

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA
MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MOTORES ELÉCTRICOS EN
PLANTA INDUSTRIAL PILADORA EL SOL S.A.C, JAÉN,
CAJAMARCA.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Autores: Bach. Samuel Melendrez Meza
Bach. Keslin Jefersson Surita Guerrero**


Asesor: Mg. Ing. Lenin Franchescoleth Núñez Pintado


Línea de Investigación: LI_IME_03_Automatización y control.

JAÉN-PERÚ, noviembre 2024

Samuel Melendrez Meza; Keslin J. Surita Guerrero

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MOTORES ELÉCTRICOS EN

 My Files

 My Files

 Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trnoid::20206:410268443

170 Páginas

Fecha de entrega
28 nov 2024, 9:08 a.m. GMT-5

26,991 Palabras

Fecha de descarga
28 nov 2024, 9:15 a.m. GMT-5

142,505 Caracteres

Nombre de archivo
INFORME FINAL - KESLIN JEFERSSON SURITA GUERRERO.pdf

Tamaño de archivo
7.0 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería




13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 6%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
90 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 5 de diciembre del año 2024, siendo las horas 18:00, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente : Dr. Walter Linder Cabrera Torres
Secretario : Dr. Ricardo Angel Shimabuku Ysa
Vocal : Mg. Juan Antonio Labrin Romero,

para evaluar la Sustentación del Informe Final:

Titulado: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MOTORES ELÉCTRICOS EN LA PLANTA INDUSTRIAL PILADORA EL SOL S.A.C, JAÉN, CAJAMARCA"

Presentado los por Bachilleres Keslin Jefersson Surita Guerrero y Samuel Melendrez Meza, de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Después de la sustentación y defensa, del Jurado Evaluador:

() Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

a) Excelente	18, 19, 20	()
b) Muy bueno	16, 17	()
c) Bueno	14, 15	(14)
d) Regular	13	()
e) Desaprobado	12 o menos	()

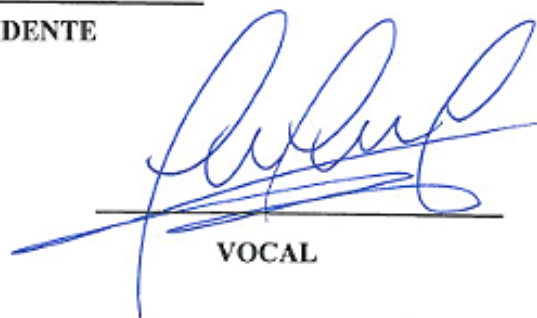
Siendo las 18:55 horas del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación confirmado se participación con la suscripción de la presente.



PRESIDENTE



SECRETARIO



VOCAL

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
2.1	Objeto de estudio	6
2.2	Ubicación del área de estudio	7
2.3	Materiales.....	7
2.3.1	Hardware	8
2.3.1.1	Sensores, microcontrolador y complementos.....	9
2.3.1.2	Instalación eléctrica.....	19
2.3.2	Software.....	21
2.3.3	Accesorios	23
2.4	Línea de investigación	24
2.5	Población	24
2.6	Muestreo	24
2.7	Muestra	24
2.8	Métodos	24
2.9	Procedimiento	25
2.9.1	Análisis situacional de los motores eléctricos	25
2.9.1.1	Visita a la planta industrial.....	25
2.9.1.2	Solicitud de fichas técnicas.	25
2.9.1.3	Selección de motores.....	25
2.9.2	Puesta en funcionamiento el sistema de mantenimiento predictivo IoT en la planta Piladora el Sol S.A.C.....	26
2.9.2.1	Diseño del sistema.....	26
2.9.2.1.1.	Sistema de suministro eléctrico.....	26
2.9.2.1.2.	Código ESP32 con Arduino IDE	27
2.9.2.1.3.	Node-red.....	27
2.9.2.1.4.	Conexionado de los dispositivos de automatización.....	28
2.9.2.2	Adquisición de materiales	28
2.9.2.3	Instalación del sistema	29
2.9.2.3.1.	Instalación del sistema de suministro eléctrico	29
2.9.2.3.2.	Instalación de los elementos de automatización	31
2.9.2.3.3.	Instalación de software.....	32

2.9.2.4	Pruebas de funcionamiento	32
2.9.2.5	Captación de datos arrojados del sistema.....	33
2.9.2.6	Lectura y análisis de los parámetros	33
2.9.3	Evaluación económica.....	34
2.9.3.1	Presupuesto de inversión del proyecto	34
2.9.3.2	VAN y TIR.....	34
III.	RESULTADOS	36
3.1	Análisis situacional de los motores.....	36
3.2	Puesta en funcionamiento del sistema	44
3.2.1	Diseño del sistema.....	44
3.2.2	Instalación del sistema.....	58
3.2.3	Pruebas de funcionamiento.....	64
3.2.4	Captación de datos arrojados del sistema.....	66
3.2.4.1	Motor 1 (WEG 40 HP).....	66
3.2.4.2	Motor 2 (WEG 3HP).....	81
3.2.4.3	Motor 3 (WEG 20 HP).....	95
3.2.4.4	Motor 4 (WEG 7.5 HP).....	101
3.3	Evaluación económica	106
3.3.1	Presupuesto de inversión	106
3.3.2	VAN y TIR.....	109
IV.	DISCUSIÓN.....	117
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Especificaciones técnicas de la tarjeta electrónica ESP32	10
Tabla 2	Especificaciones técnicas de sensor WTVB01-485	13
Tabla 3	Conexión del sensor WTVB01-485.....	14
Tabla 4	Conexión del Módulo MAX485	15
Tabla 5	Especificaciones técnicas del módulo MAX485	16
Tabla 6	Conexión del sensor de temperatura termocupla K.....	17
Tabla 7	Especificaciones técnicas del sensor de temperatura termocupla K.....	18
Tabla 8	Conexión del transmisor MAX6675.....	19
Tabla 9	Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 1 en la fecha 16/07/2024	67
Tabla 10	Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 1 en la fecha 16/07/2024	68
Tabla 11	Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 1 en la fecha 16/07/2024	69
Tabla 12	Análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 1 en la fecha 16/07/2024.....	71
Tabla 13	Análisis estadístico de la temperatura de devanado del motor 1 en la fecha 16/07/2024.....	72
Tabla 14	Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 1 en la fecha 23/07/2024	73
Tabla 15	Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 1 en la fecha 23/07/2024	74
Tabla 16	Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 1 en la fecha 23/07/2024	75
Tabla 17	Análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 1 en la fecha 23/07/2024.....	76
Tabla 18	Análisis estadístico de la temperatura de devanado del motor 1 en la fecha 23/07/2024.....	77
Tabla 19	Comparación del análisis estadístico de la vibración X del motor 1 en sus dos mediciones.....	78
Tabla 20	Comparación del análisis estadístico de la vibración Y del motor 1 en sus dos mediciones.....	79
Tabla 21	Comparación del análisis estadístico de la vibración Z del motor 1 en sus dos mediciones.....	79
Tabla 22	Comparación del análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 1 en sus dos mediciones	80
Tabla 23	Comparación del análisis estadístico de la temperatura de devanado del motor 1 en sus dos mediciones.	81
Tabla 24	Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 2 en la fecha 16/07/2024	82
Tabla 25	Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 2 en la fecha 16/07/2024	83

Tabla 26 Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 2 en la fecha 16/07/2024	84
Tabla 27 Análisis estadístico de temperatura de rodamiento del motor 2 en la fecha 16/07/2024.....	85
Tabla 28 Análisis estadístico de temperatura de devanado del motor 2 en la fecha 16/07/2024.....	86
Tabla 29 Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 2 en la fecha 23/07/2024	87
Tabla 30 Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 2 en la fecha 23/07/2024	88
Tabla 31 Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 2 en la fecha 23/07/2024	89
Tabla 32 Análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 2 en la fecha 23/07/2024.....	90
Tabla 33 Análisis estadístico de temperatura de devanado del motor 2 en la fecha 23/07/2024.....	91
Tabla 34 Comparación del análisis estadístico de la vibración X del motor 2 en sus dos mediciones	92
Tabla 35 Comparación del análisis estadístico de la vibración Y del motor 2 en sus dos mediciones	93
Tabla 36 Comparación del análisis estadístico de la vibración Z del motor 2 en sus dos mediciones	93
Tabla 37 Comparación del análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 2 en sus dos mediciones	94
Tabla 38 Comparación del análisis estadístico de la temperatura de devando del motor 2 en sus dos mediciones	94
Tabla 39 Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 3.....	96
Tabla 40 Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 3.....	97
Tabla 41 Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 3	98
Tabla 42 Análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 3	99
Tabla 43 Análisis estadístico de la temperatura de devanado del motor 3.....	100
Tabla 44 Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 4.....	102
Tabla 45 Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 4.....	103
Tabla 46 Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 4	104
Tabla 47 Análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 4.....	105
Tabla 48 Análisis estadístico de la temperatura de devanado del motor 4.....	106
Tabla 49 Inversión del Proyecto.....	107
Tabla 50 Costos o egresos del año 1.....	108
Tabla 51 Flujo de caja proyectado 5 años	111
Tabla 52 Cálculo del valor actual neto VAN	113
Tabla 53 Cálculo de la tasa interna de retorno TIR.....	114

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación de la Planta Piladora industrial el Sol S.A.C	7
Figura 2	Sistema de adquisición de datos.....	8
Figura 3	Tarjeta electrónica ESP32WROOM MODULE	9
Figura 4	Pin out de la tarjeta electrónica ESP32	11
Figura 5	Sensor WTVB01-485.....	12
Figura 6	Módulo MAX485.....	15
Figura 7	Sensor de temperatura termocupla K.....	17
Figura 8	Transmisor MAX6675	19
Figura 9	Diagrama de software del sistema	21
Figura 10	Eclipse mosquito.....	22
Figura 11	Node-red	23
Figura 12	Cable Jumper Dupont	23
Figura 13	Tabla de datos técnicos del conductor	31
Figura 14	Especificaciones técnicas del motor WEG 40 HP	37
Figura 15	Motor WEG 40 HP instalado en la planta industrial	38
Figura 16	Especificaciones técnicas del motor WEG 3 HP	39
Figura 17	Motor WEG 3 HP instalado en la planta industrial	40
Figura 18	Especificaciones técnicas del motor WEG 7.5 HP	41
Figura 19	Motor WEG 7.5 HP instalado en la planta industrial	42
Figura 20	Especificaciones técnicas del motor WEG 20 HP	43
Figura 21	Motor WEG 20 HP instalado en la planta industrial	44
Figura 22	Diagrama unifilar del sistema eléctrico	44
Figura 23	Plataforma Web (Node-red).....	56
Figura 24	Conexionado del sistema de automatización	57
Figura 25	Instalación de la llave termomagnética y diferencial de 25 Amp	58
Figura 26	Instalación de tomacorrientes bipolares con toma a tierra.....	58
Figura 27	Instalación de los elementos de automatización del motor 1 WEG 40 HP.....	59
Figura 28	Elementos de automatización y sensores operativos para su funcionamiento del motor 3.....	62
Figura 29	Elementos de automatización y sensores operativos para su funcionamiento del motor 4.....	62
Figura 30	Instalación del Software Node-red en el servidor.....	63
Figura 31	Medición eléctrica de voltaje AC en los tomacorrientes	64
Figura 32	Prueba de conexión de la placa electrónica ESP32 con el Node-red.....	65
Figura 33	Prueba de almacenamiento de datos en el servidor.....	65
Figura 34	Grafico de barras de la vibración X del motor 1 en la fecha 16/07/2024	67
Figura 35	Gráfico de barras de la vibración Y del motor 1 en la fecha 16/07/2024	68
Figura 36	Grafico de barras de la vibración Z del motor 1 en la fecha 16/07/2024.....	69
Figura 37	Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 1 en la fecha 16/07/2024.....	70

