

GESTION ENERGÉTICA: UN DESAFIO PARA LA INDUSTRIA DE PROCESOS

Claudio A. Zaror

Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Concepción. czaror@udec.cl

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la sociedad está íntimamente ligado a la capacidad de utilizar energía para realizar las actividades productivas y sociales. A nivel mundial, se constata un sostenido crecimiento de la demanda energética, debido al incremento de la población y al progreso económico de las naciones emergentes. Más aún, se debe señalar que los combustibles fósiles son responsables de alrededor del 80% de la matriz energética primaria, lo que genera emisiones a la atmósfera cercanas a 8.000.000.000 toneladas de carbono al año, con el consiguiente impacto ambiental local y global.

En Chile, los precios de la energía eléctrica y de los combustibles han aumentado significativamente en la última década y todo indica que esta tendencia se mantendrá a futuro. En la actualidad, nuestro producto interno bruto crece a la par con el consumo energético, mostrando un incremento anual de 3,7% y 3,6%, respectivamente, entre 1997 y 2007.

Desgraciadamente, los combustibles fósiles importados representan cerca del 75% de la matriz energética primaria nacional. Más aún, la huella de carbono de los productos y de las organizaciones está determinado, en gran medida, por el consumo energético de fuentes fósiles. La alta incidencia de estos combustibles tanto para la generación de electricidad como en sistemas térmicos y de transporte, afecta negativamente el desempeño de las empresas en materia de emisiones de gases con efecto invernadero.

Dado que el consumo de energía se distribuye en forma aproximadamente equitativa entre el sector industrial/minero, transporte y comercial/residencial, cualquier iniciativa para desacoplar el crecimiento económico y el consumo energético pasa por establecer políticas que tiendan a una mayor eficiencia energética para todos los actores de la sociedad, sin excepción.

GESTIÓN ENERGÉTICA

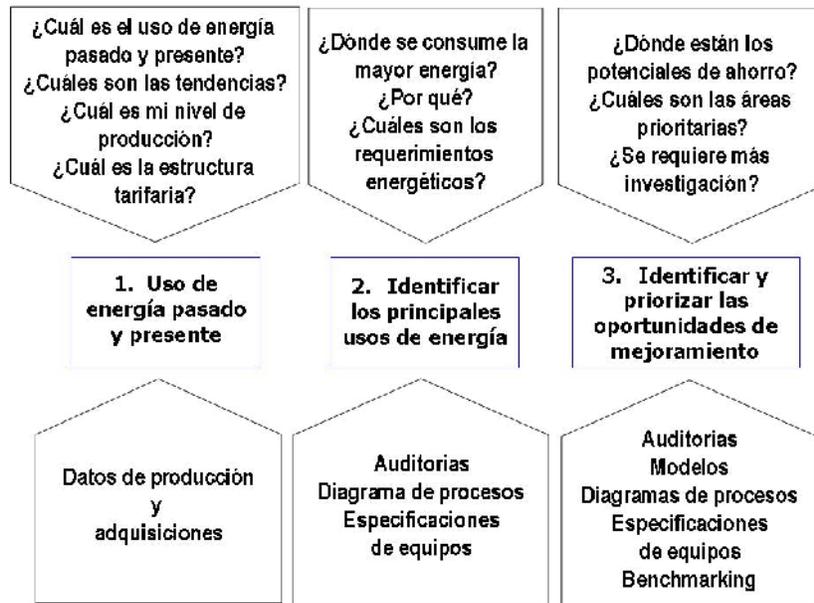
El consumo de energía constituye un importante factor de costo en la industria. La incertidumbre internacional respecto a la disponibilidad y precios de los hidrocarburos, sumada a las presiones para reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, han motivado la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para aprovechar fuentes de energía renovables, mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental.

Por otra parte, resulta interesante constatar que la mayoría de los logros en eficiencia energética en la industria se ha obtenido mediante **cambios en la forma cómo se gestiona la energía**, y no a través de la implementación de nuevas tecnologías. Por lo tanto, todas las empresas tienen el potencial de lograr significativas reducciones de su consumo energético y sus costos de producción, mediante una gestión eficaz de sus procesos.

