



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



DESARROLLO SISTEMA EXPERTO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE VIBRACIONES MEDIANTE MODELOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

ANDRES LEONARDO DIAZ PALMA – ANDRES ELIAS MENDOZA ZULUAGA

E.mail: andres.leonardo.diaz.palma@gmail.com – andreszulu19@gmail.com

Cali Valle del Cauca – Colombia

Resumen

Mediante este trabajo de ingeniería se logra desarrollar un sistema de recolección inalámbrica de vibraciones mecánicas, se envían las mediciones por medio de tecnología IoT a una página web donde se realiza el proceso de transformada de Fourier y filtrados de la señal para mostrar los espectros de la señal, con esta información depurada se usan modelos de inteligencia artificial para analizar y realizar diagnósticos de las señales revisadas, todo esto se presenta al usuario mediante un dash board montado en una página web donde se muestran los principales indicadores de un programa de medición y análisis de vibraciones.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, IoT, Pagina Web, Fourier, Vibraciones.

Introducción

En la industria, la confiabilidad de los activos físicos se ha convertido en un factor determinante para la competitividad, la seguridad operacional y la sostenibilidad de los procesos productivos. En este contexto, el mantenimiento predictivo basado en el análisis de vibraciones mecánicas se ha consolidado como una de las herramientas más efectivas para la detección temprana de fallos en equipos rotativos, permitiendo reducir paradas no programadas, optimizar costos de mantenimiento y extender la vida útil de los activos.

No obstante, en pequeñas y medianas empresas industriales, la adopción de estas tecnologías continúa siendo limitada. Una de las principales

barreras identificadas es el alto costo de los colectores de vibraciones comerciales y la mano de obra especializada, así como la dificultad de integrar la información generada por estos equipos a sistemas de gestión de activos que faciliten la toma de decisiones a nivel técnico y gerencial. Como consecuencia, muchas organizaciones siguen operando bajo esquemas reactivos o correctivos, aun cuando sus activos son críticos para la continuidad del proceso.

Adicionalmente, la información obtenida en campo suele permanecer fragmentada, sin una correlación directa con indicadores de desempeño, historial de fallos o criticidad del activo, lo que reduce el impacto real del análisis vibratorio dentro de la estrategia global de mantenimiento. Esta desconexión entre el diagnóstico técnico y la gestión de activos limita el aprovechamiento de los datos y dificulta la priorización eficiente de recursos.

Ante este escenario, surge la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas accesibles que permitan democratizar el mantenimiento predictivo, manteniendo un rigor técnico comparable al de los equipos comerciales disponibles en el mercado, pero eliminando la barrera económica que restringe su adopción. Asimismo, estas soluciones deben facilitar la integración de la información a plataformas de gestión de activos que proporcionen una visión global del estado de los equipos, alineada con los principios de la norma ISO 55000.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Marco Teórico

El análisis de vibraciones mecánicas constituye una de las principales técnicas de mantenimiento predictivo para la evaluación del estado de equipos rotativos. A través de la medición de la respuesta vibratoria generada durante la operación, es posible identificar cambios en amplitud y frecuencia asociados a fallos mecánicos incipientes en componentes como rodamientos, engranajes, ejes y acoples.

Las señales de vibración pueden analizarse en el dominio del tiempo y de la frecuencia. El análisis espectral, obtenido mediante la Transformada Rápida de Fourier (FFT), permite identificar frecuencias características asociadas a fenómenos como desbalance, desalineación, holguras mecánicas y defectos en engranajes. La aceleración y la velocidad son las magnitudes más utilizadas, siendo esta última un indicador global ampliamente aceptado para la evaluación de severidad vibratoria. Adicionalmente, la técnica de aceleración envolvente se emplea para la detección temprana de fallos en rodamientos mediante la identificación de impactos periódicos de alta frecuencia.

En sistemas industriales, la transmisión de potencia involucra múltiples componentes mecánicos, tales como motores, reductores y chumaceras, cada uno con firmas vibracionales características. La correcta interpretación de estas firmas requiere no solo mediciones precisas, sino también la correlación de los resultados con las condiciones operativas del equipo.

