

## Lista de cotejo del proyecto

Indicador	Realizado	Pendiente	No realizado
Participaron todos los miembros del equipo.			
Se consultó el manual del equipo.			
Se utilizaron de forma correcta los formatos.			
Se utilizaron planos, gráficas, imágenes y fotografías para la identificación de puntos importantes.			
Se dio la vinculación de la teoría y la práctica.			

# Capítulo 4



## ¿Qué sabes?

- ¿Por qué se le llama mantenimiento predictivo?
- ¿Cuál es la diferencia entre mantenimiento predictivo y mantenimiento preventivo?
- ¿En qué circunstancias se justifica la aplicación del mantenimiento predictivo?
- ¿En qué se apoya el mantenimiento predictivo para su ejecución?
- ¿Qué es la termografía y en qué se aplica?
- ¿Qué es el ultrasonido industrial y cuáles son sus aplicaciones?
- ¿Qué es la tribología y en qué se aplica?
- ¿Qué es la prueba de Megger y para qué se utiliza?

# Teoría del mantenimiento predictivo

## Competencias específicas

- Interpreta y aplica la teoría del mantenimiento predictivo.
- Aplica en los planes las técnicas predictivas.

## Competencias genéricas

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Comunicación oral y escrita.
- Toma de decisiones.

## Introducción

El mantenimiento predictivo examina, mediante técnicas de análisis predictivas, el estado de los elementos y equipos, estableciendo recomendaciones para intervenir de manera oportuna con labores de mantenimiento, lo que redunda en significativos ahorros de tiempo y, por ende, de dinero.

Estas técnicas se aplican en maquinaria crítica de industrias que optimizan sus activos. Es un conjunto de técnicas instrumentadas de medidas y análisis de variables, implementadas para identificar, en términos de fallas potenciales, la condición operativa de los equipos involucrados en el proceso productivo de la planta.

El objetivo principal de este tipo de mantenimiento es optimizar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos sin elevar el costo de mantenimiento.

Su implementación evita los paros ocasionados por averías, permite alargar los intervalos entre los períodos destinados a mantenimiento y minimiza los tiempos de reparación, aumentando la fiabilidad de la planta.

Dentro del mantenimiento predictivo hay técnicas de medición y análisis de vibraciones, ultrasonido, análisis de lubricantes y termografía, entre otros aspectos, los cuales se estudiarán en este capítulo.

### 4.1 Definición y características del mantenimiento predictivo (MPP)

El mantenimiento predictivo o mantenimiento basado en la condición se apoya en un conjunto de actividades que permiten predecir y prevenir el desarrollo de fallas en equipo e instalaciones. La aplicación de técnicas especializadas ayuda a detectar con anticipación un desperfecto en el equipo, el mal funcionamiento o el cambio de estado de un equipo o máquina durante su operación.

Es posible determinar, mediante un diagnóstico, si existe algún deterioro en la maquinaria que pudiera provocar una falla inminente, así como identificar qué tan necesario es efectuar algún trabajo de mantenimiento en el equipo.



Mantenimiento predictivo.

#### Actividad de aprendizaje

Investiga en diferentes fuentes de información la definición y las características del mantenimiento predictivo. Prepara un escrito con tu investigación. Cuida tu redacción y ortografía.

#### Importancia del mantenimiento predictivo

La decisión de establecer un sistema de mantenimiento predictivo es el primer paso para lograr el control total de los costos de mantenimiento y obtener mejoras en el proceso productivo de manera sustancial.

En la actualidad hay una gran cantidad de empresas que operan con sistemas de mantenimiento predictivo con gran éxito; sin embargo, también existen organizaciones que han fracasado en la operación de este sistema durante los primeros tres años, por lo que han decidido abandonarlo por completo. Este fracaso se debe a que los objetivos y las metas del programa no fueron establecidos en forma clara antes de su implementación.

