

Recepción: 23 de noviembre de 2014

Aceptación: 11 de diciembre de 2014

Publicación: 11 de marzo de 2015

SUPERVISIÓN ENERGÉTICA PARA MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE CONSUMO ELÉCTRICO. UN CASO PRÁCTICO

ENERGY MONITORING FOR CONTROL OF ENERGY CONSUMPTION. A CASE STUDY

Francisco Javier Cárcel Carrasco¹

José Grau Carrión²

1. Doctor Ingeniero Industrial. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera S/N; 46022; Valencia; España. E-mail: fracarc1@csa.upv.es
2. Ingeniero en Mecánica. Director de Ingeniería del grupo Martínez Lorient S.A. E-mail: jgrau@martinezoriente.com

RESUMEN

El control y eficiente gasto energético, es uno de los ratios fundamentales que deben vigilar las grandes empresas que utilizan la energía eléctrica intensivamente como parte de su proceso productivo. Una de las primeras fases es la adaptación de la potencia contratada para evitar penalizaciones que encarecen el suministro. A partir de esta primera fase, la monitorización y control del consumo eléctrico sobre los elementos de mayor consumo, es fundamental para fomentar el ahorro energético, así como la visualización de nuevas acciones que lleven a optimizar el uso energético y concienciación en el uso de la energía eléctrica. En este artículo, se muestra la importancia de estos puntos, aplicado a un caso práctico en una industria del sector alimentario, mediante la variación de la potencia contratada y las consecuencias de la instalación de un sistema de control y monitorización de la energía consumida.

ABSTRACT

The control and efficient energy expenditure, is one of fundamental ratios that must monitor large companies that use electrical energy intensively as part of its production process. One of the first phases is the adaptation of the contracted power to avoid penalties that increase supply. From this first phase, monitoring and control of power consumption on the elements of higher consumption, it is essential to promote energy saving, as well as the display of new actions that lead to optimize energy usage and awareness in the use of electric power. In this article, the importance of these points, shown applied to a case study in a food industry, through the variation of the contracted power and the consequences of installing a system of control and monitoring of the energy consumption.

PALABRAS CLAVE

Control energía eléctrica, Eficiencia energética, Potencia eléctrica, Suministro eléctrico, Industria alimentaria.

KEY WORDS

Control electric power, energy efficiency, Electric power, power supply, food industry.

INTRODUCCIÓN

Conocer el gasto energético es el primer paso para reducir el consumo no útil. Estos excesos energéticos, no sólo suponen un mayor coste económico debido a la energía, sino que además incrementa el desgaste de los equipos y el grado de mantenimiento que debemos aplicar a ellos (IDEA, 2009, 2007).

En empresas con elevadas potencias contratadas (Cárcel et al., 2014), necesitan en una primera fase, la optimización de la potencia contratada con el fin de evitar sobrecostes o penalizaciones que pueden producir un quebranto económico. Una vez que se haya optimizado la potencia utilizada con la empresa distribuidora, es el momento de reducir el consumo de energía y para ello es necesario medir y controlar el consumo eléctrico. El contador eléctrico nos muestra una visión global de toda la empresa, pero no monitoriza los consumos para diferentes receptores internos de la empresa (Cárcel, 2014b).

Por ello la monitorización energética, es una herramienta útil como herramienta para conseguir mayor eficiencia en el consumo. De ello se pueden trasladar algunas ventajas:

- Análisis de los datos, comparándolos con patrones de consumos conocidos y parámetros exteriores ambientales como temperatura, humedad, etc. , que pueden hacer decidir las acciones de ahorro energético.
- Posibilidad de medir diferentes parámetros y seguimiento mediante gráficos que permitirán la toma de decisiones.
- Inclusión de alarmas para detectar consumos excesivos o superfluos.

Con un sistema de medición de parámetros eléctricos podemos obtener algunas otras ventajas adicionales:

- Detectar áreas de oportunidad relacionadas con una disminución de la facturación.
- Llevar a cabo facturación interna a partir de los consumos por centro de consumo o línea de producción.
- Analizar alternativas que permitan hacer un uso más racional y eficiente de la energía.
- Determinar la energía reactiva para la corrección óptima del factor de potencia, y minimizar pérdidas en los conductores por calentamiento.
- Identificar aquellas cargas que contribuyen en mayor medida al consumo de energía, demanda máxima y/o bajo factor de potencia.
- Determinar la eficiencia con la que se utiliza la energía eléctrica en una empresa.
- Calcular los índices energéticos y compararlos con los niveles recomendados.
- Distribuir costos (facturación interna).
- Detección de problemas relacionados con regulación y desbalance de voltaje.
- Establecer el nivel de carga de transformadores y alimentadores.

