

# Mantenimiento de equipos enfocado en la eficiencia energética.

*Paula Liliana Ceballos Hernández, Jhon Edison Ceballos Montoya.*

---

Paula Liliana Ceballos Hernández  
Ingeniera Electricista  
MecaniCAD S.A.S  
Ingeniera de proyectos gestión energética  
CII 23 # 70-43  
3113677339  
gestorenergetico@mecanicad.com.co

Jhon Edison Ceballos Montoya  
Ingeniero Industrial  
MecaniCAD S.A.S  
Gerente MecaniCAD  
CII 23 # 70-43  
3122860812  
Jhon.ceballos@mecanicad.com.co

## **RESUMEN**

Este artículo presenta una metodología para establecer un programa de mantenimiento enfocado en la eficiencia energética. El incremento de los costos de los energéticos especialmente la energía eléctrica ha priorizado en las organizaciones industriales un uso eficiente de este recurso, según las proyecciones de demanda de energía eléctrica realizadas por la UPME, se podría esperar un aumento cercano al 52% entre 2016 y 2030 [1]. El mantenimiento de equipos especialmente el correctivo afecta los parámetros propios de fabricación ocasionando mayores consumos de energía. Se describe en este trabajo una metodología que contempla la administración, la capacitación, la reingeniería y el equipo como parte de un sistema. Esto incluye la implementación de indicadores de consumo de energía después de realizado el mantenimiento del equipo para monitorear y controlar las condiciones de los equipos, medición en campo de parámetros y comparación con valores nominales.

De esta manera las organizaciones disponen de información actualizada en tiempo real de la eficiencia de sus equipos y el consumo de energía de estos. Así como un alargamiento en la vida útil de los equipos, una disminución de costos asociados a fallos y un insumo para medir la productividad de la organización. En la gestión de activos esta metodología toma importancia toda vez que proporciona información para la renovación y compra de nuevos equipos.

Se pretende que en todas las organizaciones se utilice el mantenimiento como una práctica para disminuir los consumos de energía y aumentar la competitividad.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Eliminar las emisiones de CO<sub>2</sub>, lograr un menor consumo de recursos no renovables, mejorar las instalaciones y procesos industriales con soluciones y sistemas de alta eficiencia son factores de cuya implantación va a depender la mejora de la competitividad empresarial. La innovación energética se convierte así en el principal aliado de la industria.

La normatividad en Colombia aplicada al uso racional de energía adopta a la norma técnica Colombiana NTC-ISO 50001, este es un estándar internacional de gestión de la energía destinado a reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero y otros impactos ambientales. Establece los sistemas y procesos para mejorar el desempeño energético dentro de las organizaciones, en donde se incluye el uso racional y eficiente de la energía. [2]

Adicionalmente incluye la **Resolución 41012 del 18 de septiembre de 2015:** Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Etiquetado – RETIQ, con fines de Uso Racional de Energía aplicable a algunos equipos de uso final de energía eléctrica y gas combustible, para su comercialización y uso en Colombia[3].

El mantenimiento centrado en la eficiencia energética se utiliza como una herramienta para recuperar el valor que pierde la empresa cuando el activo consume más energía que la requerida para cumplir la función asignada, esto sucede en las organizaciones que miden y conocen los usos significativos de la energía de los equipos y disponen de una línea base.

El mantenimiento enfocado en la eficiencia energética combina las técnicas del mantenimiento con los cinco componentes, los cuales son: Operación, ingeniería, administración, formación y mantenimiento OMETA [4] con las técnicas adoptadas en la norma ISO 50001 con la finalidad de minimizar los costos de mantenimiento de equipos, aumentar la confiabilidad energética y principalmente disminuir los costos asociados al consumo de energía de equipos mejorando la operación de los mismos.

## 2. METODOLOGÍA

La principal función del mantenimiento es garantizar la disponibilidad de los equipos en todo momento para no afectar la prestación del servicio o la producción de un bien. Partiendo de esta premisa el plan de mantenimiento de una organización debe involucrar a todo el personal de la organización, esto incluye al gerente y demás personal administrativo.

