

# Mantenimiento

ISSN 2357-6340



# en Latinoamérica

La Revista para la Gestión Confiable de los Activos

Volumen 10 N°1

Enero – Febrero 2018



Imagen: Heiber Andres Bedoya Salazar

Año 10  
Año diez  
Ano dez  
Anno dieci  
Any deu  
Dixième année  
Year ten  
Zehn Jahre  
Qdun mēwa  
Jaro dek

# 10

Mantenimiento

## Contenido



**TRABAJAMOS MUCHO, PERO NO SABEMOS POR QUÉ NI PARA QUÉ.**  
La importancia de definir un contexto operacional actual

**6**



**OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS) Y EL MANTENIMIENTO (Final)**

**10**



**LA TRIBOLOGÍA EN EL DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS**

**14**



**ANÁLISIS DE LOS MODELOS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN RELACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**21**



**RADAR DE MANTENIMIENTO 2017**

**27**



**LIBRO RECOMENDADO**

**28**

## Editorial

Llegamos al año 10.

Gracias a todos los que lo han hecho posible, amigos, familiares, autores, empresas patrocinadoras, abonados y lectores. Y como dice Roberto Roena, *"Gracias ti, por el apoyo y por creer en mí, gracias a la vieja mía, gracias a pollito, gracias a toda la gente que ha compartido conmigo y a los que no también, me han dado fuerza para esto."* (En su canción Estas Equivocado del autor Johnny Ortiz en la voz de Papo Sánchez)

Mantener la revista ha sido una tarea que se asemeja a mantener los activos de una empresa, el plan estratégico, el táctico y el operacional todo con un solo objetivo, difundir las experiencias de los mantenedores Latinoamericanos y de habla hispana en todo el mundo.

El reto es aún más grande, ahora hay que repensarnos para los próximos 10 años con un panorama donde la gestión de activos invita a los gestores de mantenimiento a repensarse y ajustar su quehacer diario a las necesidades del mundo moderno, demostrando que efectivamente aportamos valor y que somos importantes en todas las etapas del ciclo de vida de los activos físicos y responsables en su gran mayoría de la etapa de operación y mantenimiento.

Atrás quedan todos nuestros primeros pasos en mantenimiento al igual que quedó aquel primer número de la revista, atrás quedan las quejas del divorcio entre operaciones y mantenimiento, y de estos con las otras áreas funcionales de las organizaciones.

Hoy, como nos enseña la cultura japonesa, sabemos que juntos podemos lograr cualquier cosa y que esos super héroes solitarios del pasado en mantenimiento, no son más que bomberos reaccionando y resolviendo problemas para hoy y no para el futuro.

Gracias infinitas a quienes transmiten por este medio lo que saben o experimentan, gracias a quienes nos escriben felicitándonos, confrontándonos o criticando nuestro trabajo pues nos alientan a seguir adelante.

No me queda más que decirles que estaremos aquí mucho tiempo esperando que cada quien se lance a participar en este medio de comunicación especializada.

*Los quiero de corazón...*

Un abrazo!!!

Juan Carlos Orrego Barrera  
Director

# Mantenimiento en Latinoamérica

Volumen 10 – N° 1  
EDITORIAL Y COLABORADORES

Francisco Martínez  
José Contreras  
Francisco Javier Cárcel  
E. Peñalvo López  
José A. Cárcel Carrasco  
Juan Carlos Orrego Barrera

El contenido de la revista no refleja necesariamente la posición del Editor.

El responsable de los temas, conceptos e imágenes emitidos en cada artículo es la persona quien los emite.

**VENTAS y SUSCRIPCIONES:**

[revista@mantenimientoenlatinoamerica.com](mailto:revista@mantenimientoenlatinoamerica.com)

**Comité Editorial**  
Juan Carlos Orrego B.  
Beatriz Janeth Galeano U.  
Tulio Héctor Quintero P.  
Carlos Andrés Saucedo.

