

Document downloaded from:

<http://hdl.handle.net/10251/102609>

This paper must be cited as:

Cárcel Carrasco, FJ.; Peñalvo-López, E.; Cárcel Carrasco, J. (2017). Principios para basar las técnicas de mantenimiento industrial en relación a la eficiencia energética. *Mantenimiento en Latinoamérica*. 9(6):18-22. <http://hdl.handle.net/10251/102609>



The final publication is available at

<http://mantenimientoenlatinoamerica.com/index.php>

Copyright Mantenimiento en latinoamérica

Additional Information

# Principios para basar las técnicas de mantenimiento industrial en relación a la eficiencia energética

F. Javier Cárcel-Carrasco<sup>1</sup>, E. Peñalvo-López<sup>2</sup>, José Antonio Cárcel-Carrasco<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dr. Ingeniero Industrial. Universitat Politècnica de València, ITM. C/n de Vera s/n. 46022 Valencia (España)  
E-mail: fracarc1@csa.upv.es

<sup>2</sup>Dr. Ingeniero Industrial. Universitat Politècnica de València, IIE. C/n de Vera s/n. 46022 Valencia (España)  
E-mail: elpealpe@upvnet.upv.es

<sup>3</sup>Ph.D. Student. Tecnatom S.A, Av. Montes de Oca Nº1, 28700, San Sebastián de los Reyes, Madrid, España E-mail: jacarcel@tecnatom.es

**Resumen:** La energía supone un coste que puede representar una fracción muy elevada de los costes de producción dependiendo del sector de que se trate. Esto sugiere una revisión o superación, siquiera parcial, de los sistemas de mantenimiento industrial, introduciendo la variable de la eficiencia energética, que analizando cada una de las partes por separado del conjunto industrial o todo el sistema de forma global, nos permita conseguir el máximo de operatividad en el proceso industrial (aumentando el ciclo de vida útil, disminuir las paradas, eliminar los sucesos no deseados, etc.), así como la máxima eficiencia energética que redundará en el menor coste de energía para el proceso. Este artículo, trata de definir los cauces básicos por los que debe incidir los modelos de mantenimiento teniendo en cuenta la variable eficiencia energética.

**Palabras Clave:** RCM, TPM, Mantenimiento efectivo, Eficiencia energética.

## 1. INTRODUCCIÓN

Una variable relevante sobre la que pueden actuar es la eficiencia del proceso productivo es el consumo energético del equipamiento para conseguir los resultados. El mantenimiento industrial tiene por objetivo principal conseguir una utilización óptima de los activos productivos de la compañía, manteniéndolos en el estado requerido para una producción eficiente con unos costes mínimos.

Dentro de las técnicas organizativas de mantenimiento industrial, el modelo RCM [1] está basado en la fiabilidad que surge en los años sesenta como respuesta a los problemas en aquel momento planteados: crecientes costes de mantenimiento, bajos niveles de disponibilidad, insatisfactoria efectividad del mantenimiento preventivo, etc. Básicamente utiliza los conocimientos y experiencia del personal de mantenimiento y de producción para identificar, a partir de las metas de producción, los requerimientos de mantenimiento de cada unidad operativa, optimizar los rendimientos de esas unidades y alcanzar los resultados esperados.

El TPM [2] opera sobre la gestión de los activos físicos, y que entiende como básica la implicación del operario como responsable de la calidad del producto y la fiabilidad operativa. Fue definido por primera vez en 1971, y como Nakayama [2], [3] indicó, el TPM tiene tres significados diferentes: Búsqueda de la eficacia económica, Prevención del mantenimiento a través del “diseño orientado al mantenimiento”, y participación total de los trabajadores mediante el mantenimiento autónomo.

El mantenimiento efectivo [4], y más en concreto el basado en el conocimiento MBC [5] es un modelo basado en la gestión del conocimiento y el auto-aprendizaje con objeto de eliminar los esfuerzos innecesarios y poco productivos. Conocimiento basado no sólo en la experiencia existente sobre la base de los datos técnicos de equipos de planta, sino también con los económicos y de organización.