Para maximizar el impacto del análisis vibratorio, los resultados deben integrarse dentro de un enfoque de gestión de activos. La norma ISO 55000 establece un marco para la administración sistemática de los activos físicos, considerando desempeño, riesgo y costos a lo largo de su ciclo de vida. En este contexto, la información proveniente del monitoreo de condición constituye

una entrada clave para la toma de decisiones técnicas y gerenciales.

El uso de plataformas digitales permite centralizar la información de los activos, visualizar indicadores clave de desempeño y disponer de históricos que facilitan la priorización de intervenciones. Asimismo, la incorporación progresiva de modelos de inteligencia artificial orientados al diagnóstico asistido permite apoyar al analista mediante la identificación de patrones y tendencias, manteniendo siempre la trazabilidad técnica del diagnóstico.

Desarrollo

El desarrollo del colector inteligente de vibraciones y de la plataforma de gestión de activos se llevó a cabo de manera progresiva, siguiendo un enfoque iterativo basado en investigación, pruebas en campo y refinamiento continuo del sistema.

En una primera etapa, se realizó la investigación de los sensores de vibración disponibles, analizando su principio de funcionamiento, rangos de medición y métodos de adquisición de señal. Esta fase permitió comprender las características necesarias para capturar información vibratoria útil para diagnóstico mecánico, así como las limitaciones asociadas a diferentes tecnologías de medición.



Fig. 1 Sensores IEPE usados para adquisición de las medidas de vibración



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Posteriormente, se seleccionó la tarjeta de adquisición que serviría como núcleo del sistema, considerando criterios como resolución, velocidad de muestreo, capacidad de procesamiento y compatibilidad con el procesamiento digital de señales requerido.

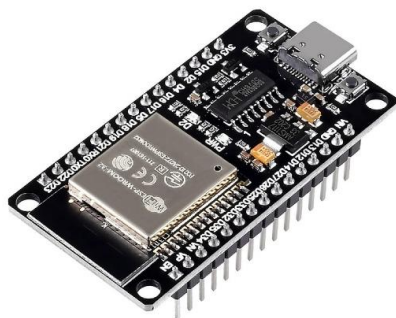


Fig. 2 Placa de desarrollo ESP32

A partir de esta selección, se inició el desarrollo del hardware y del firmware necesario para lograr la adquisición básica de datos vibratorios.

Una vez obtenidas las primeras mediciones, se procedió al desarrollo del software de procesamiento, incluyendo la implementación inicial de algoritmos para el cálculo de indicadores globales y análisis espectral. En paralelo, se adecuó la plataforma web para permitir la comunicación con el prototipo, el almacenamiento de los datos adquiridos y su visualización básica.

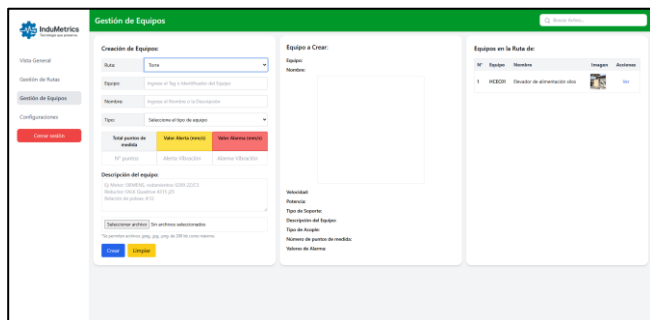


Fig. 3 Plataforma web MBCmanager

Con los resultados de las pruebas iniciales, se identificaron oportunidades de mejora tanto en el hardware como en el software. Esto condujo a una etapa de investigación adicional y refinamiento del sistema, orientada a mejorar la precisión de las mediciones, optimizar el acondicionamiento de señal y ajustar los algoritmos de procesamiento. De manera simultánea, la plataforma web y la base de datos fueron modificadas para adaptarse a los nuevos requerimientos técnicos, mejorar la organización de la información y facilitar la gestión de activos.

