

Mantenimiento 4.0: Herramientas para ser más competitivos y sostenibles

Yenny Andrea Cañaveral Jaramillo
Calle 59 # 55-80 Copacabana - Antioquia
Email: yenny.canaveral@haceb.com
Medellín, Antioquia - Colombia

Resumen

El mantenimiento 4.0 permite una gestión más eficiente y proactiva de los activos, lo que se traduce en ahorro de costos, mayor fiabilidad, mayor seguridad y un mejor rendimiento de las operaciones. A través de casos de éxito se logra evidenciar cómo la integración de sistemas de monitoreo en tiempo real permite detectar anomalías y predecir no solo el desgaste de componentes críticos sino también el comportamiento de estos por influencias externas como las materias primas y como éstas interfieren en las variables de control, lo que podría llegar a ocasionar una falla aleatoria en caso de no detectarse a tiempo.

Historia de Haceb

Industrias Haceb es una empresa colombiana que se ha convertido en un actor destacado en la industria de electrodomésticos. Fue fundada en 1940 por José María Acevedo.

El fuerte enfoque de la empresa en la satisfacción del cliente y la mejora continua le ha ayudado a mantener su posición como líder en la industria de electrodomésticos.

Contexto operacional

El parque industrial está ubicado en el municipio de Copacabana, al norte de Medellín, en Antioquia. Este complejo está conformado por sus tres plantas productivas, Plásticos, Calefacción, Refrigeración. Cada planta tiene un contexto operacional diferente.

- La planta de calefacción tiene un proceso productivo con sistemas independientes y con equipos redundantes que permite garantizar la continuidad operativa ante cualquier eventualidad.
- La planta de plásticos dedicada a producir partes o componentes plásticos para la planta de refrigeración y lavado también trabaja con sistemas independientes, tiene equipos redundantes y trabaja para un inventario.
- La planta de refrigeración dedicada a la fabricación de neveras es un proceso con alto nivel de automatización, trabaja en serie y cualquier novedad afecta el proceso productivo en su totalidad. Esto hace que sus equipos tengan una alta criticidad.

Contexto de mantenimiento

En Haceb, el mantenimiento tradicional estaba enfocado en planes sistemáticos o predeterminados por frecuencia de tiempo. Para el año 2022, el equipo de mantenimiento en Industrias Haceb define como propósito superior para el área: “Nuestra pasión genera valor” y fue a partir de la definición de este propósito y la necesidad de generar una nueva estrategia, donde se establece trabajar bajo la metodología de Gestión de Activos para implementar diferentes herramientas que permitan:

- Optimizar costos de mantenimiento.
- Mejorar la eficiencia global de los equipos seguros, confiabilidad y vida útil de los activos.
- Tomar decisiones de manera oportuna.

- Ser más competitivos y sostenibles.

asertividad en el presupuesto de servicios públicos.