Figura 38 Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 1 en la fecha 16/07/2024.....	71
Figura 39 Grafico de barras de la vibración X del motor 1 en la fecha 23/07/2024	73
Figura 40 Gráfico de barras de la vibración Y del motor 1 en la fecha 23/07/2024	74
Figura 41 Gráfico de barras de la vibración Z del motor 1 en la fecha 23/07/2024.....	75
Figura 42 Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 1 en la fecha 23/07/2024.....	76
Figura 43 Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 1 en la fecha 23/07/2024.....	77
Figura 44 Gráfico de barras de la vibración X del motor 2 en la fecha 16/07/2024	82
Figura 45 Gráfico de barras de la vibración Y del motor 2 en la fecha 16/07/2024	83
Figura 46 Gráfico de barras de la vibración Z del motor 2 en la fecha 16/07/2024.....	84
Figura 47 Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 2 en la fecha 16/07/2024.....	85
Figura 48 Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 2 en la fecha 16/07/2024.....	86
Figura 49 Gráfico de barras de la vibración X del motor 2 en la fecha 23/07/2024	87
Figura 50 Gráfico de barras de la vibración Y del motor 2 en la fecha 23/07/2024	88
Figura 51 Gráfico de barras de la vibración Z del motor 2 en la fecha 23/07/2024.....	89
Figura 52 Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 2 en la fecha 23/07/2024.....	90
Figura 53 Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 2 en la fecha 23/07/2024.....	91
Figura 54 Grafico de barras de la vibración X del motor 3.....	95
Figura 55 Gráfico de barras de la vibración Y del motor 3.....	96
Figura 56 Gráfico de barras de la vibración Z del motor 3	97
Figura 57 Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 3.....	98
Figura 58 Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 3.....	100
Figura 59 Gráfico de barras de la vibración X del motor 4.....	101
Figura 60 Gráfico de barras de la vibración Y del motor 4.....	102
Figura 61 Gráfico de barras de la vibración Z del motor 4	103
Figura 62 Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 4.....	104
Figura 63 Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 4.....	105

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló debido a las fallas intempestivas de los motores eléctricos de la planta industrial Piladora el Sol S.A.C. Por lo cual se diseñó un sistema de adquisición de datos para mantenimiento predictivo de motores eléctricos de la planta industrial Piladora el Sol S.A.C. En ese sentido se utilizó el método inductivo, de campo y de gabinete que consistió en recoger información para definir los requerimientos del diseño del sistema, con base en este informe se diseñó y posteriormente se implementó tanto el hardware como el Software. El resultado fue la selección de 4 motores de los 21 instalados, el sistema incluyó la instalación de sensores 2 sensores WTBV01-485, 2 sensores TERMOCUPLA TIPO K controlados por 2 tarjetas electrónica ESP32 enviando información a la plataforma web NODE-RED siendo almacenados en un servidor local, la inversión inicial para el diseño y su implementación fue de S/6,761.6. Se concluye que el diseño del sistema envía mediciones de vibración y temperatura de los motores en tiempo real, económicamente se concluye que es viable en un periodo de 5 años, teniendo un VAN de S/3,973.9, un TIR de 31.05 % en un tiempo de recupero de 2.17 años.

Palabras clave: Sistema de adquisición de datos, Node-red (plataforma), microcontrolador, servidor, VAN, TIR.

ABSTRACT

This research work was developed due to the untimely failures of the electric motors of the Piladora el Sol S.A.C. industrial plant. Therefore, a data acquisition system was designed for predictive maintenance of electric motors of the Piladora el Sol S.A.C. industrial plant. In this sense, the inductive, field and cabinet method was used, which consisted of collecting information to define the design requirements of the system, based on this report, both the hardware and the software were designed and subsequently implemented. The result was the selection of 4 motors from the 21 installed, the system included the installation of 2 WTBV01-485 sensors, 2 K-TYPE THERMOCOUPLE sensors controlled by 2 ESP32 electronic cards sending information to the NODE-RED web platform being stored on a local server, the initial investment for the design and its implementation was S/6,761.6. It is concluded that the system design sends vibration and temperature measurements of the motors in real time, economically it is concluded that it is viable in a period of 5 years, having a NPV of S/3,973.9, an IRR of 31.05% in a recovery time 2.17 years.

I. INTRODUCCIÓN

En Perú, el arroz en cáscara es uno de los productos agrícolas más relevantes, aportando un 13.1% al Valor Bruto de Producción en 2018. Este cultivo ha mostrado un crecimiento constante, alcanzando 3.6 millones de toneladas en 2018 frente a los 2.4 millones en 2007. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019, En la provincia de Jaén, la producción de arroz es una actividad económica clave, lo que incrementa la demanda de procesamiento de arroz, en gran parte realizado por maquinaria automatizada que depende de motores eléctricos.

Sin embargo, estos motores enfrentan problemas críticos, principalmente el sobrecalentamiento y las vibraciones. El sobrecalentamiento, debido a la mala calidad de energía y condiciones ambientales, contribuye al desgaste del aislamiento, reduciendo la vida útil del motor en un 50% por cada aumento de 10 °C en temperatura. (Industria.T.P, 2020). Las vibraciones, causadas por desajustes o desalineaciones en cojinetes, también son un factor que acelera las fallas en los motores. En la planta Piladora El Sol S.A.C., estos problemas ocasionan fallas inesperadas en los motores eléctricos, resultando en pérdidas económicas y materiales debido a paradas no programadas de la producción.

La problemática de la Piladora el sol S.A.C, Jaén, Cajamarca son las fallas intempestivas de los motores eléctricos que generan pérdidas materiales y económicas por la inoperatividad de la piladora hasta que se realice el mantenimiento correctivo de la falla presentada en cuyo periodo la empresa deja de producir. Siendo las fallas más comunes en los rodamiento y sobrecalentamiento en los devanados del motor.

Para abordar esta problemática, la investigación propone diseñar un sistema de monitoreo de variables críticas como la temperatura y la vibración mediante tecnología IoT (Internet de las Cosas). Este sistema permitirá medir y monitorear estos parámetros en tiempo real, facilitando un mantenimiento preventivo y evitando paradas imprevistas de la planta; en ese sentido se formuló la siguiente pregunta: ¿Cómo diseñar un sistema de adquisición de datos para mantenimiento predictivo de motores eléctricos de la planta industrial Piladora el Sol S.A.C, Jaén, Cajamarca?

Según Quisay y Ramos (2021) Esta investigación tuvo como objetivo mejorar las diferentes fallas que presentan los motores eléctricos, empleando una metodología causi experimental. Los resultados obtenidos a través de esta investigación demostraron que el uso de un microprocesador Arduino MKR1000 permitió analizar datos característicos del motor eléctrico, mientras que el sensor Modulo ADXL335 Acelerómetro Analógico se empleó con el fin de determinar su posición. El monitoreo web en la plataforma Arduino IOT Cloud ayudo con el análisis de las condiciones del motor, en consecuencia, se llegó a la conclusión de que estas herramientas permiten mejorar la confiabilidad del prototipo de monitoreo, conocido como sistema de control de activos, para detectar diversas fallas a través de sensores. La información recopilada será analizada mediante una plataforma que agrupa todas las vibraciones del motor eléctrico en un panel de control. Además, se utilizará un teléfono con conexión remota a internet para analizar los datos de manera instantánea de temperatura, vibraciones, corriente y revoluciones por minuto.

Flores (2021) su investigación tuvo la intención de presentar un sistema que pueda guardar información de los motores eléctricos. Este sistema utilizará placas electrónicas con sensores y microcontroladores para obtener un análisis más detallado de una base de datos

existente. La información será almacenada a través de una aplicación móvil, y la comunicación será mediante Bluetooth. Para lograr esto, se utilizará una metodología mixta que incluye conteo numérico y análisis de datos obtenidos de una encuesta. Los resultados obtenidos muestran un sistema completo que combina software y hardware para recolectar información de manera integral, mediante el uso de un prototipo de Arduino Mega que recibe los datos de los sensores a través de sus pines analógicos, y que se presenta en una aplicación móvil. Esto permitirá a los gerentes tomar decisiones informadas en relación al cambio o mantenimiento de los motores eléctricos. Se llegó a la conclusión de que es irrelevante el tener SCADA, ya que es un sistema independiente.

Mendoza (2019) el propósito de esta investigación es analizar las vibraciones de los motores eléctricos que se utilizan en una planta empacadora de camarón. La evidencia estadística muestra que alrededor del 90% de las fallas en la maquinaria están asociadas con cambios en las vibraciones. Se utilizaron dos metodologías diferentes en esta investigación: una metodología documental para estudiar los fundamentos de las vibraciones de los motores eléctricos y una metodología empírico-analítica para el diagnóstico de las vibraciones en las máquinas eléctricas rotativas en una planta empacadora de camarón. También se aplicó el método analítico para evaluar los resultados de las vibraciones en los motores asíncronos. Los resultados de esta investigación sobre vibraciones en máquinas rotativas se obtuvieron mediante mediciones en diferentes puntos y dimensiones, con especial atención en los cojinetes, donde se transmiten las fuerzas y vibraciones. La velocidad de las vibraciones en mm/seg se utilizó para analizar su severidad en el rango normal de frecuencia de giro de las máquinas rotativas (10 a 1000 Hz), y se siguieron las normas ISO 2372 y DLI para llevar a

cabo los diagnósticos de vibración.se concluyo que estos diagnósticos resultaron efectivos para detectar y corregir oportunamente las anomalías en los motores eléctricos.

Por otro lado, Arreaga (2019) tuvo como objetivo crear un modelo experimental que utilice módulos XBEE y sensores térmicos para supervisar la temperatura en motores eléctricos industriales. Se utilizaron diferentes enfoques metodológicos en este proyecto de tesis, incluyendo técnicas cualitativas, cuantitativas e investigativas. Como resultados se logró crear un prototipo que funciona con baterías y utiliza dispositivos ZigBee, en concreto los módulos Xbee S2C, para transmitir datos mediante el protocolo IEEE 802.15.4. en conclusión, esta tecnología permite superar obstáculos presentes en el entorno industrial.

