
Herramientas gerenciales para la optimización del consumo energético

El concepto de eficiencia energética se puede definir como la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos finales logrados a partir de ese consumo de energía². Dicho esto, la optimización del consumo de energía se puede lograr mediante la implementación de diversas medidas tanto de ahorro como de inversiones a nivel tecnológico, mejora en la gestión de recursos básicos como agua, luz, distribución eficiente del espacio. Además de adaptar nuevos hábitos de trabajo, consumo, y organización ya sea en la empresa, comunidad u hogares.

El sistema actual de producción de energía del mundo es dependiente casi en un 80% de las energías fósiles no renovables como carbón, petróleo y gas natural. Dicho sistema cuenta con varias desventajas, entre ellas, alto grado de contaminación al medio ambiente, poca eficiencia en la relación inversión de energía y producto obtenido, entre otros. Este sistema tiene ciertas características a considerarse:

- Las ventas de energía totales en el mundo ascienden casi a un 3% del PIB mundial.
- El consumo de energía por transporte ronda el orden del 20% del consumo general.
- Menos del 10% de fuentes de energía, son renovables en el mundo.

Actualmente el sector industria consume alrededor de un 37% de la energía producida por el mundo, alrededor unos 15 TW (terawatts) al año. Por ende este es uno de los sectores donde se invierten mayor cantidad de recursos tanto en tiempo como en dinero buscando nuevas aplicaciones nuevas tecnologías para el ahorro de energía.

Esta ficha técnica titulado **Herramientas gerenciales para la optimización del consumo energético** fue supervisado por Dr. Juan Carlos Barahona profesor de INCAE Business School, elaborado por Ing. Gustavo André Jiménez.

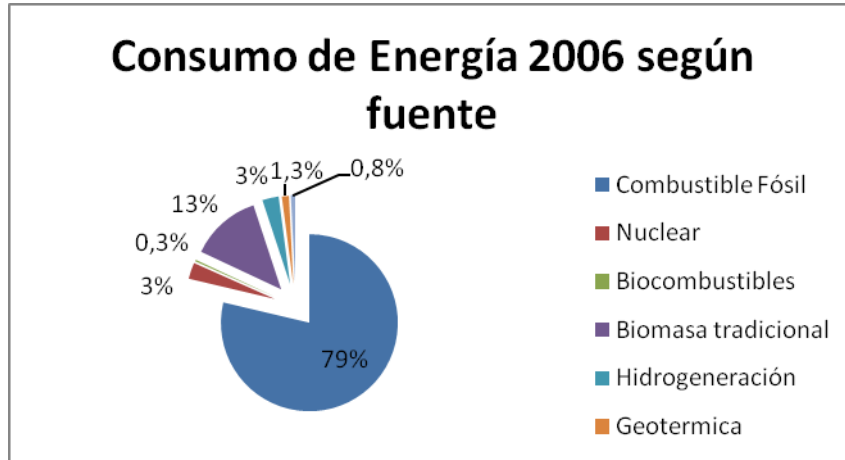
Reproducida por el INCAE para servir como base de discusión en clase, no como ilustración del manejo eficaz o ineficaz de una situación administrativa. Revisado en agosto 2009. Centro de Investigaciones de INCAE. Todos los Derechos Reservados. Publicado setiembre 2009. Ninguna parte de este material puede ser reproducida, almacenada en sistemas recuperable o transmitida en cualquier forma o sentido - electrónico, mecánico, fotocopia, cinta u otros - sin la autorización del INCAE

DISTRIBUCIÓN RESTRIGIDA

REPRODUCCION PROHIBIDA

² Tomado y adaptado de: http://www.engineeringtoolbox.com/energy-d_1288.html.2009.

