

MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN: UNA TÁCTICA DE MANTENIMIENTO PREFERIDA

¿Cómo puede beneficiar a su organización la aplicación adecuada del mantenimiento basado en condición?

Investigar el monitoreo de activos críticos para minimizar fallas funcionales, tiempo de inactividad y el costo de mantenimiento mientras se maximiza la vida útil de los activos y el retorno de la inversión.



A través del uso de metodologías y aplicaciones de mantenimiento basado en condición, se puede minimizar el riesgo de fallo de los activos funcionales.

Contenido

1. Resumen ejecutivo	3
2. Introducción.	4
3. ¿Qué es el mantenimiento basado en condición?	5
4. Aplicaciones.	6
5. ¿Qué diferencia al mantenimiento basado en condiciones de otras tácticas de mantenimiento?	7
.....	
6. Salud de Activo.....	8
7. CBM – el camino incorrecto: oportunidades perdidas.	9
8. CBM – el camino correcto: factores críticos de éxito.	10
9. Estudios de caso.	11
10. Conclusión.....	12



1 Resumen Ejecutivo

Las fallas de activos críticos en una empresa puede ser catastrófico. Hoy en día, pocas organizaciones pueden permitirse incluso unas pocas horas de cese en la operación cada vez que un activo falla. Esto conduce a altos costos de reparación o reemplazo y a una pérdida de tiempo de operación, lo que podría resultar en la entrega tardía de bienes o servicios. Estos factores podrían tener un efecto negativo duradero en la reputación de una organización y suelen ser el resultado de la falta de actividades de mantenimiento táctico o de tácticas incorrectas. A través del uso de tácticas efectivas de mantenimiento preventivo, específicamente metodologías y aplicaciones de mantenimiento basado en la condición, se puede minimizar el riesgo de falla funcional de los activos.

El monitoreo de condición proporciona la capacidad de identificar tempranamente un deterioro en la salud del activo, esto produce el tiempo más prolongado posible entre la posible falla y la falla funcional. Las acciones preventivas pueden llevarse a cabo antes de que ocurran las fallas, lo cual de otra manera habría resultado en el paro de la operación. Esto asegura que los activos críticos se mantengan en un nivel operativo óptimo, lo que disminuye el riesgo de falla. Sin embargo, si se aplica incorrectamente, puede resultar en que no se obtenga ningún beneficio de la inversión.

En este documento, examinamos por qué

el mantenimiento basado en condiciones es relevante, cómo incorporar correctamente el mantenimiento basado en condiciones en los planes de mantenimiento actuales en cualquier instalación y cómo garantizar el retorno de la inversión esperado.

Cómo incorporar correctamente el mantenimiento basado en condiciones en los planes de mantenimiento actuales en cualquier instalación y cómo garantizar el retorno de la inversión esperado.



Fig. 1. Análisis de la señal de corriente del motor.

2 Introducción

La salud de los activos debe ser una prioridad en cualquier instalación, ya que no puede funcionar sin que sus activos realicen sus tareas requeridas. El monitoreo de condición proporciona un diagnóstico preciso de la salud del activo, lo que conduce a la toma de acciones preventivas tan pronto como se detecta una posible falla.

Es una buena práctica tener una combinación de métodos de mantenimiento para gestionar eficazmente los activos y garantizar el mejor rendimiento y la mayor vida útil posibles de cada uno.

Sin embargo, es imprescindible que si se invierte capital en un sistema de mantenimiento, existan procesos para asegurar que se aplique a los activos correctos y se implemente correctamente.

Por ejemplo, aplicar mantenimiento basado en la condición a un activo de baja criticidad, o a un activo que ha alcanzado el final de su ciclo de vida económica, e incluso aplicarlo incorrectamente a un activo vital, podría resultar en un desperdicio de inversión de capital y tiempo.