Corcuera (2019) el objetivo de este proyecto es crear un sistema de supervisión de vibraciones en línea que pueda reunir datos para evitar averías. Se busca demostrar que con este diseño es posible disminuir el tiempo que se requiere para el análisis de mantenimiento predictivo, sin necesidad de contar con un técnico que inspeccione los motores de inducción trifásicos. La metodología utilizada consiste en la instalación de sensores de vibración en los rodamientos en dirección radial para monitorear la máquina de estudio. Se ha empleado la técnica de análisis vibracional y la plataforma @plitude Observer de SKF, la cual cumple con los estándares de la normativa ISO 10816 y brinda seguridad en el análisis de las vibraciones. Los resultados obtenidos fueron muy efectivos al diagnosticar los patrones de falla y monitorea el estado de los motores de inducción, lo que ayuda a extender su tiempo de uso. Se concluye que el sistema desarrollado logro identificar fallas como desbalance, fallas eléctricas, etc.

Crespo (2021) tuvo como propósito instaurar un sistema de seguimiento de las vibraciones mecánicas para examinar las amplitudes en tiempo real utilizando el software

Maintraq, a través de una conexión inalámbrica utilizando el Access point TP-link. La metodología RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) se aplicó para planificar el mantenimiento predictivo de las vibraciones metálicas. Los acelerómetros se utilizaron para registrar las vibraciones y convertirlas en señales eléctricas que se analizan según la norma ISO 10816-3. Los resultados fue diseñar un sistema de monitoreo constante del estado de las vibraciones mecánicas, el cual cuenta con alarmas visuales y sonoras que notifican cuando se sobrepasa la magnitud de los parámetros de vibración mecánica. Gracias a esto, se disminuyó el tiempo necesario para llevar a cabo el mantenimiento correctivo y se previnieron fallas en los motores. Se llegó a la conclusión que el sistema es un éxito generando ahorros de 1 983.86 dólares al año en mantenimiento correctivo.

De manera técnica y científica, el diseño de un sistema de adquisición de datos para motores eléctricos permite mejorar la eficiencia y reducir el tiempo de inactividad por causa de fallas inesperadas. Esto evita costosos tiempos de inactividad y reparaciones que afectan a la producción de la planta. Además, promueve el desarrollo tecnológico local en la industria de nuestra región, ya que podría ser replicado en las demás plantas procesadoras de la zona.

Económicamente el diseño de un sistema de adquisición de datos para motores eléctricos permite ahorrar en costos de mantenimiento correctivo. Asimismo, evita pérdidas económicas por la interrupción de la producción de pilado y envasado de arroz, ya que durante los periodos de paralización la empresa debe seguir cubriendo costos fijos de producción, como sueldos y gastos administrativos. El sistema garantiza una operación más eficiente y rentable en la industria del arroz.

El ambiente se beneficia porque al momento de prevenir posibles fallas las cuales emiten contaminación ambiental causada por desechos de motores defectuosos. Además, al

detectar problemas a tiempo, se evita la generación de residuos contaminantes durante el mantenimiento correctivo. Esto contribuye al uso eficiente de recursos y al cuidado del entorno, beneficiando tanto a la empresa como al medio ambiente.

Objetivo general

Diseñar un sistema de adquisición de datos para mantenimiento predictivo de motores eléctricos de la planta industrial Piladora el Sol S.A.C, Jaén, Cajamarca.

Objetivos específicos

- Realizar análisis situacional de los motores eléctricos en la planta Piladora el Sol S.A.C.
- Poner en funcionamiento el sistema de mantenimiento predictivo IoT en la planta Piladora el Sol S.A.C.
- Realizar evaluación económica del diseño del sistema de adquisición de datos para mantenimiento predictivo de motores eléctricos de la planta industrial Piladora el Sol S.A.C, Jaén Cajamarca.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Objeto de estudio

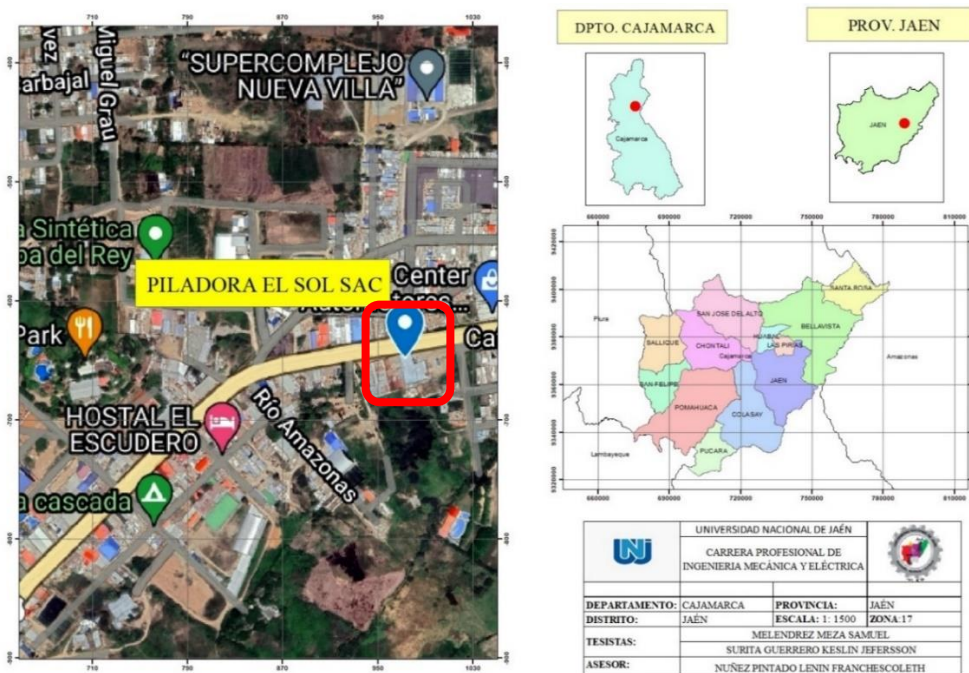
El presente trabajo de investigación se enfoca en diseñar un sistema de adquisición de datos para monitoreo en tiempo real de variables críticas (vibración y temperatura) de los motores eléctricos de planta piladora industrial el Sol S.A.C, con el fin de anticipar fallas y optimizar el mantenimiento predictivo, asegurando así la eficiencia y la operatividad de los procesos productivos de la planta.

2.2 Ubicación del área de estudio

La planta industrial Piladora el Sol S.A.C se encuentra ubicada en el departamento de Cajamarca, Provincia de Jaén, distrito de Jaén con coordenadas UTM Zona 17 M Este 743518 y Norte 9370282.

Figura 1

Ubicación de la Planta Piladora industrial el Sol S.A.C



2.3 Materiales

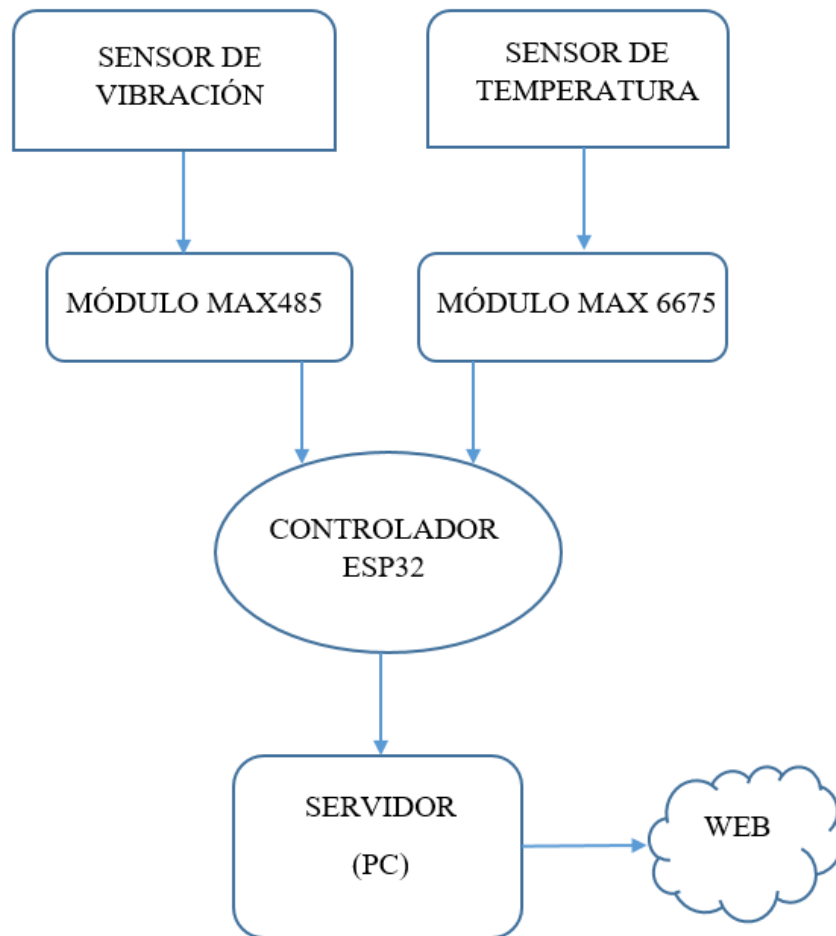
Para seleccionar los materiales utilizados en el proyecto se tuvo en consideración ciertos criterios como los tipos de variables que deseábamos medir (VIBRACIÓN y TEMPERATURA), otra de los criterios evaluados fue la existencia de compatibilidad en los equipos de automatización (sensor WTVB01485, MICROCONTROLADOR ESP32, SOFTWARES DE PROGRAMACION), así mismo se tuvo en consideración el costo y disponibilidad para obtener los materiales.

2.3.1 Hardware

La ejecución del proyecto se realizó teniendo en cuenta el siguiente esquema de adquisición de datos. Donde en primer lugar se encuentran los sensores que hicieron requerimientos de módulos para su conexión el controlador ESP32, la misma que se encargó de enviar datos emitidos por los sensores hacia un servidor que almacena los datos y a la vez envía a la web.

Figura 2

Sistema de adquisición de datos



2.3.1.1 Sensores, microcontrolador y complementos

Para realizar la monitorización de los parámetros de temperatura y vibración se utilizó dos tipos de sensores y sus complementos para el funcionamiento de los mismos.

ESP32

La tarjeta electrónica ESP32 utilizada en el proyecto tuvo la función de un microcontrolador que se encargó de recopilar los datos de sensores de vibración y temperatura de manera cruda, de tal manera que la esp32 los proceso y me envió los datos de manera clara a un servidor (PC).