En ese contexto, la **gestión energética** se refiere a un esfuerzo sistemático para mejorar el desempeño energético de una organización, en forma permanente y sostenida en el tiempo. Es importante señalar que el desempeño energético debe ser medido tanto en su dimensión económica (costos), como operacional (consumo de combustibles y electricidad) y ambiental (tipos de fuentes energéticas, emisiones de GEI y otros contaminantes, etc).

Para realizar una gestión energética eficaz se debe respetar, entre otros, el principio **“Conocer para Actuar”**. Ello implica realizar un diagnóstico energético que permita detectar los problemas, sus causas raíces y las posibles opciones de solución. El proceso de diagnóstico comienza con la recolección de información acerca del consumo de energía pasado y presente. Luego, se debe identificar los principales usos de la energía y detectar las mayores brechas. Finalmente, las medidas para mejorar el desempeño energético deberán ser priorizadas en base a criterios técnicos, económicos, legales y ambientales.

Inicialmente, la contabilidad energética puede construirse en base registros comerciales y especificaciones técnicas (ej. facturas de compra de combustible y electricidad, potencia nominal y horas de uso de los equipos principales), pero se debe establecer rápidamente un sistema de medición directa del consumo eléctrico y de combustible en aquellos procesos/equipos que son responsables de los principales consumos. Las fases para la implementación de un programa de mejoramiento energético se esquematizan a continuación:



En la práctica, se ha demostrado que una pequeña fracción de los equipos u operaciones es responsable de la mayor parte del consumo energético (el Principio de Pareto también es aplicable a la gestión energética: el 20% de las operaciones/equipos es responsable del 80% del costo de energía). Por lo tanto, se debe identificar estos “pocos críticos” y concentrar allí los esfuerzos de gestión energética (ver Tabla 1).

En el Anexo, se resume un conjunto de medidas para reducir el consumo de energía y los costos asociados, en diferentes equipos y operaciones de la industria de procesos. Esa lista es de carácter general e ilustra la amplia diversidad de alternativas que existen para mejorar el desempeño energético.

Las decisiones en materia energética deberán considerar las brechas críticas y los potenciales de mejoramiento en términos económicos, ambientales, legales y operacionales, por lo que se requiere de equipos de trabajo multidisciplinarios. Al respecto, los equipos de mejoramiento energético deberían incluir a representantes de las áreas que pueden afectar el desempeño energético, por ejemplo, ingeniería, adquisiciones, operaciones, mantención, encargados de edificios e instalaciones, encargados de medio ambiente, salud y seguridad, servicios de apoyo, instrumentación y control, recursos humanos, etc. Más aún, dada la importancia del tema, la alta dirección de la empresa debe estar involucrada desde el primer momento, y de manera permanente, en las actividades críticas de la gestión energética. Es recomendable que exista un comité directivo a nivel gerencial, que entregue las directrices y supervise las diferentes actividades para mejorar el desempeño energético.

TABLA 1: EQUIPOS / PROCESOS INTENSIVOS EN USO DE ENERGÍA
<i>Equipos y procesos intensivos en uso de Combustibles</i>
Motores de combustión interna (estacionarios y móviles)
Calderas en sistemas termoeléctricos y/o para generar vapor de proceso
Calefactores, hornos, secadores, hervidores, evaporadores, sistemas de cocción
<i>Equipos y procesos intensivos en uso de Energía Eléctrica</i>
Motores eléctricos. Compresores y bombas. Refrigeradores. Centrífugas.
Sistemas de iluminación.
Sistemas de ventilación y aire acondicionado.
Secadores, hornos, hervidores u otros equipos termoeléctricos.
Sistemas informáticos, comunicaciones y de oficina (ej. PC, monitores, impresoras)
Sistemas de medición y control de procesos

SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Desde hace más de una década, las naciones de mayor desarrollo industrial comenzaron a establecer normas para lograr una gestión eficaz de la energía. Entre ellos, Dinamarca, Irlanda, Suecia y EEUU fueron pioneros en la creación e implantación de normas certificables sobre sistemas de gestión energética. A modo de ejemplo, la Tabla 2 muestra algunas de las normas de sistemas de gestión energética vigentes en la actualidad. Estas normas tienen como común denominador el objetivo de mejorar la eficiencia del uso final de la energía y reducir la demanda y costos energéticos. Las normas más recientes han incorporado explícitamente el fomento a la reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero (GEI) y a la producción/uso de energías renovables.

TABLA 2 : SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA	
Dinamarca:	DS2403:2001 (Energy Management-Specification)
Suecia:	SS627750:2003 (Energy Management Systems-Specification)
Irlanda:	IS393:2005 (Energy Management Systems-Specification)
EEUU:	ANSI/MSE 2000:2005 (Management System for Energy)
España	UNE 216301:2007 (Sistema de Gestión Energética)
Unión Europea	EN 16001 : 2008 (Sistema de Gestión Energética-Requisitos)

Dada la gran cantidad de normas sobre sistemas de gestión energética, la Organización Internacional de Estándares (ISO) decidió recientemente avanzar hacia un estándar único, en respuesta a una solicitud directa de la ONUDI. En 2008, se inició el proceso de elaboración de la norma ISO 50.001 /TC 242 "Sistema de Gestión de la Energía" y se espera que esté lista para su aprobación por parte de los países miembros a fines de 2010. Esta norma internacional especificará los requisitos para un sistema de gestión energética, para desarrollar e implementar una política energética, establecer objetivos, metas y planes de acción, que tengan en cuenta los requisitos legales e información correspondientes a los usos significativos de la energía. Al igual que la mayoría de las normas mostradas en la Tabla 2, la ISO 50.001 se basará en el esquema **Planificar-Hacer-Verificar-Actuar** (ciclo PHVA), en el marco del mejoramiento continuo, permitiendo que la gestión de la energía sea parte de las prácticas cotidianas de gestión de la empresa.

Esta norma internacional se podrá utilizar para la certificación, registro o autodeclaración del sistema de gestión de la energía de una organización. Al igual que en el caso de la norma ISO 14.001 sobre gestión ambiental, la ISO 50.001 no establecerá requisitos absolutos para el desempeño energético más allá de los compromisos establecidos en la política energética, junto con su obligación de cumplir con la legislación aplicable. En consecuencia, dos organizaciones que desarrollan actividades similares, pero que tienen distintos desempeños energéticos, pueden igualmente satisfacer sus respectivos requisitos.

SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

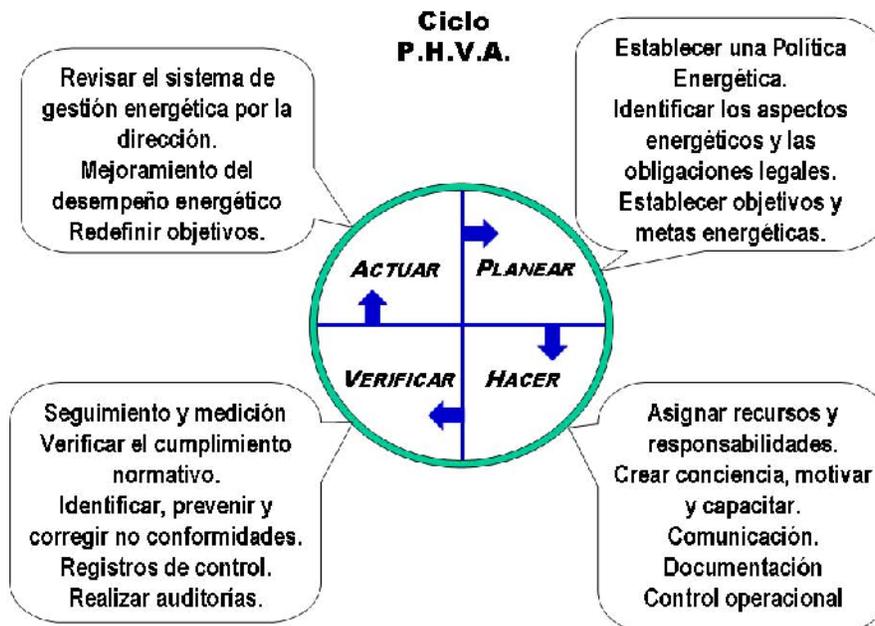


TABLA 3: ISO 50.001 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA
4.1. Requisitos generales
4.2. Responsabilidad Gerencial
4.3. Política energética
4.4 Planificación
4.4.1. Revisión energética 4.7.1. Requisitos legales y otros compromisos energéticos 4.7.2. Objetivos, metas y programas de acción
4.5. Implantación y funcionamiento
4.5.1. Competencia formación y toma de conciencia 4.5.2. Diseño 4.5.3. Control operacional 4.5.4. Requerimientos de documentación 4.5.5. Comunicación 4.5.6. Adquisiciones 4.5.7 Planificación de contingencias
4.6. Verificación de desempeño
4.6.1. Seguimiento y medición 4.6.2. Evaluación del cumplimiento legal u otros compromisos 4.6.3. Auditorías internas del sistema de gestión 4.6.4. No conformidad, acciones correctivas, preventivas y de mejoramiento 4.6.5. Control de los registros
4.7. Revisión por la dirección
4.7.1. Insumos para la revisión gerencial 4.7.2. Productos de la revisión gerencial

Se espera que la aplicación global de la norma ISO 50.001 pueda contribuir a aumentar la disponibilidad del suministro de energía y a reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, logrando importantes reducciones en el costo energético y mejorando la competitividad de las empresas.

LOS ENEMIGOS QUE DIFICULTAN UNA GESTIÓN ENERGÉTICA EFICAZ

La eficacia del sistema de gestión energética se demuestra por la existencia de un permanente mejoramiento de la eficiencia energética, en términos de menores consumos específicos y reducción de los costos asociados. Desgraciadamente, la práctica demuestra del costo energético, generando frustración y pérdida de motivación. En la mayoría de los casos, las causas raíces de estos fracasos radican en problemas relacionados con la organización misma y, muy particularmente, en carencia de liderazgo efectivo; como por ejemplo:

- Falta de apoyo y compromiso de la alta gerencia
- Falta de visión estratégica en materia energética
- Énfasis en la dimensión económica de corto plazo de los proyectos energéticos
- La gestión energética no está integrada con la estrategia del negocio
- Sistema de gestión energética impuesto por presiones externas (clientes, competidores)
- El sistema de gestión de la empresa es complejo y burocratizado
- Falta de integración entre la gestión energética y la gestión de calidad, producción, medio ambiente, prevención de riesgos, etc.
- La gestión energética se ve como un proyecto o como una meta, no como un proceso permanente y prioritario.
- Las auditorías energéticas solo focalizan en verificar cumplimientos y no en buscar oportunidades de mejoramiento.
- Creencia en los "poderes místicos" que da el tener un Certificado pegado en la pared.

Además de estos factores, es necesario señalar que el éxito o fracaso de una gestión energética depende del compromiso del personal en esta materia. Se requiere que las personas que desempeñan funciones críticas en materia energética tengan los conocimientos y habilidades necesarias para llevar a cabo un trabajo bien hecho. Además, deben contar con los recursos materiales y organizacionales necesarios para tales efectos. Por ejemplo, no podemos esperar que el operador de un horno realice su tarea satisfactoriamente si no posee el entrenamiento necesario y el equipamiento carece del instrumental adecuado.

Adicionalmente, se debe lograr el máximo compromiso y motivación del personal en la búsqueda de una mayor eficiencia energética. Sin dicho compromiso y motivación, es muy probable que las acciones de mejoramiento sean limitadas y no logren concretar en incrementos sostenidos de la eficiencia energética.