# ANÁLISIS DE LOS MODELOS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN RELACIÓN A LA EFICIENCIA ENERGÉTICA



Por:

**Francisco Javier Cárcel**

Doctor Ingeniero Industrial  
Doctor en Ciencias Económicas y  
Empresariales  
Ingeniero en Electrónica  
Licenciado en Ingeniería mecánica  
y energética  
Profesor de la Universidad  
Politécnica de Valencia  
fracarc1@csa.upv.es  
España

**E. Peñalvo López**

Ingeniero Industrial.  
Universitat Politècnica de València  
elpealpe@upvnet.upv.es  
España

**José A. Cárcel Carrasco**

Ph.D. Student.  
Tecnatom S.A  
jacarcel@tecnatom.es  
España

Una de las variables a tener en cuenta en todos los procesos productivos o de explotación de edificios e instalaciones debería ser la eficiencia energética. Los modelos de mantenimiento industrial tienen en cuenta principalmente la disponibilidad y fiabilidad de los activos, pero debe introducirse con mayor fuerza la vigilancia de la variable energía. En este artículo se muestra de una manera suscita una comparación entre los diferentes modelos organizativos comparándolos con su implicación en esta variable.

El presente artículo, coincide en buena parte con el publicado en el número anterior, pero plantea algunos aspectos adicionales importantes que vale la pena revisar y por ello ha sido publicado.

Nota editorial.

## 1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería del mantenimiento debe actuar sobre todo el proceso productivo, y una de las variables debe ser la eficiencia energética. El mantenimiento productivo total (TPM) y el basado en la fiabilidad (RCM), así como sus múltiples variaciones desarrolladas en los últimos veinte años, son dos de las opciones organizativas más usadas en la industria, y aparte de su componente fundamental técnico, es preciso el estudio de cómo se gestiona y transmite el conocimiento en estas opciones. 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 [2-3] es un modelo cuyo planteamiento 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 Nakayima 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.

Suele afirmarse que el RCM es un sistema que orienta los problemas y sus soluciones de arriba a abajo, mientras que el TPM lo hace de abajo (grupos autónomos) a arriba.

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. El mantenimiento basado en la eficiencia energética MBEE [6], trata de aunar los esfuerzos de las diversas técnicas, con una orientación mixta, incidiendo en la mejora en la fiabilidad en el ahorro energético.

El objetivo básico de la función de mantenimiento puede expresarse como la gestión optimizada de los activos físicos [7]. Esta optimización debe obviamente orientarse a la consecución de los objetivos empresariales, algunos de los cuales se reflejan a continuación, clasificados en varios epígrafes:

- ✓ Económicos: mayor rentabilidad y beneficio, menores costes de fallo, mayor ahorro empresarial, menor inversión en inmovilizado o en circulante, etc.
- ✓ Laborales: condiciones adecuadas de trabajo, de seguridad e higiene, etc.
- ✓ Técnicos: disponibilidad y durabilidad de los equipos, máquinas e instalaciones [7].

- ✓ Sociales: ausencia de contaminación, ahorro de energía, etc.

A partir de unos objetivos bien definidos, se plantea la planificación y control de la actividad de mantenimiento orientada, así, a alcanzar esos objetivos. Esto pasa por el control o dominio del comportamiento de los sistemas, equipos o instalaciones de la planta y por una gestión adecuada de esos activos; entendiéndose por tal, una actuación que optimice tanto el valor real de los activos, como su funcionamiento.

La función de mantenimiento cumple, en consecuencia, con dos grandes objetivos: en primer lugar, conservar el estado de los activos, en segundo, mejorar sus niveles de disponibilidad al más bajo coste, pero todo ello debería ir ligado a una mejora de la eficiencia energética de los procesos.

Un programa inicial de RCM puede comenzarse cuando el producto está en servicio para renovar y mejorar el programa existente de mantenimiento que ha sido preparado a partir de la experiencia o de las recomendaciones del fabricante, sin el beneficio que proporciona un enfoque normalizado como el del RCM (UNE-EN200001-3-11, 2003) (figura 1). En la figura se muestra que la variable eficiencia energética no aparece en el programa de seguimiento y actuación del mantenimiento, lo cual hace pensar en la superación de los modelos organizativos del mantenimiento para su mejora.



