

CAPITULO III

DESARROLLO DE UNA AUDITORIA EXERGÉTICA

3.1 Introducción a las auditorias exergéticas

El objetivo de la auditoria es promover la eficiencia energética, trata de un análisis sobre las posibles mejoras y su cuantificación aplicando la primera y segunda ley de la termodinámica, más que de certificar la autenticidad de las cuentas energéticas de la empresa, tal y como podría interpretarse por analogía con los usos en finanzas y contabilidad.

La diversidad de procesos industriales y de tipos de organizaciones empresariales, no aconseja desarrollar una guía específica para cada subsector, es por esto, que en este capítulo se desarrollará una de guía para que pueda aplicarse en cualquier sector industrial, ya que como se mencionaba anteriormente, no todas las empresas tienen los mismos procedimientos, ya sea productivos o administrativos.

La mejora de la eficiencia energética en los procesos suele ir asociada con algún tipo de innovación en el propio proceso, la maquinaria, el producto elaborado o los procedimientos de trabajo. En estos casos, los ahorros de energía pueden ser importantes, aunque como contrapartida las inversiones también son considerables.

La auditoria energética es un proceso sistemático mediante el cual se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de la empresa, con lo cual es posible detectar los posibles factores que afectan al consumo de energía, además se identifican, evalúan y ordenan las distintas formas de ahorro de energía, en función de su rentabilidad y factibilidad¹.

El Primer Principio de la Termodinámica dice que la energía se conserva en cualquier proceso y que no se puede crear ni destruir; la energía que

¹ AEDIE, Manual de auditorias Energéticas, Primera edición

acompaña a un combustible, o a los flujos de materia, etc. se puede localizar y determinar en los productos resultantes, pero el Principio de Conservación de la Energía no aclara otros aspectos relativos a la utilización de los recursos energéticos.

Los fundamentos del concepto de exergía aparecen con el Segundo Principio de la Termodinámica y las Leyes del Equilibrio de las transformaciones reales, al existir la posibilidad de poder generar un trabajo cuando dos sistemas en distintos estados térmicos, se ponen en contacto.

Si uno de ellos es un sistema ideal (medio ambiente) y el otro es un sistema cerrado, la exergía es el trabajo teórico máximo que se puede obtener de su mutua interacción hasta alcanzar el estado de equilibrio, dependiendo el valor numérico de la misma de los estados del sistema cerrado considerado y del medio ambiente.

La exergía se puede destruir a causa de las irreversibilidades y también se puede transferir hacia o desde un sistema; el uso eficiente de los recursos energéticos va asociado a la destrucción y pérdida de exergía en los sistemas, siendo el objetivo del análisis exergético el localizar, cuantificar e identificar éstas causas. La exergía es, por lo tanto, el trabajo teórico máximo que se puede obtener cuando el sistema cerrado evoluciona desde un estado inicial dado hasta su estado muerto, interaccionando sólo con el medio ambiente. También se puede definir la exergía como el trabajo teórico mínimo necesario a aportar para conseguir que el sistema cerrado pase desde su estado muerto hasta otro estado prefijado, no pudiendo ser negativa. La exergía es, por lo tanto, una medida de la diferencia entre el estado de un sistema cerrado y el estado del medio ambiente.

3.2. Medios materiales para las auditorías energéticas

La auditoría energética exige la realización de medidas específicas que complementan las que se pueden obtener a partir de las lecturas dadas por los instrumentos de la fábrica. La realización de los balances de materia y energía requieren medidas específicas que, para la producción normal y el mantenimiento, no son necesarias.

Los medios que se indican a continuación son materiales imprescindibles para el desarrollo de una auditoría, si bien estos pueden complementarse con otros elementos para facilitar el trabajo de quien realiza la auditoría de la empresa. Cabe mencionar que en este capítulo se pretende dar una guía general de lo que es una auditoría energética para una industria, esto quiere decir que no necesariamente el desarrollo de la auditoría energética para EMPAQPLAST S.A. está como indica el presente capítulo.