Figura 3

Tarjeta electrónica ESP32WROOM MODULE



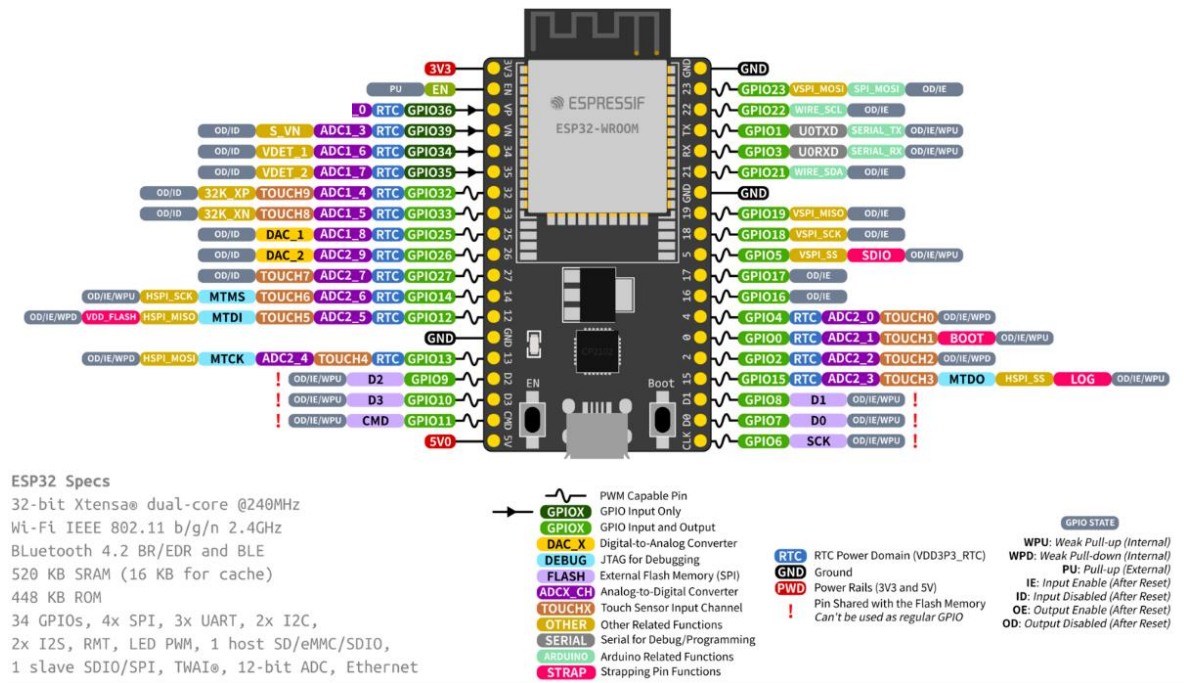
Nota. Imagen extraída de Naylamp Mechatronics (2024).

Tabla 1*Especificaciones técnicas de la tarjeta electrónica ESP32*

Especificaciones técnicas de la tarjeta electrónica ESP32			
Voltaje de alimentación (micro-USB)	5V DC	Pines PWM	16
Voltaje de salida	3.3 V DC	UART	2
Corriente de operación	80mA – 500mA	Pines digitales	24
CPU	Dual-Core tensilica Xtensa LX6 (32 bit)	GPIO	
RAM	520 KB	Convertor digital a analógico DAC	2 (8bit)
Pines	38	Frecuencia de reloj	Hasta 240MHz
Desempeño	Hasta 600 DMIPS	Cristal oscilador	40MHz
Conector USB	Micro-USB	Dimensiones	55*28mm
		Peso	10.5 gramos

Figura 4

Pin out de la tarjeta electrónica ESP32



Nota. Imagen extraída de Naylamp Mechatronics (2024).

SENSOR WTBV01-485

Sensor para realizar la medición de vibración y de temperatura de rodamientos de la marca WIT-MOTION modelo WTBV01-485.

Sensor de vibración WT-VB01-485, desempeñó un papel importante en el proyecto de investigación al permitir la medición de vibraciones y de la temperatura en el rotor. Este sensor capturó las vibraciones mecánicas y las convirtió en señales eléctricas, proporcionando datos útiles sobre la vibración en tiempo real. Así mismo permitió medir la temperatura de manera precisa y convertirla en datos digitales para su procesamiento. Estos datos fueron fundamentales para comprender mejor el comportamiento de estructuras,

maquinaria o sistemas, así como para detectar anomalías o problemas potenciales. Además, el sensor de vibración WT-VB01-485 facilitó el monitoreo continuo de la vibración y de temperatura en entornos industriales, estructurales o de investigación, contribuyendo así al éxito y la eficacia del proyecto.

Figura 5

Sensor WTVB01-485



Nota. Imagen extraída de Wit Motion (2024).

Tabla 2*Especificaciones técnicas de sensor WTVB01-485*

Especificaciones técnicas del sensor WTVB01-485				
Parámetros	Condiciones	Mínimo	Por defecto	Máximo
Interface de comunicación	UART	4800bps	9600bps	230400bps
Contenido de salida		Tiempo, velocidad de vibración en los tres ejes, Angulo de vibración en los tres ejes, desplazamiento en los tres ejes y temperatura		
Rango		Velocidad de vibración 0-50mm/s, amplitud de vibración 0-180°, desplazamiento de vibración 0-30000 um.		
exactitud		<F.S+5%		
Detección de periodo		1Hz	100Hz	100Hz
Frecuencia de corte		1Hz	10Hz	100Hz
Temperatura de trabajo		-40°C		85°C
Temperatura de almacenamiento		40°C		85°C
Resistencia al impacto				20000g
Tipo de protección				IP67
Voltaje de alimentación		5V	12V	36V
Corriente de trabajo	Trabajando (12V)		12mA	

Tabla 3*Conexión del sensor WTVB01-485*

Conexión del sensor WTVB01-485	
VCC	Terminal de alimentación positiva 5-36V DC
GND	Terminal de alimentación negativa (tierra)
B	Terminal para transferencia de datos con módulo MAX485
A	Terminal para transferencia de datos módulo MAX485

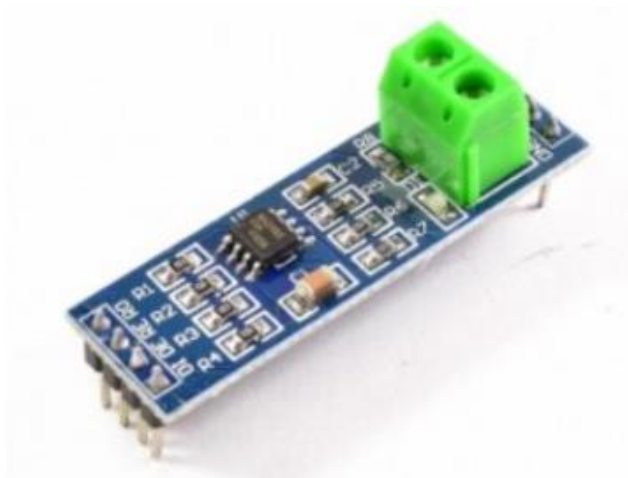
El sensor de vibración WTBV01-485, será alimentado de la tarjeta electrónica ESP32 con 5V, para la transferencia de datos se realizara con el interface RS-485 a TTL necesitando así un módulo conversor MAX485, todo esto para que se pueda programar con el arduino ide y pueda tener una conexión exitosa.

MÓDULO MAX485

Módulo MAX485 Conversor RS485 a Serial TTL, desempeñó un papel crucial en el proyecto de investigación al permitir la comunicación de datos en un entorno RS485. Este módulo facilitó la conversión de señales seriales RS486 a TTL lo que permitió la transmisión de datos de manera confiable y eficiente a largas distancias de la placa Electrónica Node MCU-32 ESP32 WiFi con el sensor de vibración WT-VB01-485.

Figura 6

Módulo MAX485



Nota. Imagen extraída de Naylamp Mechatronics (2024).

Tabla 4

Conexión del Módulo MAX485

Conexión del Módulo MAX485	
VCC	Terminal de alimentación positiva 5V DC
GND	Terminal de alimentación negativa (tierra)
A	Terminal para transferencia de datos con WTBV01-485
B	Terminal para transferencia de datos con WTBV01-485
DI	Terminal para transferencia de datos con la tarjeta electrónica ESP32 en el pin Rx
DE	Canal I2C SDA, se conecta con la ESP32 en el pin GPIO 21
RE	Canal I2C SDA, se conecta con la ESP32 en el pin GPIO 21

RO Terminal para recepción de datos con la tarjeta electrónica ESP32 en el pin Tx

Tabla 5

Especificaciones técnicas del módulo MAX485

Especificaciones técnicas del módulo MAX485			
Voltaje de alimentación	5V DC	Velocidad máxima	10 Mbit/s a 12 metros
Corriente de operación	500 uA (máx)	Distancia máxima de alcance	1200 metros a 100 Kbit
Chip conversor	MAX485	Dimisiones	44*14*20 mm
Interfaz microcontrolador serial	UART TTL	Peso	4 gramos
Tipo de comunicación	Half-Duplex		

SENSOR DE TEMPERATURA TERMOCUPLA K

Este tipo de sensor se utilizó en el proyecto para determinar la temperatura en el devanado del motor eléctrico ya que es de fácil instalación y su rango de medición de temperatura oscila entre los 0 °C- 1024 °C, permitiendo así tener un alto rango de temperatura en caso el motor presente un posible daño significativo.

Figura 7

Sensor de temperatura termocupla K



Nota. Imagen extraída de Naylamp Mechatronics (2024).

Tabla 6

Conexión del sensor de temperatura termocupla K

Conexión del sensor de temperatura termocupla K	
Terminal rojo	Terminal de alimentación positiva 5V DC
Terminal azul	Terminal de alimentación negativa (tierra)

Tabla 7*Especificaciones técnicas del sensor de temperatura termocupla K*

Especificaciones técnicas del sensor de temperatura termocupla K			
Voltaje de operacion	de 5V DC	Resolución de temperatura	de 0.25 °C
Corriente de trabajo	de 50mA	Interfaz de comunicación	de SPI
Rango de temperatura	de -200°C hasta 1300 °C	Posee agujeros para montaje	SI
Resolución de transmisor	de 12 bits (0°C- 1023°C)	Dimensiones	25*15*13 mm
MAX6675			

TRANSMISOR MAX6675

Para convertir la señal analógica a digital del sensor termocupla K se necesitó de un transmisor MAX6675, que tiene una buena resolución de 12 bits con una interface de comunicación digital SPI que puede trabajar con la tarjeta electrónica ESP32 el cual se utilizó en el proyecto.

Figura 8

Transmisor MAX6675



Nota. Imagen extraída de Naylamp Mechatronics (2024).

Tabla 8

Conexión del transmisor MAX6675

Conexión del transmisor MAX6675	
GND	Terminal de alimentación negativa (tierra)
VCC	Terminal de alimentación positiva 5V DC
SCK	SPI clock, se conecta al pin GPIO 5
SC	SPI chip select, se conecta al pin GPIO 23
SO	SPI data output, se conecta al pin GPIO 19

2.3.1.2 Instalación eléctrica

Para llevar a cabo el funcionamiento del sistema se necesitó alimentación eléctrica, de tal manera que se consideró dispositivos de protección como llaves termomagnéticas, también

se consideró tomacorrientes, conductor eléctrico, manguera corrugada y accesorios indispensables para la instalación.