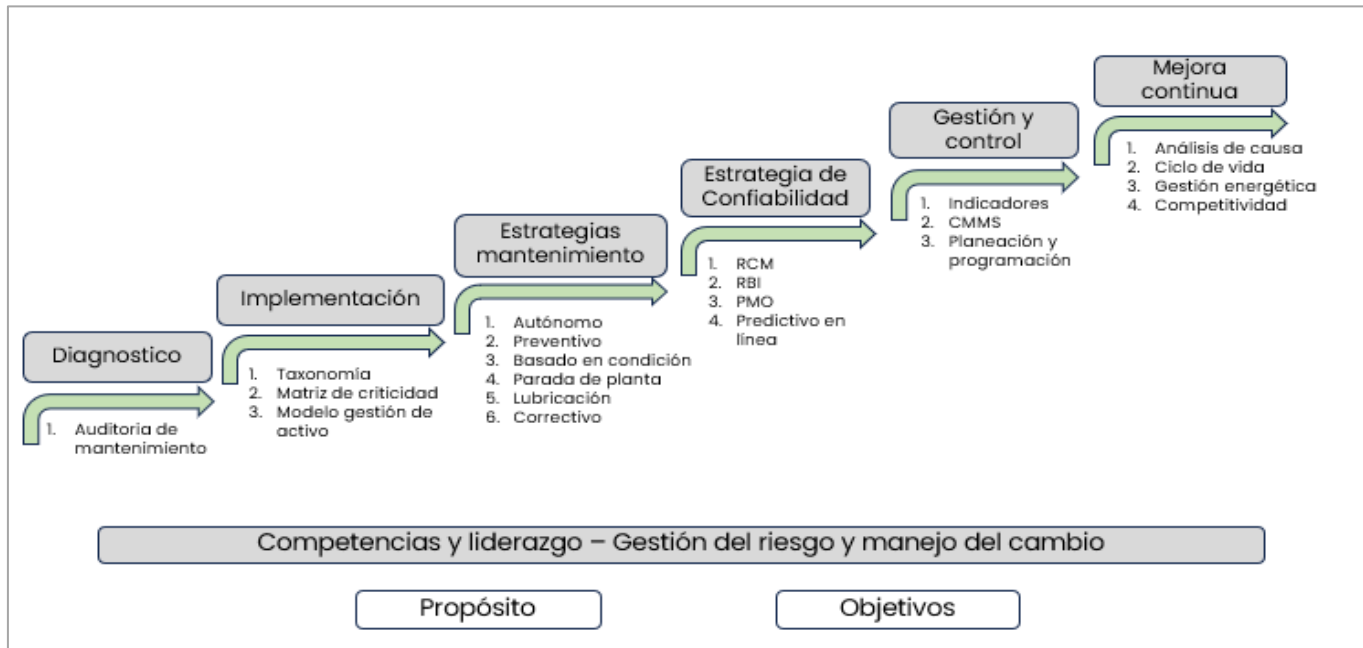


Ilustración 1. Pasos para implementar la estrategia de mantenimiento

A continuación, se explican dos herramientas que han sido claves para la optimización de costos, competitividad y sostenibilidad:

Medición y control de consumos energéticos

Es una realidad que lo que no se mide no se controla. En este eje de trabajo y a raíz de tener la medición de consumo de cada equipo en línea, se han logrado implementar acciones desde gestión del uso, hasta ejecución de mejoras que permitan disminuir el consumo anual en un 5% que equivale a 960.000 kWh.

Se define la línea base energética para identificar desviaciones en los procesos, fallas en equipos o cambios operativos que puedan afectar el uso de la energía. Con esta línea base no solo se ha logrado medir el impacto tras la adopción de medidas de ahorro en energía y gas, sino que también ha facilitado la proyección de consumos futuros y

Mantenimiento basado en condición en línea

Cómo punto de partida, se definen los diferentes tipos de mantenimiento a realizar en cada uno de los equipos teniendo en cuenta lo siguiente:

- Equipos nuevos: Implementar RCM - Reliability Centered Maintenance (Mantenimiento centrado en la confiabilidad).
- Equipos con criticidad e impacto altos de seguridad: Aplicar RBI - Risk Based Inspection (Inspección basada en riesgos).
- Equipos con criticidad alta: Monitoreo de equipos en línea y mantenimiento preventivo.
- Equipos con criticidad media: Mantenimiento por condición y preventivo.

- Equipos de baja criticidad: Mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- Periódicamente aplicar PMO - Planned Maintenance Optimization (Optimización del mantenimiento planeado).

Caso de estudio

Este caso de estudio está enfocado en los equipos con alta criticidad, para los cuáles se define realizar un monitoreo de sus condiciones y variables de proceso en línea como son:

- Temperatura de motores y bombas.
- Corriente eléctrica.
- Vibraciones.
- Torque.
- Horas de operación.
- Presión.

Para medir las variables en línea es necesario el uso de tecnologías avanzadas, como sensores, recolección y análisis de datos.

