



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO IOT DE
TEMPERATURA Y VIBRACIÓN PARA PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera en Electrónica

AUTORES: AUQUI FAJARDO CARLOS HERNÁN

FAREZ CHASI CRISTHIAN OSWALDO

TUTOR: ING. PEÑARANDA IDROVO VICENTE AVELINO, MGTR

Guayaquil-Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Cristhian Oswaldo Farez Chasi con documento de identificación N° 0943162511 y Carlos Hernán Auqui Fajardo con documento de identificación N° 0925109373, manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 22 de Julio del año 2024

Atentamente,


Cristhian Oswaldo Farez Chasi
0943162511


Carlos Hernán Auqui Fajardo
0925109373

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Cristhian Oswaldo Farez Chasi con documento de identificación No. 0943162511 y Carlos Hernán Auqui Fajardo con documento de identificación N° 0925109373, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo IoT de Temperatura y Vibración para protección de Motores Eléctricos”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Electrónico y Automatización, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 22 de Julio del año 2024

Atentamente,



Cristhian Oswaldo Farez Chasi

0943162511



Carlos Hernán Auqui Fajardo

0925109373

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Peñaranda Idrovo Vicente Avelino con documento de identificación N° 0916113426, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Diseño e implementación de un sistema de monitoreo IoT de Temperatura y Vibración para protección de Motores Eléctricos, realizado por Cristhian Oswaldo Farez Chasi con documento de identificación No. 0943162511 y Carlos Hernán Auqui Fajardo con documento de identificación N° 0925109373, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 22 de julio del año 2024

Atentamente,



Ing. Peñaranda Idrovo Vicente Avelino, Msc.

C.I. 0916113426

DEDICATORIA

A Dios

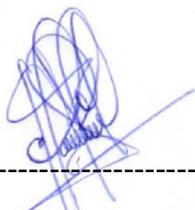
Por haberme dado una segunda oportunidad para estar con mi familia y permitirme llegar a esta primera etapa de mi carrera profesional. Gracias Yahveh, no soy nada sin ti, mi Dios.

A mi familia

Mi Madre y mis hermanos, quienes siempre han estado conmigo en los momentos más difíciles de mi vida. Gracias por su amor incondicional.

Mi esposa y mis hijos, los amores de mi vida, la razón por la que he llegado a esta primera etapa de mi carrera.

De una manera muy especial dedico este proyecto de tesis a mi hermano Ronald Alfredo quien ya se encuentra en la presencia de nuestro Dios. Siempre serás eterno en nosotros. Mientras vivamos los que te amamos, jamás morirás.



Carlos Auqui Fajardo.

Primero a Dios por permitirme llegar con salud y vida a esta etapa de mi carrera, a mi madre que con mucho esfuerzo y sacrificio me guio y encamino por buen rumbo, a mi hermano que lo quiero mucho y espero que coseche muchos éxitos, también a todas las amistades que la vida me brindo, sin duda cada persona tuvo mucho que aportar.

A los investigadores para que esta tesis sea de gran ayuda para futuros proyectos.



Cristhian Farez Chasi.

AGRADECIMIENTO

A Dios por su presencia permanente en mi vida, ya que sin él no estuviera en este lugar.

A la Universidad Politécnica Salesiana, por las enseñanzas recibidas en sus aulas.

A sus docentes por la abnegada y esforzada labor de compartir sus conocimientos con nosotros.



Carlos Auqui Fajardo.

Gracias a Dios por la salud y vida, al Ingeniero Renato Guevara que desde el primer semestre fue una buena guía, a la Universidad politécnica salesiana por llenarnos de conocimiento en sus aulas y gracias a mi colega Carlos Auqui por ser mi compañero de tesis.



Cristhian Farez Chasi.

Resumen

El diseño e implementación de un sistema de monitoreo IoT de temperatura y vibración para la protección de motores eléctricos aborda la necesidad crítica de supervisar las condiciones operativas de los motores para prevenir fallos y optimizar su rendimiento.

El sistema se compone de sensores MPB10 SICK que recogen datos de temperatura y vibración en tiempo real, los cuales son cruciales para identificar anomalías y desgaste prematuro en los motores. Estos sensores están integrados con el dispositivo SIMATIC IoT2040 de Siemens que transmite la información recopilada a una plataforma centralizada de análisis y visualización, permitiendo una monitorización continua y remota.

La plataforma utiliza algoritmos para procesar y analizar los datos, generando alertas automáticas cuando los parámetros de operación superan los umbrales predefinidos, lo que permite a los operadores tomar medidas preventivas antes de que ocurran fallos graves. Este sistema no solo mejora la confiabilidad y la eficiencia de los motores eléctricos, sino que también reduce los costos de mantenimiento y prolonga la vida útil de los equipos, al posibilitar un mantenimiento predictivo en lugar de reactivo.

En resumen, el sistema de monitoreo IoT de temperatura y vibración proporciona una solución avanzada y eficiente para la protección y el mantenimiento de motores eléctricos, aprovechando la tecnología IoT para ofrecer una supervisión precisa y en tiempo real.

Palabras claves:

Automatización Industrial, IoT, Node-RED, Mantenimiento Predictivo, Sensores de Temperatura, Sensores de Vibración, Protección de Motores.

Abstract

The design and implementation of an IoT-based temperature and vibration monitoring system for electric motor protection addresses the critical need to supervise motor operating conditions to prevent failures and optimize performance.

This system consists of MPB10 SICK sensors that collect real-time temperature and vibration data, crucial for identifying anomalies and premature wear in motors. These sensors are integrated with the Siemens SIMATIC IoT2040 device, which transmits the collected information to a centralized platform for analysis and visualization, enabling continuous remote monitoring.

The platform uses algorithms to process and analyze data, generating automatic alerts when operation parameters exceed predefined thresholds. This allows operators to take preventive measures before serious failures occur.

This system not only improves the reliability and efficiency of electric motors but also reduces maintenance costs and extends equipment lifespan by enabling predictive maintenance instead of reactive approaches.

In summary, the IoT temperature and vibration monitoring system provides an advanced and efficient solution for electric motor protection and maintenance, leveraging IoT technology to offer precise real-time monitoring.

Keywords:

Industrial Automation, IoT, Node-RED, Predictive Maintenance, Temperature Sensors, Vibration Sensors, Motor Protection.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción	1
II.	Problema	2
III.	Objetivos.....	3
3.1.	Objetivo General.....	3
3.2.	Objetivos Específicos.....	3
IV.	Fundamentos Teóricos	3
4.1.	Internet de las Cosas (IoT)	3
4.2.	Sensores de Temperatura y Vibración.....	4
4.2.1.	Sensor de Temperatura.....	4
4.2.2.	Sensor de vibración.....	4
4.2.3.	MPB10	5
4.3.	Arquitectura de un Sistema IoT	6
4.4.	Simatic 2040 de Siemens	7
4.5.	Node-Red	8
V.	Marco Metodológico	9
5.1.	Descripción del prototipo	9
5.2.	Diagrama estructural de proyecto	10
5.3.	Configuración del Gateway (Puerto de enlace) SIG200-0A0512200.....	11
5.4.	Inicialización del Gateway	11
5.5.	Configuración de entradas como IO-Link.....	13
5.6.	Direccionamiento del Gateway en la IP 192.168.0.1	13
5.7.	Carga de archivos IODD	14
5.8.	Comunicación Gateway SIG200 y S7-1200.....	16
5.9.	Configuración hardware SIG200 para Sensores de Vibración	16
5.10.	Tabla de datos iniciales obtenidos en el arranque del módulo. En formato hexadecimal de 4 bytes.....	17
5.11.	Lectura forzada de valores en formato coma flotante	18
5.12.	Datos del sensor de vibración y Temperatura.	19

5.13.	Instalación de imágenes para IoT	20
5.14.	Configuración IoT con Google	21
5.15.	Ingreso a Node red desde IOT2040.....	22
5.16.	Control HMI Delta con PLC s7-1200	23
5.17.	Histórico de comportamiento de vibración, corriente y temperatura de cada estación mecánica.	24
VI.	Resultados.....	25
6.1.	Análisis de nuestra Planta (Motor)	26
VII.	Cronograma.....	29
VIII.	Presupuesto.....	30
IX.	Conclusiones	31
X.	Recomendaciones.....	32
XI.	Referencias Bibliográficas	33
XII.	Anexos	34
12.1.	Programación en TIA PORTAL V16.....	34
12.2.	Obtención de datos de cada dispositivo de campo	35
12.3.	Algoritmo de Node Red para lectura y escritura de variables	35
12.4.	Creación de dashboard.....	36
12.5.	Pantalla de respuesta de Motor 1.....	36
12.6.	Pantalla de respuesta de Motor 2.....	37
12.7.	Programación del HMI Delta	37
12.8.	Programación del HMI Delta y declaración de variables.....	38

ÍNDICE DE IMAGEN

Figura 1 Sensor SICK integrado al motor (SICK AG,2022).....	Error! Bookmark not defined.
Figura 2 SIMATIC IoT2040 (Siemens AG,2024)	Error! Bookmark not defined.
Figura 3 Prototipo del sistema	Error! Bookmark not defined.
Figura 4 Diagrama estructural de proyecto	Error! Bookmark not defined.
Figura 5 Configuración del Gateway.	11
Figura 6 Inicialización del Gateway	12
Figura 7 Modificación de Parámetros	12
Figura 8 Configuración de puertos IO-Link	13
Figura 9 Direccionamiento del Gateway en la IP 192.168.0.1	14
Figura 10 Carga de archivos IODD	15
Figura 11 Archivos IODD Cargando	15
Figura 12 Comunicación Gateway SIG200 y S7-1200.....	16
Figura 13 Configuración hardware SIG200 para Sensores de Vibración	17
Figura 14 Tabla de datos iniciales obtenidos en el arranque del módulo en formato hexadecimal de 4 bytes.....	18
Figura 15 Lectura de valores en formato coma flotante.....	19
Figura 16 Datos del sensor de vibración y Temperatura.....	19
Figura 17 Instalación de imágenes para IoT.....	20
Figura 18 Configuración IoT con Google	21
Figura 19 Instalación paquetes de NDe-Red en IOT2040	22
Figura 20 Ingreso a node red desde IOT2040	23
Figura 21 Control HMI Delta con PLC s7-1200	23
Figura 22 Dirección IP del HMI para conexión con PLC	24
Figura 23 Histórico de comportamiento de vibración, corriente y temperatura de cada estación mecánica	25
Figura 24 Diseño del sistema.....	25
Figura 25 Motor sin carga acoplada al eje.....	27
Figura 26 Motor con carga acoplada al eje.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de velocidad de vibracion en funcion de frecuencia de entrada	27
Tabla 2 Valores de velocidad de vibracion en funcion de frecuencia de entrada tomando en cuenta el motor con carga acoplada al eje	29
Tabla 3 Cronograma de actividades para la implementación del proyecto de titulación	29
Tabla 4 Presupuesto para proyecto de titulación	30

I. Introducción

En la industria moderna, la protección y el mantenimiento eficiente de los motores eléctricos son aspectos fundamentales para garantizar la continuidad y la eficiencia operativa. La ocurrencia de fallos imprevistos en los motores puede resultar en interrupciones significativas y costosas en la producción, además de requerir reparaciones extensivas. Para abordar estos desafíos, los sistemas de monitoreo basados en Internet de las Cosas (IoT) han emergido como soluciones innovadoras, ofreciendo capacidades avanzadas para la supervisión en tiempo real y el análisis predictivo de condiciones operativas críticas.