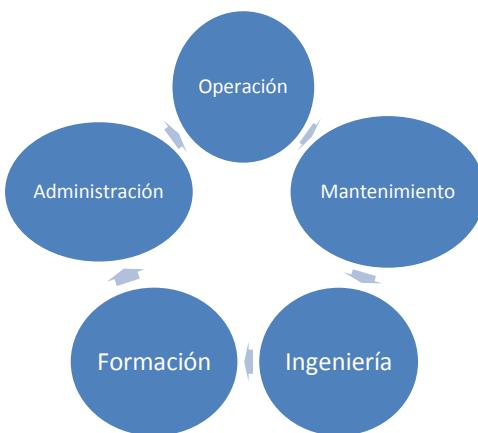


Ilustración 1 Estructura mantenimiento OMETA

El primer paso es definir los roles y responsabilidades de las personas encargadas de cada componente.

### 1. Administración:

- Diseñar y definir en conjunto con los demás responsables las políticas del mantenimiento, las cuales deben contener objetivos, metas e indicadores medibles y cuantificables.
- Realizar el control y seguimiento de dicha política, de los indicadores y demás estrategias planeadas para la ejecución del mantenimiento.
- Articular los requerimientos de las demás áreas de la organización: calidad, seguridad industrial, operaciones y mantenimiento para garantizar un uso eficiente de la energía en los activos de la organización.

### 2. Operación:

- Establecer una metodología de planeación y administración para el cumplimiento del plan de mantenimiento y la continuidad de la operación.
- Conocer la operación de los equipos y sistemas de la organización incluyendo sus procesos y procedimientos.
- Establecer la metodología de cumplimiento de la seguridad industrial de la organización.

### 3. Ingeniería

- Garantizar la aplicación de técnicas de ingeniería en el diagnóstico y ejecución de las actividades de mantenimiento.
- Evaluar periódicamente la metodología de control de los planes de mantenimiento
- Garantizar la seguridad para las personas y la continuidad en la prestación de servicios de los equipos.
- Realizar control y seguimiento de los indicadores de mantenimiento centrado en la eficiencia contenidos en el plan.

### 4. Mantenimiento:

- Definir en conjunto con el área de administración las políticas, los objetivos, metas e indicadores del plan de mantenimiento centrado en la eficiencia.
- Garantizar la disponibilidad de las fichas técnicas y catálogos de los equipos suministrados por el fabricante para diseñar el plan de mantenimiento centrado en la eficiencia.
- Definir en conjunto con ingeniería los indicadores de seguimiento y control para su cumplimiento.

### 5. Formación o entrenamiento:

- Elaborar un plan de entrenamientos según la necesidad de la operación para ingenieros, técnicos, operaciones, visitantes y demás colaboradores.
- Disponer de planes de entrenamiento de inducción y manejo seguro de equipos.
- Elaborar un plan de entrenamiento para el personal sobre la ejecución del plan de mantenimiento centrado en la eficiencia energética.

El segundo paso es realizar el diagnóstico actual de los equipos del proceso de la organización. Esta actividad se puede ejecutar mediante una caracterización energética de acuerdo a la metodología contenida en el estándar ISO50001. Se describe allí el procedimiento para obtener las variables del uso significativo de la energía, Pareto de energía de los equipos y se establece el criterio de medición de la eficiencia global a través de la línea base energética, se identifican los parámetros operacionales y de mantenimiento que afectan el uso significativo de la energía. En este actividad se debe describir con detalle como es el control operacional, allí se establecen las pautas para vigilar de cerca el sistema de gestión energética, con el fin de asegurar que todas las operaciones son energéticamente eficientes

El tercer paso es analizar y establecer prioridades. Una vez establecido el estado actual de la organización en cuanto al uso significativo de la energía distribuido en los equipos el siguiente paso es recolectar los datos necesarios para establecer las prioridades de las actividades de mantenimiento, estas pueden ser categorizadas de acuerdo al diseño, a los datos operacionales y a los estándares definidos por los fabricantes. Adicionalmente en este análisis se relacionan los posibles modos de fallo de los equipos con la información recolectada en campo. El objetivo de este análisis es cuantificar el efecto del fallo de eficiencia por cada tipo de causa que puede provocarlo. La salida de este proceso puede ser una matriz de causa efecto con las actividades priorizadas.