En una primera fase, además de esta recolección de datos, se diseña un centro de monitoreo que se encarga de supervisar y controlar las variables de proceso y de mantenimiento, permitiendo una respuesta rápida a cualquier anomalía o fallo.

Las personas que realizan este monitoreo en tiempo real gestionan los eventos y alarmas para registrar las causas de las desviaciones en estas variables para tener información suficiente y desarrollar la segunda fase que permita posteriormente generar algoritmos de inteligencia artificial para planificar el mantenimiento antes de que ocurra una falla potencial o falla funcional.

La realidad de las fallas

Cuando se habla de la realidad de las fallas de un equipo o componente, no solo nos referimos a aquellas fallas que están relacionadas con la edad

y para lo cual está diseñado el mantenimiento preventivo, sino también a aquellas variables externas a mantenimiento que influyen significativamente en el rendimiento y vida útil del equipo.

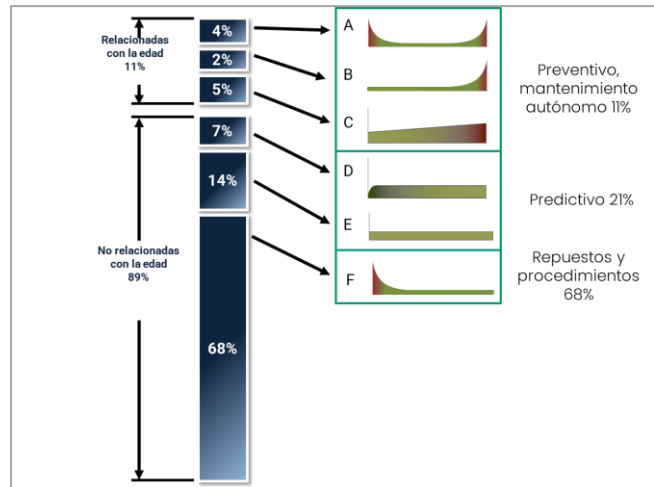


Ilustración 2. La realidad de las fallas

En este gráfico se puede visualizar lo siguiente:

- Fallas relacionadas con la edad: 11%. Prevención con un adecuado plan de mantenimiento.
- Fallas aleatorias: 21%. Prevención con un sistema de monitoreo en línea.
- Fallas no relacionadas con la edad: 68%. Prevención con política de repuestos, estandarización procedimientos de operación, especificación de materias primas, gestión temprana de equipos, formación de los técnicos, etc.

Casos de éxito

A continuación, se describen dos casos de éxito donde se logra identificar mediante el monitoreo de variables en línea, posibles fallas potenciales. Uno está relacionado con condiciones básicas de operación como lo es la lubricación y el otro con

variables externas como es el caso de diferencias en materias primas.

El rol de la lubricación en el control de la temperatura de servomotores

Problema:

Luego de iniciar el registro de las variables que se desean controlar en el sistema de monitoreo para el modelo de predicción de fallas en línea, se observa que el servomotor SM501 ubicado al lado izquierdo del equipo, ha alcanzado temperaturas máximas de trabajo, registrando valores hasta de 94°C durante las mediciones entre agosto y septiembre de 2024.

Al revisar la temperatura de los servomotores que se encuentran en el lado derecho del equipo, se observa que éstos registran temperaturas máximas de 65°C a pesar de que son equipos con iguales características técnicas.

Introducción teórica:

Los servomotores, al igual que otros componentes eléctricos, generan calor durante su operación debido a las pérdidas resistivas en los devanados del estator y rotor, así como a la fricción interna y las pérdidas magnéticas. Este calor debe ser gestionado adecuadamente para prevenir sobrecalentamientos que pueden llevar a una degradación del rendimiento, fallos prematuros y daños en el equipo. En consecuencia, el análisis de la temperatura de trabajo de un servomotor se convierte en un aspecto crítico para garantizar la eficiencia operativa y la fiabilidad a largo plazo del sistema.