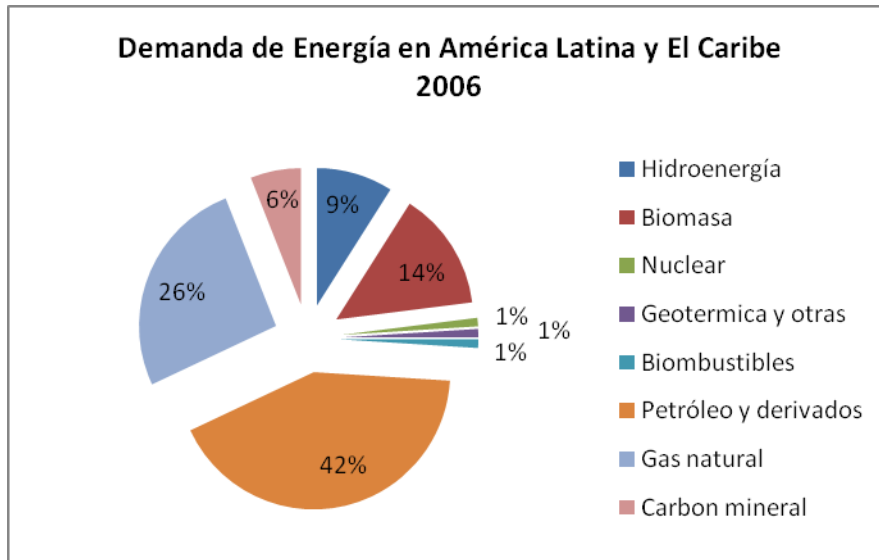
Figura No.1



Fuente: Adaptado de Global Status Report 2007. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. www.ren21.net

A nivel de América Latina y el Caribe la demanda de energía para el 2006 provenía en su mayoría de petróleo y carbón mineral sumando entre ambas 68% del total de la energía demanda. En el gráfico que se muestra a continuación, se detalla la demanda dependiente de la fuente de origen de la energía.

Figura No.2



Fuente: Reporte OLADE 2006.

Debido a esta realidad y a un calentamiento global más evidente cada día, es poco probable que el actual sistema de consumo de recursos sea sostenible en el tiempo tanto económica como ambientalmente. Por tanto es necesario conocer y adoptar sistemas que sea más eficientes en lo que respecta a uso de energía. Para ello es necesario establecer planes sustentables de manejo y ahorro de energía.

Conocimientos para lograr establecer un plan de energía sustentable.

La utilización de la energía y su manejo adecuado son los primeros pasos hacia un ahorro real. Para lograr obtener un plan efectivo de ahorro en energía es conocer nuestro sitio de trabajo. Establecer un plan exitoso de ahorro de energía se puede definir utilizando la siguiente metodología que se muestra en la figura No.3. Esta busca generar un círculo virtuoso de mejora continua, que ayude a establecer parámetros mínimos de eficiencias dentro de la empresa.

La idea de una metodología es tener una herramienta para elaborar un plan de trabajo, que desemboque en un programa de ahorro de energía útil y aplicable. Como toda metodología base, debe contener una métrica que permita controlar los avances. Esta métrica, conlleva directamente conceptos e indicadores que nos permite guiarnos y conocer la salud de la empresa en términos de energía.

Sin embargo, es necesario esbozar una secuencia lógica de tareas para establecer un plan de acción. Seguidamente se mostrará una metodología sencilla y estructurada bajo un diagrama, que se puede tomar como modelo para construir un plan de trabajo en concreto.