Interruptor termomagnético 25 Amp

Como protección eléctrica en caso de cortocircuitos o sobrecargas, se instaló un interruptor termomagnético de 25 Amp dando asegurando el funcionamiento y daños en los equipos electrónicos. El interruptor termomagnético instalada tiene la función de ser bidireccional en su conexión.

Conductor eléctrico 12 AWG

El cable eléctrico THW-90 número 12 fue vital en el proyecto de investigación al proporcionar un ininterrumpido flujo de energía asegurando un suministro estable para los equipos instalados.

Tomacorrientes bipolares con toma a tierra

Los tomacorrientes instalados en la planta son dispositivos eléctricos que se posicionaron en las estructuras metálicas cerca al motor que va ser monitoreado, proporcionando así una fuente segura de energía para alimentar a los dispositivos electrónicos, este tipo de tomacorrientes son empotrables, para ello se necesitó de cajas para sobreponer los tomacorrientes.

Caja para sobreponer

Para instalar los tomacorrientes se hizo requerimiento de cajas para sobreponer rectangulares y puedan adherirse a las estructuras metálicas, protegiendo algún rose directamente con la parte posterior al tomacorriente.

Tubería corrugada flexible

El cable eléctrico sin ninguna protección presenta grandes riesgos para las personas que transitan por la planta, por ello se instaló tubería corrugada flexible de 3/4 de pulgada, por donde pasaran 3 conductores cubiertos por la misma asegurando la integridad del conductor frente a daños mecánicos y ambientales.

2.3.2 Software

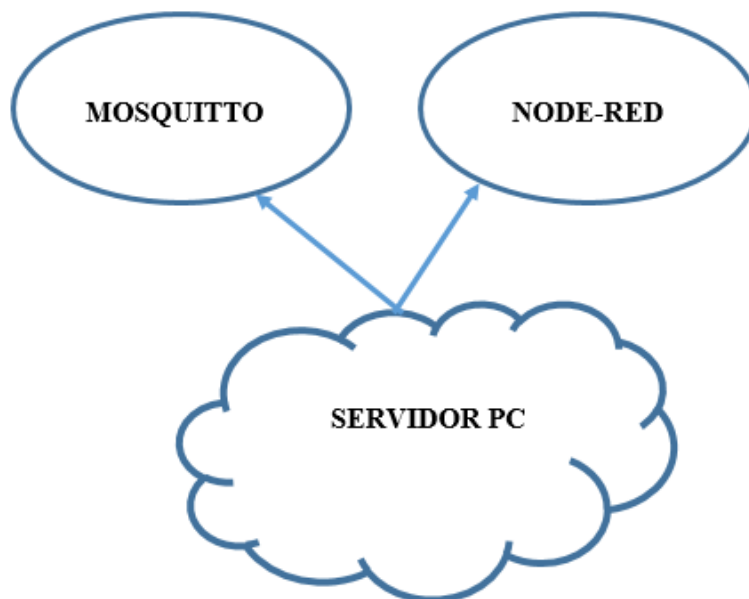
Arduino IDE

Integrated Development Environment es un conjunto de herramientas de software que permitio programar la tarjeta electrónica ESP32 compilando el código previamente desarrollado.

El sistema está compuesto por los siguientes programas como se muestra en el esquema.

Figura 9

Diagrama de software del sistema



Mosquitto bróker

Se hizo requerimiento de un protocolo y un intermediario para la transferencia de datos entre el ESP32 y el SCADA. Este intermediario puede recibir y transmitir datos desde el ESP32 al SCADA y viceversa si es necesario. Dicho intermediario se conoce como bróker. A todo este protocolo se le denomina MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).

Figura 10

Eclipse mosquitto



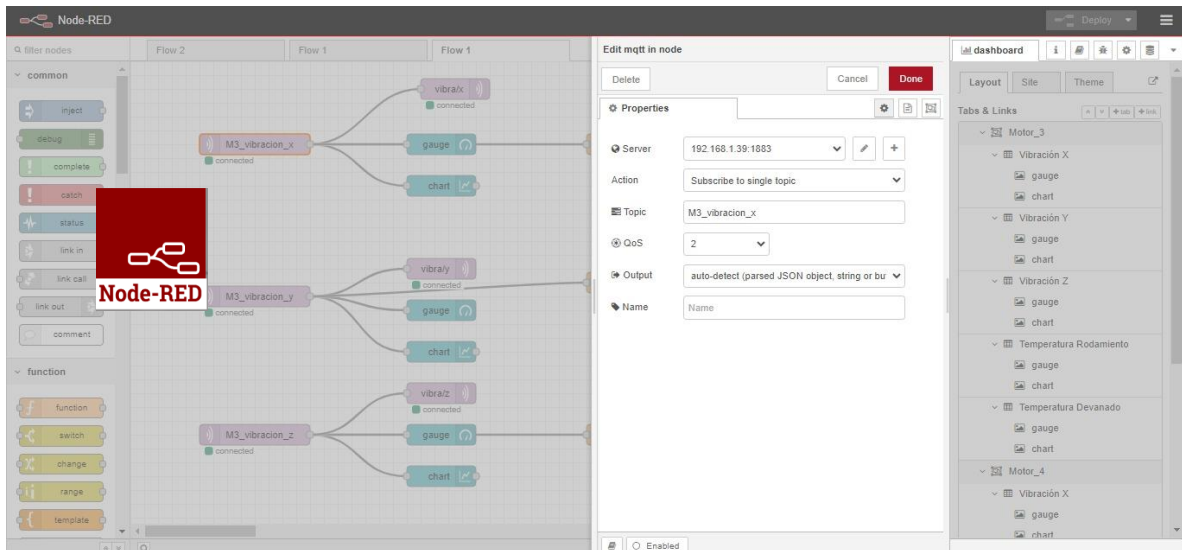
Nota. Imagen extraída de Eclipse Foundation (2024).

Node-red

Este software se ha elegido para realizar el SCADA en el marco de este proyecto porque es fácil de usar, es robusto y requiere pocos recursos de cómputo. Además, existe una gran cantidad de recursos en línea que puede usar para comenzar un proyecto desde cero.

Figura 11

Node-red



2.3.3 Accesorios Cable Jumper Dupont

Estos cables permitieron una conexión rápida y permanente entre diferentes componentes electrónicos. Todo esto facilitó el ensamblaje y la organización de los elementos del sistema durante las etapas de prototipo y desarrollo del proyecto. Gracias a su versatilidad, ayudó a mantener una configuración ordenada y permitió una identificación fácil de los componentes.

Figura 12

Cable Jumper Dupont



Nota. Imagen extraída de Naylamp Mechatronics (2024).

Fuentes de alimentación

Las fuentes de alimentación se encargaron de transformar el voltaje alterno de 220 V a voltaje continuo 3.3V y 5V que es rango de trabajo de la placa electrónica Node MCU-32 ESP32 WiFi.

2.4 Línea de investigación

Automatización

2.5 Población

Teniendo en consideración que el objeto de estudio es el diseño de un sistema de adquisición de datos para monitoreo en tiempo real de variables críticas (vibración y temperatura) de los motores eléctricos de planta piladora industrial el Sol S.A.C, con el fin de anticipar fallas y optimizar el mantenimiento predictivo, asegurando así la eficiencia y la operatividad de los procesos productivos de la planta, se asumirá como población 21 motores eléctricos en funcionamiento.

2.6 Muestreo

El muestreo es no probabilístico o intencional.

2.7 Muestra

Se seleccionó una muestra de 4 motores eléctricos teniendo en consideración la potencia de funcionamiento, ubicación tiempo de operación para este trabajo de investigación.

2.8 Métodos

Cegarra (2004), menciona que el método inductivo se fundamenta en utilizar declaraciones específicas, tales como descripciones de resultados, experiencias u observaciones, para luego generalizarlas y formular enunciados universales.

Por otro lado, Maya (2014), define al método inductivo es una forma de razonamiento que comienza con la observación y análisis de casos particulares, descomponiéndolos en partes para llegar a leyes generales y, finalmente, presentar una conclusión concreta.

El método de investigación será inductivo porque se iniciará con la implementación de sensores para ser monitoreados según los parámetros especificados (temperatura y vibración), luego se serán seleccionados que motores requerirán de un mantenimiento.

2.9 Procedimiento

La investigación realizada siguió con los siguientes procedimientos con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos del proyecto.

2.9.1 Análisis situacional de los motores eléctricos

2.9.1.1 Visita a la planta industrial

Se realizó la visita a las instalaciones de la planta industrial, tuvo como finalidad tener una reunión con el gerente Isaac Campos Silva y se realice un reconocimiento de la distribución de la planta industrial, dar a conocer el proceso de producción, la cantidad de motores eléctricos y el problema principal que aqueja respecto a los motores causando pérdidas económicas.

2.9.1.2 Solicitud de fichas técnicas.

De acuerdo a la visita realizada a la planta industrial, se le hizo llegar al gerente que se nos proporcionara las fichas técnicas de cada uno de los motores, con el fin de tener una mayor perspectiva de cada uno de los motores y poder realizar un análisis y determinar la cantidad y cuáles serán puesto a estudio.

2.9.1.3 Selección de motores

Para la selección de motores se consideró diferentes aspectos tales como:

- Uno de los aspectos que se considero fue por su antigüedad en la planta debido a que es más probable que presente fallas.
- Por otro lado, se consideró por su potencia de funcionamiento, ya que es exigido mucho más que los otros motores eléctricos.
- También se consideró de acuerdo a su distribución en la planta y accesibilidad para poder instalar el sistema.
- Por último, se consideró la existencia y el acceso a las fichas técnicas.

2.9.2 Puesta en funcionamiento el sistema de mantenimiento predictivo IoT en la planta Piladora el Sol S.A.C.

2.9.2.1 Diseño del sistema

Para diseñar el sistema de adquisición de datos se realizaron un conjunto de actividades relacionadas que implican sistemas eléctricos, automatización, programación y el de conexión remota con el servidor.

2.9.2.1.1. Sistema de suministro eléctrico

para suministrar energía el monitoreo de los cuatro motores seleccionados se realizó el diseño considerando factores influyentes:

- Se verifico de que punto de alimentación se iba a suministrar el sistema eléctrico.
- Luego de ello se consideró la ubicación de la llave termomagnetica, llave diferencial y los tomacorrientes teniendo en cuenta la accesibilidad para la conexión de los dispositivos de automatización.
- Después se calculó la cantidad y el calibre del conductor que se va a emplear para la instalación.

2.9.2.1.2. Código ESP32 con Arduino IDE

Para realizar la programación del código para los sensores y la conexión con el servidor se utilizaron diferentes métodos.

