

Análisis de Gestión Integral de Energéticos (GIE) para el Ahorro de Energía en Planta de Producción

Juan D. COLORADO RODRÍGUEZ, Eduard N. FIGUEROA CARRILLO

*Universidad Pontificia Bolivariana, Circular 01 No. 70-01 Medellín, Colombia
Juandavid.colorado@alfa.upb.edu.co*

Resumen: En este artículo se presentan los resultados sobre el estudio, análisis y entrega de una propuesta de ahorro energético desarrollado en la planta de producción de la compañía FORMACOL S.A. El análisis se enfoca en las máquinas que actualmente son más productivas pero que no poseen el concepto de ahorro energético desde su fabricación. Se estimaron propuestas y se entregan recomendaciones, analizadas previamente para la implementación de posibles periféricos o sustituciones de quipos estándares por equipos de alta eficiencia que aporten a estos ahorros. *Copyright © 2013 UPB*

Abstract: This paper presents the results about study, analysis & drop off energy saving proposal developed in FORMACOL Company SA production plant. The analysis focuses on the machines that are more productive today but don't have the concept of energy savings from fabrication. Proposals were estimated and delivered recommendations, previously analyzed for possible implementation of peripherals or equipment replacement standards for high efficiency equipment that contribute to these savings.

Keywords/ Palabras clave: Energy saving, minimize consumption, Integral Energy Management, Industrial production plant, industrial machinery / Ahorro de Energía, Minimizar consumos, Administración integral de energía, Planta de producción industrial, Maquinaria industrial.

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la población mundial y el crecimiento industrial generado para suplir las necesidades y mejorar la calidad de vida de la sociedad contemporánea, ha generado un consumo desmesurado de los recursos energéticos y un deterioro paulatino del medio ambiente, lo cual reduce el bienestar y el nivel de vida.

Si bien es cierto que podemos consumir energía para producir algo, también es verdad que se debe hacer uso eficiente de la misma, para conservar los recursos no renovables y reducir el impacto ambiental. De allí la importancia de emprender programas de análisis y diagnóstico energético que le permita al sector conocer su proceso, de qué manera y con qué eficiencia se consume la energía en su planta.

La compañía FORMACOL S.A es una compañía especialista en la transformación de productos plásticos, con gran trayectoria y experiencia en los 45 años de actividad comercial, en sus proyectos se encuentra el de realizar un diagnóstico a escala en tres de sus sectores productivos (Inyección, Cuerpos-Huecos, Impresión), en el que se evaluará el uso de la energía, con el fin de identificar los potenciales de ahorro e implementar las medidas que se deben adoptar para lograr usar la energía de forma eficiente sin generar una reducción de la producción y sin crear un impacto negativo al medio ambiente.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La compañía Formacol S.A. es una empresa productora de tubos colapsibles, tapas colapsibles, tapas flip top, envases de rollón, esferas entre otros, a través de la fundición de materiales plásticos como polipropilenos, polietilenos de alta y de baja densidad.

Los procesos productivos que se encuentran a continuación enunciados, están distribuidos en varios sectores de la planta:

- Inyección
- Coextrusión.
- Transformación de cuerpos huecos.
- Impresión.
- Serigrafía.
- Otros.

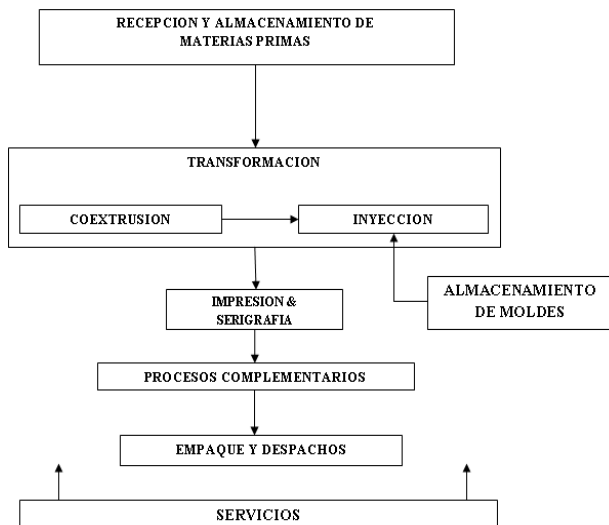


Figura 1. Zonas De Procesos

En la Figura 1 se presenta de forma esquemática las diferentes zonas del proceso y la división por líneas de producción, además se observa que los diferentes procesos productivos a pesar de estar enmarcados dentro de un mismo recuadro no necesariamente presentan las mismas operaciones ni tienen lugar los mismos equipos.