Un sistema de mantenimiento predictivo exitoso debe ser capaz de cuantificar los beneficios obtenidos por sí mismo. Esto se logra solo si el programa se establece de manera apropiada, con las técnicas correctas y con un sistema de evaluación de los beneficios obtenidos. El éxito o fracaso del sistema depende directamente del esfuerzo realizado al empezar su aplicación.

La forma correcta de iniciar la implementación del mantenimiento predictivo es realizando el cronograma de una máquina seleccionada por el responsable del departamento de mantenimiento. Este cronograma debe contener un listado de las piezas o elementos susceptibles de falla, así como los tiempos en los que se estima realizar el cambio, de acuerdo con la información señalada por el fabricante del equipo o de las refacciones; estas especificaciones pueden indicarse en horas, kilómetros, volumen, número de piezas o ciclos, por mencionar algunos parámetros. Como sabemos, siempre habrá un excedente de vida útil del que tendremos que tomar parte, aunque en la actualidad este tiempo no se aprovecha; de ahí la importancia de contar con la experiencia del personal o el historial acumulado con el tiempo. En la medida en que se realice un seguimiento adecuado, derivado de una buena comunicación entre operadores y técnicos de mantenimiento, se logrará evitar las fallas inesperadas.

Por lo anterior, es vital contar con un historial de los equipos, ya sea en bitácoras o de preferencia en algún *software* o programa de cómputo, en el que sean recabadas las órdenes de trabajo que se atienden día a día. Esto se convertirá en una fortaleza del área de mantenimiento. Después, se debe analizar la información, prestando especial atención en las actividades o tareas relevantes, pues a partir de éstas nace la verdadera experiencia que permite evitar o eliminar errores en tareas futuras.

### Actividad de aprendizaje

Elabora una tabla en la que muestres las características y la importancia de cada uno de los tipos de mantenimiento: correctivo, preventivo y predictivo. Entrega tu trabajo por escrito a tu profesor.

## 4.2 Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo

### Ventajas

A continuación se presentan las ventajas del mantenimiento predictivo:

Con este sistema de mantenimiento se obtiene un alto grado de confiabilidad en la operación de los equipos; además, su funcionamiento resulta económico.

Otra ventaja es que permite obtener información en tiempo real acerca de los siguientes aspectos:

- Proceso de la planta
- Estadística
- Diagnóstico predictivo de funcionamiento

Con el uso de *software* en las áreas de mantenimiento se tiene la información antes mencionada y el estatus del departamento para poder atender las labores importantes, así como la autonomía de las tareas que mantendrán en buen funcionamiento a la planta.

Asimismo, el *software* permite contar con la información necesaria para la toma de decisiones que propicie la buena administración de los recursos humanos y materiales, ya que es posible conocer los requerimientos por máquina, línea o turno.

Finalmente, con la información recabada es posible diagnosticar el equipo y planear las actividades que habrán de realizarse, con lo que se logra una eficiencia que se verá reflejada en el área de producción.

## Desventajas

Entre las desventajas de este tipo de mantenimiento destaca la de que su aplicación puede resultar costosa, pues requiere equipo especializado y personal capacitado.

Si el enfoque se considera como una inversión y se lleva a cabo una capacitación continua para el personal, entonces no será una desventaja, sino todo lo contrario; por ello, con frecuencia es necesario tener al frente del equipo de trabajo a un líder con visión aguda para su implementación y que, además, cuente con la experiencia necesaria durante el proceso.

En la actualidad, los técnicos de mantenimiento requieren de ciertas competencias inherentes al puesto que desempeñan, por lo que se deben someter a una capacitación durante su entrenamiento. Éste suele durar tres meses para los trabajadores de nuevo ingreso. Después del primer año, los técnicos logran desempeñarse con eficiencia de forma independiente (véase figura 4.1).