- La empresa proveedora del sensor WTVB01-485 importado desde china, brindo un código en lenguaje arduino pero no era compatible con la tarjeta electrónica ESP32. A este código se le tuvieron que agregar otras librerías y modificaciones para poder tener una conexión con la ESP32.
- Como se consideró medir temperatura de devanado se realizó la creación de un código que sea compatible el sensor termocupla K con la ESP32.
- También se agregó un código para la conexión de la ESP32 con el servidor mediante el bróker mosquitto. Consiste en agregarle las credenciales de una red Wifi local al código, también se agregó un código para la reconexión automática en caso el sistema se desconecte.

2.9.2.1.3. Node-red

Para la creación de los nodos que se utilizaron se consideró.

- Se realizó mediante la creación de un nodo que permitió la conexión de la ESP32 al Node-red con el protocolo MQTT.
- Se realizó la creación de nodos que fueron considerados para el numero de motores que van a ser analizados.
- Por otro lado, también se realizaron nodos para los parámetros de cada motor analizado, tal como la vibración en el eje X, eje Y, eje Z, temperatura de rodamientos y temperatura de devanado.
- Todos los parámetros fueron visualizados en el programa mediante la opción dashboard que permitió verificar los niveles de vibración y temperatura.

- También se realizaron nodos que permitan guardar las mediciones de los parámetros en el servidor en diferentes carpetas del disco E y F en la fecha y hora exacta.

2.9.2.1.4. Conexión de los dispositivos de automatización

Para realizar el conexión del sistema en un diagrama electrónico se tuvo que probar con diferentes softwares que contengan los dispositivos que se está utilizando en el proyecto. Es así que para realizar el circuito se realizó mediante el software FRITZING, un software que se puede utilizar de manera gratuita.

2.9.2.2 Adquisición de materiales

Para el Hardware del sistema se tuvo que realizar diversas compras nacionales e internacionales.

La mayor parte de los dispositivos electrónicos fueron comprados de la empresa Nylamp Mechatronics S.A.C ubicada en la ciudad de Trujillo, en primera partida se compró los siguientes dispositivos para una prueba piloto (Módulo MPU6050: Acelerómetro, Giroscopio I2C, Módulo MAX485 Conversor RS485 a Serial TTL, Termocupla K + Transmisor MAX6675, NodeMCU-32 38-pin ESP32 WiFi, Cable USB-A a Micro-USB 180cm).

Después de la prueba piloto que se realizó se determinó que el Módulo MPU6050: Acelerómetro, Giroscopio I2C no sería aplicable para el proyecto por su inestable calibración. Como segunda partida se hizo requerimiento de sensores WTBV01-485 del País de China, teniendo un lapso de tiempo en llegar de 2 meses.

Luego de haber realizado la calibración de la prueba piloto se hizo requerimiento de la tercera y última partida, teniendo como proveedor a Nylamp Mechatronics S.A.C,

quedando el sistema operativo para su respectiva instalación en la planta Piladora de arroz.

La compra de los otros materiales como los eléctricos y los accesorios se compraron en la ciudad de Jaén,

2.9.2.3 Instalación del sistema

2.9.2.3.1. Instalación del sistema de suministro eléctrico

Para poder instalar los dispositivos electrónicos, se tuvo que instalar previamente un sistema eléctrico. La instalación eléctrica se basó en la ubicar 4 tomacorrientes distribuidos estratégicamente considerando una distancia prudente del motor en estudio, también se instaló una llave termomagnética como medida de protección para los dispositivos.

Para determinar el calibre del conductor y la capacidad de corriente de la llave termomagnética se realizó mediante los siguientes cálculos.

Cuadro de cargas.

Descripción	P.I (Watt)	F.D	M.D (Watt)
CPU DELL	150	1	150
MONITOR	50	1	50
ELEMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN	100	1	100
TOTAL			300

La carga del sistema instalado es de 2500 watt, con un suministro monofásico 220, de acuerdo a la regla del CNE-UTILIZACION menciona que se debe utilizar la mayor de las cargas calculadas en la 050-202(1)(a) que salió **1.36 A** o 050-202(1)(b) **25 A**.

Corriente nominal

$$I_n = \frac{M.D}{220 \times F.P}$$

Considerando F. P= 1

$$I_n = \frac{300}{220 \times 1}$$

$$I_n = 1.36 \text{ Amp}$$

Es por ello que se considera:

- Dispositivo de protección: Se consideró una llave termomagnética de 25 Amperios debido a la regla que especifica el CNE-UTILIZACION 050-202(1)(b), que indica si la carga calculada es menor a 25 amperios, como mínimo se debe instalar dispositivos de protección de 25 A.
- Para la elección de la llave diferencial se tuvo en cuenta que esta debe ser igual o mayor la capacidad de corriente que de la llave termomagnética, es por ello que se consideró de 25 A.
- Calibre del conductor: Considerando THW-90 el calibre del conductor es 12 AWG que puede soportar hasta 30 Amp.

Figura 13*Tabla de datos técnicos del conductor*

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (AWG / MCM)									
CALIBRE CONDUCTOR	SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
			mm	mm	mm	mm		AIRE	DUCTO
AWG/MCM	mm ²						Kg/Km	A	A
14	2.1	7	0.60	1.75	0.8	3.4	28	35	25
12	3.3	7	0.76	2.20	0.8	3.8	40	40	30
10	5.3	7	0.96	2.78	0.8	4.4	59	56	40
8	8.4	7	1.20	3.61	1.1	5.9	98	80	56
6	13.3	7	1.53	4.60	1.5	7.6	161	107	75
4	21.1	7	1.93	5.80	1.5	8.9	240	141	96
2	33.6	7	2.44	7.31	1.5	10.4	363	192	130
1/0	53.4	19	1.87	8.58	2	12.7	570	260	170
2/0	67.4	19	2.10	9.64	2	13.8	704	300	197
3/0	85.1	19	2.35	10.82	2	15	871	350	226
4/0	107.2	19	2.64	12.15	2.4	17.1	1109	406	260
250	126.7	37	2.06	13.25	2.4	18.2	1289	457	290
300	151.9	37	2.25	14.51	2.4	19.5	1527	505	321
350	177.5	37	2.44	15.69	2.4	20.6	1769	569	350
500	253.1	37	2.91	18.73	2.8	24.5	2512	699	429

- Para la selección de la tubería corrugada flexible se tuvo una consideración antisísmica, que permite mayor flexibilidad y un desplazamiento relativo en sus extremos sin entrar en deformaciones plásticas y no afectar los conductores porque la planta industrial se encuentra en una constante vibración originada por las maquinas. El diámetro seleccionado de tubería corrugada flexible es de 3/4', teniendo en cuenta que atraviesan 3 conductores, llegando así a ocupar menos del 70%.

2.9.2.3.2. Instalación de los elementos de automatización

Luego de haber realizado la instalación del sistema de suministro eléctrico se pasó a todo el sistema de control y monitoreo que consistió en montar los sensores de vibración, sensor de temperatura, tarjeta electrónica ESP32 y sus complementos.

2.9.2.3.3. Instalación de software

Por último, se realizó la instalación del software node-red y mosquitto en el servidor que se encargó de procesar y almacenar los datos emitidos por el protocolo mqtt, cabe recalcar que las utilizaciones de estos softwares son gratuitas.

2.9.2.4 Pruebas de funcionamiento

Para la prueba de funcionamiento del sistema en general se realizó mediante diversos pasos.

- En primer lugar, se verifico si en los puntos de alimentación eléctrica se con contaba con un voltaje alterno de 220 V, conforme se corroboró se procedió al siguiente paso.
- Luego de ello se realizó una prueba a los sensores WTVB01-485 Y EL TERMOCUPLA TIPO K para verificar su funcionamiento.
- Posteriormente se realizó las pruebas de continuidad mediante la conexión mqtt de la tarjeta eléctrica ESP32 con el node-red para verificar si hay transferencia de datos.
- Por último, se realizó la prueba de almacenamiento al servidor de valores emitidos por los sensores.

Luego de haber realizado una prueba de funcionamiento del sistema se tuvo observaciones para una lectura continua y estas fueron subsanadas durante el proceso de prueba, de tal manera que el sistema quedo operativo y puesto en funcionamiento de manera continua e ininterrumpida.

2.9.2.5 Captación de datos arrojados del sistema

La captación de la medición de los parámetros de cada motor fue realizado por la placa electrónica ESP32, que posteriormente fue enviada mediante una ruta IP al programa Node-red, a este programa se le asignó una ruta que guarde los datos en un archivo Excel. Para los motores 1 y 3 se le asignó una ruta en el disco E y para los motores 2 y 4 la ruta asignada fue en el disco F del servidor.

2.9.2.6 Lectura y análisis de los parámetros

Después de haber cumplido el tiempo designado para la medición de los parámetros en los motores se realizo

- Verificar la fecha y hora en que la planta industrial estuvo en funcionamiento
- Luego se extrajo los valores de cada parámetro cuando la planta estuvo en funcionamiento y se procesó en un nuevo archivo Excel para su mejor procesamiento de datos. Este proceso se realizó para los 4 motores de manera separada.
- Luego se realizó un análisis estadístico determinando la media, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación de la medición de los cuatro motores con los parámetros de vibración en el eje X, eje Y, eje Z, temperatura de rodamiento y temperatura de devanado.
- Por último, se realizó una comparación del análisis estadístico de cada motor en diferentes días de funcionamiento.

2.9.3 Evaluación económica

Se realizó una evaluación económica del proyecto de investigación para determinar si la implementación del sistema es rentable para la empresa previniendo paradas intempestivas del proceso de producción.

2.9.3.1 Presupuesto de inversión del proyecto

Se realizó el presupuesto de inversión del proyecto considerando costos directos e indirectos del estudio de cuatro motores eléctricos.

- En los costos directos se incluyeron los gastos de equipos, materiales y mano de obra
- Por parte de los costos indirecto se incluyeron los gastos del servicio de internet, servicio eléctrico y curso de especialización en programación arduino para el personal investigador

2.9.3.2 VAN y TIR

Para poder determinar el VAN de proyecto se tuvo que realizar los siguientes pasos:

- En primer lugar, se determinó el flujo de caja del proyecto estimando los ingresos y gastos.
- Luego se determinó la tasa de descuento considerada para el proyecto, una vez obtenido estos datos se determinó el VAN
- Por último, se realizó la interpretación del VAN, donde si es mayor a 0 el proyecto es rentable, si el VAN es igual a 0 el proyecto no genera ganancias ni pérdidas, es decir solo recupera la inversión y si el VAN es menor que 0

el proyecto no es rentable ya que no se recuperaría la inversión inicial del proyecto.

Formula del VAN

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{v_t}{(1+k)^k} - I_0$$

Donde:

v_t : Flujo de beneficios (o costos) netos para el periodo t.

I_0 : Inversión inicial

n : Periodo de evaluación

k : Tasa de descuento

Para poder determinar el TIR se consideró el valor del VAN sea cero, esto se realizó con la finalidad de tener un rendimiento esperado la inversión a largo de su vida útil.