2.1. Descripción de la Maquinaria Industrial

La compañía FORMACOL S.A dentro de su planta de producción posee un conjunto de maquinaria industrial activa, se hace referencia a las máquinas de moldeo por inyección e inyección - extrusión (Coextrusión), los cuales son el objeto de análisis, con sus respectivos sistemas de enfriamiento (Moliner, 2011).

Formacol S.A seleccionó las máquinas industriales objeto de análisis dado su alto índice de productividad, además son máquinas que han acompañado a la compañía durante muchos años y se considera que son de alto consumo dado la vieja tecnología que tienen implementadas.

Cada una de las máquinas inyectoras, posee las mismas características técnicas para los equipo de bombeo y para los tanques de aceite hidráulico.

Las inyectoras contienen dos bombas hidráulicas, cada una encargada de generar las presiones al sistema neumático, estas bombas hidráulicas se encuentran unidas al motor principal por medio de un acople mecánico.

La Coextrusora BONMAC posee dos motores principales, el primero destinado para el funcionamiento del usillo externo y el segundo para el usillo interno. Posee además su propio sistema de enfriamiento ubicado en una piscina o pool, independiente al pool de las inyectoras.

2.2. Análisis Energético Global

En la Figura 2 se ilustra la evolución del consumo de energía activa de la Empresa entre Enero del 2011 y Octubre del 2012, registrada a un nivel de tensión de 220 V por medio de las lecturas de los contadores de energía de EPM que poseen medición remota, los cuales corresponden a cada subestación de energía de la planta (Transformadores de Inyección de 300 kVA, de Cuerpos Huecos “Soplado” de 315 kVA y de Impresión de 300 kVA).

Se debe mencionar, que además de estas tres subestaciones, la empresa posee dos circuitos adicionales (Taller y Serigrafía), que poseen baja carga instalada, y que son medidos manualmente.

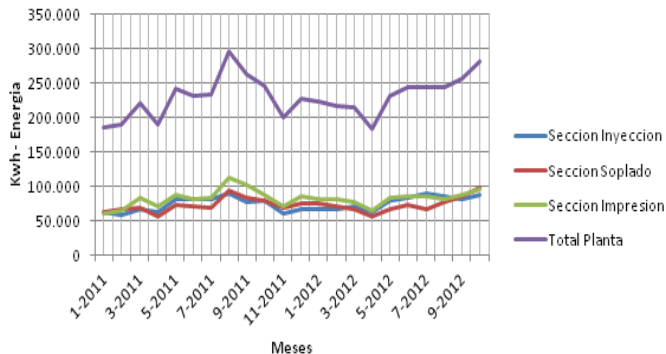


Figura 2. Curva de Demanda – 220 V

Se observa en la Figura 2 que históricamente la sección de Impresión es la que más consumo presenta, seguida en primera instancia por inyección y después por Soplado. Se evidencia una tendencia a que la demanda total disminuye a comienzos de año, aproximadamente hasta los 189.000 kWh, y que a finales de año se incrementa apreciablemente, aproximadamente a 296.000 kWh.

En la Tabla 1 se resumen los valores promedio, máximo y mínimo registrados durante los meses de medición.

Tabla 1. Consumo de Energía Activa de Secciones con Tele-medida

| Circuito | ENERGÍA ACTIVA (kWh) | | |
|------------------|----------------------|----------|---------|
| | Máximo | Promedio | Mínimo |
| Inyección | 90.054 | 74.621 | 57.737 |
| Soplado | 97.504 | 73.004 | 55.873 |
| Impresión | 112.722 | 82.736 | 61.448 |
| Total | 295.971 | 230.361 | 183.355 |

De la Tabla 1 se tiene que la energía activa promedio total es de 230.361 kWh bajo condiciones normales de operación, es decir, con la mayoría de los equipos en operación.

2.3. Análisis de Transformadores

El factor de carga ideal se calcula con base a la expresión estimada en

$$FC \text{ ideal} = \sqrt{(P_o / P_{cc})}, \quad (1)$$

donde P_o representa las pérdidas en vacío para cada transformador, y P_{cc} las pérdidas en el cobre a plena carga. Estos datos son constantes y son suministrados por el fabricante.

La disponibilidad de transformación se calcula buscando que el transformador opere al máximo rendimiento posible, para lo cual se presentan dos valores de capacidad disponible.

El primer valor es determinado con base en un factor de carga de 0,75 (cargabilidad del transformador al 75%).