Este artículo muestra de una manera básica la repercusión de ajustar la potencia eléctrica contratada a la potencia real de demanda. Esto no supone un ahorro energético en sí, pero económicamente es relevante en grandes potencias. Por otro lado se comenta la función de

la monitorización y control de la demanda y los beneficios que pueden ser repercutidos en cuanto ahorro energético, mejora de la productividad y eficiencia de los equipos y mantenimiento.

SUMINISTRO ELÉCTRICO. VARIACIÓN DE LA POTENCIA CONTRATADA

El caso práctico se basa en una industria del sector alimentario de la provincia de Valencia (Cárcel, 2014a), donde las características fundamentales del suministro eléctrico y lo que se prevé realizar se designa a continuación:

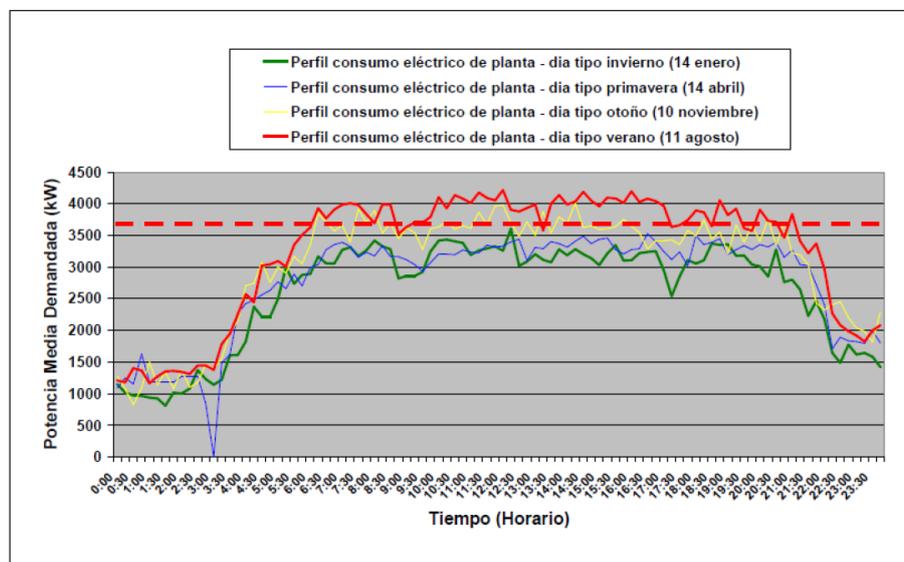
- Actualmente la potencia contratada en la planta es de 3.700 Kw
- Las penalizaciones por excesos de potencia ascienden a 23.551€
- Las penalizaciones se producen principalmente durante el periodo de máxima demanda de frío de junio a septiembre
- El contrato con la empresa distribuidora eléctrica es a mercado libre en 6 periodos
- El precio del kW contratado, en el momento de tomar los datos, para los 6 periodos es de: P1: 0,141895€, P2: 0,119154€, P3: 0,110722€, P4: 0,09828€, P5: 0,090959€, P6: 0,06504€.

Se quiere estudiar la posibilidad de realizar una acción de aumento de potencia contratada a 4.100kW

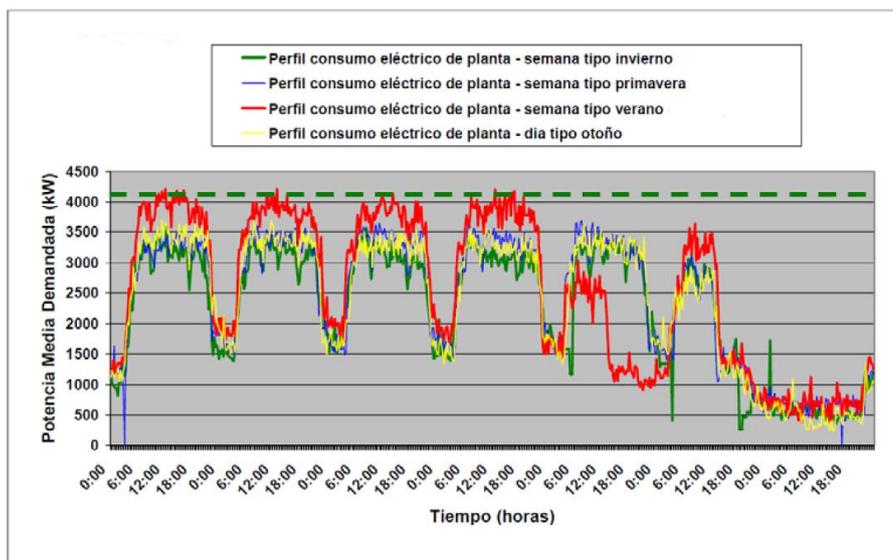
Según el perfil de consumo eléctrico de planta resulta necesario mantener una potencia contratada superior a la necesaria durante todo el año, excepto en los periodos estivales. Para evitar excesivos recargos en la tarifa eléctrica se contrata la misma potencia de P1 a P6 sólo para las necesidades de potencia de P6 durante el periodo estival, en este caso 3.700kW. A pesar de ello, para 2009 se registra un recargo por excesos de potencia de 23.551 € que puede ser optimizado aumentando la potencia contratada hasta los 4.100kW.