**Figura 4.1** Supervisión y seguimiento de las tareas de mantenimiento. Soplador de hollín.

### Actividad de aprendizaje

En equipo de dos o tres personas elaboren una tabla en la que muestren las ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

## 4.3 Técnicas aplicables en el mantenimiento predictivo

Para la aplicación del mantenimiento predictivo se requiere de equipo de medición y colección de datos, además de personal calificado para su ejecución. En el mantenimiento predictivo se utilizan varias técnicas, de las cuales las principales son:

- Medición y análisis de vibraciones
- Termografía
- Ultrasonido
- Tribología
- Mediciones eléctricas

Las técnicas aplicadas en el mantenimiento predictivo indican el momento en que la pieza o componente está próximo a fallar, aunque no dicen cómo evitar este suceso, que se convierte en información relevante, ya

que permite planear el mejor momento para la intervención e, incluso, coordinarse con el departamento de producción, que es el principal afectado en cualquier tipo de reparación.

## Medición y análisis de vibraciones

Constituye una de las técnicas más efectivas para detectar los problemas mecánicos en la maquinaria rotatoria. Se basa en el principio de que toda máquina vibra al estar en operación; cuando esta vibración se mantiene en un nivel aceptable no provoca daño en el equipo, pero si aumenta significa que ha ocurrido un desperfecto de tipo mecánico. Es posible identificar la falla debido a que cada tipo ocasiona una vibración única.

Las vibraciones son una de las causas principales de las averías en las máquinas. Provocan una mayor carga, sobre todo en los rodamientos, lo que acorta su vida útil.

La medición y análisis de las vibraciones es una técnica muy confiable, pues gracias a ella es posible conocer el estado real de operación de los equipos y detectar los problemas en su etapa inicial, por lo que se pueden corregir a tiempo y así evitar pérdidas económicas y de tiempo.

Las pruebas se realizan con diferentes equipos de medición y registro de vibración, ya sea en forma manual o automática, lo cual depende de las necesidades de cada empresa.

Esta técnica permite cuantificar aspectos como la medida de vibración total en banda ancha, en banda estrecha, la medida de parámetros vibratorios específicos para detectar fallas en rodamientos y engranajes, cuantificación de la forma de onda, fase vibratoria en armónicos, medida de vibración síncrona en picos, y medida de vibración subsíncrona y no síncrona.

La aplicación de esta técnica permite el diagnóstico preciso de fallas, como desequilibrio, desalineación, holguras, roces, ejes deformados, excentricidad en poleas y engranajes, falla y ruido en rodamientos, e incluso desperfectos de origen eléctrico.

Para llevar a cabo esta técnica se acostumbra usar un dispositivo llamado sensor, que está localizado cerca de la falla y que permite detectarla. El sensor es seleccionado con base en ciertos criterios y de acuerdo con el tipo de máquina que se analizará, su aplicación, el equipo de medición, la velocidad de giro de la máquina, la temperatura, las limitaciones de espacio o restricciones geométricas para su conexión, el tipo de conexión, y si requiere poseer montaje y características especiales para efectuar la medición.

En un inicio, si no se tiene noción del uso de estos equipos, la medición y análisis de vibraciones podría considerarse como una actividad externa o subcontratada. Posteriormente, algunas empresas proveedoras de los equipos otorgan la capacitación correspondiente, con lo cual se cubre la necesidad de competencias requeridas para la aplicación del mantenimiento predictivo (véase figura 4.2).



Figura 4.2 Medición de vibraciones mecánicas.

## Actividad de aprendizaje

Explica con 144 palabras la técnica de medición y análisis de vibraciones. Comparte en clase.

## **Termografía**

La termografía es una técnica de mantenimiento predictivo en la que una imagen captada con infrarrojos se transforma en una imagen radiométrica que permite leer los valores de temperatura.

Su aplicación en mantenimiento industrial como técnica predictiva permite determinar dónde y cuándo se necesita mantenimiento, ya que el aumento de temperatura en las instalaciones eléctricas y mecánicas anticipa la detección de la falla, evitando averías o incendios. Es utilizado en equipo eléctrico en alta y baja tensión (líneas, subestaciones y centros de control, entre otros) (véase figura 4.3).