El segundo valor es determinado con base en el factor de carga ideal mostrado en la ecuación (1).

Aunque con el primer criterio se sacrifica un poco el rendimiento óptimo del transformador, resulta en la mayoría de los casos más atractivo desde el punto de vista económico, debido a que con el segundo criterio, el transformador queda muy sobredimensionado, con lo cual las inversiones en transformación resultan ser elevadas (UPB et al., 1998).

Se evaluó la posibilidad de desplazar las cargas alimentadas por los circuitos de Taller y Serigrafía, los cuales poseen medidores de energía independientes que son facturados en el mercado regulado con unos costos mayores, a los transformadores de potencia de la empresa que poseen un único medidor matriculado en el mercado no regulado. Los transformadores instalados poseen capacidad disponible para asumir estas cargas adicionales, pero el desplazamiento óptimo para estas cargas lo determina la ubicación que menos pérdidas genere.

Se recomienda la migración de la carga de Serigrafía de (14,6 kW) al transformador de Inyección y la carga de Taller de (48,7 kW) al transformador de Soplado, ya que esta nueva ubicación es la que menos pérdidas registra con 4,34 kW.

Con la aplicación de este desplazamiento se obtiene un ahorro de 20,2 M\$/año, debido a la facturación entregada por el mercado No Regulado.

Con esta migración de cargas al sistema no regulado, las subestaciones trabajarían con un rendimiento muy similar y no tendría probabilidades de presentar calentamientos.

2.4. Análisis Global de Iluminación

Con base en el inventario de lámparas realizado en la empresa Formacol S.A, se obtienen los siguientes datos globales:

- Número de lámparas instaladas (independiente del tipo de lámpara): 959 lámparas.
- Capacidad instalada de las lámparas evaluadas: 81,942 kW

Es importante recalcar que aunque el sistema de iluminación inicialmente no se considero como foco de interés, se encontró que es demasiado importante ya que representa el 29,6 % de la energía total requerida por la planta (275.928 kWh/mes), por lo tanto es fundamental mencionar algunas alternativas existentes que permiten el uso eficiente de la energía eléctrica en el sistema de iluminación (UPB et al., 1998).

Algunas de estas alternativas son las siguientes:

- Utilizar un nivel de iluminación alto sólo en los espacios donde sea requerido.
- Uso de tejas traslúcidas para el aprovechamiento de la luz natural (Bodega de Materias Primas, Bodega de Producto Terminado, Zona de refrigeración y aire comprimido).

- Aprovechamiento de la luz natural en espacios abiertos o con ventanales (Zona Inyección, Oficinas Administrativas, Cafetín).
- Iluminar sólo cuando sea requerido (durante la noche y donde no se pueda aprovechar la luz natural).
- Uso de sensores de presencia en las zonas donde se requiera iluminación mientras se esté trabajando (por ejemplos en el molino, fabricación de cajas, oficinas ubicadas en el pasillo camino a serigrafía desde la zona de cuerpos Huecos, zona de Compresores, zona de residuos).
- Teniendo en cuenta factores como la altura las lámparas para el área de iluminación de trabajo, vida útil de las lámparas, requerimientos de iluminación, horas de operación del sistema de iluminación, rendimiento luminoso (Lm/W) y consumo de energía eléctrica.
- Se plantearon algunas alternativas para sustituir lámparas convencionales por lámparas de alta eficiencia energética, considerando que las lámparas T-8 de 32 W manejan un estándar de 2800 lumens. Permitiendo sustituir las lámparas T12 de 75 W por dos T8 de 32 W sin detrimento del confort luminoso en concordancia con las normas. Con la aplicación de esta sustitución se obtiene una disminución del consumo de energía de 22,67 kWh/año, representado en un ahorro de

34,67 M\$/año. El costo de la inversión es de aproximadamente 19,01 M\$, para un tiempo de recuperación de la inversión de 0,55 años (6,7 meses).

2.5. Análisis de Motores

Se utilizó el motor-master internacional, herramienta desarrollada por el Departamento de Energía de los Estados Unidos que ayuda a seleccionar motores más eficaces para las condiciones actuales de trabajo (U.S. Department of Energy, 2011).

El motor-master generó un valor de inversión de 16 Millones de pesos, para la sustitución de 6 motores estándar actuales por motores de alta eficiencia. Esta sustitución genera un ahorro de 7.295 kWh/año, equivalentes a 2,2 Millones de pesos anuales (Scribd, 2008).