Figura 1. Evolución de un programa dinámico de mantenimiento RCM, e información requerida. Fuente: UNE-EN200001-3-11, 2003.

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

A partir del análisis de los aspectos tácticos y estratégicos de los modelos RCM, TPM y MBC, a la planta industrial, se obtienen 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 (Figura 2).

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

- a) Relevancia del elemento generador de costes.
- b) Características de la información: Los datos históricos.
- c) Características de flujos de energía de equipos y procesos. Modelación energética..
- d) Características de la fiabilidad: los modelos del fallo.
- e) Características del conocimiento: la experiencia no registrada.
- f) Características medioambientales: El respeto al medio ambiente.
- g) Aprendizaje y entrenamiento.
- h) Sistemas de información de mantenimiento.

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.

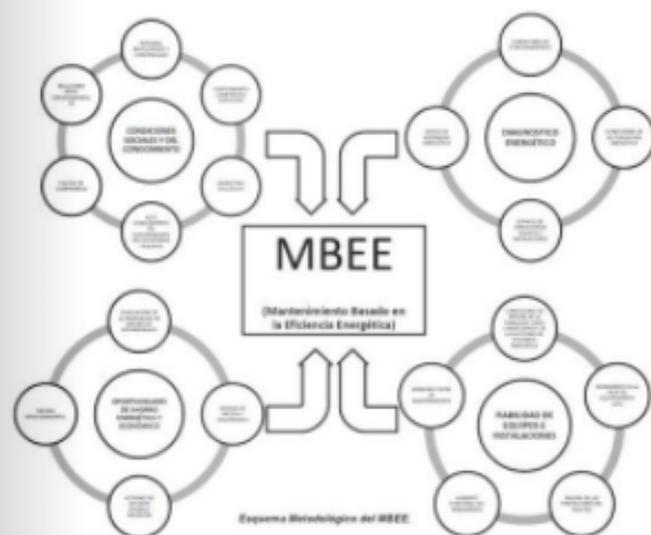


Figura 2: Esquema metodológico basado en la eficiencia energética.

### 3. Esquema Comparativo de las técnicas organizativas del mantenimiento industrial.

Se presenta en la tabla 1 un esquema comparativo del RCM, TPM, MBC y Mantenimiento basado en la eficiencia energética, MBEE. En él, se recogen las similitudes y diferencias básicas entre los tres sistemas, lo que permite

ubicar el sistema teniendo en cuenta la variable eficiencia energética, entre los sistemas de referencia actuales.

RCM	TPM	MBC	MBEE
Metas de productividad, capacidades y requerimientos	Eficacia global	Efectividad global. Optimización relativa eficiencia/riesgo.	Efectividad global con sujeción al ratio seguridad/eficiencia
Gestión de la duración.	Productivo para ciclo de vida	LCC, con microacciones periódicas y acciones estratégicas	LCC, en atención a la eficiencia del proceso
Cultura, y motivación basada en resultados	Grupos autónomos inspirados. Autogestión	Grupos de oportunidad o grupos de riesgo.	Oportunidad en las reconfiguraciones para el tratamiento energético
Formación para la implantación.	Entrenamiento y formación	Adaptabilidad con retiro de la experiencia.	Formación para la implantación y el uso con retiro de la experiencia.
Consideración de fallos, fluctuaciones y reducciones.	Atención a las más grandes pérdidas.	Atención a los ajustes y cambio de formato. CMU.	Consideración en reducciones para el uso deteriorado.
Relación entre proceso y mantenimiento.		Gestión de cambios en la configuración. Registro de buenas prácticas	Registro de buenas prácticas para el ahorro energético
Análisis AMFTC	Gestión total	Gestión ligera y ágil	Gestión ligera
Retrospección de datos.	Microsistemas de gestión.	Sistemas de información basados en la utilidad. Gestión de la contribución	Sistemas de información con gestión del ahorro.
Difusión frías de conocimientos.		Gestión del conocimiento	Gestión del conocimiento, experiencia en grupos de trabajo dispersos. Experiencia interna y externa.
Metas de productividad, capacidades y requerimientos	Eficacia global	Efectividad global. Optimización relativa eficiencia/riesgo.	Metas concretas de ahorro para retrosección.