El monitoreo de condición proporciona un diagnóstico preciso de la salud del activo, lo cual conduce a la adopción de acciones preventivas tan pronto como se detecta una posible falla.



Fig. 2. Inspección infrarroja

3 ¿Qué es el mantenimiento basado en condición?

El mantenimiento basado en condición es una táctica de mantenimiento preventivo que utiliza el monitoreo basado en condición como técnica de recopilación de datos para evaluar la salud de los activos críticos en una instalación. Como su nombre lo indica, el monitoreo de la condición es el proceso de supervisar la condición de un activo utilizando una amplia gama de tecnologías que incluyen, pero no se limitan a:

- Análisis de vibración
- Análisis de aceite
- Análisis ultrasonido
- Termografía infrarroja
- Detección de descargas parciales

Esto se hace para asegurar que todos los componentes de un activo sean evaluados de manera correcta y precisa al identificar posibles fallas antes de que se conviertan en fallas funcionales, y así intentar crear el intervalo P-F (Potential Failure Interval) más amplio posible hasta la falla funcional, en el cual se pueda programar y completar el mantenimiento.

La curva P-F mostrada a continuación ilustra la condición o rendimiento de un activo en comparación con el tiempo o el uso. La falla potencial (P) y la falla funcional (F) han sido claramente marcadas, y muestran el intervalo P-F en el cual las actividades del monitoreo de condición pueden identificar problemas que deben abordarse.

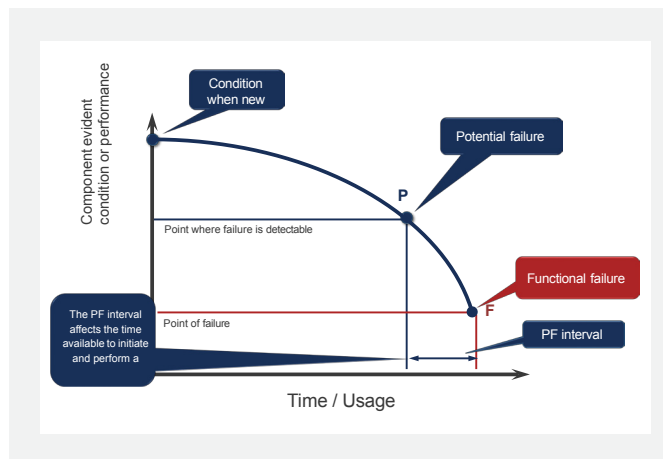


Fig. 3. La curva P-F

El mantenimiento basado en condición se puede aplicar a cualquier activo que cumpla los siguientes criterios:

1. La posible falla proporciona una señal de advertencia.
2. La señal de advertencia puede ser detectada.
3. La condición del activo puede ser evaluada en un intervalo de tiempo significativamente menor que el tiempo entre posibles fallas y fallas funcionales, generalmente menos de la mitad del intervalo P-F.
4. El intervalo entre la detección de una posible falla y la falla funcional es lo suficientemente largo como para tomar medidas preventivas.

4 Aplicaciones

A continuación hablamos de las cinco tecnologías de monitoreo de condición más comunes, así como algunos ejemplos de aplicaciones:

- **Análisis de vibración:** Motores, generadores, rodamientos, cajas de cambios, bombas, compresores, molinos y cualquier otro tipo de máquinas y ejes rotativos; de baja, mediana y alta velocidad.
- **Análisis de Aceite:** Motores, generadores, rodamientos, cajas de cambios, bombas, compresores, molinos y cualquier otro tipo de máquinas y ejes rotativos; de baja, mediana y alta velocidad. Máquinas lubricadas con aceite y sistemas hidráulicos. Transformadores enfriados por aceite, reactores y equipos de conmutación.
- **Análisis Ultrasonido:** Motores, generadores, rodamientos, cajas de engranajes, bombas, compresores, molinos y cualquier otro tipo de máquinas rotativas, incluyendo aquellas de baja velocidad y con funcionamiento intermitente. Válvulas, trampas de vapor, intercambiadores de calor, sistemas hidráulicos y otros sistemas presurizados. Acoplamientos, transportadores y otros sistemas de ejes rotativos con un gran número o una alta concentración de rodamientos. Transformadores enfriados por aceite, interruptores de potencia, terminales de cables, contactos eléctricos, bujes, aisladores, pararrayos, transformadores enfriados por aire y líneas aéreas.
- **Termografía Infrarroja:** Rodamientos, motores, cajas de engranajes, válvulas, trampas de vapor, tuberías, materiales refractarios, molinos, bombas, transportadores, recipientes de almacenamiento, Plantas de refrigeración por infrarrojos, edificios y casi cualquier otra máquina o estructura civil. Motores y generadores eléctricos; cables de baja tensión (LV) y termografía de media tensión (MV); paneles de baja tensión (LV) y media tensión (MV), tableros de distribución, subestaciones y centros de control de motores (MCC); transformadores enfriados por aceite y aire; bujes, líneas aéreas y cualquier otra forma de contacto eléctrico conductor de corriente.
- **Detección de descargas parciales:** Compresores, ventiladores, turbinas, cajas de engranajes, motores, generadores y otras máquinas con componentes de rotación de alta velocidad. Interruptores de baja y media tensión (LV y MV), tableros de distribución, centros de control de motores (MCC), transformadores, reactores, cables, bujes, pararrayos, transformadores de corriente (CT), transformadores de tensión (VT).

5 ¿Qué diferencia al mantenimiento basado en condición de otras tácticas de mantenimiento?

5.1 Mantenimiento basado en uso

El mantenimiento basado en uso es otra táctica de mantenimiento preventivo que reemplaza componentes dentro de un activo, basándose en el tiempo de operación o en el uso, sin importar si el componente ha entrado en un modo de falla o no. El tiempo entre tareas de mantenimiento se determina evaluando la probabilidad de falla basada en eventos de falla pasados. El gráfico a continuación ilustra la probabilidad de falla en función del tiempo o del uso. Una vez que el activo ha estado en funcionamiento durante un período de tiempo 'x' o tiene un uso de 'x', la probabilidad de falla aumentará drásticamente y el componente se reemplazará para evitar fallas funcionales.

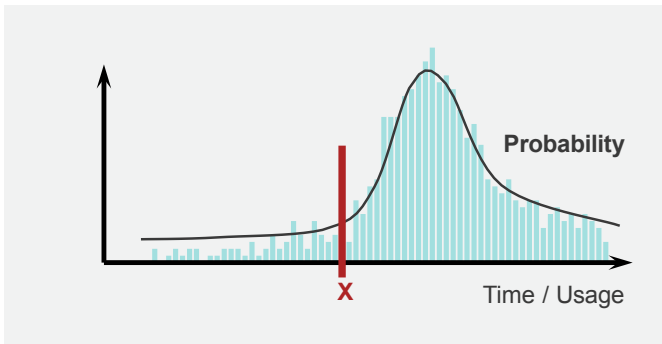


Fig. 4 Probabilidad de fallo a lo largo del tiempo / uso

Un ejemplo de esto sería cambiar el aceite y el filtro de aceite de un vehículo cada 5000 km o cada 6 meses, o cambiar los rodamientos de una bomba cada 12 meses. Esta táctica se basa únicamente en la probabilidad de falla y, por lo tanto, tiene fallas en su aplicación. Aplicar el mantenimiento muy temprano puede aumentar los costos innecesariamente, mientras que hacerlo muy tarde puede resultar en una falla. El mantenimiento basado en el uso no elimina completamente el riesgo.