El tiempo de recuperación de la inversión (TRI) encontrado fue de 7,2 años, este TRI puede disminuir en la medida que el nuevo motor trabaje más horas promedio a futuro (U.S. Department of Energy, 2011).

Se investigó sobre la implementación de variadores de frecuencia en los motores, y se encontraron referencias bibliográficas con ahorros potenciales del 30 %, pero dado la poca información suministrada y la falta de confirmación de la información, se determinó que para verificar este potencial de ahorro se puede instalar un variador de frecuencia en uno de los motores y

consecuentemente realizar las nuevas mediciones, para determinar consumos y confirmar el ahorro (Moliner, 2010).

No obstante este proceso se debe de realizar directamente con una de las compañías distribuidoras de estos dispositivos y contratar el servicio de instalación (Variadores S.A, 2012).

3. SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

El aire comprimido es de vital importancia para un correcto funcionamiento de sistemas neumáticos, de control y electromecánicos, los cuales requieren de condiciones especiales del aire para su adecuada operación (UPB et al., 1998).

Para un mejor rendimiento del compresor, el aire aspirado debe de estar limpio y frío.

Cada 4 °C de aumento de temperatura en el aire aspirado, aumenta el consumo de energía un 1 % para el mismo caudal.

Cada 3 °C de disminución en la temperatura del aire aspirado, dan lugar a un 1 % más de aire comprimido para el mismo consumo de energía.

El aire debe aspirarse preferiblemente desde el exterior y la tubería debe ser recta y corta, equipada con filtro de aire. El efecto de una mala instalación se aprecia al considerar que cada 25 mbar de pérdida de carga en la aspiración provoca una reducción de un 2 % en el rendimiento (UPB et al., 1998).

Como para comprimir aire se necesita consumir energía, el perder aire comprimido por fugas y escapes lo que se está perdiendo en realidad es energía y teniendo en cuenta los precios actuales podrían llegar a ser elevados.

Las pérdidas por fugas varían desde un 5 a 10 % en instalaciones bien mantenidas, y hasta un 30 % e incluso un 50 % en instalaciones descuidadas.

En conjunto puede decirse que aproximadamente un 94 % de la energía consumida en un compresor se transforma en calor recuperable. Únicamente un 6 % permanece en el aire comprimido o pasa a la sala de compresores.

4. SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

En la industria se usan grandes cantidades de energía en el proceso de enfriamiento, en FORMACOL S.A. es utilizado para el enfriamiento de moldes, para el acabado y para el desmolde de la pieza manufacturada (UPB et al., 1998).

El sistema de enfriamiento de FORMACOL S.A forma parte de un circuito cerrado, lo que significa que el agua después de ser enfriada, pasa por los intercambiadores de calor (Máquinas - moldes), teóricamente no es necesaria la reposición de agua pero en la práctica se requiere el uso de pequeñas cantidades.

Las cantidades de agua requerida para el enfriamiento varían considerablemente, dependiendo de las temperaturas del agua y del uso particular a que se destine.

Para lograr una mejor eficiencia, se requiere separar la mezcla del agua de retorno y suministro en el tanque, garantizando un tanque individual para cada uno, como se observa en la Figura 3; uno para la temperatura de retorno y otro para la línea de suministro.

Es posible entregarle a la planta agua a una temperatura promedio de 17 °C, permitiendo a los equipos en planta operen con una temperatura de refrigeración 2 °C por debajo de la temperatura actual (UPB et al., 1998).

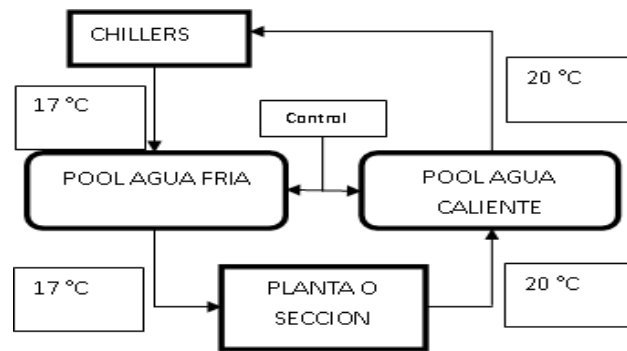


Figura 3. Esquema de división de tanques (Pool)

5. ANÁLISIS DE GESTIÓN ENERGÉTICA

En general la gestión energética puede definirse como el análisis, planificación y toma de decisiones con el fin de obtener el mayor rendimiento posible de la energía que se necesita; esto es, lograr un uso más racional de la energía, que permita reducir el consumo de la misma sin disminuir la calidad de los servicios y la producción (EnergyOffice, 2013).