El cuarto paso es definir las actividades de mantenimiento. En esta tarea se selecciona la lista de componentes críticos a los que se requiere identificar y establecer una tarea eficiente de mantenimiento centrado en la eficiencia para cada equipo, se definirá el contenido concreto de las actividades específicas, la frecuencia de ejecución y los indicadores de desempeño. Para esta actividad resulta útil aplicar las diferentes metodologías de mantenimiento existentes (mantenimiento centrado en la confiabilidad, TPM, entre otros). Cada actividad por equipo debe disponer de alcance, duración, frecuencia de aplicación e indicador de desempeño energético asociado. Definidas entonces las actividades se redacta el plan de mantenimiento centrado en la eficiencia el cual debe ser aprobado por la gerencia quien asigna los recursos para su aplicación. Los criterios para evaluar el plan son: Aplicabilidad y efectividad, siendo esta última evaluada como el costo de aplicación de tareas de mantenimiento con el costo de la falla y el consumo de energía del equipo. El resultado de la evaluación es la mejora de la tarea de mantenimiento hasta que sea aplicable y efectiva

El quinto paso es implementar el plan de mantenimiento centrado en la eficiencia. Los cuatro pasos anteriores describen la metodología requerida para la planificación de un plan de mantenimiento centrado en la eficiencia. En esta actividad se describe la ejecución del plan de mantenimiento priorizado por equipos.

El sexto paso es medir y realizar el seguimiento a los indicadores. Durante la elaboración del plan de mantenimiento se establecieron los indicadores, objetivos, metas y línea base energética los cuales sirven para comparar los resultados obtenidos después de ejecutar las actividades. Un aspecto fundamental de esta tarea es definir la periodicidad con que efectúan las mediciones para aplicar los indicadores, estos a su vez deben ser cuantificables por cada equipo.

Para los procedimientos de medición y seguimiento, se estudiarán los sistemas desde 2 enfoques: El enfoque teórico, que son las especificaciones del fabricante, que estipulen los controles operativos y los parámetros, con los cuales el propone medir su eficiencia. El segundo es el enfoque de campo, que se basa en los parámetros reales de operación y la medición de eficiencia por medios directos o indirectos

Es en esta actividad donde se realiza el seguimiento del control operacional realizando cuatro actividades fundamentales:

1. Registrar la tendencia del desempeño energético del USE.
2. Analizar desviaciones significativas de las tendencias del buen desempeño energético, identificar sus causas, actuar sobre las causas controlables y corregir la tendencia hacia el buen desempeño energético.
3. Cuantificar los ahorros que produce la aplicación del control operacional y de mantenimiento.
4. Cuantificar los ahorros que produce la implementación de mejoras a través de inversiones.

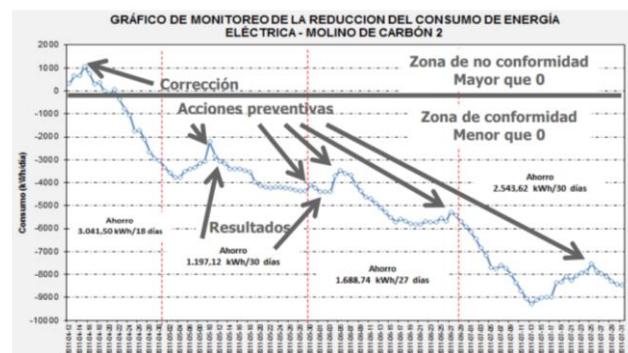


Ilustración 2 Ejemplo de Seguimiento de control operacional

El sexto paso es comunicar internamente a todo el personal de la organización los resultados obtenidos, basados en los indicadores y en los ahorros obtenidos

El último paso es retroalimentar. Basados en la normatividad de la ISO50001 en el ciclo PHVA, toda acción enfocada a disminuir los consumos de energía debe ser retroalimentada para continuar con otros equipos y para corregir los errores encontrados. La planeación minimiza las probabilidades de encontrar imprevistos durante la ejecución, sin embargo durante las actividades de mantenimiento es posible encontrar supuestos que no sean inciertos y afecten los resultados esperados.