Esta investigación se centra en el diseño e implementación de un sistema de monitoreo IoT para la protección de motores eléctricos, enfocándose específicamente en la medición de temperatura y vibración. Estos dos parámetros son cruciales para la detección temprana de anomalías, lo que permite realizar intervenciones preventivas antes de que se produzcan fallos graves.

El sistema propuesto integra un sensor de temperatura y vibración de la marca Sick, reconocido por su precisión y fiabilidad, junto con un gateway de la misma marca para asegurar una comunicación eficiente de los datos. El núcleo del sistema IoT está compuesto por el Siemens Simatic 2040, un dispositivo robusto y versátil, complementado con la plataforma Node-RED, que facilita la creación de flujos de datos y la visualización en tiempo real.

En este proyecto de titulación, se muestra el proceso del diseño y desarrollo del sistema, cubriendo desde la selección de componentes hasta la implementación del software necesario para la recopilación, transmisión y análisis de datos. Se incluye la prueba experimental que demuestra

la eficacia del sistema en la identificación de condiciones anómalas y la optimización de las estrategias de mantenimiento predictivo.

La implementación de este sistema no solo optimiza la protección de los motores eléctricos, sino que también representa un avance significativo hacia la Industria 4.0, donde la conectividad y la automatización son esenciales para mejorar la productividad y reducir los costos operativos.

II. Problema

En la industria moderna, los motores eléctricos son componentes críticos en una amplia variedad de aplicaciones, desde la manufactura hasta la automatización y el transporte. Sin embargo, estos motores están sujetos a condiciones de operación adversas que pueden provocar fallos prematuros. Dos de las principales variables que influyen en la salud y el desempeño de los motores eléctricos son la temperatura y la vibración.

Un aumento excesivo de temperatura indica problemas de sobrecarga, mala ventilación, o fallos en el sistema de enfriamiento. Por otro lado, niveles anormales de vibración son síntomas de desalineación, desbalanceo, defectos en rodamientos, o desgaste mecánico. La falta de monitoreo continuo y preciso de estos parámetros llevarán a paradas no planificadas, costosos tiempos de inactividad y reparaciones imprevistas, afectando negativamente la productividad y la eficiencia operativa.

El avance de la tecnología IoT (Internet de las Cosas) ofrece una solución prometedora para el monitoreo en tiempo real de estas variables críticas. Mediante el uso de sensores especializados, puertos de enlace y plataformas de procesamiento y visualización de datos, es posible diseñar un sistema de monitoreo IoT que permita la detección temprana de condiciones anómalas y la implementación de medidas preventivas.

III. Objetivos

3.1.Objetivo General

- Implementar una red industrial de sensores para monitorear el funcionamiento de motores eléctricos y disminuir los mantenimientos correctivos.

3.2.Objetivos Específicos

- Diseñar un prototipo de red industrial de sensores para medir vibración y temperatura en motores eléctricos
- Determinar el estado operativo de los motores para prevenir daños futuros, en sus rodamientos y bobinado.
- Evaluar el funcionamiento del sistema y mostrar los resultados utilizando un dashboard en la nube.

IV. Fundamentos Teóricos

4.1.Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la capacidad de objetos comunes para conectarse y compartir datos a través de internet, sin requerir intervención humana directa. Este concepto ha evolucionado gracias a la integración de tecnologías como la computación ubicua y la comunicación máquina a máquina, junto con avances en sensores y redes (Barrio Andrés, 2020).

En cuanto a su evolución, el IoT tiene sus orígenes en la combinación de tecnologías como la identificación por radiofrecuencia y el desarrollo de dispositivos cada vez más autónomos.

Desde entonces, ha avanzado significativamente en capacidades de procesamiento local de datos y toma de decisiones automatizadas (Barrio Andrés, 2020).

Las aplicaciones del IoT son diversas y abarcan sectores como la industria, donde se utiliza para mejorar procesos y prever mantenimientos. En entornos urbanos, contribuye a la gestión eficiente de recursos en ciudades inteligentes, incluyendo la gestión de tráfico y la eficiencia energética en la iluminación pública. En el ámbito de la salud, facilita la telemedicina y el monitoreo remoto de pacientes, y en el hogar, se emplea para la automatización de dispositivos y la gestión de la energía, en la agricultura, el IoT permite monitorear de manera precisa cultivos y ganado, mientras que, en el transporte, se utiliza para la gestión de flotas y el desarrollo de vehículos autónomos. Estas aplicaciones resaltan el potencial transformador del IoT en la economía global y su papel crucial en la mejora de la eficiencia y la calidad de vida en múltiples sectores (Barrio Andrés, 2020).

4.2.Sensores de Temperatura y Vibración

4.2.1. Sensor de Temperatura

Los sensores de temperatura son instrumentos que determinan la cantidad de calor o frío presente en un objeto o ambiente (Morris, 2001).

4.2.2. Sensor de vibración

Los sensores de vibración son cruciales para la supervisión de condiciones y el análisis de equipos y estructuras. Facilitan la identificación de desequilibrios, desalineaciones y fallos en los componentes, lo que permite intervenir antes de que se produzcan daños significativos (Morris, 2001).

4.2.3. MPB10

El sensor MPB10 de SICK es ideal para monitorear vibraciones y temperatura en motores eléctricos y equipos industriales, permitiendo una detección temprana de problemas mecánicos y térmicos. Este dispositivo mide la aceleración en tres ejes con un rango de 0 a 25 g y ofrece sensibilidad ajustable. Además, monitoriza temperaturas de -40°C a +125°C con alta precisión. Compatible con diversos sistemas de control y monitoreo, puede integrarse con puertos de enlace y plataformas IoT para análisis en tiempo real. Su uso se extiende a motores, bombas, ventiladores y compresores, proporcionando beneficios como la reducción de tiempos de inactividad imprevistos, prolongación de la vida útil de los equipos y optimización del mantenimiento predictivo. Combinando este sensor con un puerto de enlace de SICK y una plataforma como Node-RED en un Simatic 2040 de Siemens, se obtiene un sistema eficaz para la supervisión y análisis del estado de equipos críticos, en la figura 1 se puede visualizar el sensor integrado al motor (SICK AG, 2022).

Figura 1

Sensor de vibración y temperatura



Nota: sensor marca SICK integrado al motor (SICK AG, 2022)

4.3.Arquitectura de un Sistema IoT

La primera capa, conocida como la Capa de Dispositivos, incluye todos los sensores y dispositivos encargados de recopilar datos del entorno. Estos sensores, que pueden medir parámetros como temperatura, humedad y vibración, son responsables de la adquisición inicial de datos y se comunican a través de varios protocolos de red, como ZigBee, Bluetooth y Wi-Fi (Jiménez García, Pueto Manchón, & Payá Castelló, 2017).

La segunda capa es la Capa de Red, que maneja la transmisión de datos desde los dispositivos hacia los sistemas backend (Parte lógica de un sitio). Esta capa abarca la infraestructura de red necesaria, incluyendo routers, puertos de enlace y redes celulares que permiten la comunicación tanto a nivel local como a nivel más amplio (Jiménez García, Pueto Manchón, & Payá Castelló, 2017).

La tercera capa es la Capa de Gestión de Datos, centrada en el almacenamiento, procesamiento y análisis de los datos recibidos. En esta capa se utilizan bases de datos y sistemas de procesamiento en tiempo real, además de soluciones de big data para manejar grandes volúmenes de información, filtrando y almacenando los datos para su posterior análisis (Jiménez García, Pueto Manchón, & Payá Castelló, 2017).

La cuarta capa, llamada Capa de Aplicación, es donde se desarrollan las aplicaciones que utilizan los datos procesados para ofrecer servicios a los usuarios finales. Esto incluye aplicaciones de monitoreo, sistemas de control automatizado, paneles de visualización de datos y aplicaciones móviles, todas personalizadas según las necesidades específicas de los usuarios o industrias (Jiménez García, Pueto Manchón, & Payá Castelló, 2017).

La seguridad se aborda en la Capa de Seguridad, que es fundamental en cualquier sistema IoT. Esta capa abarca todos los aspectos relacionados con la protección de datos y dispositivos, incluyendo la autenticación y autorización de dispositivos, cifrado de datos y políticas de seguridad para defenderse de amenazas y ataques cibernéticos (Jiménez García, Pueto Manchón, & Payá Castelló, 2017).

Finalmente, la Capa de Servicios proporciona funcionalidades adicionales que mejoran las capacidades del sistema IoT, como servicios de integración, gestión de dispositivos y soporte para la interoperabilidad entre diferentes sistemas y plataformas (Jiménez García, Pueto Manchón, & Payá Castelló, 2017).

4.4.Simatic 2040 de Siemens

El Simatic IOT2040 de Siemens es un dispositivo diseñado especialmente para aplicaciones industriales de Internet de las Cosas (IoT). Este Gateway (Puerto de enlace) compacto y resistente facilita la recolección, procesamiento y transmisión de datos desde una variedad de sensores y dispositivos hacia sistemas de comunicación entre usuarios. Con un procesador Intel Quark x1020 y múltiples opciones de conectividad como Ethernet y USB, el IOT2040 permite una integración flexible en entornos de automatización industrial. Su compatibilidad con plataformas de desarrollo como Node-RED y capacidades de programación en lenguajes como C++ y JavaScript lo convierten en una solución versátil para proyectos de monitoreo y control en tiempo real, en la figura 2 se puede visualizar el IoT (Siemens AG, 2024).

Figura 2

Pasarela Gateway para manejo de información en la nube.



Nota: Gateway marca Siemens AG, 2024.

4.5. Node-RED .

Node-RED es una plataforma de desarrollo visual que facilita la creación de flujos de trabajo para conectar dispositivos de hardware y servicios en línea. Inicialmente desarrollada por IBM (International Business Machines Corporation) para simplificar la programación en el ámbito del Internet de las Cosas (IoT), Node-RED se ha convertido en una herramienta flexible y potente que permite a los desarrolladores crear aplicaciones de manera intuitiva y accesible (Hagino & O'Leary, 2021).

Node-RED es especialmente útil en proyectos de IoT debido a su capacidad para conectar diversos dispositivos y servicios eficientemente. Sin embargo, sus aplicaciones no se limitan a IoT; también es utilizado en automatización industrial, integración de sistemas, análisis de datos en tiempo real, y desarrollo de aplicaciones web, entre otros (Hagino & O'Leary, 2021).

Node-RED es una herramienta poderosa y adaptable que ha transformado la manera en que los desarrolladores abordan la creación de aplicaciones, especialmente en el ámbito del IoT. Su interfaz gráfica, junto con su capacidad de integración y extensibilidad, lo convierten en una opción

ideal para proyectos que requieren una rápida implementación y gran flexibilidad (Hagino & O'Leary, 2021).