3.2.1 Medidas eléctricas

Una industria en su gran mayoría se encuentra constituida por motores eléctricos, que son la principal fuente de consumo de energía en la empresa productora, de ahí que es importante el adquirir la instrumentación necesaria y adecuada para obtener lecturas reales y fiables del consumo energético de dichos motores, es aconsejable disponer de un analizador de redes con pinzas amperimétricas y voltimétricas, en la actualidad existen analizadores que permiten conocer varias medidas de dichos motores, así como su factor de potencia, consumo eléctrico, y potencia reactiva entre otros.

3.2.2. Medidas para instalaciones de combustión

Así como los motores eléctricos son de gran uso en la industria, sucede lo mismo con las calderas, que son los principales equipos en los cuales está presente la combustión (energía térmica), un adecuado funcionamiento y

control de las mismas, disminuirá las pérdidas y aumentará la eficiencia del equipo, retribuyéndose así en la empresa con mayor producción y menor gasto de combustible, así como un menor impacto ambiental. Es por este motivo que la empresa debe estar dispuesta a la inversión de instrumentos que permitan analizar gases de combustión, equipos para toma de muestras, opacímetro, termómetros para gases de ambiente y manómetros para presión, entre otros.

3.2.3. Otros instrumentos y medios.

Además de estos equipos existen otros equipos auxiliares, tales como torres de enfriamiento y compresores, los cuales van a necesitar de instrumentación que no sólo midan potencia o consumo, sino también caudales volumétricos, muy necesarios, ya que cada equipo (dependiendo de la industria y a que se dedique ésta) tiene su capacidad de administrar aire y agua, a ciertos valores máximos y mínimos, los cuales deben ser previamente establecidos para cada equipo, los equipos auxiliares deben estar en la capacidad de abastecer la demanda de todos y cada uno de los equipos presentes en la industria.

3.3. Cálculos Económicos

Como toda actividad empresarial, la eficiencia energética tiene un condicionante, que es la rentabilidad económica. Aunque cada empresa tiene su sistema y sus criterios para medir la rentabilidad y establecer sus prioridades, aquí se incluye un procedimiento clásico de cálculo de la rentabilidad de las mejoras energéticas, que requiere conocer la inversión efectuada y el ahorro económico obtenido.

3.3.1. Datos de partida

Antes de efectuar los cálculos se han de reunir los datos de base que se relacionan y explican a continuación:

Inversión (I):

Valoración de los equipos que se han de adquirir y los trabajos que hay que realizar, a los precios vigentes en el mercado, todo ello de acuerdo con una especificación funcional.

Disminución anual de costos energéticos [\$/año] (DCE):

Valoración del ahorro en costes energéticos, consecuencia de la implantación de la mejora energética.

Aumento costos mantenimiento/operación [\$/año] (ACMO):

Valoración anual de los costos de mantenimiento y operación asociados a la mejora energética introducida.

Ahorro económico anual [\$/año] (AEA):

Valoración del ahorro económico anual resultante, que se obtiene aplicando la siguiente expresión.

$$\mathbf{AEA = DCE - ACMO} \quad \mathbf{(3.1)}$$

3.3.2. Ratios de rentabilidad inmediatos

Para evaluar las inversiones se emplean los siguientes índices de rentabilidad:

Periodo de amortización bruta / Pay Back [años] (PB):

Conocido también como el tiempo de retorno de inversión, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{PB = I / AEA} \quad \mathbf{(3.2)}$$

3.3.3. Índice de rendimiento indirecto

Estos índices relacionan la inversión con el beneficio a lo largo de la vida y se los obtiene mediante las siguientes expresiones:

Rendimiento bruto inversión (RBI):

Para utilizar este índice se utilizan otros conceptos, como vida útil del equipo y ahorro económico durante todo el proyecto. El rendimiento bruto de la inversión se determina mediante la expresión:

$$\begin{aligned} \mathbf{Vu} &= \mathbf{Vida\ útil} \\ \mathbf{AEAn} &= \mathbf{AEA \times Vu} \\ \mathbf{RBI} &= \mathbf{[(I-AEAn)/I] \times 100} \end{aligned} \quad \mathbf{(3.3)}$$

Expresa el porcentaje de beneficio obtenido a lo largo de la vida de la instalación, equipo, procedimiento, origen de la mejora, etc.