Tabla 1: Esquema comparativo de sistemas de organización del mantenimiento.

### 4. Análisis de los principios basados en la eficiencia energética.

Se comentan a continuación, de forma sucinta, los principios (recogidos en la tabla 1) en los que se debe basar un sistema de mantenimiento basado en la eficiencia energética:

- Condiciones de Estado. Fijar las bases sobre las que se ha realizado el estudio (condiciones de funcionamiento).
- Condiciones energéticas. Conocimiento profundo del reparto de consumos de planta entre los diferentes equipos consumidores. Contabilidad energética.
- Condiciones sectoriales. Establecer los ratios actuales de intensidad energética que permitan evaluar los niveles de eficiencia energética en el tiempo, y con respecto al sector productivo.
- Condiciones de Operación. Analizar los estados de operación de determinados equipos desde el punto de vista del rendimiento energético de la instalación.
- Condiciones de Oportunidad. Presentar las oportunidades de ahorro energético y económico detectadas con el objeto de:
  - Evaluar el potencial 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
  - Definir un sistema de medida que permita realizar un seguimiento sobre las acciones asociadas a consumos residuales y seguimiento de acciones de mejora realizadas

- o Definir acciones de ahorro energético en cuanto a volumen de ahorro e inversión, que permitan decidir sobre la ejecución del proyecto en cuestión.
- Condiciones de Fiabilidad. El Estudio de Fiabilidad presenta las valoraciones, análisis y recomendaciones realizadas en relación con los equipos eléctricos y energéticos, las redes eléctricas y la organización de la actividad de mantenimiento [7]. El contenido del estudio de fiabilidad se basa en la información recopilada en planta durante la vida útil y tiene por objeto evaluar el rendimiento energético de las instalaciones y ofrecer mejoras para cubrir las necesidades de energía de la empresa
- Consideración del LCC: El coste del ciclo de vida del equipo y del proceso es el elemento evaluador básico. Se contempla el análisis energético para promover pequeñas inversiones de mejora, incluyendo retornos intangibles.
- Sistemas de información basados en la utilidad, la contribución, y la Gestión de la eficiencia energética. Se trata de uno de los mecanismos que permite el aligeramiento de los sistemas informativos y la agilidad en la decisión, para incidir en LCC y el ahorro energético.
- Gestión del conocimiento: La base del sistema consiste en prestar atención a los procesos del conocimiento ligados a la gestión de los activos de la planta, a los tres tipos de experiencia y la fiabilidad de la eficiencia energética.

Los principales objetivos que se desean conseguir con el MBEE en política energética de cara a la empresa industrial pueden resumirse en:

- Adquirir la energía en las mejores condiciones de precio y calidad de suministro, adecuando la gestión de estos aprovisionamientos a los cambios que en estos mercados se están produciendo.
- Conocer y controlar, de manera precisa, los consumos energéticos mediante un sistema de información adecuadamente diseñado que permita establecer objetivos concretos en la mejora de la eficiencia en el uso de la energía.
- Optimizar la eficiencia de equipos y procesos analizando los flujos de energía en los mismos. Este análisis mostrará si es posible ahorrar más energía rediseñando el equipo o proceso o utilizando otro alternativo.
- Usar la energía de forma racional, lo cual conducirá a ahorros de energía con baja inversión.
- Aunar esfuerzos en la reducción de costes energéticos, mediante la colaboración en proyectos tanto con empresas del sector como con otras empresas.
- Aprovechar y potenciar el capital humano disponible, ya que la reducción de costes de la energía no depende exclusivamente de la tecnología, sino que está muy ligada a la concienciación de las personas.
- Identificar los “consumos evitables”, tanto en horas productivas como de no producción.