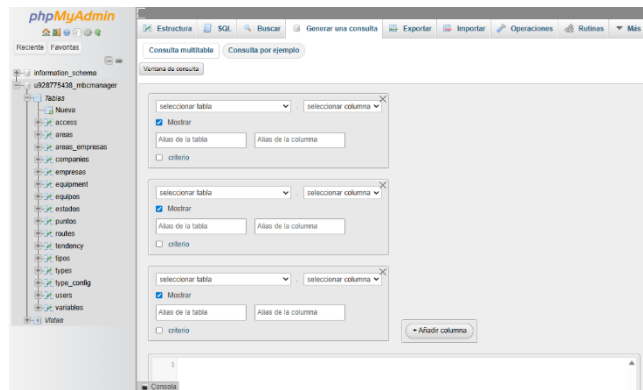


Fig. 4 Uso de base de datos SQL

En la fase actual, el desarrollo se encuentra enfocado en la realización de pruebas en campo y en la puesta a punto de los datos capturados, validando la consistencia de las mediciones y su utilidad para el diagnóstico de fallos mecánicos en equipos reales.

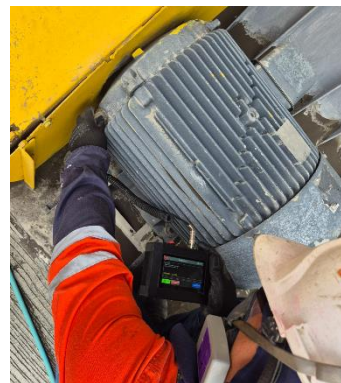


Fig. 5 Pruebas de Campo



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Finalmente, sobre esta base de datos confiable, se continúa con el desarrollo e integración de modelos de diagnóstico asistido por inteligencia artificial, orientados a apoyar el análisis vibratorio y la toma de decisiones dentro del sistema de gestión de activos.

Funcionamiento

El objetivo del sistema es constituirse como una solución accesible y de fácil uso para empresas de distintos tamaños, reduciendo la dependencia de personal altamente especializado para la ejecución de las mediciones en campo. Para su operación, se requiere únicamente personal con capacitación básica en la toma de mediciones y en la configuración de rutas de monitoreo.

Una vez definidas las rutas y ejecutadas las mediciones, el sistema opera de manera mayoritariamente autónoma, encargándose del procesamiento de los datos, su almacenamiento y su análisis. La plataforma proporciona un resumen general del estado de los activos de la empresa, permitiendo identificar equipos en condiciones normales y aquellos que presentan comportamientos anómalos.

Adicionalmente, el sistema genera diagnósticos técnicos confiables sobre los equipos que evidencian desviaciones en su comportamiento vibratorio, facilitando la priorización de intervenciones y la toma de decisiones por parte del personal técnico y de gestión. De esta manera, la operación del sistema puede resumirse en los siguientes puntos:

Ingreso a la plataforma

El acceso a la plataforma se realiza desde cualquier computador o dispositivo móvil con conexión a internet, sin requerir software adicional. El usuario ingresa mediante credenciales personales (usuario

y contraseña), garantizando la identificación y trazabilidad de la información asociada a cada empresa y a sus activos.

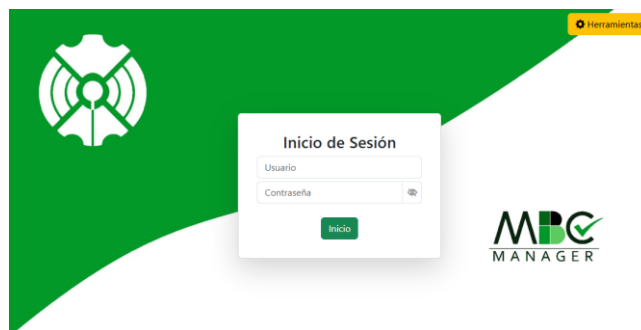


Fig. 6 Página de inicio MBCmanager

Creación de las rutas y equipos

Una vez dentro de la plataforma, el usuario accede al módulo de gestión de activos, donde se realiza la configuración inicial del sistema. En esta etapa se definen las rutas de medición correspondientes a las áreas o procesos donde se encuentran los equipos a monitorear.