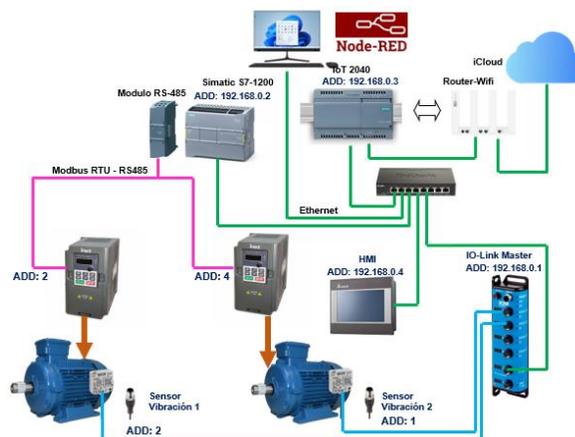
V. Marco Metodológico

5.1.Descripción del prototipo

El proyecto se centra en el monitoreo de la temperatura y el nivel de vibraciones en dos motores eléctricos a través de sensores SICK, como se muestra en la figura 3. Este enfoque permite identificar de manera anticipada posibles fallos durante el funcionamiento de los motores. Los datos recolectados por los sensores serán procesados y analizados en un PLC S7 1200 antes de ser enviados a la nube. Se emplea tecnología IoT para capturar estos datos en tiempo real, proporcionando información sobre la temperatura y vibraciones que afectan a los motores. Además, se muestra un panel de control (dashboard) que permite al usuario visualizar en tiempo real la evolución de estos parámetros a lo largo del tiempo.

Figura 3

Topología de red



Nota: Red integrada con elementos de varias marcas

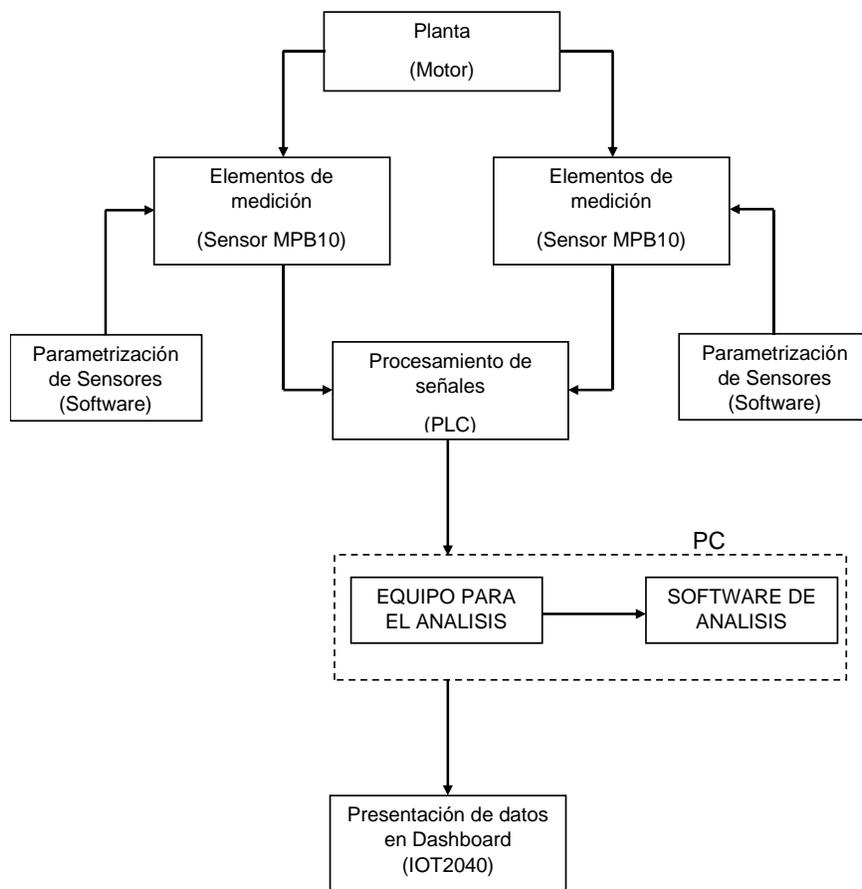
Se optó por un diseño que permite desarrollar un prototipo de sistema de monitoreo basado en IoT. Este sistema se integra con sensores especializados para medir la temperatura y la vibración en motores eléctricos. El prototipo se prueba en condiciones reales con el objetivo de verificar su eficacia en la protección y el mantenimiento predictivo de dichos motores.

5.2. Diagrama estructural de proyecto

En la figura 4 se presenta un diagrama para facilitar la visualización de cómo se relacionan entre sí los elementos del prototipo.

Figura 4

Diagrama estructural de proyecto



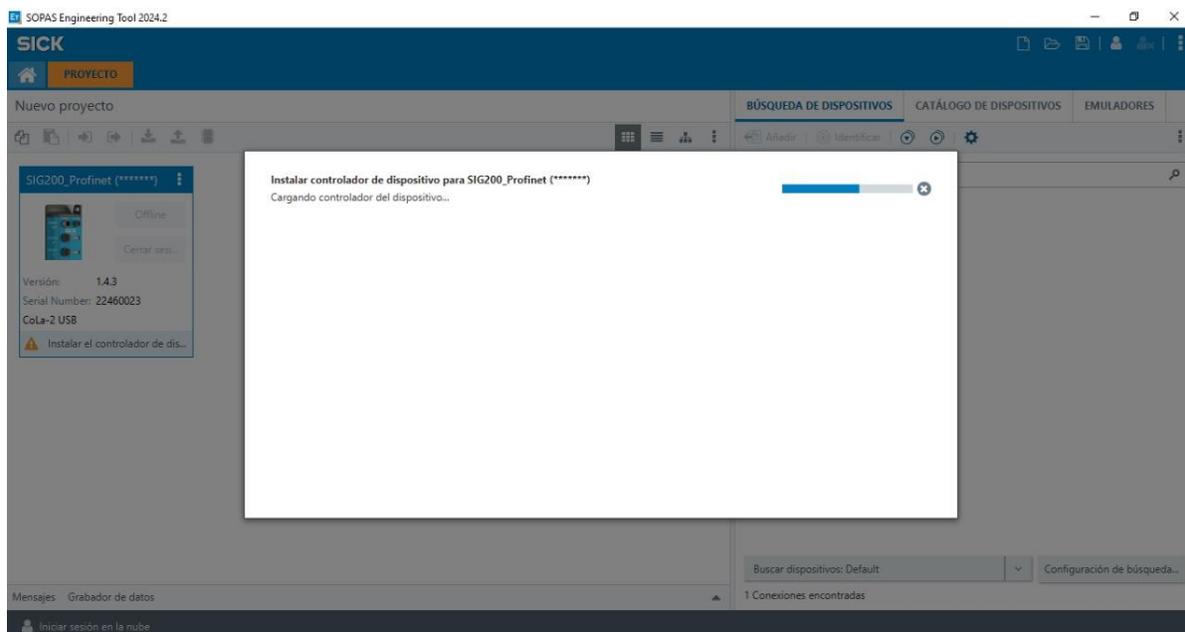
Nota: Esta figura muestra el detalle de cómo se desarrolla el manejo y entrega de información.

5.3. Configuración del Gateway (Puerto de enlace) SIG200-0A0512200

El SIG200-0A0512200 es un puerto de enlace IO-Link de la marca Sick, creado para simplificar la integración de sensores y actuadores IO-Link en entornos industriales. Este dispositivo es la solución eficaz para la recopilación de datos en aplicaciones de IoT, como la que se está implementando. A continuación, en la figura 4, se detalla la configuración básica de este equipo:

Figura 5

Configuración del Gateway.



Nota: Esta figura se muestra la instalación del controlador para el módulo SIG200

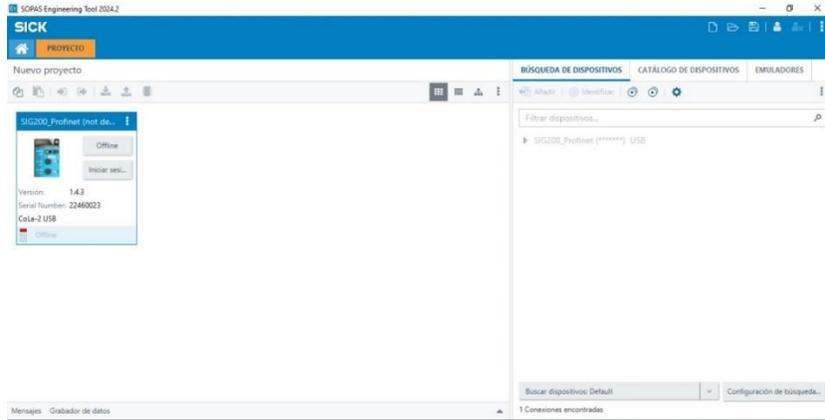
5.4. Inicialización del Gateway

Para acceder a la interfaz web del Gateway SIG200 y configurar la red, primero se debe asegurar que el dispositivo tenga una dirección IP. Por defecto, el SIG200 utiliza DHCP para obtenerla, pero si no hay un servidor DHCP disponible, es necesario asignar una IP estática desde las opciones de red del computador. El dispositivo se enlaza mediante un cable Ethernet utilizando

la IP predeterminada para ajustar la configuración. Una vez conectado, se ingresa la IP del gateway en un navegador web y se accede con las credenciales predeterminadas, como se muestra en la figura 5.

Figura 6

Inicialización del Gateway

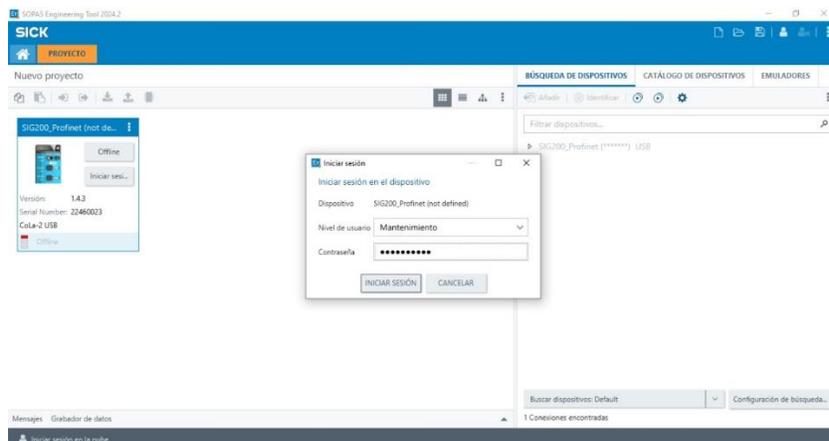


Nota: Esta figura se muestra el driver SIG200 ya instalado en el software SOPASair

Se recomienda cambiar la contraseña para mayor seguridad y configurar la IP definitiva, ya sea estática o mediante DHCP, así como otros parámetros de red esenciales, tal como se muestra en la figura 6.