En los gráficos adjuntos (Gráficas 1 y 2), obtenidos de la curva cuarto-horaria de compañía, se puede observar un ejemplo de un día tipo y una semana tipo para las cuatro estaciones del año.

En la gráfica 1, es posible observar el gráfico entre potencia consumida y potencia contratada sobre todo para los periodos estivales.



Gráfica 1: Perfil consumo eléctrico factoría en cuatro periodos anuales. Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 2: Perfil consumo eléctrico en semanas tipo en la factoría. **Fuente:** Elaboración propia.

En el caso que a corto plazo no fuera posible realizar el aumento de potencia contratada, ya sea por cuestiones de contrato con la comercializadora o por cuestiones técnicas, será necesario tener en cuenta futuros proyectos de ampliación de la planta industrial teniendo muy en cuenta revisar la potencia contratada una vez ejecutado el proyecto de cara a minimizar los costes energéticos del suministro eléctrico.

Para la determinación de los ahorros económicos se ha evaluado el ahorro según el R.D. 1164/2001 en su artículo 9. Según los datos cuarto-horarios de compañía la potencia cuarto-horaria ha excedido de 3.700kW un total de 843,25 horas. Para una potencia de 4.100kW, este valor se sitúa en 36,25 horas por lo que se puede considerar que en este nivel de potencia contratada se elimina la práctica totalidad de las penalizaciones por excesos de potencia.

A pesar de ello únicamente se considera el ahorro derivado de las penalizaciones durante el periodo estival, un total de 21.967€ y el sobrecoste económico de la nueva potencia contratada, 11.936,52€. El ahorro económico resultante es de 10.030 €.

LA MONITORIZACIÓN Y CONTROL DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE FÁBRICA

La mejora de la eficiencia energética pasa por la implementación de un sistema de gestión Energética compuesto por la monitorización y la fijación de objetivos, que ayudarán a mejorar la eficiencia de los procesos productivos y los auxiliares a la producción. La monitorización encuentra su razón de ser en el hecho que la energía usada por cualquier industria, varía con los procesos de producción.

La relación entre el uso de energía y los indicadores clave del proceso de producción, permitirá obtener relaciones importantes para estudiar el correcto uso energético:

- Tendencias en los consumos que reflejen parámetros estacionales.
- La eficiencia del proceso
- Tendencias futuras en el uso energético.
- Áreas específicas de gasto energético no útil.
- Desarrollar objetivos de Eficiencia Energética
- Comparación con sectores similares.

El control y la monitorización energética, debe llevar un compromiso por toda la organización, con un seguimiento y control (Figura 1) (AENOR, 2009). Para ello, se hace necesario desarrollar un Modelo capaz de estimar el consumo energético necesario para unas condiciones determinadas.

