuevo producto y rentabilidad al negocio.

Se requiere que efectivamente se pongan mecanismos que motiven la eficiencia energética y la venta de excedentes de energía, tarea encomendada al ministerio de minas y energía por parte de la ley de uso racional de energía [6].

Por otra parte es importante saber combinar el concepto de ahorro de energía con el de eficiencia del proceso ya que en algunos casos pueden ser justificados aumentos en los consumos energéticos con el fin de lograr incrementar la eficiencia del proceso, que en el caso de la industria azucarera significa obtener los más altos niveles de extracción de sacarosa y los mínimos niveles de pérdidas por sacarosa residual en los sobrantes del proceso.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] VILLADA, F. "El Mantenimiento como Estrategia Competitiva", Revista Facultad de Ingeniería, Noviembre 1998, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- [2] HERRERA, G., Calderón. T.A. "Control Automático de la Cristalización en un Tacho de Masa C", International Sugar Journal, Vol. 96, No. 1142, London, February 1994.
- [3] VILLADA, F. "Modelo Económico de Optimización Energética para Cogeneración en un Ingenio Azucarero", International Sugar Journal, Vol. 98, London, May 1996.
- [4] Ley 54/1997 del Sector Eléctrico, BOE No. 285, Madrid, 1997.
- [5] Real Decreto 2818/1998 de 23 de diciembre. BOE No. 312, Madrid, 1998.
- [6] Ley 697/2001 de Uso Racional de Energía, Diario Oficial No. 44.573, Bogotá, 2001.

ANEXO #1

CONTROL AUTOMATICO DE LA COMBUSTION.