En los últimos años, se ha destinado una creciente cantidad de recursos públicos para apoyar e incentivar a las empresas nacionales a incrementar la eficiencia energética de sus operaciones. Sin embargo, los potenciales beneficiarios no parecen haber reaccionado con la celeridad esperada, a pesar de la alarma que se generó a raíz del espectacular aumento del precio del petróleo y de la electricidad, hace más de un año atrás. Sería una lástima que tengamos que esperar una nueva alza en el precio de la energía para que el tema logre ser tomado con seriedad en esos sectores empresariales. Desgraciadamente, en estas materias las estrategias reactivas son las más costosas y menos eficientes.

ALGUNAS REFLEXIONES FINALES

El tema energético constituye un aspecto estratégico para la empresa moderna y llegó para instalarse definitivamente. Su alta incidencia en los costos de producción obliga a las empresas a incorporar una gestión energética eficaz o, de otro modo, ver reducida su competitividad. Más aún la estrecha relación existente entre el consumo energético y la huella de carbono obliga a abordar estos temas desde una óptica común.

Un buen diagnóstico energético es clave para lograr reducciones de consumo y de costos, ya que permite identificar los problemas, sus causas raíces y las soluciones. Al respecto, las medidas que se pueden implementar para mejorar la eficiencia energética son accesibles para la gran mayoría de las empresas, pues en general son acciones de bajo costo y de fácil aplicación.

Finalmente, se debe señalar que la gestión energética representa un desafío relativamente reciente para la industria nacional y nos encontramos en las primeras fases de la curva de aprendizaje. Aquellas empresas que han comenzado a buscar formas de reducir sus consumos e incrementar la eficiencia energética pronto recibirán los frutos de su esfuerzo. Ello será posible, en la medida que se logre involucrar a todos los actores relevantes, en todos los niveles y funciones de la empresa, creando una cultura de ahorro energético y de conducta responsable.

La experiencia irá demostrando que la mejor energía y la más barata es aquella que no se utiliza; aquella que logramos ahorrar al dejar de consumir cuando no se necesita y cuando logramos hacer lo mismo con menos....

ANEXO

RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y DE COSTOS

ILUMINACIÓN

Cambiar lámparas y focos normales por unidades de bajo consumo
Estimular al personal a apagar la iluminación no utilizada.
Tener programa de limpieza de luminarias.
Mantener los cristales de las ventanas y domos limpios.
Pintar techos, pisos y paredes de colores claros y pinturas que reflejen la luz.
Utilizar sensores de ocupación.
Reacomodar el mobiliario para que no obstruya la entrada de luz natural.
Utilizar lámparas de vapor de sodio en lugares donde no se requiera una definición exacta de los colores.
Emplear reflectores especulares.
Zonificar los circuitos, para apagar independientemente las luces que no se utilizan.
Utilizar foto-celdas para encendido y apagado automático.
Utilizar programadores horarios para el encendido y apagado automático de luces.
Reemplazar las lámparas fluorescentes que parpadean consumiendo la misma energía.
Colocar láminas translúcidas en techos.
Utilizar balastos electrónicos.
Utilizar lámparas fluorescentes en tonos cálidos y blanco frío.
Diseñar sistemas de iluminación con programación automática
Colocar sensores de presencia cercanos a los aparadores en las tiendas.

GENERADORES DE VAPOR

Controlar el exceso de aire y la temperatura.
Arreglar trampas de vapor.
Ajustar quemadores; controlar la relación aire:combustible
Bajar la presión de vapor en la caldera
Ajustar el flujo / presión del vapor de acuerdo a demanda.
Mantener la caldera libre de incrustaciones.
Reducir las purgas de las calderas.
Aprovechar el calor de las purgas.
Reutilizar el condensado.
Reparar las fugas de vapor.
Utilizar recuperadores de calor de los gases de combustión, por ejemplo, para precalentar el agua de la caldera.