La temperatura de funcionamiento óptima de un servomotor está influenciada por varios factores, incluidos el diseño del motor, las condiciones de carga, el entorno operativo y los sistemas de enfriamiento disponibles.

Existen umbrales térmicos específicos que no deben ser excedidos para evitar el deterioro de los materiales aislantes y componentes internos.

En este informe técnico, se examina la temperatura de trabajo del servomotor SM501 en el contexto de su operación en la conformadora metálica de gabinetes. Se abordarán las metodologías empleadas para medir y analizar la temperatura, los resultados obtenidos y su impacto en el rendimiento general del sistema.

Método:

Se analizaron las temperaturas registradas durante la operación del servomotor SM501 entre el 13 de agosto de 2024 y el 25 de agosto de 2024; como podemos observar en la Ilustración 3. Allí se observan valores pico de temperaturas de hasta 94°C. Vemos que estos valores se alcanzan luego de un tiempo prolongado de operación del servomotor donde la temperatura va aumentando progresivamente. Posterior a un paro en la operación, se observa que la temperatura disminuye nuevamente con normalidad.

Se verifican también condiciones de carga y trabajo de este servomotor con respecto a otros similares en el mismo equipo, parámetros de alerta y alarma por temperatura configurados para este. Igualmente se ha consultado el manual suministrado por el fabricante del servomotor donde se encuentra detallado el rango permisible de temperatura.

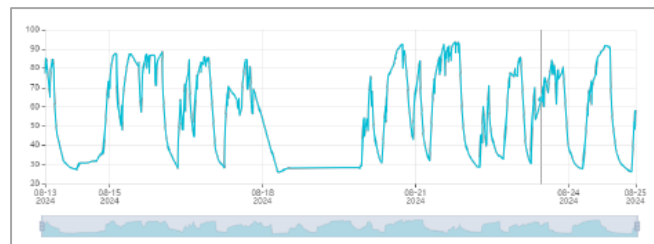


Ilustración 3. Comportamiento temperatura SM501

Gracias a la estrategia de monitoreo en línea para predicción de fallas, se ha logrado observar de

forma detallada el impacto de diversas intervenciones, como las lubricaciones en el sistema mecánico que el servomotor desplaza. Como resultado de este monitoreo continuo, se registraron dos eventos de lubricación importantes los cuáles se detallan en la Ilustración 4.

- El 14 de septiembre, tras la lubricación del sistema mecánico, se observó una disminución de aproximadamente 12°C en la temperatura máxima alcanzada por el servomotor SM501.
- Posteriormente, el 2 de diciembre de 2024, tras una segunda intervención de lubricación, la temperatura se redujo en un adicional de aproximadamente 5°C.

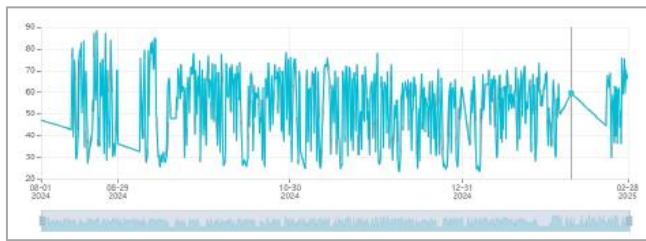


Ilustración 4. Comportamiento de temperatura SM501 antes y después de lubricar

Resultados:

El monitoreo continuo no solo ha permitido verificar la efectividad de las lubricaciones, sino que también ha confirmado que la reducción de temperatura está asociada con una mejora en la eficiencia operativa del servomotor, producto de la disminución de la fricción interna y el aumento en la capacidad de disipación térmica.

Si bien, los servomotores son libres de mantenimiento, el monitoreo de esta condición de temperatura permitió identificar posibles efectos de fallas de los componentes mecánicos del sistema que desplaza, evitando así un daño mayor en las guías lineales con un tiempo de reparación de hasta 4 días.