Formula de TIR

$$TIR = \sum_{t=1}^{norte} \frac{fa}{(1+i)^n}$$

Donde:

f_a : Flujo de caja futuros en cada periodo

I_0 : Inversión inicial

n : Periodo de evaluación

i : Tasa de descuento

Estos dos indicadores VAN y TIR también se desarrollaron en Excel, generando el mismo resultado con las formulas aplicadas manualmente.

III. RESULTADOS

Después de haber realizado la investigación se llegó a los siguientes resultados, considerando cada uno de sus objetivos planteados.

3.1 Análisis situacional de los motores

Dentro de este objetivo se tuvo como resultado la selección de 4 motores de los 21 instalados en la planta industrial de la marca WEG de potencias distintas 7.5 Hp, 20 Hp, 3 Hp y 40 Hp, todos aquellos distribuidos en diferentes procesos de la planta, mejorando así el estudio del proyecto.

Motor WEG-200L

Uno de los 4 motores puestos a estudio es el modelo WEG-200L trifásico 3 Φ de 30 kW (40HP), algunas de sus características técnicas son:

- Carcasa: 200L
- Potencia: 30 kW (40HP)
- Tensión nominal: 380 V
- Numero de polos: 4
- Clase de aislamiento: F
- Temperatura ambiente: -20 °C hasta + 40 °C

Figura 14

Especificaciones técnicas del motor WEG 40 HP


HOJA DE DATOS						
Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula						
Cliente :						
Línea del producto : W22 IE2 Trifásico			Código del producto :		14420337	
			Catalog # :		E03018EP3Y200LF3-W22	
Carcasa : 200L Potencia : 30 kW (40 HP) Polos : 4 Frecuencia : 50 Hz Tensión nominal : 380/660 V Corriente nominal : 59.5/34.3 A Corriente de arranque : 363/209 A Ip/In : 6.1 Corriente en vacío : 21.6/12.4 A Rotación nominal : 1470 rpm Resbalamiento : 2.00 % Torque nominal : 195 Nm Torque de arranque : 210 % Torque máximo : 229 % Clase de aislamiento : F Factor de servicio : 1.00 Momento de inercia (J) : 0.2929 kgm ² Categoría : N			Tiempo de rotor bloqueado : 19s (frío) 11s (caliente) Elevación de temperatura : 80 K Régimen de servicio : S1 Temperatura ambiente : -20°C hasta +40°C Altitud : 1000 m Grado de protección : IP55 Método de refrigeración : IC411 - TEFC Forma constructiva : B3T Sentido de giro ¹ : Ambos Nivel de ruido ² : 65.0 dB(A) Método de Arranque : Partida directa Masa aproximada ³ : 237 kg			
Potencia	25%	50%	75%	100%	Fuerzas en la fundación	
Rendimiento (%)	91.8	92.0	92.3	92.3	Tracción máxima : 4309 N	
Cos Φ	0.44	0.68	0.78	0.83	Compresión máxima : 6629 N	
Pérdidas en puntos de funcionamiento estándar (velocidad; par), en porcentaje de la potencia nominal						
P1 (0,9;1,0)	P2 (0,5;1,0)	P3 (0,25;1,0)	P4 (0,9;0,5)	P5 (0,5;0,5)	P6 (0,5;0,25)	P7 (0,25;0,25)
8.2	7.3	7.0	3.7	2.7	1.7	1.2
Tipo de cojinete :			<u>Delantero</u>		<u>Trasero</u>	
Sello :			6312 ZZ C3		6212 ZZ C3	
Intervalo de lubricación :			V'Ring		V'Ring	
Cantidad de lubricante :			-		-	
Tipo de lubricante :			Mobil Polyrex EM			

Figura 15

Motor WEG 40 HP instalado en la planta industrial



Motor WEG-90L

Otro de los motores elegidos es el modelo WEG-90L monofásico 2 Φ de 2.2 kW (3 HP), algunas de sus características técnicas son:

- Carcasa: 90L
- Potencia: 2.2 kW (3 HP)
- Tensión nominal: 220 V
- Numero de polos: 2
- Clase de aislamiento: F
- Temperatura ambiente: -20 °C hasta + 40 °C

Figura 16

Especificaciones técnicas del motor WEG 3 HP


HOJA DE DATOS						
Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula						
Cliente :						
Línea del producto : W22 IE3 Trifásico		Código del producto :		12862430		
Carcasa	: 90L	Tiempo de rotor bloqueado	: 16s (frío) 9s (caliente)			
Potencia	: 2.2 kW (3 HP)	Elevación de temperatura	: 80 K			
Polos	: 2	Régimen de servicio	: S1			
Frecuencia	: 50 Hz	Temperatura ambiente	: -20°C hasta +40°C			
Tensión nominal	: 230/400 V	Altitud	: 1000 m			
Corriente nominal	: 7.84/4.51 A	Grado de protección	: IP55			
Corriente de arranque	: 58.8/33.8 A	Método de refrigeración	: IC411 - TEFC			
Ip/In	: 7.5	Forma constructiva	: B5T			
Corriente en vacío	: 4.17/2.40 A	Sentido de giro ¹	: Ambos			
Rotación nominal	: 2885 rpm	Nivel de ruido ²	: 62.0 dB(A)			
Resbalamiento	: 3.83 %	Método de Arranque	: Partida directa			
Torque nominal	: 7.29 Nm	Masa aproximada ³	: 24.1 kg			
Torque de arranque	: 350 %					
Torque máximo	: 340 %					
Clase de aislamiento	: F					
Factor de servicio	: 1.00					
Momento de inercia (J)	: 0.0026 kgm ²					
Categoría	: N					
Potencia	50%	75%	100%	Fuerzas en la fundación		
Rendimiento (%)	83.0	85.9	85.9	Tracción máxima : 636 N		
Cos Φ	0.62	0.75	0.82	Compresión máxima : 873 N		
Pérdidas en puntos de funcionamiento estándar (velocidad; par), en porcentaje de la potencia nominal						
P1 (0,9;1,0)	P2 (0,5;1,0)	P3 (0,25;1,0)	P4 (0,9;0,5)	P5 (0,5;0,5)	P6 (0,5;0,25)	P7 (0,25;0,25)
16.0	14.1	12.9	7.6	5.3	3.5	2.5
Tipo de cojinete		<u>Delantero</u>		<u>Trasero</u>		
Sello		6205 ZZ		6204 ZZ		
Intervalo de lubricación		Retentor con resorte		Retentor		
Cantidad de lubricante		-		-		
Tipo de lubricante		Mobil Polyrex EM				

Figura 17

Motor WEG 3 HP instalado en la planta industrial



Motor WEG-112M

Otro de los motores elegidos es el modelo WEG-112 M trifásico 3 Φ de 5.5 kW (7.5 HP), algunas de sus características técnicas son:

- Potencia: 5.5 kW (7.5 HP)
- Tensión nominal: 380 V

- Numero de polos: 3
- Clase de aislamiento: F
- Temperatura ambiente: -20 °C hasta + 40 °C

Figura 18

Especificaciones técnicas del motor WEG 7.5 HP


HOJA DE DATOS									
Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula									
Cliente :									
Línea del producto : W22 IE2 Trifásico				Código del producto :		11605453			
Carcasa : 112M Potencia : 5.5 kW (7.5 HP) Polos : 4 Frecuencia : 60 Hz Tensión nominal : 220/440 V Corriente nominal : 21.2/10.6 A Corriente de arranque : 155/77.4 A Ip/In : 7.3 Corriente en vacío : 12.8/6.40 A Rotación nominal : 1750 rpm Resbalamiento : 2.78 % Torque nominal : 3.06 kgfm Torque de arranque : 270 % Torque máximo : 330 % Clase de aislamiento : F Factor de servicio : 1.15 Momento de inercia (J) : 0.0180 kgm ² Categoría : N			Tiempo de rotor bloqueado : 27s (frío) 15s (caliente) Elevación de temperatura : 80 K Régimen de servicio : S1 Temperatura ambiente : -20°C hasta +40°C Altitud : 1000 m Grado de protección : IP55 Método de refrigeración : IC411 - TEFC Forma constructiva : B3L(D) Sentido de giro ¹ : Ambos Nivel de ruido ² : 56.0 dB(A) Método de Arranque : Partida directa Masa aproximada ³ : 46.1 kg						
Potencia	50%	75%	100%	Fuerzas en la fundación					
Rendimiento (%)	88.0	89.1	90.0				Tracción máxima	: 189 kgf	
Cos Φ	0.53	0.67	0.76				Compresión máxima	: 235 kgf	
Pérdidas en puntos de funcionamiento estándar (velocidad; par), en porcentaje de la potencia nominal									
P1 (0,9;1,0)	P2 (0,5;1,0)	P3 (0,25;1,0)	P4 (0,9;0,5)	P5 (0,5;0,5)	P6 (0,5;0,25)	P7 (0,25;0,25)			
10.6	9.2	9.3	5.7	4.2	3.2	2.4			
Tipo de cojinete :		<u>Delantero</u>		<u>Trasero</u>					
Sello :		6207 ZZ		6206 ZZ					
Intervalo de lubricación :		V'Ring		V'Ring					
Cantidad de lubricante :		-		-					
Tipo de lubricante :		Mobil Polyrex EM							

Figura 19

Motor WEG 7.5 HP instalado en la planta industrial



Motor WEG-160 M/L

Otro de los motores elegidos es el modelo WEG-160 M/L trifásico 3Φ de 15 kW (20 HP), algunas de sus características técnicas son:

- Potencia: 15 kW (20 HP)
- Tensión nominal: 380 V
- Numero de polos: 3
- Clase de aislamiento: F
- Temperatura ambiente: -20 °C hasta + 40 °C

Figura 20

Especificaciones técnicas del motor WEG 20 HP


HOJA DE DATOS						
Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula						
Cliente :						
Línea del producto : Multimontaje 00047 IE3 Trifásico			Código del producto :		15246217	
Carcasa	: 160M/L		Tiempo de rotor bloqueado	: 21s (frío) 0s (caliente)		
Potencia	: 15 kW (20 HP)		Elevación de temperatura	: 80 K		
Polos	: 4		Régimen de servicio	: S1		
Frecuencia	: 60 Hz		Temperatura ambiente	: -20°C hasta +40°C		
Tensión nominal	: 220/380/440 V		Altitud	: 1000 m		
Corriente nominal	: 51.6/29.9/25.8 A		Grado de protección	: IP55		
Corriente de arranque	: 387/224/194 A		Método de refrigeración	: IC411 - TEFC		
Ip/In	: 7.5		Forma constructiva	: B3T		
Corriente en vacío	: 24.9/14.4/12.4 A		Sentido de giro ¹	: Ambos		
Rotación nominal	: 1765 rpm		Nivel de ruido ²	: 69.0 dB(A)		
Resbalamiento	: 1.94 %		Método de Arranque	: Partida directa		
Torque nominal	: 81.2 Nm		Masa aproximada ³	: 111 kg		
Torque de arranque	: 280 %					
Torque máximo	: 300 %					
Clase de aislamiento	: F					
Factor de servicio	: 1.15					
Momento de inercia (J)	: 0.1263 kgm ²					
Categoría	: N					
Potencia	50%	75%	100%	Fuerzas en la fundación		
Rendimiento (%)	90.2	91.4	93.0	Tracción máxima : 3289 N		
Cos Φ	0.64	0.76	0.82	Compresión máxima : 4383 N		
Pérdidas en puntos de funcionamiento estándar (velocidad; par), en porcentaje de la potencia nominal						
P1 (0,9;1,0)	P2 (0,5;1,0)	P3 (0,25;1,0)	P4 (0,9;0,5)	P5 (0,5;0,5)	P6 (0,5;0,25)	P7 (0,25;0,25)
7.3	6.0	5.7	4.0	2.8	2.0	1.4
Tipo de cojinete	: Delantero 6309 ZZ C3		: Trasero 6209 ZZ C3			
Sello	: VRing		: VRing			
Intervalo de lubricación	: -		: -			
Cantidad de lubricante	: -		: -			
Tipo de lubricante	: Mobil Polyrex EM					