### 3. RESULTADOS

En la siguiente ilustración se puede visualizar los resultados obtenidos en la etapa de planificación de los usos significativos de la energía asociado a equipos, mediante la caracterización energética. Significa que los equipos del proceso de extracción son aquellos en los cuales se debe enfocar el esfuerzo de control operacional para identificar y priorizar las acciones de mantenimiento que permitan mejorar la eficiencia.

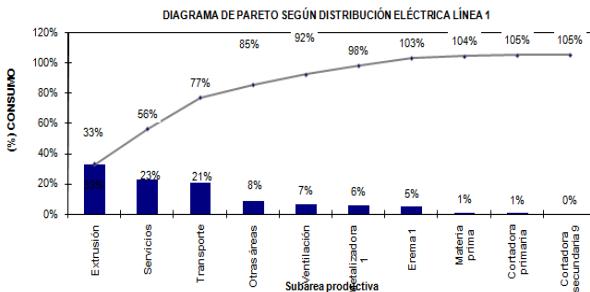


Ilustración 3 Diagrama de Pareto de energía eléctrica

En esta ilustración se observa un gráfico de índice de consumo comparado con la producción, el cual permite identificar ineficiencias del proceso, establecer un indicador de desempeño energético, la producción máxima en una línea de tiempo establecida y su respectivo consumo y los potenciales de ahorro.

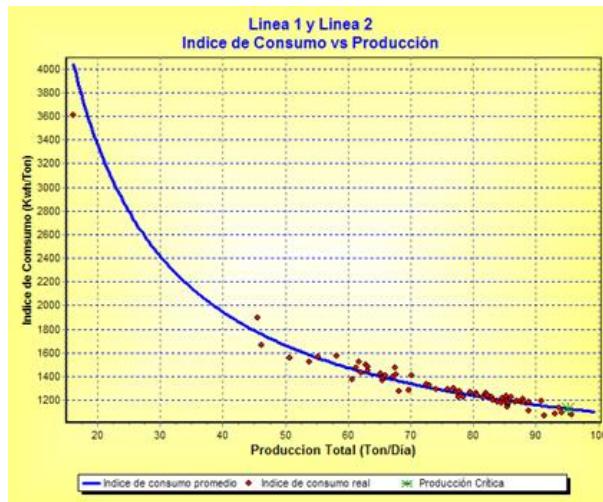


Ilustración 4 Índice de consumo Vs Producción

Posterior a las actividades de campo, se priorizan las actividades de mantenimiento de acuerdo a las variables críticas del proceso.

Área	Variable	Tipo de variable
	Temperaturas de zona	Operacional
	RPM del tornillo de extrusión	Operacional
Extrusión: Equipos monitoreados: motores de las extrusoras principales, melt pump, coextrusoras, resistencias de calentamiento de extrusión y dado	Mantenimiento del tornillo de extrusión	Mantenimiento
	Porcentaje de regranulado en referencia CC4515	Productiva
	Porcentaje de regranulado en referencia MC4515	Productiva
	Funcionamiento en vacío de los ventiladores water cast, water remove y air knife	Operacional

Control actual	Control propuesto
Esta temperatura se mantiene en 250°C para toda las referencias de película, sin embargo, cuando los controles de enfriamiento no funcionan se incrementa este valor a 260°C	Corregir las obstrucciones que se presenten en los sistemas de enfriamiento de las zonas de extrusión
190 rpm	Mantener de acuerdo al COES. Cuando se reducen las rpm del tornillo de extrusión se incrementa la demanda eléctrica total del proceso.
Se efectúa con frecuencia semestral	Evaluuar impacto de mantenimiento en el gráfico de tendencia
El operador asigna el regranulado en función de lo disponible en silos tratando de alcanzar el estándar de 30%, sin embargo el promedio es 20%	Control de la producción (cantidad y calidad) en el área de regranulado para mantener el stock necesario en la línea
El operador asigna el regranulado en función de lo disponible en silos tratando de alcanzar el estándar de 10%, sin embargo el promedio es 9,6%	Control de la producción (cantidad y calidad) en el área de regranulado para mantener el stock necesario en la línea
Ninguno	Controlar de acuerdo al procedimiento de paradas cortas y largas