Estos resultados resaltan la importancia de la estrategia de monitoreo en línea como una herramienta proactiva para la optimización de la operación y rutinas de mantenimiento.

Influencia de factores externos en el comportamiento del equipo

Problema:

Se observa en el centro de monitoreo un cambio en el valor registrado de variables en una de las bombas que transporta químico. Al comparar con otra bomba que cumple con las mismas características técnicas pero que transporta otro material, se evidencia diferencia de torque, vibración y corriente.

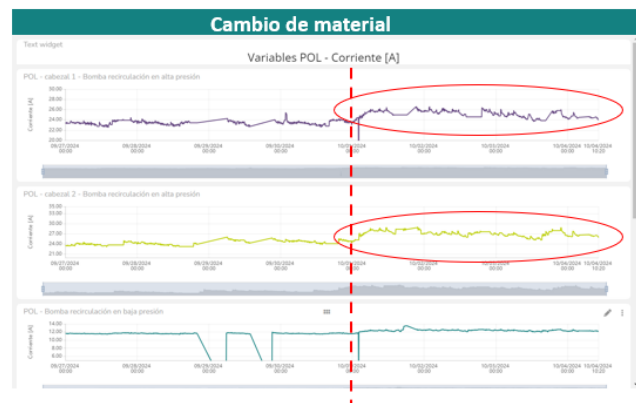


Ilustración 5. Variación bomba de pol.

Método:

Se analizan los valores registrados de las variables de la bomba como son corriente, vibración, torque y el comportamiento o tendencia durante un período de tiempo prolongado, encontrando un incremento en estas variables. Se realiza la orden de trabajo al técnico de mantenimiento para revisar el equipo y sus parámetros de operación. Durante esta revisión se identifica solo una condición diferente relacionada con cambio de material por abastecimiento dual.

Luego se escala al departamento de calidad quien revisa las fichas técnicas del producto para ambos

proveedores, encontrando que cumplen con la especificación.

Se continúa con el monitoreo de este equipo y se evidencia nuevamente que estas variables cambian en función del material. Esto conllevó a que el personal de abastecimiento revisara a profundidad con el proveedor que suministra el material que genera mayor esfuerzo para la bomba y revisar la posibilidad de igualar algunas características de su producto con respecto al otro. Si bien cumple con las especificaciones se evidencia una variación en la viscosidad.

Como parte de esta investigación, se realizó un análisis exploratorio de datos sobre la variable de vibración en ambos motores con la data de los últimos 6 meses.

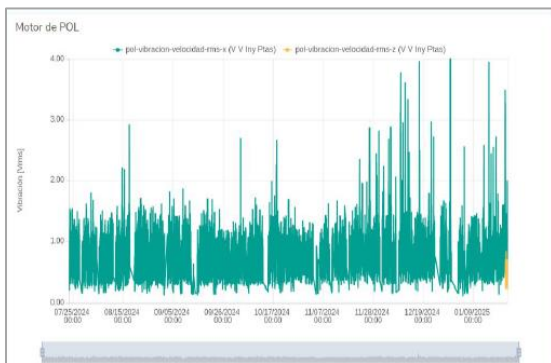


Ilustración 6. Comportamiento vibración motor pol.

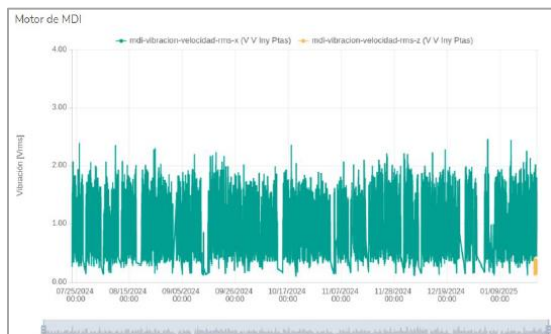


Ilustración 7. Comportamiento vibración motor MDI.