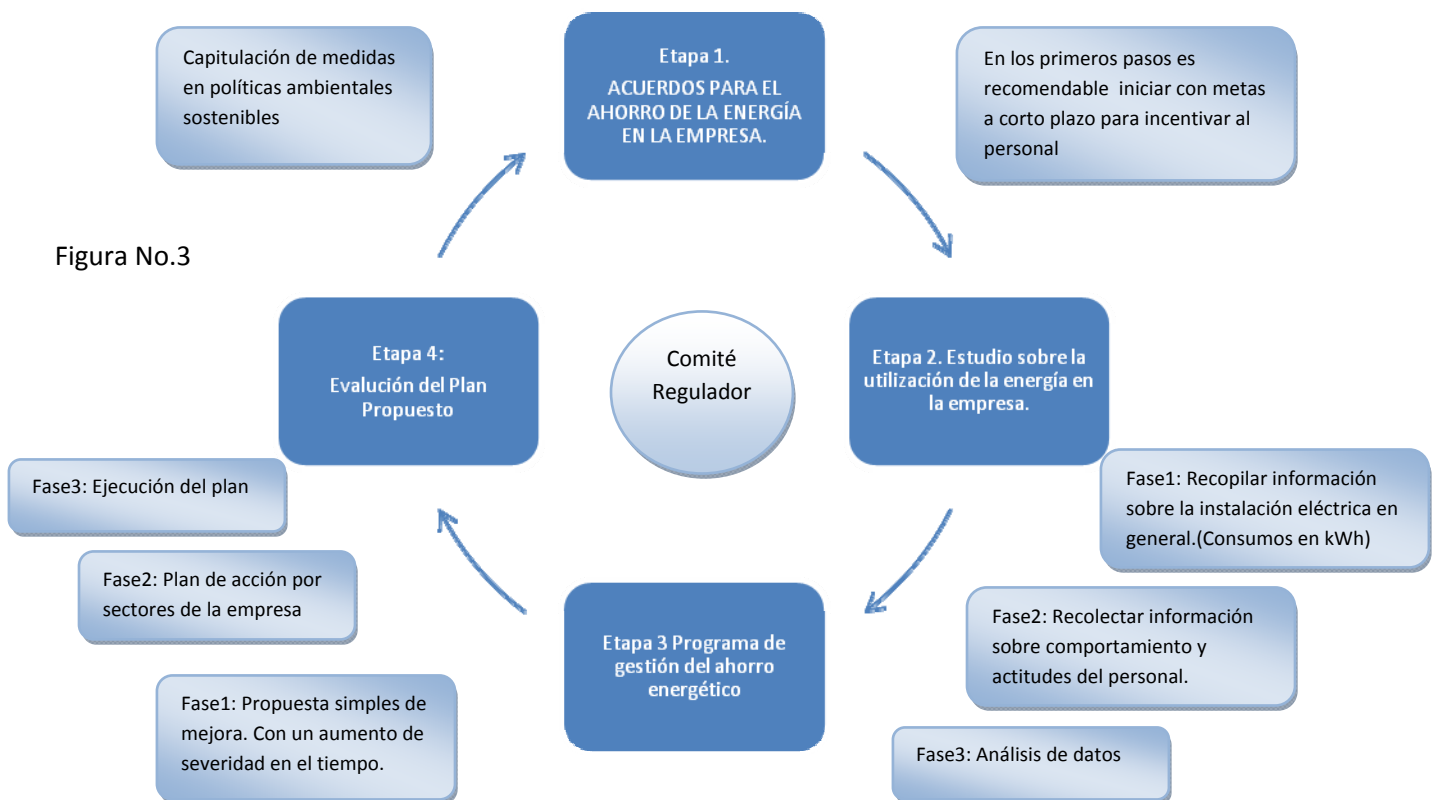


Figura No.3

El anterior diagrama parte de establecer un nivel piso para toda la empresa. Continuando con esta premisa, es necesario adherir mediciones y conceptos estándares a la organización. Existen factores e indicadores que operan como herramientas permitiendo medir ciertos parámetros importantes en lo que se refiere a uso, generación y consumo de energía. Para esto necesario tener ciertos conocimientos prácticos que puede determinar la eficiencia de las operaciones.

Algunos indicadores básicos como factor de demanda, factor de planta, demanda máxima entre otros, ofrecen un panorama claro de la salud energética de la empresa. Además indican los puntos a mejorar con fines de alcanzar ahorros energéticos contundentes. Esto es aplicable por igual para un centro de oficinas como una industria

Conceptos e indicadores

Factor de Potencia³

Si el tamaño de su industria es lo suficientemente grande para ser penalizado con el factor de potencia (f.p). Este factor es básicamente un indicador del estado de la eficiencia de la instalación eléctrica en general. Este representa la fracción de la potencia de salida que es útil. Por ejemplo una cocina eléctrica o bombilla incandescente su f.p es igual a 1. En cualquier otro equipo, la potencia que se entrega a la carga no es totalmente aprovechada, pues la corriente pasa por la carga y no es utilizada al 100% debido a las pérdidas normales de un equipo.