Posteriormente, se realiza el registro de los equipos asociados a cada ruta. La interfaz guía al usuario mediante campos estructurados para el ingreso de información técnica relevante del activo, tales como tipo de equipo, características operativas y datos mecánicos básicos. Dado que el sistema incorpora un enfoque de diagnóstico asistido por inteligencia artificial, la calidad y cantidad de información ingresada influye directamente en la precisión de los diagnósticos generados. A mayor nivel de detalle en los datos del equipo, mayor será la confiabilidad de los resultados obtenidos.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Total puntos de medida	Valor Alerta (mm/s)	Valor Alarma (mm/s)
4	4.5	7.1

Fig. 7 Formulario de creación de equipos



Fig. 8 Medición de equipos

Manejo del colector

La interfaz del colector de vibraciones fue diseñada para mantener coherencia con la plataforma web, facilitando su uso y reduciendo la curva de aprendizaje del usuario. El acceso al colector se realiza mediante las credenciales personales de cada usuario (usuario y contraseña), siendo necesaria la conexión a una red Wi-Fi para su funcionamiento y sincronización con la plataforma.

Una vez iniciada la sesión, el usuario accede al menú principal del colector, donde se encuentra disponible la opción de medición por rutas. En esta modalidad, se selecciona la ruta previamente configurada en la plataforma web, y el sistema despliega automáticamente el listado de equipos asociados a dicha ruta.

Al seleccionar un equipo, se muestran los puntos de medición definidos para el mismo, los cuales corresponden a las ubicaciones donde se deben realizar las mediciones de vibración. El usuario puede entonces ejecutar la adquisición de datos en cada punto, siguiendo la secuencia establecida, asegurando la consistencia y trazabilidad de las mediciones realizadas en campo.

Una vez finalizada la medición de los equipos, el colector de vibraciones transfiere automáticamente los archivos de las mediciones al servidor, utilizando la conexión a la plataforma web. Durante este proceso, la información es organizada y almacenada de forma estructurada en la base de datos del sistema.

Posteriormente, los datos adquiridos son procesados de manera automática mediante los algoritmos de análisis implementados, permitiendo obtener en un corto intervalo de tiempo un diagnóstico general del estado de los equipos medidos. Este flujo de trabajo posibilita la disponibilidad casi inmediata de resultados, facilitando la evaluación rápida de condiciones anómalas y la toma de decisiones tanto a nivel técnico como de gestión de activos.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Fig. 8 Información de las mediciones en la plataforma

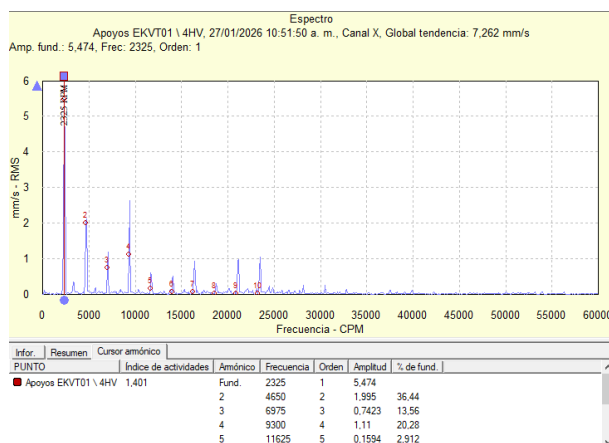


Fig. 9 Espectro en velocidad software @ptitude analyst de SKF

Validación de mediciones

Todo el proceso de medición de equipos y almacenamiento de la información en el servidor carece de valor si los datos obtenidos no representan de manera confiable la condición real de los activos. Por esta razón, fue necesario validar la calidad de las mediciones realizadas con el prototipo desarrollado.

La validación se llevó a cabo utilizando como equipo patrón un colector de vibraciones Microlog GX de SKF, realizando una comparación detallada de las frecuencias características y las amplitudes obtenidas. El análisis incluyó la evaluación de los espectros FFT tanto de velocidad como de aceleración, contrastando los resultados generados por ambos equipos bajo las mismas condiciones de medición.

Los resultados evidenciaron una similitud promedio del 90% entre los picos de frecuencia y los niveles de amplitud obtenidos, lo que permite concluir que el prototipo proporciona mediciones confiables y representativas del estado vibratorio de los equipos evaluados, garantizando así la fiabilidad de la información utilizada para el diagnóstico.