Para lograr un control real sobre el consumo específico en las líneas de producción y mejorar la operación del sistema de información de la planta es importante que FORMACOL S.A implemente el sistema de gestión Energética enunciada y descrita en este capítulo según la norma ISO 50001 y además de tener presente los siguientes aspectos:

- Calibración y revisión del estado de medidores.
- Medición del consumo y producción por líneas productivas en tiempo real y de forma periódica (cada día).
- Cuantificar la producción, no sólo por días, sino por tipo de productos.
- Para el mismo período de muestreo cuantificar el consumo de energía (kWh/período) y la producción (Unidades/período) para determinar de forma certera el consumo específico por líneas (kWh/unidades).

- Una vez detectados los desperdicios de energía, tomar acciones tendientes a disminuir los consumos de energía en aquellas líneas con un alto consumo específico.
- Mejorar el rendimiento o eficiencia de los equipos macro consumidores de energía que operan en las líneas.
- Desconectar equipos que trabajan en vacío durante los tiempos muertos, para lo cual es fundamental conocer la forma de operar cada línea.

Si se desea implementar un sistema diferente para el análisis de información es importante tener en cuenta:

Que existe suficiente variedad de software en el mercado especializados en gestión por monitoreo y objetivos, todos ellos con más o menos el mismo nivel de complejidad y que generan reportes bastante similares. Entre todas estas posibilidades se recomienda software que presente las siguientes características básicas:

- Amigable a los diferentes usuarios (operarios).
- Permita la creación de medidores virtuales. Esto permite lograr mediciones, sumas o diferencias entre diferentes medidores.
- Permita manipular diferentes unidades de energía y costos.

- Que posea memoria de eventos.
- Presente facilidad para introducir o eliminar CCE.
- Que sea multiusuario.
- Que permita generar los reportes técnicos y económicos.

6. CONCLUSIÓN

El presente estudio ejecutado bajo el modelo de trabajo de grado para ingeniería, enfocado al sector industrial, en FORMACOL S.A., tuvo como finalidad analizar y dar a conocer los posibles cambios y alternativas que deben ejecutarse para alcanzar una gestión integral de energéticos “GIE”; además enseña la forma adecuada de los procedimientos que deben de ser implementados para efectuar diagnósticos energéticos, para establecer los potenciales de racionalización e identificar las medidas que deben adoptarse para que la energía se use de forma eficiente sin detrimento de la producción y del medio ambiente en sistemas o procesos específicos.

REFERENCIAS

ANDI., EPM. & UPB. (1998). *Guías para el uso racional de energía por procesos en la industria*. Segunda edición 1998. Impreso en Medellín – Colombia, ISBN 958-800-032-8

EnergyOffice. (2013). *Gestión de la Energía*. Recuperado el 13 de Feb de 2013, de Energyoffice.org : <http://www.energyoffice.org/spain/tools/emangement/definicion/main.html>

Moliner, J. (2010). *Contribucion de los variadores de frecuencia al ahorro energetico*. Recuperado el 14 de Abr de 2010, de InterEmpresas.net:<http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/39497-Contribucion-de-los-variadores-de-frecuencia-al-ahorro-energetico.html>

Moliner, J. (2011). *Ahorro energético en empresas de inyección de plástico*. Recuperado el 06 de Abr de 2011, de InterEmpresas.net : <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/50563-Ahorro-energetico-en-empresas-de-inyeccion-de-plastico.html>

Scribd. (2008). *Motores Especial y de Alta Eficiencia*. Recuperado el 06 de May de 2008, de © Copyright 2013 Scribd Inc: <http://es.scribd.com/doc/3236506/Motores-especiales-y-de-alta-eficiencia>

U.S.Department of Energy. (2011). *MotorMaster International*. Recuperado en Ago de 2011, de Advanced Manufacturing Office : http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/tech_deployment/softw_are_motormaster_intl.html

Variadores S.A. (2012). *Varadores de Velocidad*. Recuperado el 13 de Dic de 2012 , de Variadores S,A : <http://www.variadores.com.co/index.php/productos/variadores>

AUTOR



Juan David COLORADO RODRIGEZ, nacido en Medellín, Colombia; Egresado próximo a graduarse del programa Ingeniería Electrónica de la *Universidad Pontificia Bolivariana*. Participante del proyecto de actualización base de datos de acometidas eléctricas en ISAGEN S.A E.S.P. (2012); trabajador de la compañía Formacol S.A en el sector de procesos complementarios (2006).