**Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría**

**Facultad de Ingeniería Informática**



**Desarrollo de tecnología de monitoreo y diagnóstico industrial.**

***Informe de las prácticas profesionales 1***

**Autor: César Fernández García**

**Tutor: Dr. C. Juan C. Sepúlveda Peña**

**Tutor: Ing. Juan Alejandro Baster Jiménez**

**La Habana, Julio 2023**

**Resumen**

Es lo último que se escribe, máximo debe tener 250 palabras, debe incluir problemática, objetivo, resultados y valor de los resultados.

**Palabras claves:**

**Abstract**

Resumen en inglés, máximo debe tener 250 palabras, debe incluir problemática, objetivo, resultados y valor de los resultados.

**Keywords:**

**Anexo A. Plan individual de tareas del estudiante**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tareas** | **Fecha de entrega** | **Rol(es) que desarrolla(n) con la tarea** |
| Reunión de inicio de la práctica | 12/6/2023 | - |
| Asimilación de la plataforma RAD Studio Versión 11.3 | 20/6/2023 | PG |
| Asimilación de la teoría sobre análisis por vibraciones y concepto de la (Transformada rápida de Fourier) FFT. Análisis en el dominio del tiempo y de la frecuencia. | 20/6/2023 | AS |
| Análisis y diseño de una plataforma escalable de captura y procesamiento de datos. | 23/6/2023 | AR |
| Programar una aplicación Multiplataforma (Windows, Linux, Android) que sea capaz de seleccionar el *driver* de captura de datos (.dll en Windows, .so en Linux y Android) y usarla para capturar datos, mostrar dichos datos gráficamente en el dominio del tiempo y de la frecuencia (usando la (Transformada rápida de Fourier) FFT) y almacenarlos en una base de datos para futuro post-procesamientos. | 30/6/23 | PG |
| Entrega primera versión del software para revisión | 30/6/23 |  |
| Entrega versión final del software | 15/7/23 |  |
| Elaborar informe de la práctica | 5/7/23 | EE |
| Entregar informe de la práctica al tutor | 5/7/23 | EE |
| Rectificar señalamientos del informe | 10/7/23 | EE |
| Entrega del informe final de la práctica | 17/7/23 | EE |
| Defensa de la práctica | 19-21/7/23 | Todos |

**Índice**

[Introducción 1](#_Toc139492959)

[Capítulo 1: Fundamentación teórica 4](#_Toc139492960)

[Capítulo 2: Solución propuesta 7](#_Toc139492961)

[Capítulo 3: Validación de la solución 8](#_Toc139492962)

[Conclusiones 9](#_Toc139492963)

[Recomendaciones 10](#_Toc139492964)

[Referencias bibliográficas 11](#_Toc139492965)

# Introducción

Los ejes rotatorios se utilizan desde la antigüedad, siendo utilizado para una variedad de aplicaciones, como molinos, ruedas hidráulicas y poleas. Los egipcios, griegos y romanos utilizaban ejes para la transmisión de energía en la construcción de sus edificios y maquinaria. Durante la Revolución Industrial del siglo XVIII, los ejes giratorios se convirtieron en una parte vital de la maquinaria y los motores, y se utilizaron en aplicaciones como la producción de textiles y la fabricación de trenes. Desde entonces, los ejes giratorios se han utilizado en una amplia variedad de aplicaciones industriales y se han convertido en un elemento indispensable en la producción de energía mecánica y eléctrica para muchas industrias y sectores de la economía.

Desde entonces, en la actualidad han surgido máquinas que utilizan estos componentes rotatorios que generan vibraciones, tales como; compresores de alta velocidad, turbinas de vapor y gas, generadores, bombas, etc. Aunque por lo general son resistentes y bien diseñados, los ejes en operación son muchas veces vulnerables a defectos que se desarrollan sin haberlo visto venir. Dada la problemática de no poder detectar de forma prematura estas vibraciones (imperceptibles o no) tan peligrosas, en los equipos ocurren averías o roturas, ejemplo de estas son desalineamiento, desequilibrio, desgaste, y, por transitividad el paro de la producción. [1] [2]

Esta problemática se ha intentado solucionar en el país de una manera a veces inadecuada, ya que estas soluciones no toman en cuenta las restricciones internacionales que presenta el país debido al embargo económico, por ejemplo: falta de presupuesto, falta de piezas de repuesto, la compra de piezas y máquinas a terceros países por un precio mayor, demora en la obtención de estos elementos y complementos. [3]

Teniendo en cuenta lo anterior descrito se puede identificar como problema:

¿Cómo desarrollar un software para el monitoreo y diagnóstico en tiempo real de máquinas rotatorias industriales?