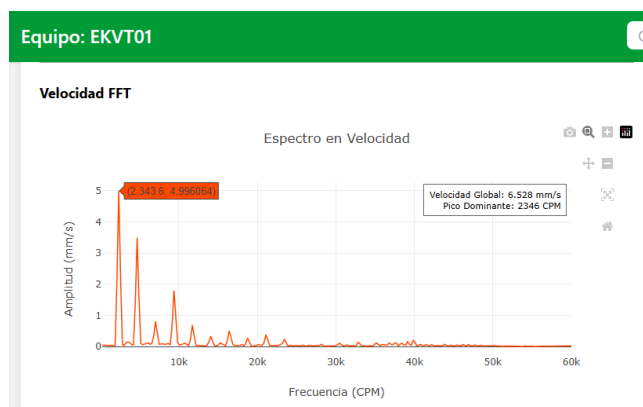


Fig. 10 Espectro en velocidad plataforma MBCmanager

Conclusiones

El mercado actual de los sistemas de monitoreo y análisis de condición se encuentra principalmente orientado a grandes industrias, debido al alto costo de los equipos y plataformas disponibles, el cual se justifica por su confiabilidad, durabilidad y desempeño. Sin embargo, los resultados obtenidos con el prototipo desarrollado demuestran que es posible alcanzar mediciones confiables y realizar diagnósticos iniciales de condición sin requerir, de manera estricta, la intervención permanente de un especialista en análisis de vibraciones, reduciendo



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



significativamente la brecha tecnológica entre grandes empresas y pequeñas y medianas industrias en el ámbito del mantenimiento predictivo.

Adicionalmente, el prototipo cuestiona el paradigma de que los sistemas de monitoreo de condición deben estar asociados a plataformas complejas para la creación de rutas y el análisis de datos. En este caso, el uso de una interfaz intuitiva, junto con un sistema de diagnóstico asistido por inteligencia artificial, permite al técnico configurar rutas de medición de manera ágil y obtener una guía relevante sobre la condición de los equipos, facilitando la interpretación de los resultados y la priorización de acciones de mantenimiento.

Finalmente, este desarrollo evidencia que, mediante el acceso a información técnica, el uso de tecnologías a costos razonables y la incorporación progresiva de herramientas de inteligencia artificial, es posible generar soluciones de alto valor para el mantenimiento industrial, con un impacto significativo y una implementación accesible para los procesos productivos de la industria latinoamericana.

Bibliografía

[1] R. B. Randall, *Vibration-based Condition Monitoring: Industrial, Aerospace and Automotive Applications*, John Wiley & Sons, 2011.

[2] ISO 20816-1, *Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration*, International Organization for Standardization, 2016.

[3] ISO 13373-1, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring*, ISO, 2015.

[4] ISO 55000, *Asset management — Overview, principles and terminology*, International Organization for Standardization, 2014.

[5] B. Li, “Envelope analysis for rolling element bearing fault diagnosis,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 58, no. 12, pp. 5673–5683, 2011.

Andrés Leonardo Díaz Palma Ingeniero Electrónico con más de diez años de experiencia en mantenimiento industrial, monitoreo de condición y análisis de vibraciones mecánicas, incluyendo correcciones mecánicas como alineaciones y balanceos, así como la gestión de programas de lubricación y mantenimiento preventivo. Cuenta con experiencia en el diagnóstico de fallos mecánicos en equipos industriales, aplicando técnicas de análisis de vibraciones y tribología. Posee conocimientos en desarrollo de aplicaciones web (HTML, PHP y JavaScript) y programación backend con bases de datos SQL.

Andrés Elías Mendoza Zuluaga Ingeniero Electrónico, especialista en gerencia de mantenimiento, certificado como analista de vibraciones nivel 2 y con experiencia de 12 años como ingeniero PDM e ingeniero de Confiabilidad, certificado bootcamp como desarrollador de aplicaciones móviles con el framework flutter.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Información de contacto

Andres Leonardo Diaz Palma

Celular: 3175031612

Dirección: Carrera 4 # 9-11

Vijes / Valle del Cauca - Colombia

Email: andres.leonardo.diaz.palma@gmail.com.

Andres Elías Mendoza Zuluaga

Celular: 3104157813.

Dirección: Carrera 83ª1#37-55

Cali / Valle del Cauca

Email: andreszulu19@gmail.co