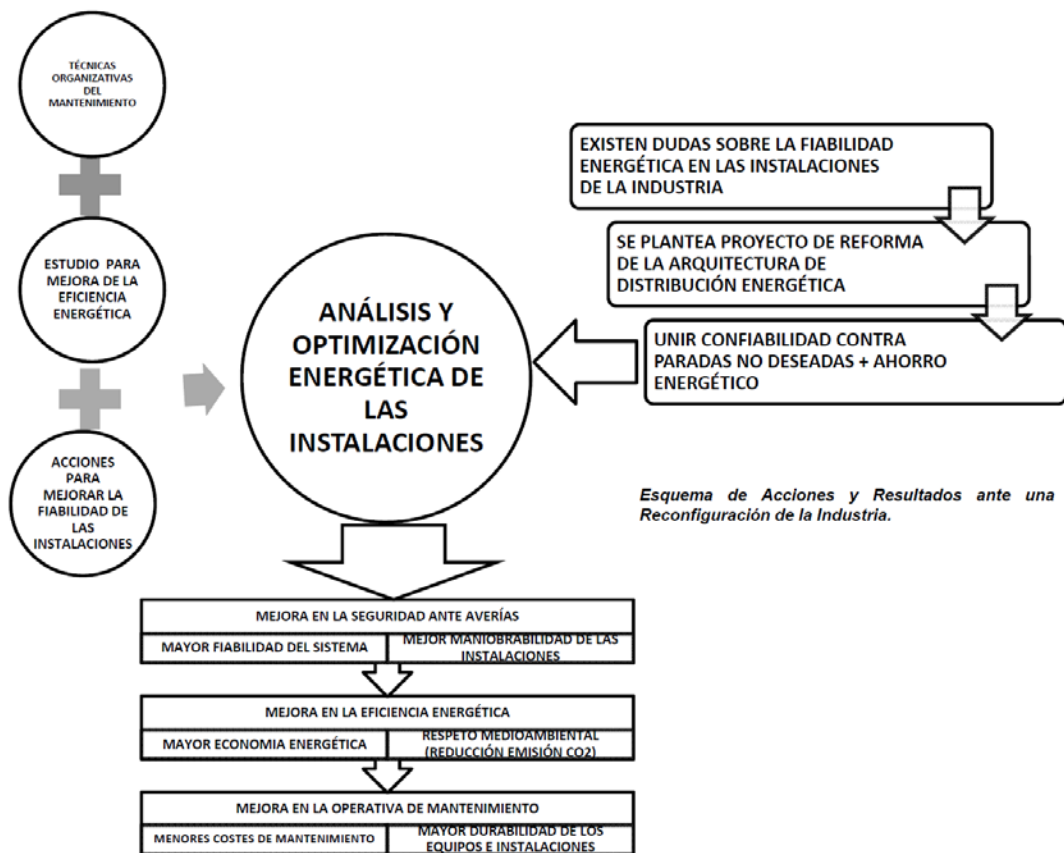
El mantenimiento basado en la eficiencia energética MBEE [6], trata de aunar los esfuerzos de las diversas técnicas (Figura 1), con una orientación mixta, incidiendo en la mejora en la fiabilidad en el ahorro energético, aumentando el ciclo de la vida del equipamiento, menores costes de mantenimiento y menor presupuesto energético.



Figura 1: Esfuerzos estratégicos del mantenimiento basado en la eficiencia energética y otros factores

La importancia de las técnicas de mantenimiento ha crecido constantemente en los últimos años, ya que el mundo empresarial es consciente de que para ser competitivos es necesario no sólo introducir mejoras e innovaciones en sus productos y procesos productivos, sino que también, la disponibilidad de los equipos ha de ser óptima y esto sólo se consigue mediante un mantenimiento adecuado.

De igual modo ante reconfiguraciones de la industria, cambios de proceso o mejora de la fiabilidad de la factoría se precisa un análisis (Figura 2), con objeto de dotar al sistema de mayor operatividad y economía, que afectan a la eficiencia energética.



Esquema de Acciones y Resultados ante una Reconfiguración de la Industria.

Figura 2: Análisis ante la reconfiguración y aplicación de mantenimiento en función de la optimización energética.

En cuanto al coste relativo del mantenimiento, existe una visión del mismo como elemento generador de costes y, por tanto, como variable a controlar. En muy pocos casos se relaciona mantenimiento con la posibilidad de mejorar la eficacia del proceso y en prácticamente ninguno se denota la conveniencia de incrementar su presencia. Sin embargo, un mantenimiento eficiente implica un uso de la energía eficaz que redundará en la reducción de costes.

En lo referente a la organización del mantenimiento, muchos de los departamentos o secciones de mantenimiento dependen jerárquicamente del director de producción, lo cual hace que las funciones de mantenimiento se restrinjan al corto plazo. Puede mencionarse que dentro de las actividades encomendadas al departamento de mantenimiento, se incluye, en un porcentaje excesivamente bajo, la participación en las decisiones de inversión. En cuanto a la intervención en el diseño de productos y/o manuales de los mismos, la participación es todavía más baja. Aparte de esto, la existencia de más de un 20% de casos donde el personal de mantenimiento no es exclusivo del departamento hace pensar en una escasa organización de estas tareas.