Deberemos tener en cuenta:

- La energía es un recurso equiparable al resto de los factores de producción.

- La incidencia de los costes energéticos sobre los costes de producción, y por tanto del precio de venta, debe tenerse siempre en cuenta.
- La recogida sistemática de información, a poder ser mediante sistemas informáticos, permite estudiar las series históricas de producción y consumos de energía.
- La implantación de un sistema de gestión energética no representa una inversión apreciable.
- Permite identificar oportunidades de aumento de eficiencia y reducción de costes.
- Aumenta la sensibilidad hacia los temas energéticos y medioambientales en materia de emisiones y residuos.

El primer paso para ahorrar energía es conocer los consumos, lo que únicamente puede lograrse cuando se ha implantado un sistema eficiente de contabilidad.

Debe de tratar de evitarse la costumbre habitual de registrar únicamente los consumos con el objetivo de comprobar la corrección de la facturación energética realizada por los suministradores. Se suele conocer el gasto global originado por el consumo de energía, diferenciando la facturación eléctrica del resto, pero también se suele ignorar cual es el consumo real y el gasto que este ocasiona.

Los objetivos de la Contabilidad Energética como base para el mantenimiento basado en la eficiencia energética MBEE, que en si misma constituye la base para establecer un Programa de ahorro energético, deben ser:

- Mantener una estadística de consumos anual y mensual por tipos de energía.
- Determinar los consumos globales y específicos.
- Asignar los costes energéticos sobre una base sólida y objetiva.
- Controlar de forma sistemática el consumo energético en las distintas partes del proceso productivo, midiendo la energía eléctrica utilizada, el consumo de vapor, el consumo de agua caliente, el consumo de frío y el consumo de combustibles.
- Analizar los consumos por comparación:
  - Con series históricas propias.
  - Con datos estándar tecnológicos.
  - Con equipos similares de otras fabricas.
  - Con estadísticas sectoriales.

Para iniciar la contabilidad se precisa disponer, como mínimo, de la siguiente información básica:

- Consumos anuales, mensuales, semanales y diarios de cada tipo de combustible y de energía eléctrica. Sería interesante disponer de los periodos horarios.
- Relacionar los combustibles y energía eléctrica empleada con la producción.
- Establecer los costes de energía unitarios.
- Conocer las equivalencias energéticas entre los distintos tipos de combustibles y energías para poder comparar los consumos energéticos refiriéndose a una unidad de referencia común.
- El control energético que debe establecerse en la base de las técnicas organizativas de mantenimiento tiene por

objeto diagnosticar los diferentes equipos, áreas o centros de consumo e incluso el conjunto de la fabrica. Este diagnostico va siempre dirigido a la determinación de las posibles mejoras por las que se puede obtener un ahorro energético.

- La periodicidad de estos controles debe definirse en función del consumo del equipo o proceso. Para ello, a partir de la Contabilidad pueden detectarse consumos irregulares que indiquen la necesidad de realizar una Auditoria.
- Para realizar una Auditoria, además de emplear los propios medios, puede ser necesario consultar personal técnico ajeno a la instalación, especialistas en energía, fabricantes y suministradores de los diferentes equipos e incluso recurrir a literatura técnica especializada.
- El objetivo final es conseguir mejoras que permitan minimizar el consumo de energía y por tanto la factura energética, para lo que se precisa:
  - Evaluar los sistemas de medición existentes.
  - Medir los consumos en las distintas líneas de producción, áreas o zonas de trabajo.
  - Analizar la gestión energética actual.
  - Determinar las áreas de actuación, en orden a su importancia.
  - Decidir la instalación de nuevos equipos de control, contadores de energía eléctrica, combustible, vapor, etc.
  - Elaborar propuestas de actuación, valorando la repercusión técnico-económica de las mismas.