HORNOS Y CALEFACTORES

Apagar los hornos, parrillas, calefactores u otros equipos térmicos antes de que termine el ciclo de calentamiento, para así aprovechar la energía calórica acumulada (inercia térmica).
Reducir al mínimo la apertura de hornos.
Control automático de la temperatura de proceso.

AIRE ACONDICIONADO

Control automático de temperatura ambiente
Ajustar el termostato a la temperatura máxima de confort
Usar manejadoras de aire de volumen variable.
Colocar los condensadores fuera de la zona a enfriar.
Mantener los tubos de los evaporadores sin incrustaciones.
Ajustar la T_{REF} de acuerdo al requerimiento de uso.
Colocar plantas junto a las ventanas, para que absorban la radiación infrarroja.
Colocar fuentes de agua ornamentales en lugares ventilados, que además de decorado sirven de enfriadores evaporativos.
Colocar los intercambiadores de manera que reciban aire fresco del exterior.
Tener aislamiento térmico en muros y techos.
Colocar películas filtro solares en cristales de ventanas.
Utilizar en techos pinturas impermeabilizantes reflejantes.
Eliminar fugas.
Zonificar áreas de acuerdo a uso
Aislar tuberías térmicas con barreras de vapor.
Reemplazar las unidades de ventana de corredera
Reforestar junto a los muros de la construcción.
Mantener cerrados los accesos.
Colocar cortinas "hawaianas" o puertas automáticas en los accesos de trabajo.

REFRIGERACIÓN COMERCIAL

Aislamiento térmico efectivo en muros y techos.
Eliminar la escarcha en las tuberías de refrigeración por medios mecánicos. Instalar Defrost automático.
Colocar los condensadores en lugares bien ventilados.
Colocar cortinas "hawaianas" en los accesos.

Mantener todos los ventiladores trabajando.
Zonificar áreas al interior del refrigerador, de acuerdo a tipos de productos a refrigerar.
Utilizar refrigerante adecuado a la carga térmica.
Utilizar compresores de carga ajustable y regular de acuerdo a condiciones ambientales y de carga térmica.
Reparar / mantener el sistema de descongelado automático
Eliminar las filtraciones de aire hacia la zona de refrigeración, debido a mal cierre de las puertas u otras.
Verificar que la temperatura del evaporador es la requerida para operación.
Asegurar buena ventilación en torno al compresor y condensador
Mantener limpias las superficies del condensador.

TORRES DE ENFRIAMIENTO

Controlar los ventiladores de las torres de enfriamiento, de acuerdo al nivel de temperatura.
Evitar las incrustaciones de carbonatos en los sistemas
Evitar el crecimiento de microalgas
Reducir la temperatura de entrada del agua a enfriar, en sistemas de recuperación de calor; por ejemplo utilizarla para precalentar alguna línea de alimentación.
Apagar los ventiladores cuando no se requiera enfriar agua.

EQUIPOS DE BOMBEO

Dimensionar las bombas de acuerdo a la carga hidráulica.
Utilizar en lo posible tramos rectos de tuberías.
Bajar la presión de vapor en la caldera.
Reparar las fugas en tuberías, uniones y válvulas.
Aislar las tuberías térmicas.
En el bombeo de agua utilizar variadores de frecuencia en los motores, bajo un control de presión constante.
Emplear variadores electrónicos de velocidad en los motores eléctricos en lugar de mamparas y válvulas de alivio.
Cancelar ramales sin uso.
Utilizar sellos de tecnología moderna en bombas y válvulas.
Arreglar sellos de válvulas.
Mantener los filtros limpios; revisarlos periódicamente para evitar obstrucciones que incrementan el consumo de energía
La potencia nominal suministrada al motor debe ser igual a la que requiere la bomba para trabajar a su máxima eficiencia
El motor debe estar perfectamente alineado con la bomba y montado sobre una superficie que reduzca las vibraciones.
Instalar controles automáticos para arrancar y detener el motor de la bomba, para evitar que el motor siga usando energía una vez que la bomba haya dejado de funcionar.