## 2. Los sistemas de mantenimiento en relación a la eficiencia energética

A partir del análisis de los aspectos tácticos y estratégicos de estos modelos considerados: RCM, TPM y MBC, a la planta industrial, se deberían tener en cuenta las siguientes consideraciones en relación con las carencias y dificultades que se presentan en la gestión de la eficiencia energética. En especial, se considera lo relativo a la energía necesaria en los procesos, el nivel de conocimiento, su repercusión en el ciclo de vida de las máquinas y equipamiento, así como entrar en procesos de reingeniería de planta que redunden en un mayor nivel de fiabilidad con menor consumo energético.

En concreto, se puede extraer las siguientes consideraciones que se juzgan relevantes:

- a) *Relevancia del elemento generador de costes.* El factor coste energético afecta a los elementos estratégicos en los sistemas de Gestión del Mantenimiento, pero también a los tácticos y al desempeño. El mantenimiento es observado como un elemento generador de gastos. Al unir la variable “eficiencia energética”, puede variar la visión en los estamentos directivos de la industria, por su relevancia en ahorro económico, mayor durabilidad de los equipos, menores tiempos de amortización, y la componente medioambiental (reducción de las tasas de emisión de CO<sub>2</sub>).
- b) *Características de la información: Los datos históricos.* Las fuentes de conocimiento estratégicos (proceso y cadena de fallo, disponibilidad, energía utilizada, etc.) y los tácticos (opciones tácticas y sistemas de organización) tienen dos orígenes fundamentales: la experiencia habida en la planta industrial y los planteamientos teóricos[5].
- c) *Características de flujos de energía de equipos y procesos. Modelación energética.* El análisis de los flujos energéticos utilizados en la planta industrial, es de vital importancia para el análisis de los sistemas de mantenimiento, profundidad en el conocimiento del proceso y concienciación del factor humano de los grupos de mantenimiento. Habría al menos tres flujos fundamentales:
  - a. Flujo de la energía importada (electricidad, gas, fuel-oil, etc.).
  - b. Flujo de energía utilizada en una máquina o proceso aislado.
  - c. Flujo de energía en un proceso sistémico (proceso o toda la industria).
- d) *Características de la fiabilidad: los modelos del fallo.* Si bien las técnicas de predicción, pronósticos, expectativas, se han aplicado profusamente a través del predictivo, en general los modelos explicativos y en especial los que implican variables de proceso, se actúa principalmente en reducir la componente de fallo con referencia al tiempo de no producción. Es interesante entrar en el estudio con la componente “fiabilidad en la eficiencia energética”[6], entendiéndose como tal la probabilidad de consumir menos energía para un mismo proceso o actuación en el equipo o el sistema para un mismo servicio.
- e) *Características del conocimiento: la experiencia no registrada.* El conocimiento basado en la experiencia (tácito) es difícil de extraer y formalizarse, pues es un conocimiento fragmentado. Es por ello imprescindible para un proceso de fiabilidad en la eficiencia energética, aunar toda la información de los propios grupos de trabajo, de las empresas externas que interactúan con la planta industrial, de auditores externos, así como las experiencias debidas en los diversos grupos sectoriales.
- f) *Características medioambientales: El respeto al medio ambiente.* Los procesos medioambientales tienen gran importancia en la empresa, tanto por exigencias gubernamentales o normativas, siendo un factor estratégico importante en la concepción del proceso. El proceso de mantenimiento debe conjugar esta variable, para consumir la energía necesaria mínima para llevar a cabo con la máxima eficiencia el proceso productivo.
- g) *Aprendizaje y entrenamiento.* Los sistemas de organización del mantenimiento promueven con decisión el que la adquisición y transmisión de conocimiento, y su actualización, se consigan de forma eficiente y efectiva a través del entrenamiento, aprendizaje y formación de los recursos humanos, piedra angular, sobre todo del TPM. El conocimiento profundo del ciclo energético utilizado debe introducirse en este entrenamiento, ayudando a detectar futuras actuaciones de mejora energética.
- h) *Sistemas de información de mantenimiento.* En la utilización de GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador), debe introducirse la interacción del mantenimiento programado con la mejora de la eficiencia energética y el ciclo de vida de los equipos. Con ello se tendrá una mayor aproximación ante la búsqueda de

soluciones ante problemas complejos y en los procesos de mejora.