El factor de potencia de una industria debe andar en 0,9. Una cifra menor a este dato implicaría por lo menos en el caso costarricense una penalización en la facturación mensual. ¿Qué implica factores de potencia menores a 0,9?. Si se observa desde el punto de vista del consumidor implica: un aumento en el consumo de corriente eléctrica, fuertes caídas de tensión en los conductores, reducción en la vida útil en los equipos y desajustes en los mismos.⁴

Por otro lado, desde la posición de agente distribuidor de electricidad, un bajo factor de potencia como distribuidor significa: incurrir en más inversión en los equipos de generación debido a que su capacidad de KVA (kilo-vatio-amperio)⁵ se ve afectada. Además tendría que utilizar líneas y transformadores de mayor capacidad, aumentando las pérdidas de energía con ello los costos.

³ Tomado y adaptado de Manuales de Energía Renovables/Biomasa. PNUD, GEF, BUN-CA 2002.

⁴ Tomado de Castro, Jiménez. Artículo CO2 Neutro ¿qué es? ¿cómo funciona? INCAE Business School. set2008

⁵ Medida de potencia que es igual de la multiplicación del voltaje por la corriente.

*Corriente eléctrica*⁶

El flujo de la energía eléctrica, se denomina de esta manera a la corriente eléctrica, cuya unidad de medida son los amperios (A). Con la finalidad de generar una corriente eléctrica a través de un cable es necesario tener una “diferencia de tensión o voltaje” entre sus dos extremos esta medida se expresa en voltios (V). El agua y la electricidad tiene comportamientos muy similares a la hora de transportarse. Como analogía se puede decir que si se quiere hacer que el agua se mueva a través de un tubo, es necesario tener una diferencia de presión entre los dos extremos de un tubo. Este mismo principio aplica para la energía eléctrica.

Al disponerse de una gran diferencia de tensión, pueden transportar grandes cantidades de energía eléctrica por segundo por medio de las líneas o cables de transmisión; es decir, cantidades de potencia. La potencia eléctrica tiene como unidad básica los watts (W) es igual al voltaje multiplicado por el amperaje.

$$\text{Potencia} = V \times A.$$

La producción de corriente eléctrica se realiza mediante generadores eléctricos pueden producir dos tipos de corriente:

- Corriente directa (CD): en este tipo de corriente la energía viaja o se transporta siempre en una única dirección, del punto positivo al negativo. La corriente directa se utiliza en sistemas de poca capacidad como, por ejemplo, baterías secas (pilas), baterías de teléfonos celulares y sistemas fotovoltaicos de baja tensión.
- Corriente alterna (CA): para este tipo de corriente, esta se alterna continuamente su dirección en un patrón cíclico, en forma de onda. Causando un ciclo sinusoidal del voltaje, con un pico positivo y uno negativo. Al número de ciclos por segundo se le llama frecuencia, expresado en hertz (Hz). En la red eléctrica, generalmente, maneja frecuencia de de 50 Hz(Europa) ó 60Hz(América continental). Este tipo de corriente se utiliza en sistemas grandes de alta tensión, como las centrales eléctricas, la cual es suministrada a través de la red eléctrica a las viviendas y centros productivos. Una de las razones para el uso de la corriente alterna es que es más barato aumentar o disminuir su voltaje y, cuando se desea transportar a largas distancias, se tendrá una menor pérdida de energía si se utiliza la alta tensión.

⁶ Tomado y adaptado de Manuales de Energía Renovables/Biomás.PNUD,GEF,BUN-CA 2002.

Generalmente para expresar la cantidad de energía eléctrica se usa la unidad watt/hora (o vatio/hora, Wh). Un watt-hora es equivalente a la cantidad de energía convertida, durante una hora por un equipo con una potencia de 1 watt. El consumo de energía también regularmente se expresa de similar manera en kilo vatio hora (kWh).

$$Wh = V \cdot Ah ; \text{ donde}$$

V es la tensión o el voltaje del sistema en general.