5.2 RTF (run-to-failure: Usar hasta fallar)

Run-to-failure es una táctica de mantenimiento alternativa que permite que un activo funcione hasta que falle. Es una táctica predefinida, no un enfoque de "no hacer nada". Solo se aplica a activos que experimentan una tasa de falla constante. Esta táctica solo es factible si las consecuencias de la falla son menores que el costo de la prevención. Un ejemplo de un activo al que se aplicaría la táctica de dejar que falle es un foco. Esta táctica no mitiga el riesgo, sino que lo acepta y lo gestiona.

5.3 Mantenimiento basado en condición

El mantenimiento basado en condición es la táctica de mantenimiento preferida, y las tácticas mencionadas anteriormente se implementan si el mantenimiento basado en condición no es factible o si el activo no tiene una alta criticidad.

5.4 Como seleccionar la táctica correcta

El siguiente diagrama muestra el proceso para seleccionar la táctica de mantenimiento ideal:

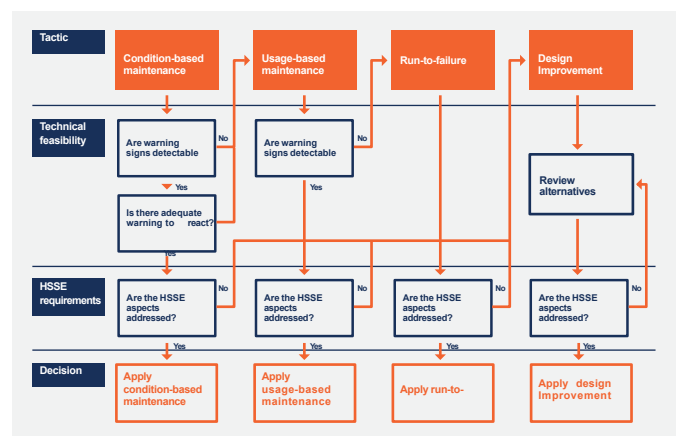


Fig. 5. Flujo de tácticas de mantenimiento

6 Salud de Activo

Los beneficios del mantenimiento basado en la condición no se pueden lograr si la estrategia no se implementa correctamente. No es posible obtener los resultados positivos o el retorno de inversión esperado si las tecnologías no se utilizan adecuadamente y al máximo de su potencial. Cada tipo de activo es único y, por lo tanto, debe ser monitoreado según un cronograma único utilizando métodos aplicables a él. Al planificar la frecuencia de las evaluaciones, se deben considerar la curva P-F específica del activo, así como su historial de fallas, el entorno en el que opera y su nivel de salud actual.

6.1 Métodos de monitoreo de condición

Al seleccionar los métodos de monitoreo de condición que se aplicarán a un activo, se debe tener mucho cuidado al elegir el método adecuado. Por ejemplo, si observamos un sistema de bombas, el análisis de vibraciones en los rodamientos es un buen punto de partida, pero solo proporcionará una visión parcial de la salud general del activo. Se podría comparar con una persona que va al médico para un chequeo médico completo, pero solo se le toma la presión arterial, lo que no daría como resultado una evaluación completa de la salud. Los activos requieren múltiples métodos de diagnóstico. En el caso del sistema de bombas, el análisis termográfico se puede utilizar para encontrar puntos calientes en el conjunto de la bomba, tanto eléctricos como mecánicos, así como una inspección ultrasónica para verificar la lubricación, la fricción y los impactos, además de identificar la cavitación o problemas con el impulsor. También se debe realizar un análisis

de aceite para destacar desgaste interno. Se debe realizar un análisis de múltiples métodos para llevar a cabo el análisis de aceite. Al utilizar múltiples métodos de análisis, se puede

observar el estado de salud exacto de cada componente dentro del sistema de bombas. Además, garantiza la precisión de los resultados de la evaluación, lo que permite un rendimiento óptimo a través de tareas de mantenimiento de seguimiento. Si la bomba no es crítica o está al final de su vida útil, se debe evaluar si vale la inversión y el tiempo en procesos complejos. Esto se determina considerando la madurez en el cuidado del activo, el equipo de mantenimiento y comparando los costos de monitoreo con las pérdidas posibles si fallara.