Figura 7

Modificación de Parámetros



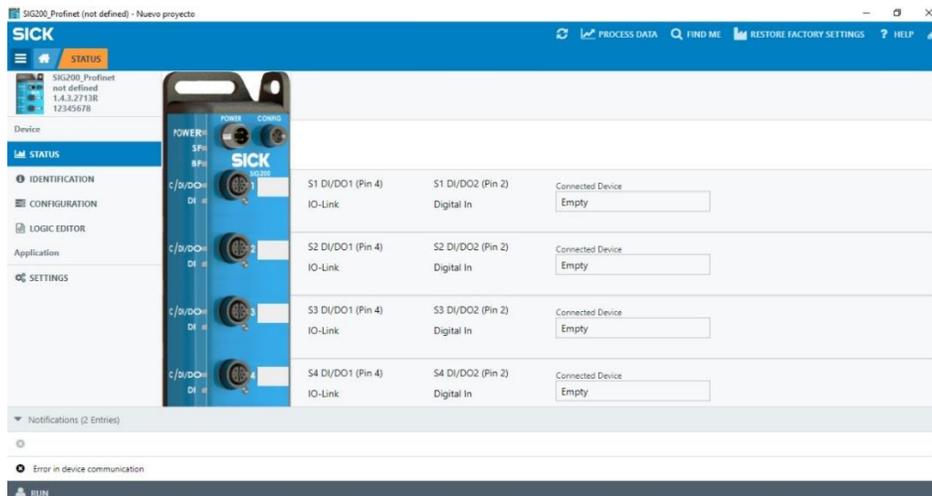
Nota: Esta figura se muestra el cambio de contraseña por defecto del módulo.

5.5. Configuración de entradas como IO-Link

En la configuración de IO-Link, el gateway debería reconocer automáticamente los sensores conectados a sus puertos IO-Link. A través de la interfaz web, se verifica que estos dispositivos se muestren correctamente. Luego, se ajusta cada puerto IO-Link configurando el tipo de sensor conectado, estableciendo parámetros como la frecuencia de muestreo y los valores de umbral, y se asegura de que cada sensor funcione dentro de los rangos deseados, tal como se muestra en la figura 7.

Figura 8

Configuración de puertos IO-Link



Nota: Esta figura muestra la configuración de puertos en el módulo SIG200

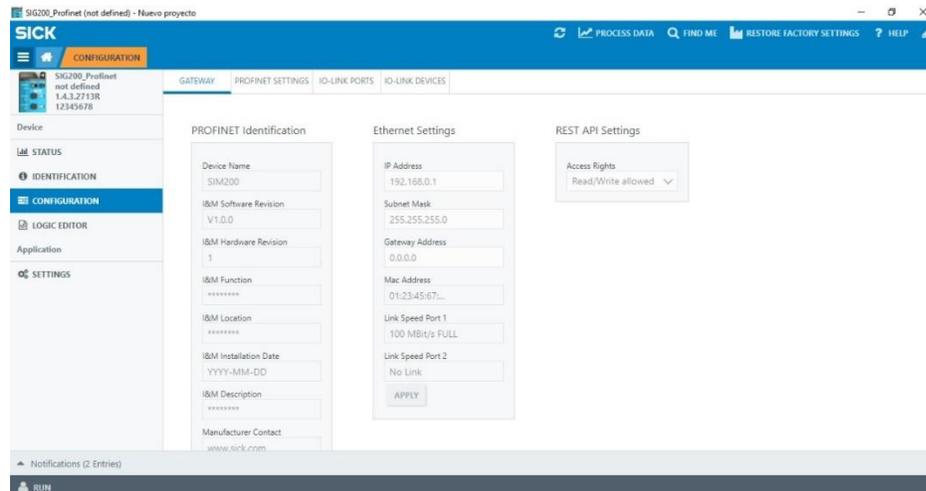
5.6. Direccionamiento del Gateway en la IP 192.168.0.1

El Gateway SIG200-0A0512200 fue configurado con la dirección IP 192.168.0.1, lo que permitió su integración estable en la red local del sistema de monitoreo IoT. En la figura 8 se

muestra la asignación de esta IP, que asegura la disponibilidad del gateway para su administración y monitoreo.

Figura 9

Página para declarar la dirección del módulo SIG200



Nota: Esta figura muestra el direccionamiento del Gateway en la IP 192.168.0.1

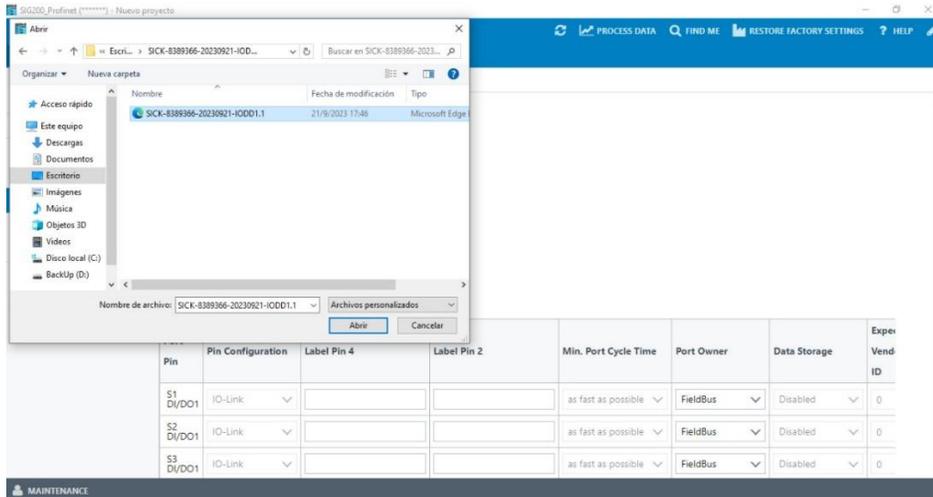
5.7.Carga de archivos IODD

Los archivos IODD (Descripción del Dispositivo IO) son esenciales para la configuración y operación de dispositivos IO-Link en sistemas de monitoreo IoT. Estos archivos proporcionan información detallada sobre las características del dispositivo, incluyendo parámetros de configuración, diagnósticos y capacidades de comunicación, como se muestra en la figura 9. Al cargar los archivos IODD en el Gateway SIG200-0A0512200 de Sick, se permite que el gateway reconozca y configure automáticamente los sensores IO-Link conectados. Con estos archivos, el gateway identifica el tipo de dispositivo y ajusta sus parámetros operativos, tal como se ilustra en

la figura 10. Esto facilita la integración de los dispositivos en la red y asegura una comunicación eficiente y confiable, lo cual es crucial para proteger y monitorear los motores eléctricos.

Figura 10

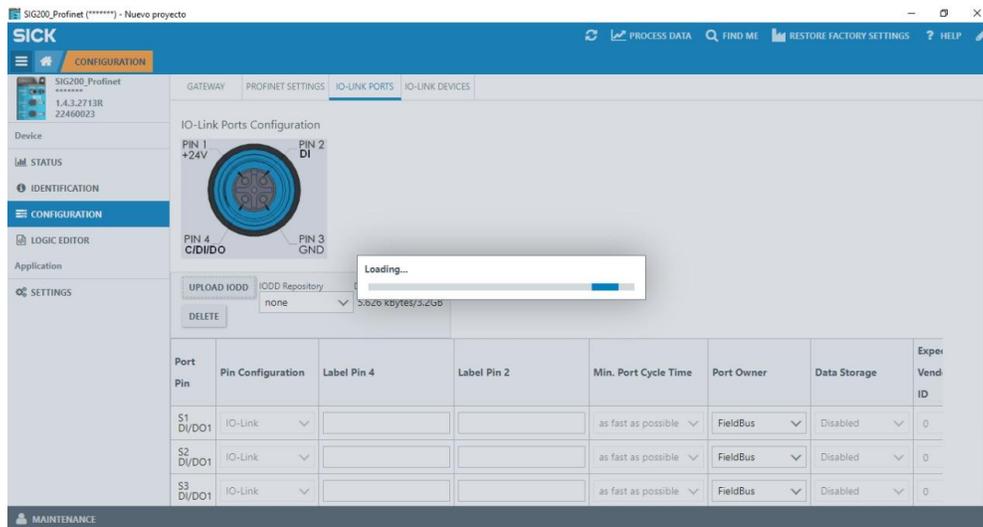
Carga de archivos IODD



Nota: Se procede con el llamado del archivo IODD propiedad de Sick

Figura 11

Archivos IODD Cargando



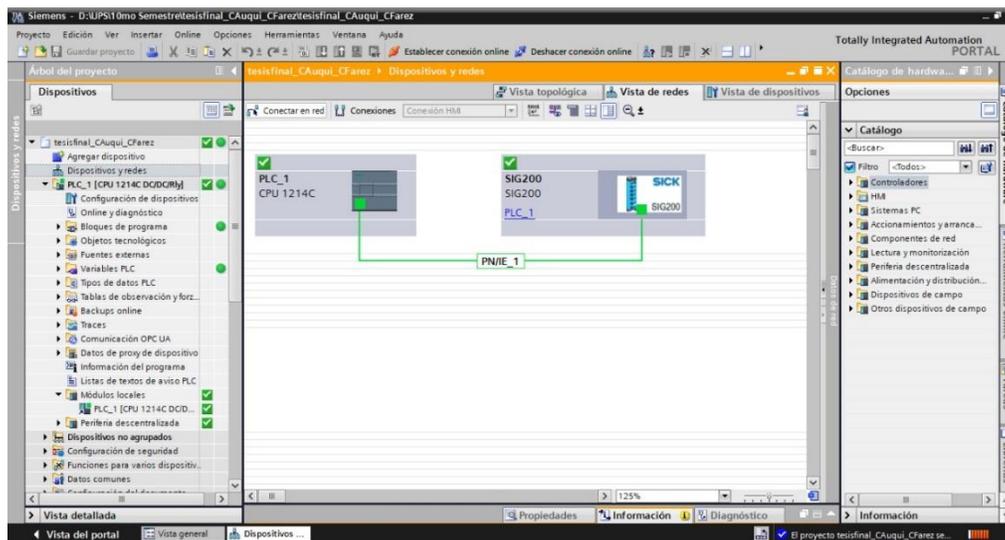
Nota: Se observa el proceso de carga del archivo IODD en el módulo SIG200

5.8. Comunicación Gateway SIG200 y S7-1200

El Gateway SIG200-0A0512200 de Sick y el PLC Siemens S7-1200 se conectan mediante el protocolo PROFINET, como se muestra en la figura 11. La conexión física se realiza a través de una red Ethernet, lo que permite al SIG200 transmitir datos de los sensores IO-Link al S7-1200. En el entorno del TIA Portal, el SIG200 se configura como un dispositivo PROFINET, asignándole una dirección IP adecuada y ajustando los parámetros de comunicación requeridos. Esta configuración permite al S7-1200 procesar y utilizar los datos en tiempo real, facilitando el monitoreo y control de motores eléctricos con información precisa y actualizada.