Factor de capacidad (factor de planta)⁷

El factor de planta, es utilizado como un indicador para medir la productividad de una planta de generación eléctrica. Por ejemplo un sistema hidroeléctrico, de biomasa, eólica, solar entre otros. Este indicador es la relación de la producción real durante un rango de tiempo dado, con la cantidad de energía producida teóricamente, si su funcionamiento hubiese sido un funcionamiento del 100% de la planta en ese mismo rango de tiempo. Véase la siguiente fórmula.

$$\text{Factor de capacidad} = \frac{\text{producción real}}{\text{producción teórica}} \times 100\%$$

Considérese el siguiente ejemplo. Un sistema de 1 kW, teóricamente, podría generar 8 760 kWh en un año. Ese cálculo se realizó de la siguiente manera:

- Energía= potencia x tiempo.
- Por tanto la energía generada sería 1kW x 24 horas/día x 365 días = 8 760 kWh

Nótese que la planta no puede funcionar el 100% del tiempo, por razones de mantenimiento, fallas técnicas de los sistemas y equipos, entre otras. Continuando con el ejemplo si la producción real de esta planta en un año dado fue de 5 000 kWh; entonces el factor de capacidad sería

$$\text{Factor de planta o capacidad} = \frac{5\,000}{8\,760} \times 100 = 57\%$$

; para ese período. Siendo este un factor de planta bueno. Un buen factor ronda el 60%-70%, y en casos excepcionales pudiese llegar a más 70%, dependiendo este del tipo de industria y negocio del cual se esté tratando.

⁷ Tomado y adaptado de Manuales de Energía Renovables/Biomás.PNUD,GEF,BUN-CA 2002.

Demanda máxima⁸

La demanda máxima es representativa en un lapso en el tiempo. La máxima demanda coincidencia con las cargas eléctricas como lo son: motores, compresores, iluminación, equipo de refrigeración, entre otros, que se encuentran operando al mismo tiempo. En otras palabras esta demanda corresponde a un valor determinado en el tiempo por el consumo de energía de determinadas cargas, medido en unidades de potencia en Kilovatios (kW).

Los picos por demanda máxima son controlables. Una manera es evitando el arranque y la operación simultánea de cargas eléctricas dentro de una industria. Existen formas de controlar dichos picos, una de ellas es programando secciones de la producción, en horarios donde el costo de kWh sea el más bajo, como es el caso del horario nocturno. Otra medida importante es realizar escalonamiento de arranque y paros de equipos. Esto a su vez debe ser coordinando y programando con mantenimientos preventivos y predictivos durante ciertos lapsos de tiempo. Lo cual ofrece dos beneficios, el primero es evitar tiempos muertos en horas de producción por fallos inesperados por falta de mantenimiento que cuestan dinero. Con un buen mantenimiento en estas áreas la disponibilidad de los equipos puede aumentar hasta en un 90%. El segundo beneficio se da al disminuir consumos excesivos de energía dentro de la planta por uso máquinas innecesariamente.⁹

Horarios de producción, una herramienta de fácil acceso.

Existen herramientas sencillas y de un costo muy bajo que nos permite ahorrar energía, las cuales no requieren mayor inversión. Una de ellas es el conocer las tarifas del costo de kWh según horario dependiendo de la región o país. Las horas de alto consumo, u “horas-pico”, se aplican en momentos donde la demanda de energía eléctrica es alta debido al aumento de la producción de industrial y consumo residencial.

El programar las producciones en la industria escalonadamente basados en horarios de consumo y a la vez realizar cambios del horario de ingreso a las oficinas dependiendo de la estación del año, pueda traducirse en ahorro de hasta un 20% en la facturación mensual de electricidad.

⁸ Tomado y adaptado de Manuales de Energía Renovables/Biomás.PNUD,GEF,BUN-CA 2002.

⁹ Fuente: Optimización del Plan de Mantenimiento. Diferencia entre OPM y RCM.OMCS Latin America.
<http://www.confiableidad.net/>

Factor de demanda¹⁰

Es la relación que existe entre la demanda máxima de la instalación industrial o sistemas eléctrico como tal y la carga total conectada en ese momento determinado, dado el cual nos ofrece un número adimensional. La misma se puede expresar de la siguiente manera:

$$FD = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Potencia instalada}}$$

Este factor nos da un panorama del porcentaje de demanda real de una planta industrial o edificio. Seguidamente se muestra una tabla de factores de demanda de cargas de alumbrado a manera de ilustración, adaptada y tomado del Código Eléctrico Nacional NEC versión 1999 de Instalaciones Eléctricas. Este código es el que se utiliza en Costa Rica y en la mayoría de países de Latinoamérica.