Un primer paso consiste en ver los requisitos de energía de la industria, en donde se especifica siguiendo un proceso de análisis. En reuniones entre los diversos grupos propios o externos de mantenimiento de la empresa, se crea un modelo del funcionamiento de la instalación con el fin de:

- Identificar los puntos de proceso fundamentales desde el punto de vista del suministro de energético.
- Caracterizar los sucesos no deseados que deben prevenirse.
- Resaltar los dispositivos o barras de bus que pueden disparar estos sucesos de alto riesgo en el diagrama de proceso.

De esta forma, las personas implicadas podrán entender y compartir las ventajas económicas de las conclusiones y acciones recomendadas.

El segundo paso consiste en identificar los dispositivos clave en relación con el rendimiento necesario. Para cada pieza de equipo, máquina, proceso o sistema se estudiarán las posibles acciones operativas a realizar englobadas dentro del las operaciones de mantenimiento o mediante remodelaciones del proceso y las condiciones de funcionamiento (nivel de carga, número de operaciones de conmutación, etc.). Además de ello, se lleva a cabo una valoración cualitativa del estado del equipo. En un tercer paso, un análisis de fiabilidad [7] cuantifica el nivel (para los límites establecidos) de eficiencia energética y fiabilidad en relación con la arquitectura del sistema y sus modos de funcionamiento. El cálculo determina la forma en que cada componente del equipo contribuye a la probabilidad de conseguir el máximo ahorro de energía. En el cuarto paso se

trazan los planes para garantizar un rendimiento duradero de la instalación (Mantenimiento) y mejorar éste (Modernización y gestión). Dentro del plan de modernización, se proponen acciones de actualización para devolver la instalación a su rendimiento nominal cuando funcione en condiciones degradadas.

## 5. CONCLUSIONES

Dentro de los sistemas técnicos de gestión de mantenimiento, es necesario introducir la variable eficiencia energética. Este factor influye directamente en la fiabilidad y la eficiencia de todos los procesos así como el respeto medio-ambiental. Dentro de las técnicas organizativas de mantenimiento, el RCM busca metas de productividad, mejorando la implantación y las políticas basadas en los cálculos de la fiabilidad de diseño. El TPM se abre a la eficacia global atendiendo más a la operativa y a la actividad de mantenimiento, involucrando a los trabajadores. El Mantenimiento basado en el conocimiento desarrolla una filosofía de la utilidad y la necesidad, tanto a nivel de procesos (de gestión u operativos) como de conocimiento sustantivo. El MBEE une los principios del MBC, con el factor energético (tanto de equipamiento e infraestructuras como del conjunto del sistema), con el fin de monitorizar el ratio de eficiencia energética, reducir los costes de mantenimiento, incrementar la fiabilidad técnica en los sistemas estratégicos de la industria y aumentar el ciclo de vida del equipamiento.

**PGAM**  
Profesional en Gestión de Activos y Mantenimiento  
www.pgamlat.com

¿Cuánto Sabe Usted?

Competencias  
Carga de trabajo  
Cuadrillas  
Liderazgo  
Operación

www.pgamlat.com

## 6. 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).
- [7] Sols, A; "Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad, un enfoque sistémico", Comillas, Madrid (2000).



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
1803

EXPO  
Ingeniería  
2018 Octubre 16 al 19 Plaza Mayor - Medellín

DESARROLLO Y SOSTENIBILIDAD

**OCTUBRE  
16 AL 19 DE 2018**  
MEDELLÍN / COLOMBIA

**TEATRO  
METROPOLITANO**  
CONGRESO INTERNACIONAL

**PLAZA MAYOR DE MEDELLÍN**  
FERIA ACADÉMICA Y EMPRESARIAL

ENERGÍA · AMBIENTE · MATERIALES · QUÍMICA  
BIOINGENIERÍA · INFRAESTRUCTURA · LOGÍSTICA · TIC

[www.expoingenieria.edu.co](http://www.expoingenieria.edu.co)

 expoingenieria  expoingenieriaudea [expoingenieria@udea.edu.co](mailto:expoingenieria@udea.edu.co) · Teléfono: + 574 2198607