Figura 12

Comunicación Gateway SIG200 y S7-1200



Nota: Se puede observar la comunicación de hardware entre el PLC S7-1200 y el módulo SIG200

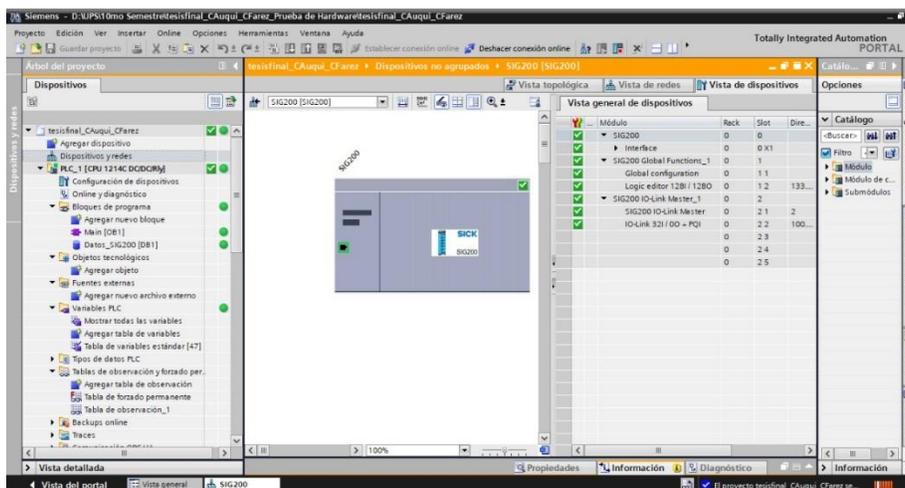
5.9. Configuración hardware SIG200 para Sensores de Vibración

En TIA Portal, el proceso de configuración del hardware SIG200 para los sensores de vibración comienza con la integración del dispositivo en el proyecto. Inicialmente, se abre TIA Portal y se incorpora el SIG200-0A0512200 al entorno de hardware del proyecto, estableciendo

su dirección IP para que coincida con la red local. Luego, se asignan los sensores de vibración a los puertos IO-Link del gateway y se ajustan sus parámetros específicos, como la frecuencia de muestreo y los umbrales de alarma. Finalmente, se configura el protocolo de comunicación necesario para que el SIG200 pueda enviar los datos al PLC, como se ilustra en la figura 12.

Figura 13

Configuración hardware SIG200 para Sensores de Vibración



Nota: Se añade los módulos que van a interactuar en nuestro proceso.

5.10. Tabla de datos iniciales obtenidos en el arranque del módulo. En formato hexadecimal de 4 bytes.

Durante el arranque y configuración del Gateway SIG200-0A0512200 en TIA Portal, se generan datos iniciales en formato hexadecimal, organizados en bloques de 4 bytes, tal como se muestra en la figura 13. Estos datos reflejan el estado de los sensores IO-Link conectados y aseguran que la comunicación se establece correctamente. La información se almacena en direcciones de memoria específicas, donde cada valor hexadecimal representa el estado inicial de los sensores o puertos. Estos registros son fundamentales para verificar que el módulo se inicie adecuadamente y que los sensores operen según lo esperado.

Figura 14

Tabla de datos iniciales obtenidos en el arranque del módulo en formato hexadecimal de 4 bytes

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Valor de observac...	Comentario
1	Temperatura_MPB10_1	DWord	%ID100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	16#420C_0000	
2	v-RMS Z-axis	DWord	%ID104	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	16#3E29_0264	
3	v-RMS Y-axis	DWord	%ID108	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	16#3DDF_6A53	
4	v-RMS X-axis	DWord	%ID112	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	16#3E00_183F	
5	Alarm_bits	DWord	%ID116	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	16#0000_00E0	
6	<Agregar>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Nota: Se observa que los datos entregados por el módulo está en formato hexadecimal.

5.11. Lectura forzada de valores en formato coma flotante

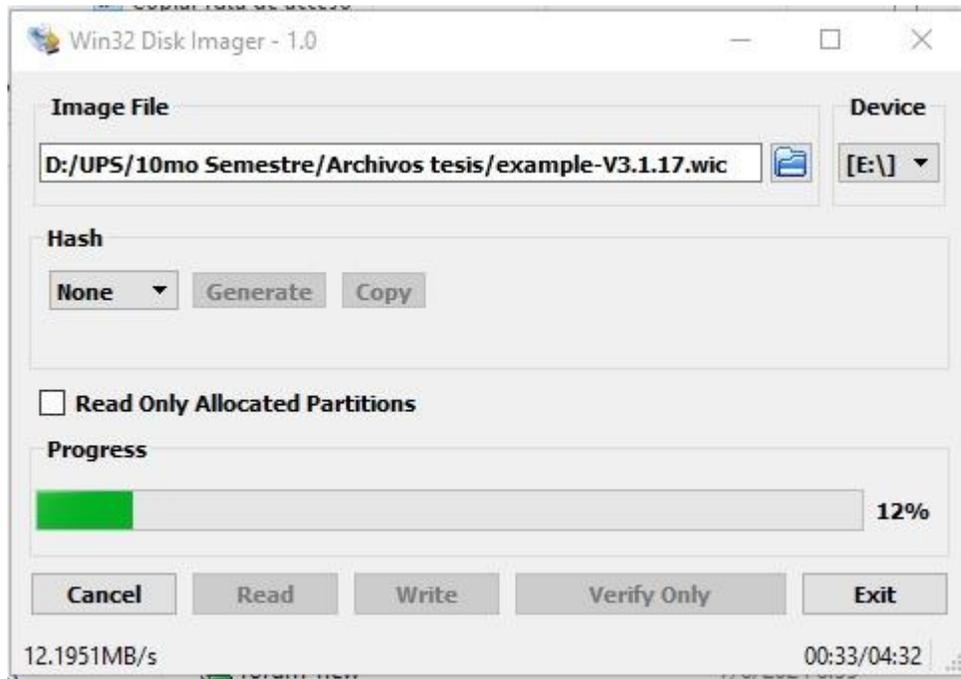
La lectura de valores en formato coma flotante permite la introducción manual de un valor en una variable del tipo 'Real'. Esta acción resulta especialmente útil durante las pruebas y la depuración del programa, ya que facilita la evaluación de cómo el sistema reacciona ante valores específicos o condiciones inusuales. Al realizar esta operación, la variable deja temporalmente de recibir datos de su fuente habitual, como un sensor, y en su lugar utiliza el valor manualmente establecido. Este control preciso es fundamental durante las fases de desarrollo y ajuste de los parámetros del sistema, como se observa en la figura 14.

5.13. Instalación de imágenes para IoT

Este proceso implica cargar una imagen de sistema preconfigurada, que incluye el sistema operativo, controladores y software necesario para que el dispositivo funcione dentro de la red IoT. Primero, se descarga la imagen correspondiente y se transfiere a una tarjeta SD, unidad USB o memoria interna del dispositivo utilizando Win32DiskImager, como se ilustra en la figura 16. Al iniciar el dispositivo, se configuran automáticamente los parámetros de red y ajustes esenciales, permitiendo que el dispositivo comience a operar y comunicarse eficientemente dentro de la red IoT.

Figura 17

Instalación de imágenes para IoT



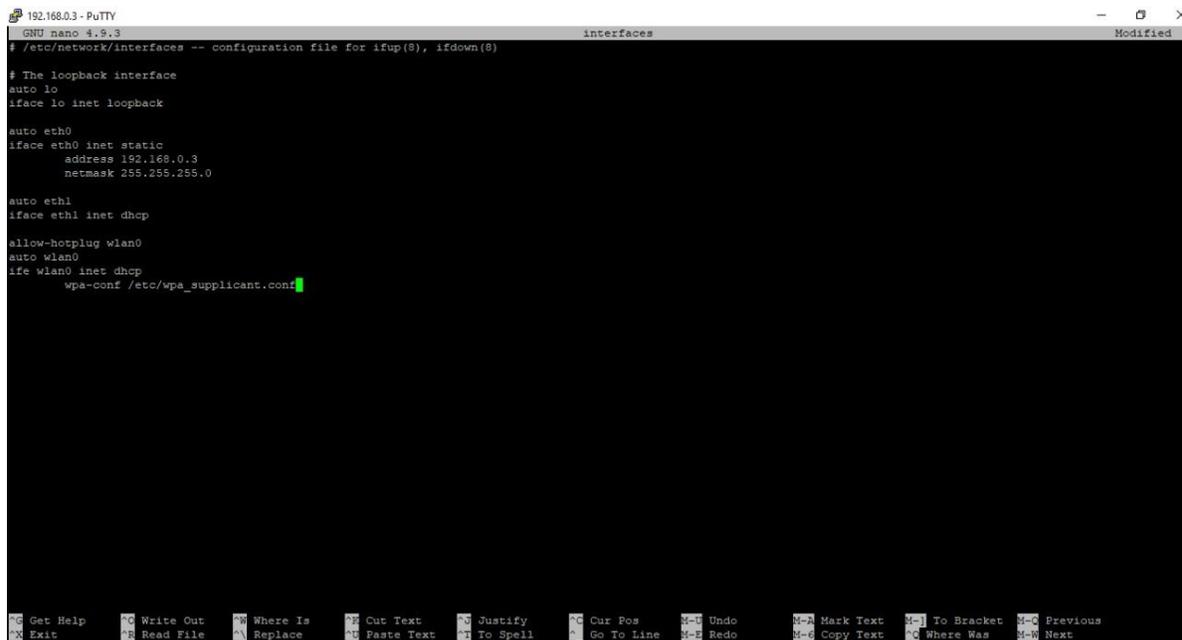
Nota: proceso de carga de imagen de proceso en el módulo IOT2040

5.14. Configuración IoT con Google

Para configurar el dispositivo IoT con Google Cloud, se utiliza PuTTY. Primero, se debe descargar e instalar PuTTY. Con esta herramienta, se establece una conexión SSH (Secure Shell) con el servidor de Google Cloud, ingresando la dirección IP pública del servidor y configurando el nombre de usuario, como se muestra en la figura 17.

Figura 18

Configuración IoT con Google



```
192.168.0.3 - PuTTY
GNU nano 4.9.3 interfaces
# /etc/network/interfaces -- configuration file for ifup(8), ifdown(8)

# The loopback interface
auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.0.3
    netmask 255.255.255.0

auto eth1
iface eth1 inet dhcp

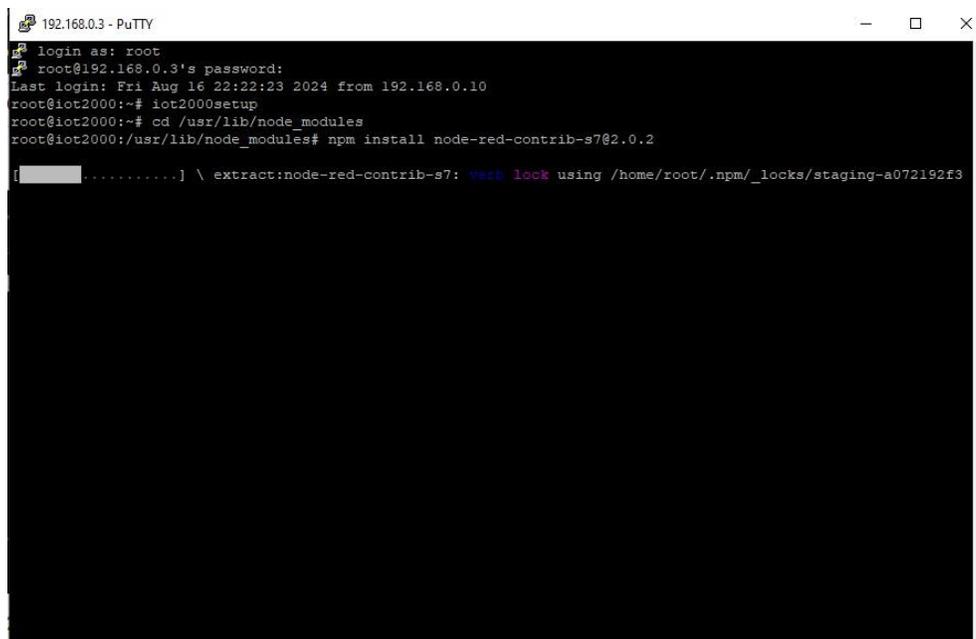
allow-hotplug wlan0
auto wlan0
iface wlan0 inet dhcp
    wpa-conf /etc/wpa_supplicant.conf
```

Nota: se configura el modulo mediante serie de comandos propios de Putty

Una vez conectado, se utiliza la interfaz de línea de comandos para ajustar los parámetros del dispositivo IoT, instalar los paquetes necesarios y configurar la red y los scripts para integrarse con Google Cloud IoT Core. Finalmente, se realizan pruebas para asegurar que el dispositivo envía y recibe datos correctamente, confirmando así la conexión con la plataforma de Google Cloud, como se visualiza en la figura 18.