Tabla No.1
Factores de demanda de cargas de alumbrado

Tipo de inmueble	Parte de la carga de alumbrado a la que aplica el factor de demanda(VA) ¹¹	Factor de demanda (%)
Unidades de vivienda	Para los primeros 3000 o menos	100
	De 3001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Hospitales	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles incluidos bloques de apartamentos sin cocina para los inquilinos	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20 001 a 10 000	40
	A partir de 100 000	30
Depósitos(bodegas)	Primeros 12 500 o menos	100
	A partir de 100 000	50
Todos los demás	Volt amperios totales	100

Fuente: Tomado y adaptado de Código Eléctrico Nacional NEC1999.Artículo 220 página 70-63.

¹⁰ Tomado y adaptado de Manuales de Energía Renovables/Biomás.PNUD,GEF,BUN-CA 2002.

¹¹ Volt-amperios. Esta es una medida de potencia que no contempla el factor de potencia (fp). Para mayor detalle la relación entre watts ó vatios y Volt-Ampere se presenta de la siguiente manera:

Watt = VA x FP = Volt-Ampere x Factor de Potencia.

Los Volt-Ampere es simplemente la relación de los voltios multiplicados por los amperios (V x A.)

La tabla superior es un ejemplo que se encuentra tabulado en el código eléctrico según cada país. Este tipo de tablas ofrecen una guía base tanto para el ingeniero que diseña el sistema eléctrico, como para el personal de mantenimiento de sistema en operación.

Para los gerentes obtener información sobre el factor de demanda y los consumos relacionados a este le ayuda a establecer la eficiencia de la producción en la planta. Es decir cuando energía por unidad de producto se utiliza para producir dicho bien. Entre menos unidad de energía (kWh) se utilice para producir una unidad de producto con los mismos estándares de calidad más eficiente se vuelve el sistema.

Dentro de la terminología es muy frecuente encontrar el error de confundir el concepto de potencia con el de energía. En dicha nota se ha buscado dejar claro dichos conceptos. Sin embargo para mayor claridad se muestra a continuación con varias ilustraciones las diferencias entre ambos términos y lo que implican por sí mismos.

Tabla No.2
Diferencia entre Energía vs Potencia

Energía	Ilustraciones
1 KWh	Energía demandada para incrementar la temperatura de un litro de agua con 1 grado Celsius.
1MWh	Energía demandada para manejar 1 vehículo por 1 000 kilómetros
209 TWh	Electricidad consumida en un período de tiempo. A manera de ejemplo México consumió esta cantidad de energía para el 2008. ¹²
Potencia	Ilustraciones
1 kW	Potencia de una resistencia de una cocina eléctrica
10 kW	Potencia de un pequeño camión
1 MW	Potencia de una pequeña central hidroeléctrica que satisface necesidad aproximadamente a unos 20 000 personas.

Fuente: Adaptado y modificado del Energía Renovable Biomasa PNUD.2008

Con esta tabla que se mostró, se quiere dejar claro las diferencias entre potencia y energía con ejemplo sencillos.

Eficiencia

La forma más sencilla de determinar eficiencia de un proceso, equipo o máquina se puede expresar en términos generales en la relación entre la energía utilizada y la energía entregada. De manera simple se puede expresar de la siguiente forma:

¹² Fuente: <http://www.altonivel.com.mx/notas/21816-Disminuye-consumo-de-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica-en-M%C3%A9xico.2009>

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Energía consumida}}{\text{Energía entregada}}$$

La eficiencia de un equipo o proceso en general, depende de varios factores, entre ellos el diseño, materiales utilizados en su fabricación, calidad en el proceso de fabricación, instalación, tipo de combustible o energía que este consume para su funcionamiento, entre otros. A manera de ejemplo, no es la misma eficiencia un motor eléctrico que un motor de combustión interna como lo es un motor a gasolina.

Seguidamente se muestra una tabla la cual muestra distintas eficiencias, de algunos equipos de combustión interna que a pesar de funcionar bajo el mismo principio, sus eficiencias están determinadas por su tamaño, tipo y composición de combustible, tipo de combustión, entre otros.