Toda empresa, industrial o de servicios, de mayor o menor tamaño, debe plantearse si sus instalaciones y procesos responden a un diseño optimizado desde el punto de vista energético. Una gestión energética adecuada dentro de la empresa conlleva el uso eficiente de la energía y, por consiguiente, la reducción de los costes energéticos en los procesos de producción.

### 3. Las bases metodológicas de mantenimiento en relación a la eficiencia energética

Las bases metodológicas deben centrarse en los siguientes pasos:

- Realización de diagnóstico energético con el objeto de:
  - I. fijar las bases sobre las que se realiza el estudio (condiciones de funcionamiento).
  - II. conocer el reparto de consumos de planta entre los diferentes equipos consumidores.
  - III. establecer los ratios actuales de intensidad energética que permitan evaluar los niveles de eficiencia energética en el tiempo.
  - IV. Analizar los estados de operación de determinados equipos desde el punto de vista del rendimiento energético de la instalación.
- Presentar las oportunidades de ahorro energético y económico detectadas con el objeto de:
  - i. Evaluar la potencia de mejora de determinadas acciones con el fin de disponer de un orden de magnitud que permita conocer el impacto a nivel de ahorro económico asociado a dicha acción.
  - ii. Definir un sistema de medida que permita realizar un seguimiento sobre las acciones asociadas a consumos residuales y seguimiento de acciones de mejora realizadas.
  - iii. Definir acciones de ahorro energético en cuanto a volumen de ahorro e inversión, que permitan decidir sobre la ejecución del proyecto en cuestión.

El Estudio de Fiabilidad presenta las valoraciones, análisis y recomendaciones realizadas en relación con los equipos eléctricos, las redes eléctricas y la organización de la actividad de mantenimiento. El contenido del estudio de fiabilidad se basa en la información recopilada en planta y tiene por objeto evaluar el rendimiento básico de las instalaciones y equipamiento y ofrecer mejoras para cubrir las necesidades de energía de la empresa.

### 4. CONCLUSIONES

La eficiencia energética debe introducirse como un factor relevante en la gestión técnica del mantenimiento. Conocer el uso y el flujo energético implica conocer otros factores fundamentales en la gestión del mantenimiento como pueden ser la fiabilidad, la mantenibilidad, los costes, u una mayor sensibilidad a la mejora de la eficiencia energética de toda la organización. Toda empresa, industrial o de servicios, de mayor o menor tamaño, debe plantearse si sus instalaciones y procesos responden a un diseño optimizado desde el punto de vista energético. Una gestión energética adecuada dentro de la empresa conlleva el uso eficiente de la energía y, por consiguiente, la reducción de los costes energéticos en los procesos de producción, que redundan en la mejora del mantenimiento.

#

### 5. REFERENCIAS

- [1] Moubray, J., “Reliability-Centered Maintenance”, *Butterworth-Heinemann*, Oxford (1991).
- [2] Nakajima, S., “Introduction to TPM”, *Productivity Press*, Cambridge, MA, (1988).
- [3] Nakajima, S., “TPM Development Program”, *Productivity Press*, Cambridge, MA, (1989).
- [4] Conde, J.; “El Mantenimiento efectivo: principios y métodos”. Working paper, GIO-0500-UCLM, Ciudad Real (1999).
- [5] Cárcel, J.; “Sistema de Transmisión de la experiencia y gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial”, Tesis doctoral, UNED (2002).
- [6] Cárcel, J.; “Análisis de aspectos estratégicos relacionales entre fiabilidad de explotación, Mantenimiento y Eficiencia Energética, en plantas industriales (MBEE)”, Tesina Máster Tecnología Energética para un desarrollo Sostenible, UPV (2010).

**F. J. Cárcel-Carrasco**, Doctor Ingeniero Industrial por la Universitat Politècnica de València (España) , así como Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales por la UNED (España). Es Ingeniero Industrial por la Universitat politècnica de València, Ingeniero en Electrónica por la Universidad de Valencia y Licenciado en Ingeniería mecánica y energética por la Universidad de Paris (Francia). Ha desarrollado su experiencia profesional en el sector industrial durante más de 25 años en diversas empresas industriales y de servicios. En la actualidad es profesor doctor en docencia e investigación, de la Universitat Politècnica de València. Email: [fracarcl@csa.upv.es](mailto:fracarcl@csa.upv.es)