Figura 19

Instalación paquetes de NOde-Red en IOT2040



```
192.168.0.3 - PuTTY
login as: root
root@192.168.0.3's password:
Last login: Fri Aug 16 22:22:23 2024 from 192.168.0.10
root@iot2000:~# iot2000setup
root@iot2000:~# cd /usr/lib/node_modules
root@iot2000:/usr/lib/node_modules# npm install node-red-contrib-s7@2.0.2
[.....] \ extract:node-red-contrib-s7: write lock using /home/root/.npm/_locks/staging-a072192f3
```

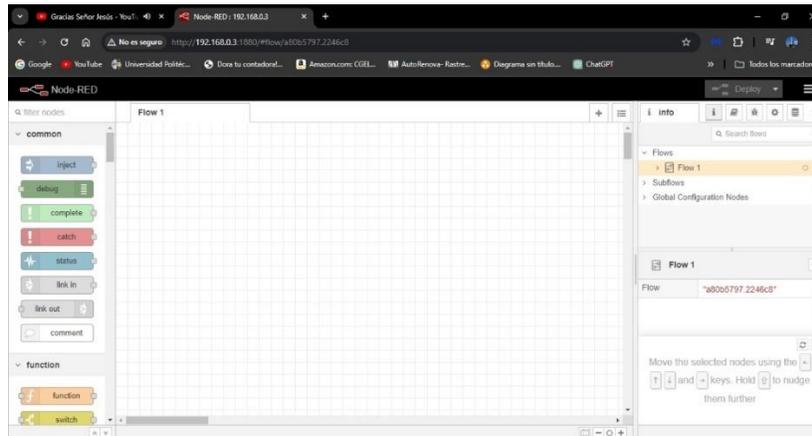
Nota: Se observa la instalación del paquete de drivers para Node-red

5.15. Ingreso a Node red desde IOT2040

Para ingresar a Node-RED desde un IoT2040 de Siemens, primero se debe asegurar que el dispositivo esté conectado a la red local mediante un cable Ethernet. Luego, se obtiene la dirección IP del IoT2040, que puede encontrarse a través de su interfaz de configuración o consultando el servidor de la red. Se utiliza un navegador web en una computadora conectada a la misma red y se escribe la dirección IP del IoT2040 en la barra de direcciones. Una vez en la interfaz web del dispositivo, se busca la sección de aplicaciones o servicios y se selecciona el enlace a Node-RED. Esto llevará a la interfaz de Node-RED, donde se podrán crear y ajustar flujos de trabajo para gestionar los dispositivos conectados y procesar datos en tiempo real, como se ilustra en la figura 19.

Figura 20

Ingreso a Node-red desde IOT2040



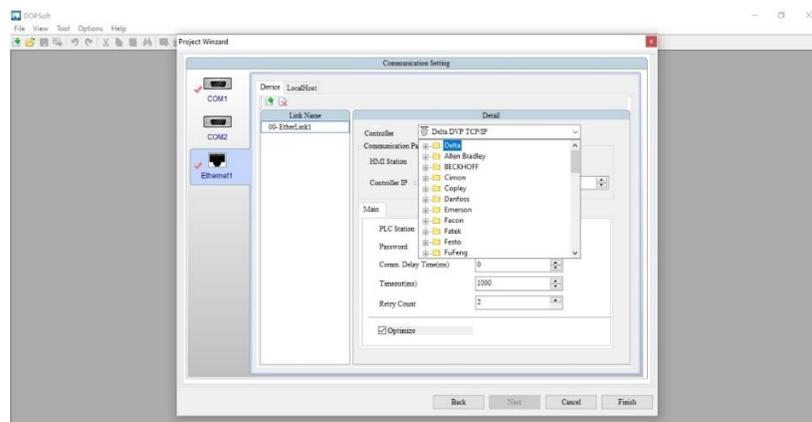
Nota: Se observa la plataforma de Node-Red para programación del módulo.

5.16. Control HMI Delta con PLC s7-1200

Se enlazó un control HMI Delta con el PLC Siemens S7-1200, funcionando como una interfaz numérica que facilita la interacción del operador. Tal como se muestra en la figura 20, la integración del HMI Delta con el PLC S7-1200 proporciona una plataforma completa para el control y monitoreo del sistema, optimizando la gestión operativa y mejorando la capacidad de respuesta del mismo.

Figura 21

Control HMI Delta con PLC s7-1200

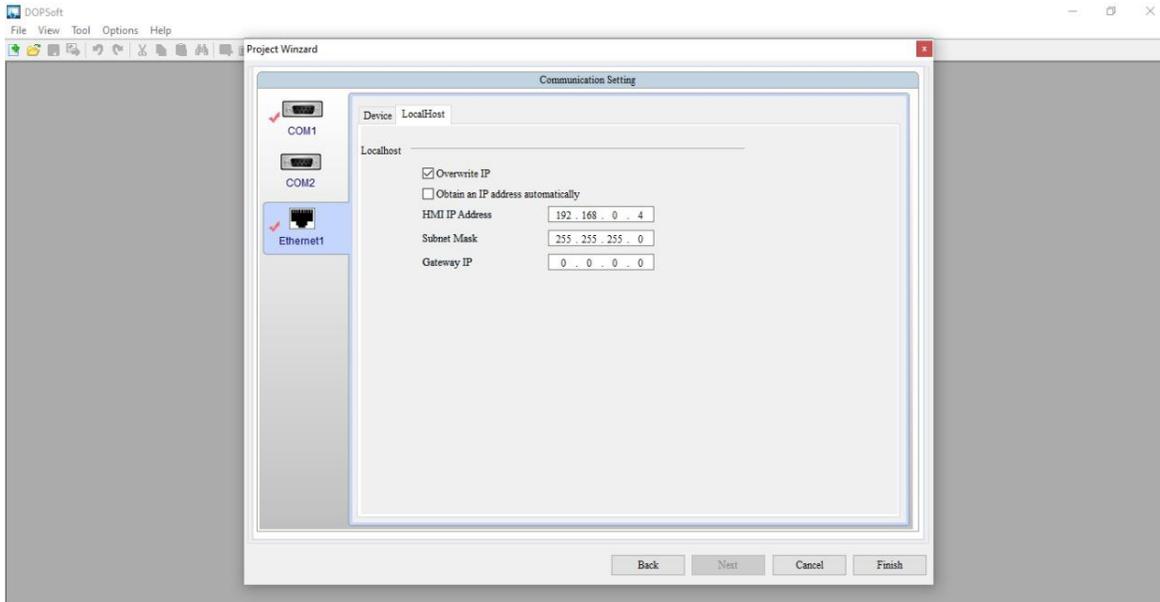


Nota: Instalación de paquete de drivers de S7-1200 en DOPSoft

En la figura 21 se detalla la dirección IP del HMI, 192.168.0.4, utilizada para la conexión con el PLC S7-1200.

Figura 22

Dirección IP del HMI para conexión con PLC



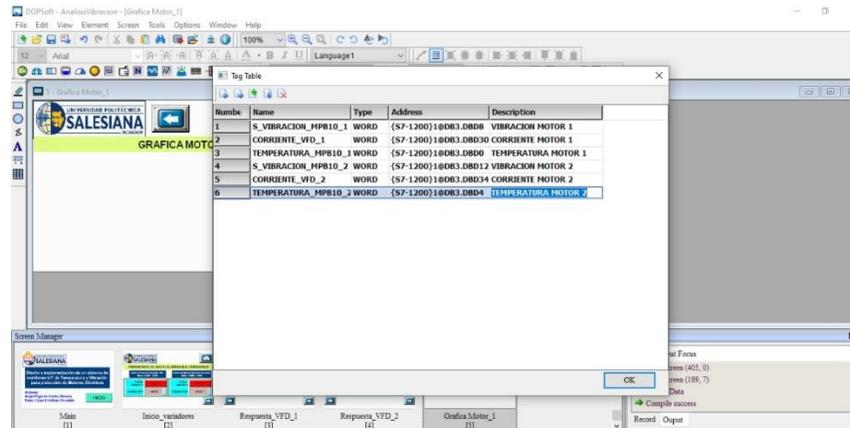
Nota: Se declara la dirección del del HMI para la lectura y escritura en el PLC

5.17. Histórico de comportamiento de vibración, corriente y temperatura de cada estación mecánica.

El análisis histórico de la vibración, corriente y temperatura en cada estación mecánica es esencial para una gestión eficaz y un mantenimiento predictivo de los sistemas industriales. El monitoreo continuo de la vibración permite identificar patrones que podrían señalar desbalanceo o fallos en los rodamientos. El seguimiento del consumo de corriente puede revelar sobrecargas o ineficiencias en el motor, mientras que el registro de la temperatura operativa es crucial para prevenir sobrecalentamientos y daños prematuros en el equipo. Este enfoque integral facilita una evaluación precisa del estado y rendimiento de cada estación, optimizando las estrategias de mantenimiento y mejorando la eficiencia operativa, como se muestra en la figura 22.

Figura 23

Histórico de comportamiento de vibración, corriente y temperatura de cada estación mecánica



Nota: Se configura las variables desde DOPSoft para visualización de parametros

VI. Resultados

Se desarrolló un sistema operativo completo que integra los sensores de temperatura y vibración con el Gateway SIG200 y el controlador Siemens S7-1200. La gestión de este sistema se realiza a través de Node-RED, lo que permite la visualización y análisis de datos, como se muestra en la figura 23.

Figura 24

Diseño del sistema



Nota: prototipo diseñado para recopilación de información y envío de datos hacia el IOT2040

El sistema permite la recolección y transmisión de datos en tiempo real sobre la temperatura y vibración del motor desde los sensores al Gateway y al controlador. Asimismo, facilita la generación de alertas y notificaciones basadas en parámetros preestablecidos, y ofrece interfaces en Node-RED para el monitoreo y análisis de los datos históricos del motor.

6.1. Análisis de nuestra Planta (Motor)

Se llevó a cabo una prueba de mantenimiento al motor, como se muestra en la figura 24. Esta prueba consiste en:

- Análisis de vibraciones y temperatura considerando las siguientes condiciones:
- Cuerpo de asentamiento: Mesa de acero inoxidable con ruedas. Cuerpo flexible.
- Carga acoplada al eje: En vacío.

Resultados de la prueba:

Figura 25

Motor sin carga acoplada al eje.



Nota: Figura muestra el comportamiento de las señales entregadas por el prototipo (nuestra Planta)

A continuación, en la Tabla 1 se presentan los valores de TDv (velocidad de vibración) en función de la frecuencia de entrada.