Luego se realiza una correlación de los datos muestreados y la distribución de estos, identificando anomalías mediante algoritmos.

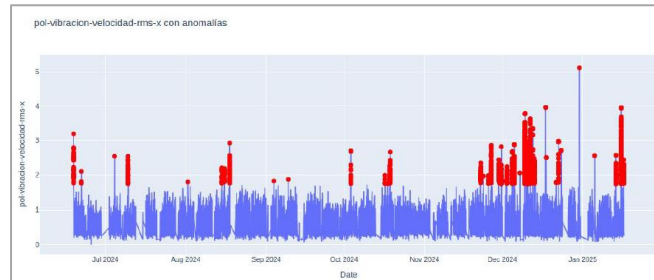


Ilustración 8. Anomalías detectadas motor pol.

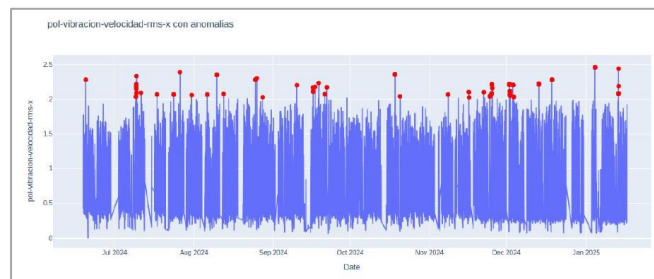


Ilustración 9. Anomalías detectadas motor MDI.

Resultados:

Con el análisis exploratorio se encuentra lo siguiente:

- Se evidencia 30 veces más anomalías en el motor del POL que en el del MDI.
- POL: 2709 anomalías (0.58% de los datos).
- MDI: 89 anomalías (0.02% de los datos).
- Existe un patrón semanal en los datos y esa estacionalidad puede servir como base para un modelo predictivo.

Hasta este punto, se conoce que el cambio de material afecta el funcionamiento del equipo y este es un ejemplo de ese 68% de los modos de falla que no están relacionados con la edad del componente y que se atribuyen a variables externas no gestionables por el personal de mantenimiento. Aun no se ha logrado cuantificar el deterioro acelerado de estos componentes ni el momento al que llegará a la falla potencial.

Este caso continúa en estudio...

Conclusiones y aprendizajes

Es de suma importancia que las áreas de mantenimiento evolucionen hacia un mantenimiento 4.0 que permitirá una gestión proactiva de los activos traducido en mayor competitividad y sostenibilidad.

Por último, quiero manifestar que me siento muy orgullosa al dar a conocer este proyecto de monitoreo en línea “mantenimiento 4.0”, el cual fue desarrollado en su totalidad por el equipo profesional de mantenimiento de Industrias Haceb, fortaleciendo las competencias de nuestros técnicos y generando una ventaja competitiva que nos lleva a estar en la vanguardia de la industria del mantenimiento, corroborando así el propósito superior de nuestra área:

“Nuestra pasión genera valor”.

Bibliografía

[1] <https://support.industry.siemens.com/cs/document/28683106/sinamics-s120-motores-s%C3%ADncronos-1fk7?dti=0&lc=es-ES>

[2] Software VNode Industrias Haceb

[3] <https://editorialcircularojo.com/herramienta-de-confiabilidad-alineada-a-la-gestion-de-activos-iso-55000/>

Yenny Andrea Cañaveral Jaramillo:

Profesional con 20 años de experiencia liderando y potenciando equipos de trabajo en las áreas de producción y mantenimiento. Me destaco por ser una persona visionaria que integra la estrategia con los conocimientos técnicos, lo cual permite el logro de los objetivos propuestos en los procesos que lidero.

Soy tecnóloga mecánica, Ingeniera Industrial, Máster en Administración de Negocios. Estoy certificada en Gestor de Mantenimiento y Confiabilidad.

Actualmente estoy a cargo el proceso de mantenimiento eléctrico y mecánico en Industrias Haceb.