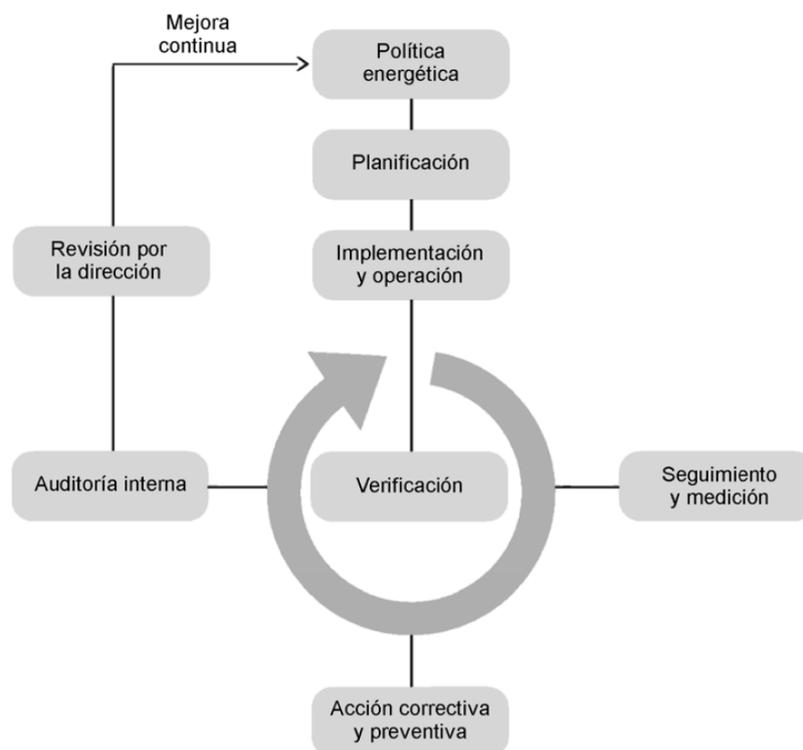


Figura 1: Modelo de sistema de gestión energética para esta norma. **Fuente:** AENOR 2009.

Esta norma especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión energética.

Dicho sistema tiene en cuenta las obligaciones legales que la organización debe cumplir y otros requisitos que pueda suscribir. Permite a la organización adoptar un enfoque sistemático para la mejora continua de su eficiencia energética (AENOR, 2009).

Puestos sobre un caso práctico, a nivel de elementos de medida y control, la fábrica objeto de estudio de caso dispone de dos scadas de control: uno para la central de frío y otro para instalaciones de climatización de fábrica. Estos sistemas registran los datos de operación pero no los valores de consumo por periodos, así mismo para el resto de planta únicamente se dispone de 3 analizadores de red eléctrica que registran los valores de consumo pero no comunican con un ordenador central para poder monitorizar los valores.

Una propuesta consiste en la instalación de un sistema de medida (supervisión energética) de 30 equipos, la finalidad es poder sectorizar de forma adecuada los consumos de las diferentes áreas productivas e instalaciones. Por un lado para poder asociar correctamente los costes de producción de las diferentes áreas al producto elaborado, y por otro lado, definir una serie de puntos de medida que permitirán cuantificar y monitorizar el consumo residual de planta, aquél que se puede reducir debido a que es un consumo eléctrico que se produce fuera de horario de servicio o de producción y no aporta trabajo útil (Figura 2). Así mismo, el sistema permitiría poder realizar un seguimiento de aquellas cargas asociadas a equipos en las que se ha llevado a cabo una acción de ahorro energético y por lo tanto ayudando a garantizar la consecución de dichos ahorros.

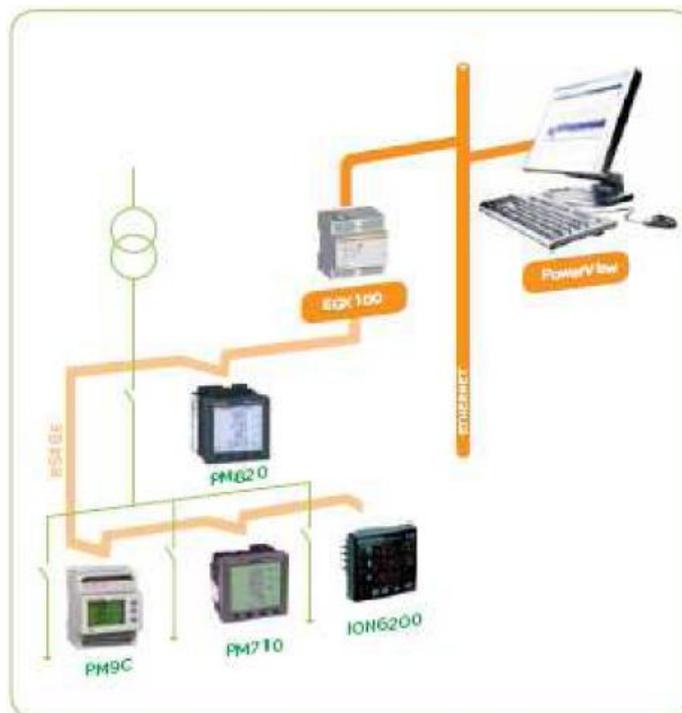


Figura 2: Perfil consumo eléctrico en semanas tipo en la factoría. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1 se muestra la propuesta de sistema de medida para la planta, teniendo en cuenta los circuitos de mayor consumo y con utilización de medidores comerciales de la marca Schneider Electric (Tabla 1).