Rendimiento bruto anual (RBA):

Con este indicador se calcula el ahorro anual, que suele ser más operativo.

$$\mathbf{RBA = RBI / Vu \text{ [% año]}} \quad \mathbf{(3.4)}$$

Tasa de retorno de la inversión (TRI):

Mediante este indicador se pretende de una base para comparar distintas alternativas de inversión. Se obtiene mediante la expresión que se indica a continuación, que considera además la depreciación del equipo.

$$\begin{aligned} \mathbf{D} &= \mathbf{Depreciación\ anual \text{ [$/año]}} \\ \mathbf{D} &= \mathbf{I / Vu} \\ \mathbf{TRI} &= \mathbf{(AEAn - D) / I} \end{aligned} \quad \mathbf{(3.5)}$$

La depreciación se considera lineal durante la vida de la mejora propuesta.

3.4. Formulario para el desarrollo de las auditorías energéticas

La normalización y la gestión de calidad es una idea que ha penetrado profundamente con la difusión de las normas de la serie ISO, de ahí que este hecho ha obligado a las industrias a lograr altos niveles de calidad, conjuntamente con este un uso más eficiente de su energía para así poder disminuir costos de producción y poder invertir en planes de calidad. En esta parte del capítulo se pretende incorporar las ideas anteriores a la realización de las auditorías energéticas, tratando de conocer en un primer plano los consumos de energía, la credibilidad de los resultados, al tiempo que ponen los medios para asegurar un nivel de calidad alto y mantenido.

3.4.1. Instrucciones generales

Las auditorías energéticas requieren que se establezca una buena relación entre el personal de la empresa auditada y el auditor, para que la transmisión de datos e informaciones sea más fluida.

La planificación de los trabajos de la auditoría debe acordarse con el responsable de la empresa, para minimizar las interferencias con el normal funcionamiento de la empresa, y cumplirse estrictamente.

Para la realización de las medidas en el equipo, debe obtenerse autorización previa, se harán con las máximas medidas de seguridad tanto para el personal de la fábrica, como para el que realiza la auditoría.

En lo posible, hay que evitar que los operadores de la planta modifiquen su método de trabajo habitual, pues esto puede revertirse en lecturas mal tomadas o simplemente en datos erróneos, es conveniente preparar una lista de la documentación necesaria para la auditoría, y comentarla con el responsable de la empresa para fijar un plazo de entrega, así como solicitar los permisos necesarios para la instalación de equipos de medida. Estas

instrucciones, si bien es cierto son generales, pueden también ser acogidas cuando la auditoria la realiza el personal propio de la empresa.

3.4.2. Explicación del formulario²

Para plantear con propiedad las mejoras energéticas, la persona que realiza la auditoria debe estar informada del proceso productivo dentro de la industria, sus operaciones básicas, sus particularidades y sus condicionantes.

Es muy habitual el dibujar el diagrama de bloques del proceso de producción del equipo, mediante una entrevista con la persona de contacto de la fábrica y que luego se ratifica cuando la persona que realiza la auditoria visita la planta y ratifica el proceso.

El diagrama de bloques del proceso debe incluir las operaciones principales básicas, deben identificarse las líneas de proceso que trabajan independientemente y las que trabajan secuencialmente. A partir del diagrama de bloques deberá poder efectuarse el balance de masa anual de la fábrica y determinar el rendimiento másico del proceso, indicándose las recirculaciones de productos intermedios y los residuos materiales. También deberá permitir repartir el consumo de energía destinada a proceso entre las distintas etapas en que se ha dividido. En otras palabras, el diagrama será muy esquemático, en el que se dividirá el proceso en bloques que representen las operaciones unitarias de dicho proceso y las aportaciones de energía en cada bloque.

En muchas empresas de países desarrollados, y en equipos de última tecnología, disponen de controles por SCADA (Sistema de adquisición de datos y control automático), que presentan en pantallas el proceso completo o áreas de proceso, conviene solicitar la impresión de estas planillas. Es muy difícil que en el país que las industrias cuenten con estos sistemas, pero no está por demás mencionar este sistema, ya que la innovación tecnológica es cada vez más frecuente.