Tabla 1

Valores de velocidad de vibración en función de frecuencia de entrada

Setpoint (Hz)	TDv (mm/seg)	T(°C)	Corriente (A)	Velocidad (RPM)	Tiempo de experimentación
20.0	1.46	32	4.3	600	10min
25.0	2.49	32	4.3	750	10min
30.0	2.55	32	4.3	900	10min
35.0	2.46	32	4.6	1050	10min
40.0	3.42	32	4.6	1200	10min
45.0	4.44	32	4.7	1350	10min
50.0	3.25	32	4.7	1500	10min
55.0	2.40	32	3.5	1650	10min
60.0	4.16	32	2.7	1800	10min

Nota: Estos datos fueron generados a diferentes velocidades para revisar el comportamiento de las vibraciones, corriente y temperaturas.

Análisis del vibraciones y temperatura como se ve en la figura 25 considerando las siguientes condiciones:

- Cuerpo de asentamiento: Mesa de acero inoxidable con ruedas. Cuerpo flexible.
- Carga acoplada al eje: carga de 27gramos

Resultados de la prueba:

Figura 26

Motor con carga acoplada al eje.



Nota: Carga de 27 gramos instalado con el fin de generar un desbalanceo en el eje del motor

A continuación, los siguientes valores que se muestra en la tabla 2 de TDv (velocidad de vibración) en función de frecuencia de entrada al Sistema:

Tabla 2 Valores de velocidad de vibración en función de frecuencia de entrada tomando en cuenta el motor con carga acoplada al eje

Setpoint (Hz)	TDv (mm/seg)	T(°C)	Corriente (A)	Velocidad (RPM)	Tiempo de experimentación
20.0	2.39	36	4.3	600	10min
25.0	12.5	36	4.3	750	10min
30.0	6.00	36	4.3	900	10min
35.0	7.19	36	4.6	1050	10min
40.0	10.95	36	4.6	1200	10min
45.0	12.95	38	4.7	1350	10min
50.0	29.36	39	4.7	1500	10min
55.0	22.80	40	3.5	1650	10min
60.0	23.10	43	2.7	1800	10min

Se puede observar que, en ciertas frecuencias, la vibración aumenta.

VII. Cronograma

El programa se extiende en doce semanas, iniciando en junio del 2024 y finalizando en agosto del 2024, coincidiendo con el ciclo académico 64, las actividades que se van a realizar se detallan en la Tabla 3 compuesta en la siguiente forma.

Tabla 3 Cronograma de actividades para la implementación del proyecto de titulación

Actividades	Tiempo de duración															
	Meses				Junio				Julio				Agosto			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Investigación	X															
Adquisición de componentes electrónicos necesarios		X														
Desarrollo e integración de los hardware y software				X												
Desarrollo de la programación					X	X										

Realización de pruebas de laboratorio para validar la precisión de las mediciones.	X	X		
Ajustes y refinamientos en el software y hardware del prototipo según sea necesario.		X	X	X
Análisis de resultados y retroalimentación de los usuarios			X	X
Documento final del proyecto				X

El propósito de este cronograma es proporcionar orientación y organización al avance del proyecto a lo largo de sus diversas etapas. Se espera que, al seguir este cronograma, todas las tareas y fases del proyecto se completen de manera eficiente y dentro del tiempo asignado.

VIII. Presupuesto

La evaluación financiera y la adecuada distribución de recursos son esenciales para asegurar la viabilidad y sostenibilidad del proyecto. Mediante la planificación presupuestaria detallada en la tabla 4, se pretende maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles y garantizar que cada fase del proyecto se lleve a cabo de manera eficiente y efectiva. Este enfoque no solo facilitará el cumplimiento de los objetivos técnicos y operativos del sistema, sino que también aportará valor y promoverá la mejora continua de los procesos industriales donde se implemente.

Tabla 4 Presupuesto para proyecto de titulación

Concepto	Descripción	Costo Estimado (USD)
Sensor de vibración y temperatura	Selección y adquisición	\$400

	sensor de vibración de alta sensibilidad	
Componentes electrónicos	Adquisición de componentes para el hardware del prototipo (placas, cables, etc.)	\$50
Desarrollo del software	Desarrollo de software para el prototipo	\$100
Pruebas de laboratorio	Costos asociados a la realización de pruebas de funcionamiento en laboratorio	\$20
Pruebas piloto	Gastos relacionados con la realización de pruebas piloto	\$40
Documentación y Presentación	Costos asociados a la preparación de informes técnicos y presentaciones	\$50
Contingencias	Reserva para posibles imprevistos o ajustes durante el proyecto	\$50
Horas de ingeniería	Costo y tiempo requerido para completar el proyecto	\$400
TOTAL		\$1.110

IX. Conclusiones

La implementación de un sistema IoT para monitorear la temperatura y vibración en motores eléctricos ha demostrado ser altamente eficaz para la detección temprana de fallas y el

mantenimiento predictivo. Esta tecnología permite anticipar problemas antes de que se conviertan en fallas graves, lo que reduce significativamente los tiempos de inactividad y los costos asociados con las reparaciones.

Se observa que la temperatura del sistema aumenta a medida que las vibraciones incrementan. Además, se identifican frecuencias en las que la magnitud de las vibraciones aumenta, lo cual se debe a que el motor entra en resonancia con la estructura que lo soporta. Aunque la corriente no muestra una relación directa con las vibraciones, en un proyecto real, ambas variables están relacionadas, ya que las vibraciones pueden generar fuerzas que contrarrestan el desplazamiento del rotor del motor.

Además, el uso de sensores avanzados de Sick junto con el Simatic 2040 de Siemens y la plataforma Node-RED ha demostrado ser eficaz en la integración de tecnologías modernas en entornos industriales. Esta combinación facilita la recolección y el análisis en tiempo real de datos cruciales, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones operativas y mejorando la seguridad y confiabilidad de los sistemas industriales.

X. Recomendaciones

Es fundamental establecer programas de formación continua para los técnicos y operarios responsables del sistema IoT. Estos programas deben abarcar tanto el uso y mantenimiento de la plataforma Node-RED como la comprensión de los datos recolectados por los sensores. Al garantizar que el personal esté adecuadamente capacitado, se mejora significativamente la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante cualquier problema que pueda surgir. La

formación debe ser práctica y técnica, asegurando que los operarios se sientan competentes y seguros al interactuar con la tecnología.

Además, mantener el sistema IoT actualizado es crucial para su correcto funcionamiento. Esto incluye tanto el hardware, como sensores y gateways, y el software, como Node-RED y otros sistemas integrados. Las actualizaciones y el mantenimiento regular son esenciales para identificar y corregir posibles fallos, asegurando un rendimiento óptimo y una mayor vida útil de los equipos. Realizar auditorías periódicas del sistema ayudará a mantenerlo en las mejores condiciones posibles y a prevenir problemas antes de que ocurran.

Por último, es vital implementar medidas de seguridad robustas para proteger el sistema contra ciberataques y accesos no autorizados. El cifrado de datos, controles de acceso y otras medidas de seguridad deben estar en su lugar para garantizar la integridad del sistema y la privacidad de la información recolectada. Además, es importante diseñar el sistema con la capacidad de escalar, permitiendo la integración de más sensores y dispositivos en el futuro sin grandes modificaciones. Evaluaciones periódicas de los costos y beneficios del sistema asegurarán que la inversión en tecnología proporcione el retorno esperado, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los costos de mantenimiento a largo plazo.

XI. Referencias Bibliográficas

Barrio Andrés, M. (2020). *eLibro.net*. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/185096>

Hagino , T., & O'Leary, N. (2021). *IEEE Xplore*. Obtenido de IEEE Xplore: <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2095/document/10163187>

Jiménez García, L. M., Pueto Manchón, R., & Payá Castelló, L. (14 de 09 de 2017). *ProQuest Ebook Central*. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:2708/lib/upsal/detail.action?docID=30293469&query=Sistemas%20Distribuidos#>

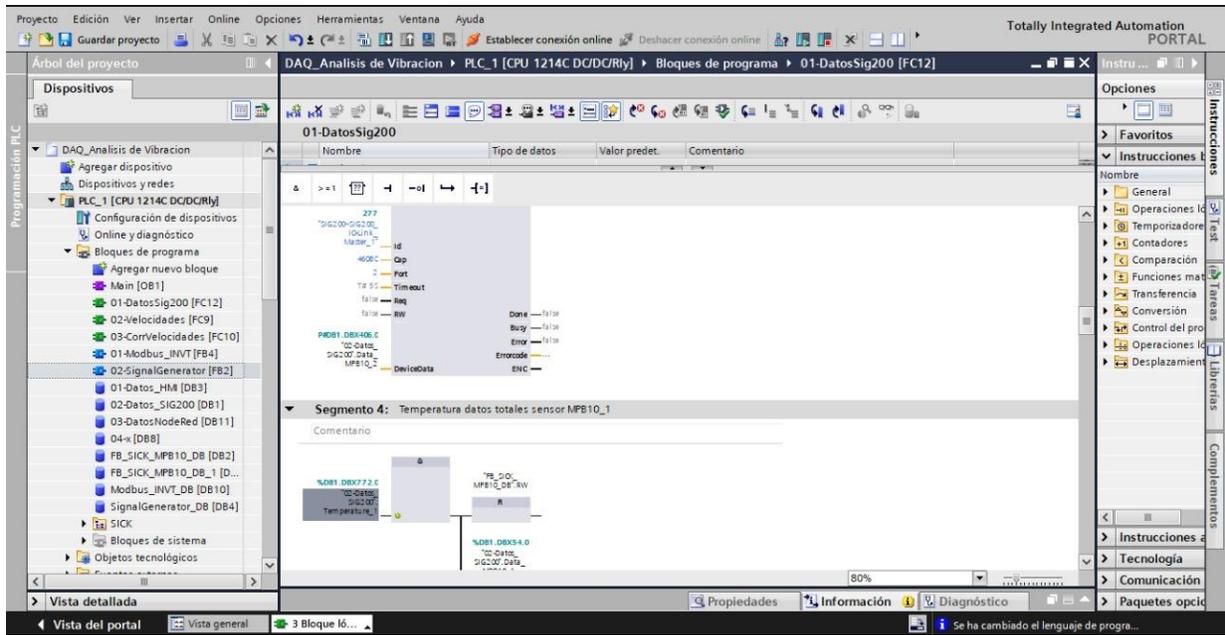
Morris, A. S. (2001). *EBSCOhost*. Obtenido de <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3796/ehost/detail/detail?vid=9&sid=08af7bf3-75e4-47a2-b593-e8e5cb6cc4dc%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=104865&db=nlebk>

SICK AG. (29 de Noviembre de 2022). *SICK AG*. Obtenido de <https://www.sick.com/gb/en/sicks-mpb10-sensor-bolts-on-for-continuous-condition-monitoring/w/press-MPB10-Sensor/>

Siemens AG. (2024). *Siemens Industry Online Support*. Obtenido de Siemens Industry Online Support: <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/815412?ptdi=pi&dl=en&lc=en-EC>