Fig. 6. Inspección Ultrasonido

7 CBM (Condition Based Monitoring) - la forma incorrecta: oportunidades perdidas

El monitoreo de condición utiliza una amplia variedad de tecnologías, todas las cuales requieren una capacitación adecuada de los recursos en la implementación, aplicación e interpretación de los resultados. A continuación se presentan ejemplos de situaciones encontradas en organizaciones que intentaban implementar el mantenimiento basado en la condición de manera incorrecta:

- Interpretación errónea o imágenes térmicas inutilizables debido a una configuración incorrecta de la cámara, debido a una capacitación insuficiente del equipo de mantenimiento en el uso de la tecnología infrarroja.
- Defectos detectados en equipos de conmutación de media tensión mediante técnicos de monitoreo de condición que no se corrigieron debido a que los gerentes de mantenimiento no reconocieron signos de deterioro, lo que resultó en una falla funcional del sistema.
- Se encuentran defectos y no se toman medidas correctivas, ya que no se sigue un proceso formal de planificación y programación después de las inspecciones de monitoreo de condición.
- Se sacan de servicio activos de alta criticidad, causando un cierre planificado de la instalación, para solucionar un defecto encontrado mediante análisis de vibraciones, solo para descubrir que fue diagnosticado incorrectamente y que el cierre no era necesario. Si se hubieran realizado inspecciones de seguimiento en línea utilizando otras tecnologías de monitoreo de condición para corroborar, esto se habría notado y se habría
- Los gerentes de mantenimiento no comprenden los hallazgos en los informes de monitoreo de condición, lo que resulta en la falta de acción o en la

toma de acciones inapropiadas.

- Activos que deberían ser reemplazados se mantienen y monitorean constantemente, incurriendo en grandes gastos más allá de su vida económica útil.
- Activos encontrados en buen estado de salud siguen siendo mantenidos con la táctica incorrecta: mantenimiento basado en uso, lo cual genera más gasto y crea un escenario potencial de un mal ensamblaje después del mantenimiento (por ejemplo, desalineación del eje).
- Se ejecutan intervenciones desencadenadas por el monitoreo de condición, las cuales no son reevaluadas o verificadas, permitiendo que el mismo problema se repita o que surja un nuevo problema sin ser detectado.
- Los activos solo son evaluados en términos de confiabilidad, sin tener en cuenta su estado de vida, eficiencia y rendimiento.

Estos ejemplos muestran **oportunidades perdidas para obtener un retorno total de la inversión**, desperdiciando la inversión de capital y el tiempo invertido en aplicar las inspecciones de monitoreo de condición.

El monitoreo de condición utiliza una amplia variedad de tecnologías, todas las cuales requieren una capacitación adecuada de los recursos en la implementación, aplicación e interpretación de los resultados

8 CBM – la manera correcta: factores críticos de éxito

La adquisición del equipo es solo el primer paso en el proceso hacia una implementación efectiva del mantenimiento basado en condición. A continuación se enumeran algunos factores críticos de éxito de los que las organizaciones deben ser conscientes:

- Mantener un registro de activos adecuado para recopilar los datos de monitoreo de condición de cada activo con fines de tendencia y asegurarse de que se actualice regularmente.
- Elegir el método de monitoreo de condición mediante la evaluación de todos los componentes del activo y corroborar los resultados con métodos alternativos para prevenir cierres innecesarios.
- Asegurarse de que el equipo se implemente correctamente y se hayan programado intervalos de inspección adecuados.
- El personal que utiliza las tecnologías debe recibir una capacitación adecuada en la aplicación e interpretación de los resultados.
- Debe haber un sistema en funcionamiento para garantizar que las tareas de inspección se realicen a tiempo y que los resultados se analicen, se les haga seguimiento y se almacenen.
- Si se detectan posibles fallas o ineficiencias, debe haber un sistema para planificar, programar y ejecutar tareas de mantenimiento de seguimiento, incluido el seguimiento para verificar la intervención.
- Siempre se debe realizar una inspección posterior a la intervención del activo para asegurarse de que la posible falla se haya solucionado y establecer una nueva línea de base de evaluación. También se realiza para asegurarse de que no haya surgido un nuevo problema durante el proceso de intervención