Esta técnica se efectúa con la cámara termográfica, instrumento operado a distancia que permite realizar la inspección mediante imágenes y visualizar cómo se encuentran distribuidas las temperaturas que se irradian en la superficie del equipo o maquinaria que se analiza. Su lectura se emite de manera rápida, precisa y sin tener que detener el proceso de producción (véase figura 4.4).

Es muy común que las fallas en un equipo empiecen por desperfectos mecánicos o falsos contactos. Las causas pueden ser muy diversas, pero si las piezas de acero o de alguna aleación metálica que conforman las máquinas fallan mientras están en movimiento, entonces aumenta la fricción entre dos o más elementos del equipo y ocasionan que la temperatura exterior e interior aumente (véanse figuras 4.5 y 4.6).

Cuando el aumento de temperatura en una máquina o equipo está fuera del valor normal de operación, se deberán tomar medidas encaminadas a encontrar las causas que lo originan y eliminarlas antes de que tenga una repercusión o causen un daño mayor.



**Figura 4.3** Dispositivos para realizar mediciones termográficas.

Actualmente se cuenta con gran variedad de marcas de cámaras termográficas, que son de gran utilidad en la detección de puntos o zonas calientes en las máquinas o rodamientos (véase figura 4.7). Así, es posible realizar acciones que impidan la falla inminente de los equipos en operación y, con ello, evitar daños costosos en refacciones, así como tiempos muertos.

Con esta técnica se pueden detectar, de manera temprana y precisa, fallas como oxidación de interruptores de alta tensión, conexiones recalentadas, conexiones mal aseguradas o defectos de aislamiento en instalaciones de alta tensión. Además, esto permite determinar el daño y calcular el tiempo de reparación del equipo.

En instalaciones de baja tensión se realizan inspecciones de tableros eléctricos y centros de control de motores, lo que evita que la temperatura se eleve al punto de fundir conexiones y provocar averías.

Algunas fallas que se detectan con esta técnica en equipos de baja tensión son conexiones de alta resistencia, conexiones corroídas, daños internos de los fusibles, malas conexiones y daños internos.

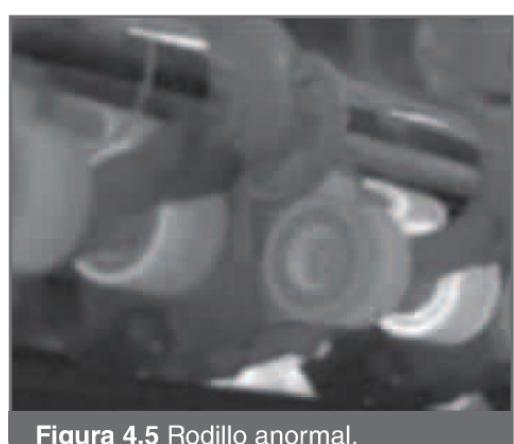
Al desgastarse, los componentes mecánicos pierden su eficiencia y generan más calor (véanse figuras 4.8 a) y b) y 4.9 a) y b).

Algunas fallas en motores eléctricos, como el desgaste en escobillas y cortocircuitos en armazones, no se pueden detectar mediante el diagnóstico de vibraciones; sin embargo, esta técnica de análisis ofrece una observación completa del fenómeno.

Algunas fallas que sí logran detectarse con esta técnica son los problemas de lubricación, los errores de alineación, motores recalentados, rodillos anormales, bombas sobre cargadas, ejes de motor recalentados y rodamientos calientes.