Tabla 1: Perfil consumo eléctrico en semanas tipo en la factoría. **Fuente:** Elaboración propia.

Equipos	Descripción	Cantidad	Punto de medida
PM 710	Central de medida para medición de parámetros eléctricos y de consumo de energía	27	Compresor frío A1
			Compresor frío A2
			Compresor frío A3
			Compresor frío A4
			Compresor frío A5
			Compresor frío A6
			Compresor frío A7
			Compresor frío A8
			Compresor frío A9
			Cuadro FCO hamburguesas
			KJ2 sala despiece
			Compresor nº1 aire comprimido
			Compresor nº2 aire comprimido
			Compresor nº3 aire comprimido
			Compresor nº4 aire comprimido
			Central de vacío (despiece)
			Central de vacío (hamburguesas)
			Central de vacío (arreglos)
			Cuadro sala despiece
			Cuadro depuradora
			Cuadro oficinas planta baja
			Cuadro Siemens zona Piking
			Cuadro congelación
			Siemens A-70
			Cuadro KJ-1
			Cuadro sala máquinas y mantenimiento
			Nave elaborados
PM 820	Central de medida de consumo y calidad eléctrica	2	C.G.B.T. de Cuadros de frío
			C.G.B.T. de CT2
ION 7650	Central de medida de consumo y calidad eléctrica (CLASE A)	1	Acometida general
PM8ECC	Pasarelas de comunicación (módulo acoplable a PM820)	2	C.G.B.T. de Cuadros de frío
			C.G.B.T. de CT2
VISIONA	Sistema de monitorización remota	1	dirección web

Una vez implantado el sistema de supervisión de energía eléctrica con Power Meter y ION en la acometida principal mediante red de comunicación TCP/IP, a modo de poder analizar eficazmente toda información facilitada por los medidores instalados (sistema de monitorización), se debe implantar un sistema de gestión de energía.

Un extracto de las mejoras que supone implantar un sistema de supervisión y análisis de energía eléctrica (sistema de gestión de la energía eléctrica):

Con un sistema de supervisión y análisis implantado en una instalación, se estará preparado para iniciar el proceso de mejora. Se deberán enfocar los esfuerzos hacia tres objetivos principales: ahorro de energía, mejoras en la productividad y mejoras en la fiabilidad de la instalación.

A) AHORRO DE ENERGÍA

Los ahorros de energía generalmente se centran en el control de la demanda. Con el nuevo sistema de análisis permanente, se pueden atacar los costes de energía desde un nuevo flanco. Por ejemplo:

Permitirá asignar los costes energéticos a cada departamento, en base a su consumo de energía real y a su potencia demandada. De esta forma, por medio del “software”, se podrá crear un informe en una hoja de Excel o Lotus, donde se muestren los kW y kWh consumidos. Si se repite este informe cada mes, se podrá saber cómo evoluciona el consumo de cada departamento.

Permitirá evaluar y controlar los recargos por maxímetro. Además se identificará a los principales culpables de estos recargos, a tiempo. Estos datos ayudarán en las inversiones en recortes de pico automáticos y en esquemas de descarga de consumos.

Permitirá contrastar las facturas de la compañía con los datos obtenidos, ya que, en ocasiones, aparecen errores.

Finalmente, se podrá situar en una buena posición a la hora de negociar las tarifas con la compañía.

B) MEJORAS EN LA PRODUCTIVIDAD

Las mejoras en la productividad se centran en mejorar la eficiencia de los equipos y del mantenimiento, y en mejorar la calidad de la energía. A partir de la información del estudio realizado en el primer paso y, con el sistema de análisis y supervisión, se podrá:

- Mejorar la eficiencia de los equipos.
- Mejorar la eficiencia del mantenimiento (AEM, 2010).
- Mejorar la calidad de la energía. Con las capturas de onda de los sucesos problemáticos y las condiciones estables, se estará en posición de tomar decisiones sobre el presupuesto dedicado a la calidad de la energía.

C) MEJORAS EN LA FIABILIDAD

Las mejoras asociadas a la fiabilidad de las instalaciones se incluirán en el estudio de fiabilidad que se deberá realizar con posterioridad, y que implica un análisis interno y externo.