COMPRESORES-AIRE COMPRIMIDO

Utilizar compresores de tornillo, de velocidad variable.
Eliminar las fugas ("silbidos").
Utilice buenas abrazaderas en todas sus mangueras.
Buscar que la toma de aire de compresores sea de un lugar frío.
Limpiar regularmente los filtros de aire.
Cancelar ramales sin uso.
Utilizar aceite sintético de bajas pérdidas en los compresores
Instalar secadores por refrigeración.
Bajar la presión del aire comprimido en el compresor.
Cambiar a tuberías más grandes las que tienen mayor flujo. No debe existir una caída de presión superior al 5% entre el compresor y el punto de utilización más lejano.
Zonificar las redes de aire comprimido
Usar válvulas de corte cuando parte de una instalación no utiliza aire durante un periodo prolongado.
Emplear boquillas que minimicen el "soplado".

MOTORES ELÉCTRICOS

Evitar arranque y operación simultánea de motores, sobre todo los de mediana y gran capacidad para disminuir la demanda máxima de potencia.
Evitar la operación en vacío de los motores.
Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada, para así reducir pérdidas por roce.
Corregir la caída de tensión en los alimentadores (máx. 5%)
Ajustar la tensión de alimentación de los motores trifásicos de corriente alterna.
Utilizar motores de velocidad variable.
Mantener ajustado el interruptor de arranque de los motores monofásicos de fase partida.
Utilizar arrancadores a tensión reducida en los motores que realicen un número elevado de arranques.
Instalar reguladores electrónicos en motores de rotor devanado, en reemplazo de reguladores con resistencia.
Instalar equipos de control de temperatura del aceite de lubricación de cojinetes de motores de gran capacidad.

TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS

No sobrecargar los transformadores. Evitar operar a baja carga (<20%). Si es posible, redistribuir las cargas.

Desconectar los transformadores en los períodos en que no son requeridos
Revisar el nivel y rigidez dieléctrica del aceite dos veces al año, y verificar su capacidad aislante y refrigerante
Medir frecuentemente la T superficial del transformador. Si es superior a 55°C, revisar el aceite dieléctrico.
Limpiar periódicamente la superficie del tanque, aletas disipadoras de calor, bornes, etc. Asegurar que no se obstruya la ventilación del transformador.

ENERGÍA ELÉCTRICA, EN GENERAL

Comprobar que no existen corto circuitos o fugas eléctricas
Tener conductores eléctricos bien dimensionados.
Revisar la temperatura de conductores y tableros de distribución. Evitar sobrecargas
Usar extractores de aire por convección.
Mejorar el factor de carga eléctrica.
Utilizar balastras tipo electrónicas.
Reemplazar los transformadores muy viejos.
Utilizar el voltaje más alto posible.
Reajustar (reapretar) las conexiones programadamente.
Desconectar los equipos que no requieren estar energizados cuando no están operando.
Utilizar lubricantes adecuados en los equipos rotatorios con altos factores de carga, para reducir las pérdidas por fricción.
Programar el uso de los principales equipos eléctricos para reducir la demanda de electricidad.
Compensar la energía reactiva (en motores, transformadores) mediante la instalación de bancos de condensadores (de potencia) o generadores sincrónicos para mejorar el factor de potencia.
Mantener listas actualizadas de todos los motores, bombas y compresores utilizados, y sus mantenciones rutinarias.
Reemplazar equipos en mal estado u obsoletos, por unidades más eficientes
Verificar y corregir regularmente:
 Voltaje y amperaje de operación de los motores
 Conexiones sueltas o contactos gastados
 Desbalances de voltaje en los motores trifásicos
 Conexiones a tierra inadecuadas
 Desgaste de los rodamientos y correas de transmisión
 Secuencia de uso de bombas y motores.
 Mantener un alto factor de potencia en los sistemas eléctricos.
 Balancear los voltajes de los circuitos de distribución.
 Utilizar controles proporcionales en calefacción eléctrica para bajar la demanda