Estos factores críticos de éxito muestran cómo aplicar y dar seguimiento adecuadamente al mantenimiento basado en la condición, permitiendo obtener un **retorno óptimo de la inversión**.

Mantener un registro de activos adecuado para recopilar los datos de monitoreo de condición de cada activo con fines de tendencia y asegurarse de que se actualice regularmente.

9 Estudios de caso

Los dos estudios de caso que siguen son de organizaciones que contrataron a Martec (División de Pragma especializada en monitoreo de condición), para un servicio de monitoreo de condiciones. El primero muestra un retorno de inversión fácil e inmediato del cual la organización todavía se está beneficiando hoy en día, y el segundo muestra cómo el uso incorrecto del mantenimiento basado en condición dejará sin efecto una inversión.

1. Estudio de fugas ultrasónicas

Al realizar un estudio de fugas ultrasónicas en una planta embotelladora, Martec descubrió que aproximadamente el 15% del aire comprimido generado en la planta se estaba desperdiciando debido a fugas. Aunque esto está por debajo del promedio mundial del 31%, los ahorros anuales después de corregir la situación aún eran sustanciales (alrededor de 10,000 USD en 2012). Este ahorro está directamente relacionado con los costos de energía para operar los compresores en la planta. Con el aumento de los costos de suministro de energía en el país donde opera esta embotelladora (aumento de tarifas del 41.6% de 2012 a 2015*), el ahorro ha aumentado anualmente. Este es solo un método de inspección aplicado a un sistema en la planta, produciendo un retorno inmediato y recurrente de la inversión.

2. Sistema de monitoreo de descargas

En una instalación de producción de gas industrial, a Martec se le encargó la instalación de un sistema continuo de monitoreo en línea de descargas parciales en un motor síncrono de 10 MW con un voltaje nominal de 11 kV. Esto se realizó utilizando acoplamientos capacitivos montados en la caja de terminales del motor, conectando permanentemente un sensor por terminal del motor, todos suministrando información a un monitor. Sin embargo, después de la instalación, el cliente no conectó el monitor a un sistema de alarma como se sugirió. Prefirieron descargar y analizar los datos periódicamente. Después de algún tiempo, se produjo una falla en la caja de terminales del motor, ya que los cables se cruzaron, lo que redujo la separación de aire.

Esto resultó en descargas parciales activas (PD) que fueron detectadas por los sensores, pero no por los encargados de mantenimiento, ya que la descarga y el análisis de los datos de PD se realizaban con poca frecuencia. Esto provocó que la descarga parcial destruyera el aislamiento del cable, causando una falla de fase a fase. Un sistema de monitoreo en perfectas condiciones quedó completamente inútil debido a una implementación subóptima, lo que generó gastos masivos que podrían haberse evitado fácilmente.

10 Conclusión

El mantenimiento basado en condición detecta posibles fallas en la etapa más temprana posible, lo que permite realizar acciones de mantenimiento preventivo sin depender de probabilidades y reduce en gran medida el riesgo de fallas funcionales.

Al evaluar múltiples componentes con diferentes tecnologías, el mantenimiento basado en condición también permite realizar un análisis integral de la salud de los activos.

El mantenimiento basado en condición es una táctica excepcional, que si está disponible en el repositorio de una organización, puede facilitar en gran medida la búsqueda de una salud óptima de los activos, pero solo si se utiliza en los activos adecuados y solo si se aplica correctamente.