1) Análisis Interno:

Este análisis puede ser realizado por las organizaciones que disponen de recursos a través de algún sistema informático que recoja y almacene los datos. A partir de los estos datos, identificar oportunidades de mejora y realizar planes de acción correctivos y/o preventivos.

2) Análisis Externo:

Apropiado para aquellas organizaciones que no disponen de (o no desean emplear) recursos e infraestructura necesaria para realizar el análisis de la información recogida, y desean que mediante un asesoramiento externo se ayude a detectar oportunidades de mejora, emitiendo informes periódicos (semanales, mensuales, anuales,...) en los que se presente el estado de la instalación y aquellas recomendaciones de mejora continua necesarias para el óptimo funcionamiento de la instalación. Este análisis puede servir también como complemento al interno. Mientras el análisis mediante el SMS en tiempo real lo realiza personal experto de la organización, el permite visualizar los datos más relevantes de consumos energéticos (no sólo eléctricos) y su relación con otros datos e indicadores de negocio de la empresa por parte de personal no especializado a través de cualquier navegador web y acceso a internet.

Con el sistema de supervisión y control eléctrico aplicado a esta factoría, se pueden estimar una serie de ahorros potenciales:

El ahorro energético detectado podría ser de 409.411 kWh (valor resultante de la suma de los ahorros detectados mediante la campaña de medidas realizada durante la inspección de la auditoría energética como consecuencia de reducción de consumo residual en instalaciones auxiliares varias. Dichas oportunidades requieren de la monitorización de un sistema de medida para mantener el control sobre las acciones que se lleven a cabo para reducir o suprimir dichos consumos residuales.), para el primer año, equivalente a 36.600 € de ahorro anual (Tabla 2).

El ahorro energético potencial puede llegar a 1.262 MWh (Valor estimado sobre la hipótesis de ahorro de un 2% sobre el consumo total, el primer año. El potencial de ahorro está directamente relacionado con la implicación del gestor energético o responsable del sistema en la detección de oportunidades de ahorro mediante dicho sistema de supervisión.), equivalente a 103.500€ una vez implantado un sistema de gestión energética que permita la reducción progresiva del consumo energético mediante la detección de nuevas oportunidades de mejora con el sistema de supervisión.

La inversión del sistema tiene un valor estimado de 60.600€ para la propuesta recomendada.

Tabla 2: Ahorros energéticos estimados por monitorización energética. **Fuente:** Elaboración propia.

Optimización energética	
Consumo actual estimado (MWh)	21.038,4
Consumo futuro previsto (MWh)	20.592,1
Ahorro energético (MWh)	409.411
Reducción emisiones (TnCO2)	165,1

CONCLUSIONES

El ajuste de la potencia contratada por industrias con elevados consumos eléctricos, es necesario para evitar el pago de sobrecostos de tipo administrativo con la empresa distribuidora, que sin embargo, pueden tener valores económicos muy elevados.

La monitorización y control de los consumos eléctricos internos de la factoría, es una herramienta indispensable para tener una política energética correcta en la empresa. Fruto del control, se pueden estudiar nuevos métodos de mejora energética, que inciden en la mejora de la productividad, la concienciación medio-ambiental de todo el personal, así como otras mejoras colaterales como pueden ser la mejora de la fiabilidad, la mantenibilidad y aumento de la vida útil del equipo (Cárcel, 2012).

REFERENCIAS

AEM, Asociación española de mantenimiento. (2010) "Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España". AEM, 2010.

AENOR. (2009). Sistemas de gestión energética-Norma EN 16001:2009. Norma Europea.

Cárcel-Carrasco J, Roldan-Porta C, Grau-Carrion J. (2014a). "La sinergia entre el diseño de planta industrial y mantenimiento-explotación eficiente. Un ejemplo de éxito: El caso Martínez Oriente S.A. " Dyna. Marzo 2014. Vol. 89-2 p.159-164. doi: <http://dx.doi.org/10.6036/5856>

Cárcel-Carrasco J (2014b). Acciones de eficiencia energética y mejora de la fiabilidad en su aplicación a industrias agroalimentarias. 3Ciencias, 2014. ISSN 978-84-941394-6-8

Cárcel-Carrasco J (2012). Principios básicos de un sistema de mantenimiento basado en la eficiencia energética. MANTENIMIENTO. SEPTIEMB, pp. 25 - 30. 2012. ISSN 0214-4344.

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2009). Guía practica de la energía, consumo eficiente y responsable.

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2007). Plan de Acción 2008-2012. Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012.