El objeto de estudio está enmarcado en los diferentes aplicaciones existentes que establezcan el monitoreo sobre máquinas generadoras de vibraciones, así como la seguridad y almacenamiento de los datos procesados de señales y del software en sí, y que permitan un análisis de tendencia de los datos procesados, teniendo como campo de acción las aplicaciones de escritorio y móviles que permitan, el procesamiento de señales generadas por máquinas industriales.

Como objetivo general se plantea desarrollarun software multiplataforma para el monitoreo y diagnóstico industrial.

A partir de lo previamente mencionado se trazaron los siguientes objetivos específicos:

1. Investigar sobre otras aplicaciones que realicen el monitoreo y diagnóstico de procesos industriales.
2. Diseñar un software multiplataforma para el monitoreo de las vibraciones en máquinas rotatorias que realizan algún proceso industrial.
3. Implementar funcionalidad que permita la visualización de los resultados de las señales en tiempo real del equipo transmisor de la señal mediante sensores.
4. Implementar funcionalidad para almacenar en una base de datos las señales y los resultados provenientes de procesar cada señal.
5. Implementar mecanismos de seguridad que aseguren que el software no sea utilizado por personal no autorizado.
6. Validar la solución propuesta.

Para el cumplimiento de dichos objetivos se definieron las siguientes tareas:

1. Investigar y analizar sobre aplicaciones que permitan el monitoreo, visualización de señales, almacenamiento de su procesamiento y análisis de tendencia de esos procesamientos.
2. Asimilar la teoría sobre análisis por vibraciones y concepto de la (Transformada rápida de Fourier) FFT.
3. Asimilar el lenguaje de programación Pascal, así como de la plataforma RAD Studio Versión 11.3 y el sistema gestor de bases de datos SQLite.
4. Analizar y diseñar una plataforma escalable de captura y procesamiento de datos.
5. Programar una aplicación multiplataforma que sea capaz de seleccionar el *driver* de captura de datos y usarla para capturar datos, mostrar dichos datos gráficamente en el dominio del tiempo y de la frecuencia, y almacenarlos en una base de datos para futuro post-procesamientos.
6. Realizar pruebas de software de caja blanca y caja negra, así como pruebas de unidad, integración, aceptación, usabilidad, seguridad y rendimiento.

**Valor práctico**

El valor práctico de este trabajo reside en el desarrollo de una aplicación multiplataforma que permita al usuario el monitoreo y almacenamiento del procesamiento de señales proveniente de máquinas industriales de cualquier tipo que produzcan vibraciones, permitiendo así, un diagnóstico de mayor calidad por parte del usuario de las maquinarias involucradas.

# Capítulo 1: Fundamentación teórica

En este capítulo se exponen los principios teóricos esenciales para comprender adecuadamente el trabajo llevado a cabo. Se abordan temas referentes al estado del arte de aplicaciones que permiten el monitoreo de máquinas industriales, análisis de señales de máquinas rotatorias, sistemas de monitoreo de señales provenientes vibraciones y su análisis espectral mediante La Transformada Rápida de Fourier (FFT), y también se aborda el mantenimiento predictivo. Finalmente, se hace un estudio y posterior selección de las tecnologías utilizadas para la confección de la propuesta.

* 1. **Estado del arte**

Existen varias aplicaciones que permiten el monitoreo de señales provenientes de máquinas industriales y que también permiten el análisis espectral de las señales. Algunos ejemplos incluyen **DynaPredict** [4], **BK Connect** [5] y **PRTG** [6]. Estos software ofrecen soluciones para el monitoreo del estado de las máquinas y los componentes, y pueden ser utilizados para el mantenimiento predictivo.