XII. Anexos

12.1. Programación en TIA PORTAL V16



12.2. Obtención de datos de cada dispositivo de campo

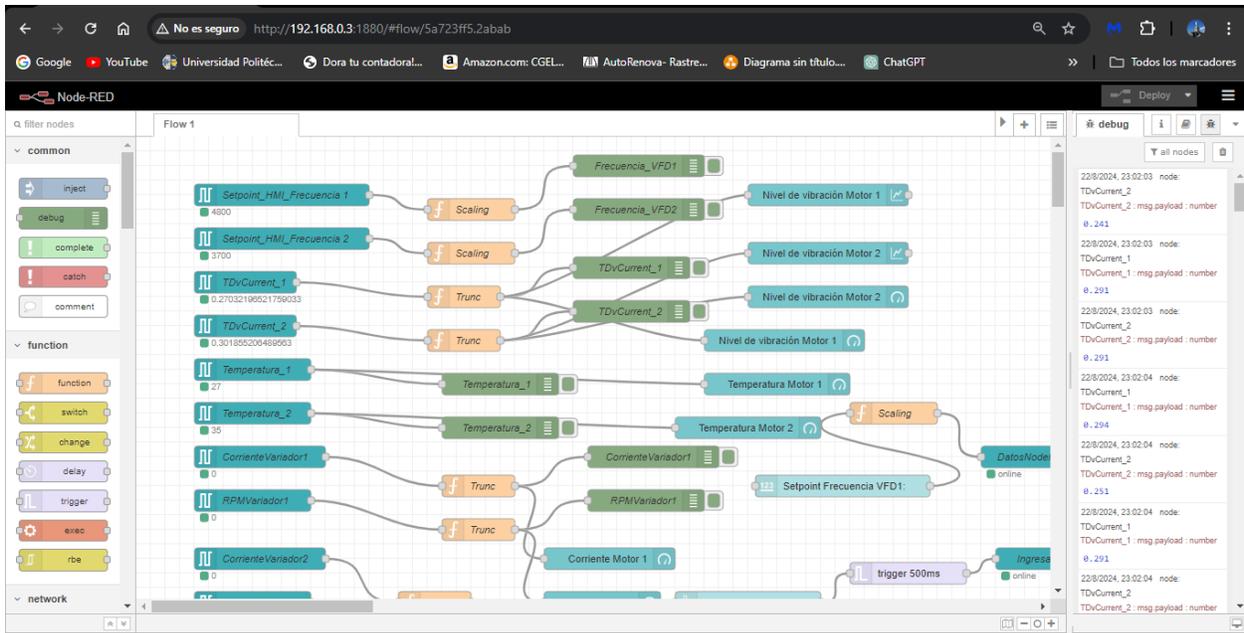
Siemens - D:\UPS10mo Semestre\Programa Tesis final\DAQ_Análisis de Vibración\DAQ_Análisis de Vibración

Project: DAQ_Análisis de Vibración | PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/Rly] | Bloques de programa | Datos_SIG200 [DB1]

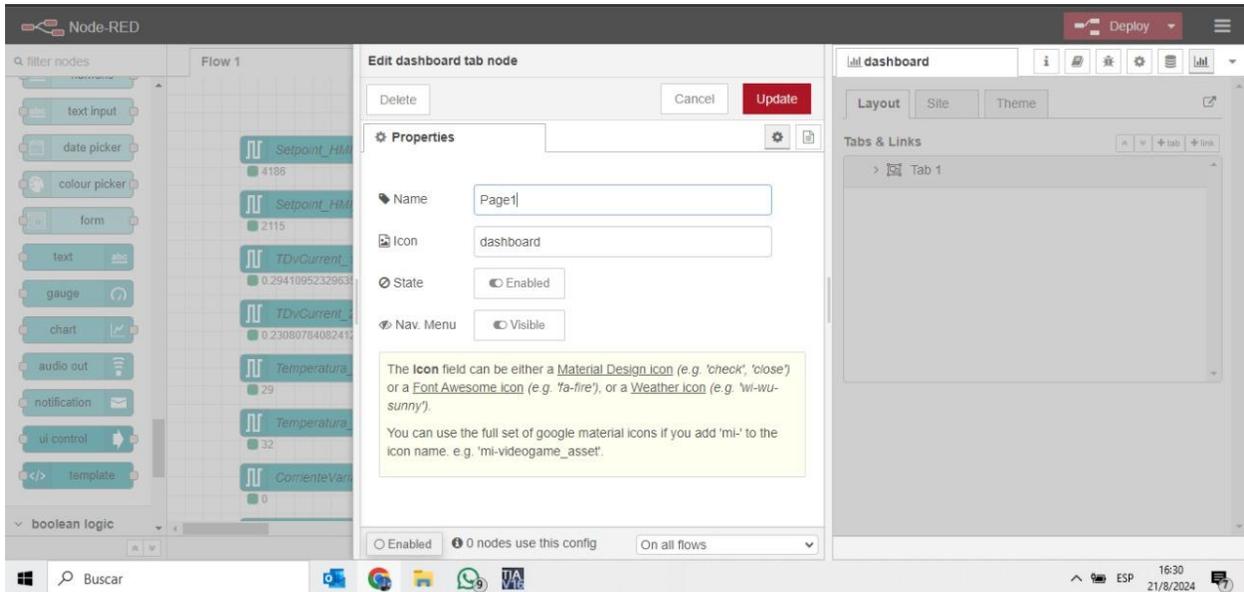
Conservar valores actuales | Instantánea | Copiar instantáneas a valores de arranque

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranque...	Valor de observación	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible...
10	Currenttem...	SInt	106.0	0	28			
11	Maxtemper...	SInt	107.0	0	52			
12	Mintemper...	SInt	108.0	0	-3			
13	Maxtemper...	SInt	109.0	0	52			
14	Mintemper...	SInt	110.0	0	-3			
15	TemperatureRe...	USInt	112.0	0	0			
16	Temperaturea...	Struct	114.0					
17	Temperaturea...	Struct	116.0					
18	ShockMaximu...	Struct	118.0					
19	ShockLastCont...	Struct	124.0					
20	VibrationTrigge...	Struct	126.0					
21	VibrationSetting...	Struct	130.0					
22	VibrationSettri...	USInt	138.0	0	0			
23	Frequencyrang...	Struct	140.0					
24	TdARMScurrent	Struct	148.0					
25	TdARMSmaxim...	Struct	164.0					
26	TdARMSminim...	Struct	180.0					
27	TdVRMScurrent	Struct	196.0					
28	X	Real	196.0	0.0	0.1959588			
29	Y	Real	200.0	0.0	0.1433066			
30	V_Z	Real	204.0	0.0	0.2436507			
31	Magnitude	Real	208.0	0.0	0.343951			
32	TdVariancecurr...	Struct	212.0					
33	TdVariancecema...	Struct	224.0					

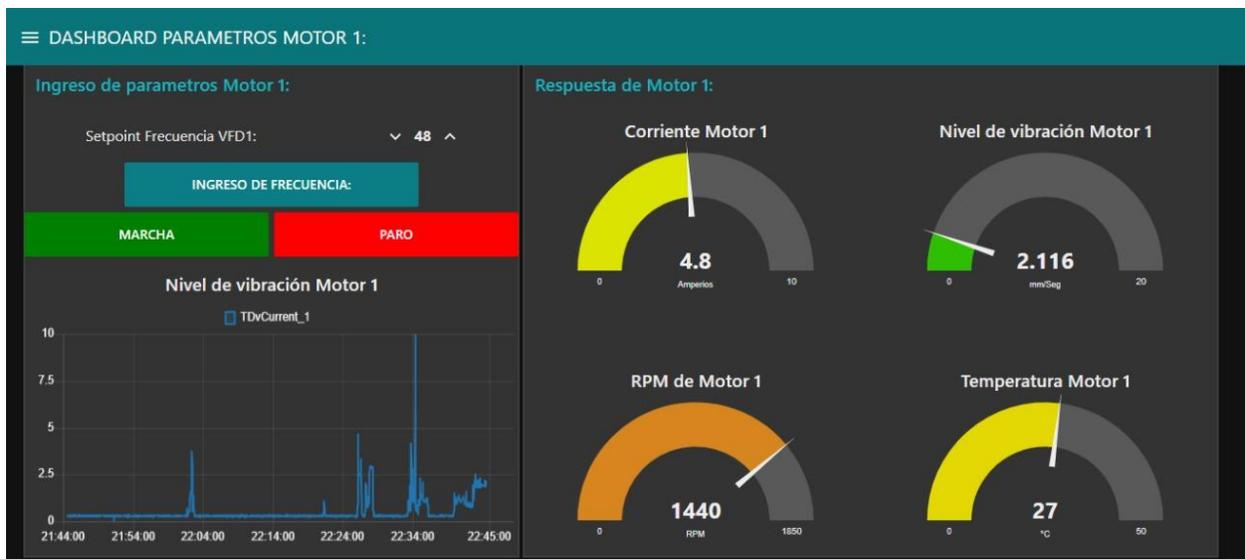
12.3. Algoritmo de Node Red para lectura y escritura de variables



12.4. Creación de dashboard



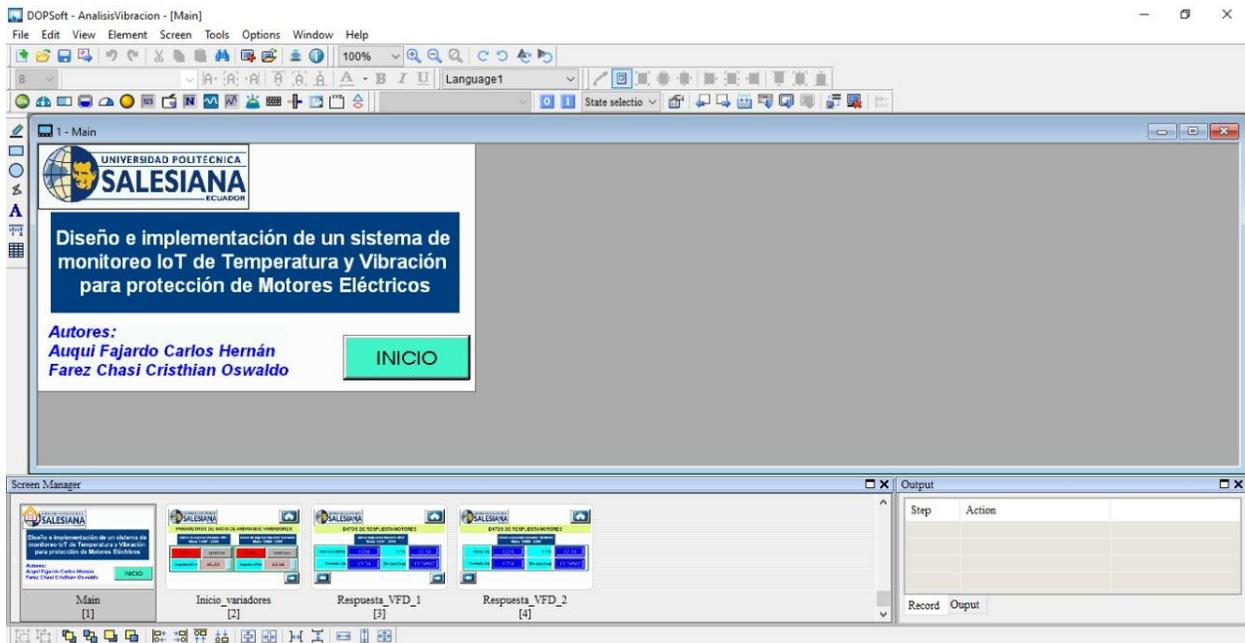
12.5. Pantalla de respuesta de Motor 1



12.6. Pantalla de respuesta de Motor 2



12.7. Programación del HMI Delta



12.8. Programación del HMI Delta y declaración de variables