**Figura 4.4** Termografía que muestra la distribución no uniforme de la carga en la caja de fusibles.



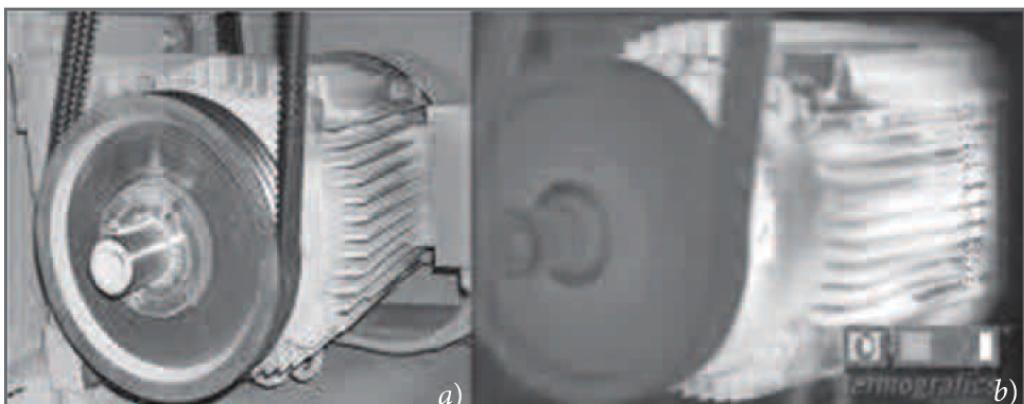
**Figura 4.5** Rodillo anormal.



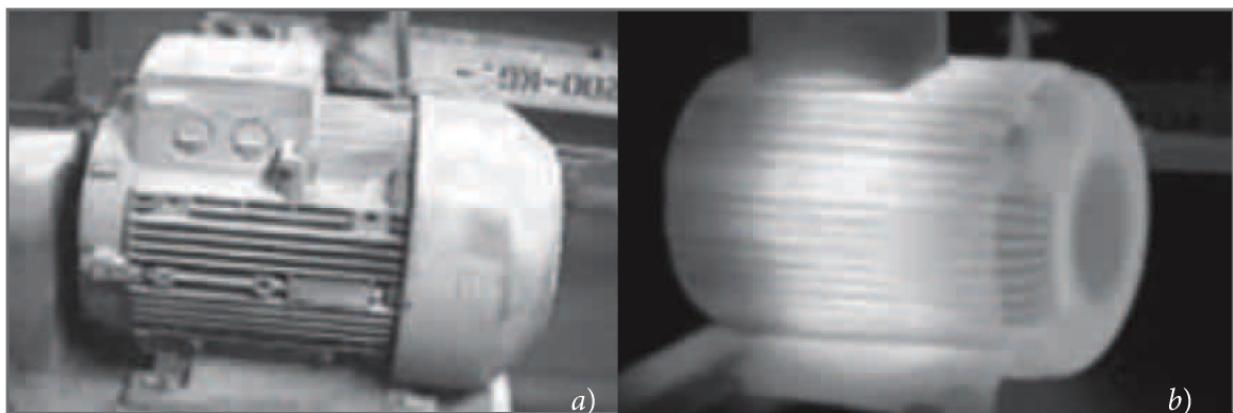
**Figura 4.6** Rodillo recalentado.



**Figura 4.7** Cámara de termografía.



**Figura 4.8 a) y b).** Termografía de un motor eléctrico en modo normal de funcionamiento.



**Figura 4.9 a) y b).** Termografía de motor con problema de bobinado.

Además, es útil para inspeccionar el aislamiento en tuberías, detectar fugas y obstrucciones, y para determinar si alguna válvula se encuentra abierta o cerrada.

### Actividad de aprendizaje

Investiga en diferentes fuentes de información acerca de la técnica de termografía, y redacta en una cuartilla su aplicación, ventajas y desventajas. Cuida tu redacción y ortografía. Entrega a tu profesor.



Revisa la guía de termografía.

## Ultrasonido

Esta técnica de mantenimiento predictivo mediante emisiones acústicas por encima de las frecuencias del rango audible permite la detección de fallas que con otras técnicas pasarían inadvertidas.

El ultrasonido es de gran utilidad en las aplicaciones del mantenimiento industrial, específicamente para la detección de fisuras o daños en los elementos mecánicos, para la verificación de purgadores de vapor, detección de fugas en conductos de fluidos, inspección mecánica de rodamientos y comprobación de alineación, control y ayuda para una adecuada lubricación, las inspecciones eléctricas, la comprobación del fenómeno de