Tabla No.3

Procesos de combustión y Rangos de Eficiencia

PROCESO	RANGO TÍPICO DE EFICIENCIA
CHIMENEA DE LEÑA	10-30 %
CALENTADOR A GAS	50-80 %
CALDERA COMERCIAL DE GAS	70-82 %
CALDERA RESIDENCIAL A GAS CON QUMADOR ATMOSFERICO DE BAJA EFICIENCIA	70-82 %
CALENTADOR COMERCIAL DE ACEITE DE PETROLEO	60-70 %
HORNOS CONDESADORES DE GAS O PETROLEO DE ALTA EFICIENCIA	85-93 %

Fuente: Tomado y adaptado por el autor de http://www.habmigern2003.info/2_combustion-efficiency.html. 20 de julio, 2009. 14 hrs.

Los anteriores equipos mencionados son aparatos normalmente usados en las industrias y comercios.

Adaptación y cambio

Conociendo estos parámetros básicos es momento de empezar a hacer ciertos cambios dentro de la empresa. Como punto de partida se puede utilizar la figura No.3 como guía para elaborar los pasos a seguir. Se debe partir de hecho que un edificio tiene ya desde su construcción una eficiencia energética preestablecida por su diseño y construcción. Por tanto cualquier cambio en pro de su mejora en el uso de la energía estaría basado en sus limitantes de diseño original.

Sin embargo, esto no significa que no se pueda adaptar y rehabilitar el bien inmueble con la finalidad de optimizar su consumo eléctrico. Es importante realizar un muestro del consumo de energía por lo menos durante una temporada de 6 meses, en diferentes partes del edificio, para conocer como es el comportamiento general de la instalación

como tal. Esta información nos determina cuales son los puntos donde hay mayor consumo. Típicamente estos sitios suelen ser los centros de calefacción o de aire acondicionado donde reside un mayor consumo.

Otro factor para tomar medidas es conocer la diversidad de la fuente energética del edificio. No toda la energía de un edificio proviene de una misma fuente, por ejemplo las calderas que son utilizadas como medio de calefacción o producción de energía consumen bunker o gas, debido a que su coste es mucho menor en ocasiones que la energía eléctrica. Pero con un mayor impacto en la huella de carbono emitida al medio ambiente.

Al conocer bien nuestra matriz energéticas y los puntos medulares de consumo es importante ahora sí elaborar un plan acción. Este plan puede ser escalonado partiendo de metas simple hasta programas más elaborados que conlleven un compromiso sostenido de la empresa. Para cualquier plan que sea ejecutado y busque un cambio permanente, el compromiso de la gerencia general es fundamental. Sin este apoyo cualquier esfuerzo tendrá múltiples razones para frenarse en corto tiempo.

Las adaptaciones que se realicen durante el camino para ser implementadas con éxito depende de que tanto el personal se identifique con este, que al final son los ejecutores principales del programa de ahorro energético. Es vital que se apropien del plan y lo vean con suyo. Las acciones concretas del programa deberían de salir de las capacitaciones, sugerencias y recomendaciones que el programa de ahorro de energía promueva.

Las campañas de reciclaje en muchas organizaciones han sido claves con este tipo de iniciativas. Una campaña de reciclaje que implique poner a competir a distintos departamentos, promueve no solo la participación dentro de la empresa sino involucra a las familias de los trabajadores de dicha empresa. Esto genera no sólo un vínculo comunidad-empresa si no también genera credibilidad del programa que se está iniciando.

En resumen, las guías y conceptos que se exponen en este documento son lineamientos básicos que se deben conocer y tomar en cuenta a la hora de diseñar programas de mejora continua en la sección de ahorro de energía de las empresas. No obstante es muy importante que estos conceptos sean manejados por las gerencias operativas y de producción ya que de ello depende el alcanzar las metas propuestas en el tema de eficiencia energética.

Lecturas adicionales de referencia

Nota técnica No. 27726 INCAE Business School.: “El papel de la energía en el desarrollo sostenible: Hechos y asuntos fundamentales”.

Manuales de Energía Renovables/Biomás. PNUD,GEF,BUN-CA. San José, Costa Rica. Setiembre 2002.