Acerca de DynaPredict:

DynaPredict es una solución de monitoreo de la condición de las máquinas desarrollada por Dynamox. Esta solución se basa en el uso de un DynaLogger, un data logger Bluetooth con sensores de vibración y temperatura para supervisar el estado de la máquina y realizar un análisis espectral triaxial. Los parámetros medidos se muestran instantáneamente en el smartphone y su historial de datos se almacena en la plataforma web para su análisis y toma de decisiones. [4]

DynaPredict permite a los usuarios supervisar el estado de sus máquinas en tiempo real y tomar medidas preventivas para evitar fallas y tiempos de inactividad. La recolección de datos del DynaLogger está automatizada por una pasarela, el DynaGateway, desarrollada por Dynamox. Esto permite una supervisión continua y sin interrupciones del estado de las máquinas. [4]

Acerca de BK Connect:

BK Connect es un software de análisis de sonido y vibraciones creado por la compañía Brüel & Kjær. Este software ofrece una amplia variedad de aplicaciones y opciones diseñadas para tareas generales de sonido y vibraciones. Constituye un conjunto de herramientas flexible, capaz de hacer grabaciones con un solo clic o de resolver problemas complejos, que permiten desde gestionar datos hasta elaborar informes. [5]

Las aplicaciones esenciales de BK Connect tienen una estructura modular, orientada a los roles de los distintos usuarios, y forman la base de un sistema flexible de medida de sonido y vibraciones. Cada aplicación puede funcionar como un conjunto de herramientas autónomo o combinarse con otras aplicaciones. Es posible combinar las aplicaciones esenciales y sus opciones con otra funcionalidad avanzada, para crear soluciones optimizadas, a la medida de su flujo de trabajo. [5]

Además, BK Connect ofrece applets diseñados para realizar tareas de ensayo muy específicas. Cada applet individual es un módulo de software autónomo, adaptado a las necesidades del usuario y concebido para realizar una tarea específica. [5]

Acerca de PRTG:

PRTG es un software de monitoreo que incorpora elementos de todas las áreas, para que pueda supervisar la salud, el estado y la condición de máquinas, sistemas de control, dispositivos y más en entornos de TI y OT. Este software es compatible de fábrica con estándares y protocolos industriales comunes como OPC UA, MQTT, Modbus TCP y más. Además, permite el monitoreo de dispositivos Ethernet industriales en su entorno de OT y la visualización de su entorno en paneles que incluyen elementos de TI, OT e IIoT. [6]

PRTG también ofrece la posibilidad de extender la funcionalidad de las soluciones comunes de la industria para proporcionar una funcionalidad ampliada. Proporciona sensores nativos para Modbus TCP y RTU y permite supervisar si los clientes pueden conectarse y suscribirse a su bróker de MQTT y publicar a través de él con el sensor Ida y vuelta MQTT. [6]

# Capítulo 2: Solución propuesta

# Capítulo 3: Validación de la solución

# Conclusiones

# Recomendaciones

# Referencias bibliográficas

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | A. Zambrano-Reyes, V. R. Nossov y J. C. Gómez-Mancilla, «Análisis de la Respuesta Vibratoria de Ejes Fisurados sobre Chumaceras Lubricadas para Control y Atenuación de Vibraciones en Máquinas Rotatorias». |
| [2] | M. H. Mohd Ghazali y W. Rahiman, «Vibration analysis for machine monitoring and diagnosis: a systematic review,» *Shock and Vibration,* vol. 2021, p. 1–25, 2021. |
| [3] | Ministerio de Relaciones Exteriores de Cuba, «Informe de Cuba en virtud de la resolución 75/289 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, titulada “Necesidad de poner fin al bloqueo económico, comercial y financiero impuesto por los Estados Unidos de América contra Cuba”,» Calle Calzada, No. 360, Vedado. Plaza de la Revolución. La Habana, Cuba., 2023. |
| [4] | Dynamox, *Aumente la disponibilidad con Dynamox,* 2023. |
| [5] | Brüel & Kjær, *Software de análisis de señales,* 2023. |
| [6] | PAESSLER, *Supervisión de procesos industriales,* 2023. |