² En el Anexo 1 se muestra el formulario en mención

3.4.3. Recopilación de datos

En esta etapa es donde se registran todos los datos posibles que posee cada máquina, comenzando por los valores de placa, es decir, los nominales de cada equipo, con esto se tiene la capacidad nominal instalada en la empresa, conjuntamente con la iluminación y equipos de oficina.

Seguidamente se procede a la toma de datos pero ya reales, con la ayuda de la instrumentación adecuada, como ya se mencionó anteriormente, se obtiene valores bastante reales y certeros del consumo de los equipos, y así poder identificar las pérdidas y las posibles mejoras que se puede plantear.

3.4.4. Cumplimiento del formulario

Si se han cumplido todas las indicaciones reflejadas en los apartados precedentes, el cumplimiento del formulario es relativamente sencillo.

Cuando la empresa no disponga de datos y no se pueda cumplir algún apartado, podrá hacerse caso omiso, siempre y cuando se estime que dicho valor no afecta al resultado de la auditoria. En caso contrario, el jefe de ingeniería y el auditor podrán convenir en método iterativo o bien con la comparación de la experiencia en casos parecidos, para así poder estimar el valor no conocido.

El cumplimiento adecuado de los pasos sugeridos para realización de la auditoria, deberá tener la visión de implementarse como un plan de mantenimiento común, que deberá tener su seguimiento como se disponga, ya sea semestral o anual, dependiendo de la administración y del departamento de producción, el poseer un programa de eficiencia energética es muy ventajoso para la empresa y sus competitividad en el mercado.

3.5. Ampliación de los beneficios de la auditoria

El procedimiento de prediagnóstico y auditorias se potencia si se complementa con el análisis, la gestión y el aprovechamiento estadístico de los datos recogidos, a fin de establecer índices sectoriales de consumo, que permitan conocer la gestión energética de una empresa comparándola con las de su sector.

Durante la realización de los prediagnósticos y la auditoria energética se recopilan un conjunto de datos básicos: producciones, consumo de electricidad y combustibles, y costos energéticos. Estos datos se analizan y relacionan entre si para determinar unos indicadores energéticos: consumos específicos, y a ser posible, costos energéticos para los distintos productos elaborados.

3.5.1. Mejoras prácticas

Las mejoras prácticas son a manera de recetas identificadas por la experiencia conjunta de muchos usuarios y expertos de energía, sobre la mejor forma de diseñar, desarrollar, implantar, operar y mantener los sistemas productivos y los servicios de las fábricas para conseguir una mayor eficiencia energética en un ámbito determinado.

La realización de los prediagnósticos y auditorias permite recopilar las mejores prácticas energéticas realizadas intuitivamente en las fábricas que se han sometido a este tipo de estudios, y su posterior normalización y presentación para provecho del colectivo industrial.

3.5.2 Benchmarking

El Benchmarking energético (estudio comparativo) se desarrolla para conocer el estado del consumo energético de varias empresas del mismo sector, y compara de manera sistematizada las distintas características del consumo de energía.

Es una información valiosa para detectar la excelencia energética y así, tomar decisiones sobre reformas o nuevas inversiones, sin tener que reinventar desde cero, reduciendo costos y tiempo. El benchmarking debe incluir distintos elementos, para que sea efectivo:

- Variables energéticas a comparar y las condiciones de comparación. Importancia relativa de cada variable.
- Características similares entre empresas estudiadas.
- Elementos evaluados. Clasificación y agrupación: características y valores.
- Proyectos innovadores, ventajas competitivas, deficiencias y áreas de oportunidad.

En definitiva, el benchmarking energético es una búsqueda de la excelencia energética. Es un proceso lento y que requiere una participación muy proactiva de las empresas y personas participantes.

En el país no se ha cultivado una conciencia acerca del ahorro energético, se han realizado campañas de ahorro, pero no muchas empresas las ponen en práctica, el realizar un análisis de consumo de energía en las empresas, aún es escaso, por este motivo es difícil el aplicar esta técnica tan eficiente para la excelencia energética, por lo que no se tiene datos comparativos de consumo con empresas de producción similares.