Ilustración 5 Actividades priorizadas de mantenimiento

### 4. CONCLUSIONES

En las organizaciones antes que los equipos fallen o se den de baja por disponibilidad pierden eficiencia y por este motivo aunque sigan funcionando pueden consumir mayor energía que la nominal de fábrica, aumentando los costos de operación, generalmente ocultos en la organización.

El mantenimiento centrado en la eficiencia se aplica para recuperar el valor que pierde la organización cuando algún o algunos de los equipos consumen más energía que la requerida para cumplir la función asignada.

Para aplicar el mantenimiento centrado en la eficiencia energética se requiere conocer cuál es el consumo adicional de energía que esta consumiendo el equipo, esto se efectúa mediante mediciones en campo de eficiencias y la elaboración de la línea base.

## 7. REFERENCIAS

[1] Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017-2022

[2] ISO50001 Gestión de la energía, 2011. [www.iso.org](http://www.iso.org)

[3] Resolución 41012 de 2015, [www.etiquetaenergetica.gov.co/wp-content/uploads/2015/09/RESOLUCION-41012-de-2015\\_RETIQ.pdf](http://www.etiquetaenergetica.gov.co/wp-content/uploads/2015/09/RESOLUCION-41012-de-2015_RETIQ.pdf)

[4] U.S Department of Energy., F. (2010). Operations & Maintenance Best Practices. U.S.: Departamen of Energy.

[5] O. Prias, "Gestión Integral de la Eficiencia Energética en ambientes competitivos", Memorias primer congreso internacional sobre uso racional de la Energia CIUREE, 2004.

[6] Editorial UCF.80.p. Editorial universidad de fuegos. Cien fuegos Cuba.

[7] Upme, Colciencias., Universidad Autónoma de Occidente., & Universidad del Atlántico., (2005). Guía para la implementación de sistemas de gestión integral de la energía. Descargado el 13 de Noviembre de 2010 de <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>

[8] <http://www.si3ea.gov.co/Home/UREenlaIndustria/tabid/117/language/en-US/Default.aspx>.

[9] "Guía para la implementación de un sistema de gestión de la energía basado en la ISO50001 ", 2013

Jhon Edison Ceballos Montoya.

Ingeniero Industrial, Universidad Autónoma de Manizales. En proceso de certificación PMP en Dirección de Proyectos. Project Management Institute. Consultor empresarial Sénior en el sector industrial enfocado en áreas de ingeniería asistida por computador, BIM Building Information Modeling y eficiencia energética; con publicaciones en revista CIDET edición N°13 y Revista Energética edición N°43. Conferencista “Implementación de gestión energética en la industria” Congreso Energética 2014. Consultor empresarial junior en las áreas de direccionamiento estratégico, emprendimiento y desarrollo empresarial. Gestor del Riesgo, COTECNA. Asesor de la Cadena Metalmecánica, Convenio Alcaldía de Manizales y Cámara de Comercio de Manizales por Caldas. Representante de los empresarios en mesa sectorial metalmecánica, Alcaldía de Manizales y Cámara de Comercio de Manizales por Caldas. Empresario desde 2010, creador de la firma MecaniCAD S.A.S. Experto en diseño de plantas y procesos industriales, desarrollando proyectos de ingeniería eficaces y sostenibles en más de 30 industrias nacionales e internacionales.

Paula Liliana Ceballos Hernández.

Ingeniera Electricista, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Especialista en Gerencia Integral de Obra, Escuela de Ingenieros Militares. Auditora ISO50001 Eficiencia Energética por INCONTEC. En proceso de certificación PMP en Dirección de Proyectos. Project Management Institute. Consultora empresarial en el sector industrial enfocado en construcciones sostenibles y eficiencia energética;