Figura 21

Motor WEG 20 HP instalado en la planta industrial



3.2 Puesta en funcionamiento del sistema

3.2.1 Diseño del sistema

Como resultado del diseño del sistema de adquisición de datos se obtuvo lo siguiente:

Sistema de suministro eléctrico

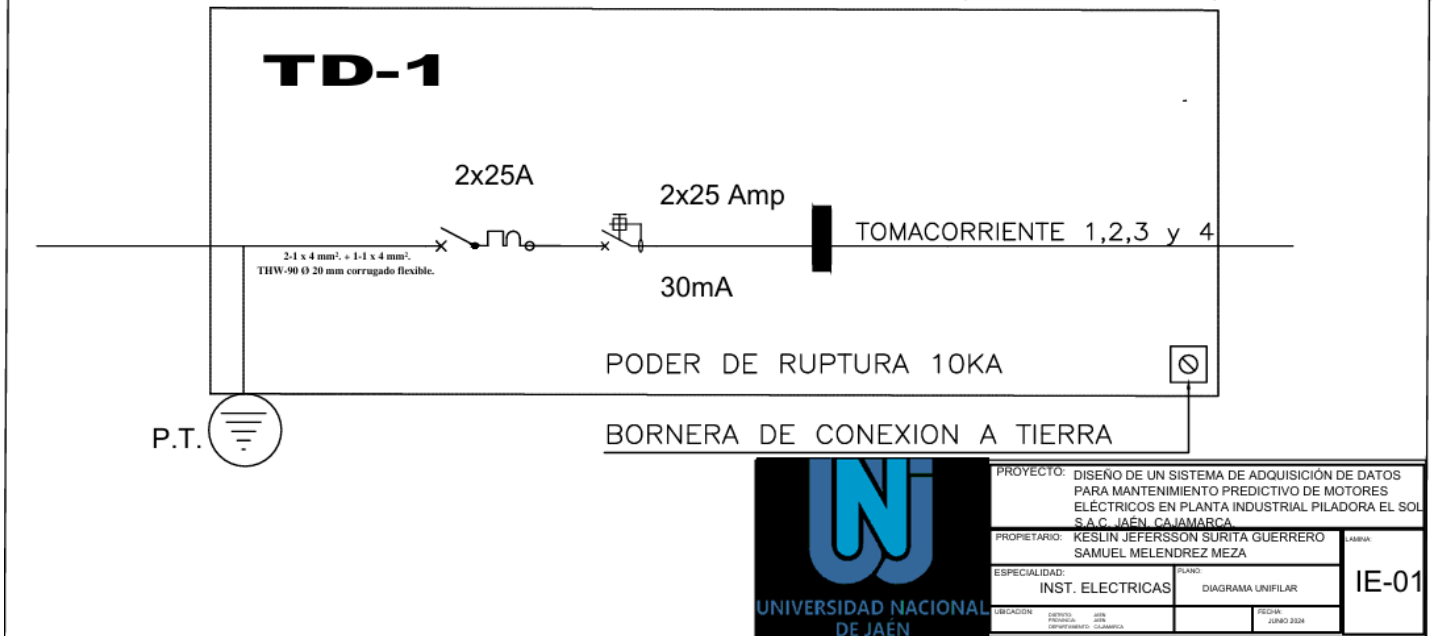
Se realizó el diagrama unifilar de acuerdo a las cargas de energía que existen en el proyecto.

Figura 22

Diagrama unifilar del sistema eléctrico

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN TD

8 POLOS MAS 1 DIFERENCIAL DEL TIPO PARA ADOSAR (220V, 1Ø, 60Hz)



Nota. Se logra apreciar el diagrama unifilar del sistema eléctrico que consta con sus dispositivos de protección y sus tomacorrientes

Programación en Arduino IDE para la tarjeta electrónica ESP32

Librerías de los sensores

```
#include <REG.h>           //Incluimos librería para sensor WTVB01-485
#include <wit_c_sdk.h>     //Incluimos librería para sensor WTVB01-485
#include "max6675.h"       //Incluimos librería para transmisor de temperatura MAX6675
```

Librerías para la comunicación del ESP32, NODE-RED Y MQTT

```
#include "Adafruit_MQTT.h"
#include "Adafruit_MQTT_Client.h"
#include <WiFi.h>
```

Credenciales para conexión al WiFi

```
#define WLAN_SSID "MOVISTAR_9EE0"  
#define WLAN_PASS "3QL4UrYcQvtHReXsTqC"
```

Directivas de procesadores

```
#define HOST "192.168.1.39"  
#define PORT 1883  
#define USERNAME "Molino"  
#define PASSWORD "Molino"
```

Configuración de la conexión MQTT

```
WiFiClient client;  
Adafruit_MQTT_Client mqtt(&client, HOST, PORT, USERNAME,  
PASSWORD);  
Adafruit_MQTT_Publish M4_vibracion_x =  
Adafruit_MQTT_Publish(&mqtt, "M4_vibracion_x");  
Adafruit_MQTT_Publish M4_vibracion_y =  
Adafruit_MQTT_Publish(&mqtt, "M4_vibracion_y");  
Adafruit_MQTT_Publish M4_vibracion_z =  
Adafruit_MQTT_Publish(&mqtt, "M4_vibracion_z");  
Adafruit_MQTT_Publish M4_temperatura_rod =  
Adafruit_MQTT_Publish(&mqtt, "M4_temp_rod");  
Adafruit_MQTT_Publish M4_temperatura_dev =  
  
Adafruit_MQTT_Publish(&mqtt, "M4_temp_dev");
```

Declaración de variable para el sensor WTB01-485

```
double vib_X;  
double vib_Y;  
double vib_Z;  
double temp_rod;
```

Configuración del sensor de temperatura thermocouple con el transmisor MAX 6675

```
int thermoDO = 27;  
int thermoCS = 14;  
int thermoCLK = 12;  
double temp_dev;  
float temp_raw;
```

Definición de constantes y variables

```
#define ACC_UPDATE 0x01  
#define GYRO_UPDATE 0x02  
#define ANGLE_UPDATE 0x04  
#define VEL_UPDATE 0x08
```

```

#define TEMP_UPDATE 0x10
#define DIS_UPDATE 0x20
#define HZ_UPDATE 0x40
#define READ_UPDATE 0x80
static volatile char s_cDataUpdate = 0, s_cCmd = 0xff;
static void CmdProcess(void);
static void RS485_IO_Init(void);
static void AutoScanSensor(void);
static void SensorUartSend(uint8_t *p_data, uint32_t uiSize);
static void CopeSensorData(uint32_t uiReg, uint32_t uiRegNum);
static void Delaysms(uint16_t ucMs);
void GetData(float fAngle[3], short sVel[3], short sDis[3], short
sHz[3], float fTemp);
void GetTime(void);

const uint32_t c_uiBaud[7] = { 0, 4800, 9600, 19200, 38400,
57600, 115200 };

//Declaramos funciones para conexion MQTT
void MQTT_connect();

```

Setup

```

void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    Serial.begin(115200);
    Serial.println("MAX6675 test");
    delay(500);
    Serial2.begin(115200, SERIAL_8N1, 16, 17);
    RS485_IO_Init();
    WitInit(WIT_PROTOCOL_MODBUS, 0x50);
    WitSerialWriteRegister(SensorUartSend);
    WitRegisterCallback(CopeSensorData);
    WitDelayMsRegister(Delaysms);
    Serial.print("\r\n***** wit-motion modbus
example *****\r\n");
    AutoScanSensor();

    //Configuracion para conexion a wifi y MQTT

    delay(1);
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(WLAN_SSID);

    WiFi.begin(WLAN_SSID, WLAN_PASS);

```

```

int i = 0;
for (; i < timeout; i++) {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) break;
    delay(100);
    Serial.print(".");
}
if (i == timeout)
    Serial.println("No Conectado");

Serial.println("Wifi Conectado");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());

MQTT_connect();
}

struct STime {
    unsigned char ucYear;
    unsigned char ucMonth;
    unsigned char ucDay;
    unsigned char ucHour;
    unsigned char ucMinute;
    unsigned char ucSecond;
    unsigned short usMs;
} stcTime;
int i;
float fAngle[3], ftemp;
short sVel[3], sDis[3], sHz[3];

```

Loop

```

void loop() {

    // Revisar la conexión WiFi
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        Serial.println("Conexión perdida, reconectando...");
        WiFi.reconnect();
        while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
            delay(1000);
            Serial.print(".");
        }
        Serial.println("");
        Serial.println("Reconexión exitosa");
        Serial.print("Dirección IP: ");
        Serial.println(WiFi.localIP());
    }
}

```

```

//*****

// Reconectar si se pierde la conexión MQTT
if (!mqtt.connected()) {
    Serial.println("Conexión MQTT perdida. Intentando
reconectar...");
    int8_t ret;
    while ((ret = mqtt.connect()) != 0) { // Conectarse al
servidor MQTT
        Serial.println(mqtt.connectErrorString(ret));
        Serial.println("Intentando de nuevo en 5 segundos...");
        mqtt.disconnect();
        delay(5000);
    }
    Serial.println("MQTT reconectado!");
}

temp_raw = thermocouple.readCelsius(); //Leemos la temperatura

WitReadReg(YMM, 23);
delay(500);
while (Serial2.available()) {
    WitSerialDataIn(Serial2.read());
}
while (Serial.available()) {
    CopeCmdData(Serial.read());
}
CmdProcess();
if (s_cDataUpdate) {
    GetData(fAngle, sVel, sDis, sHz, ftemp);
    //GetTime();

    if (s_cDataUpdate & ANGLE_UPDATE) {
        Serial.print("angle:");
        Serial.print(fAngle[0], 3);
        Serial.print(" ");
        Serial.print(fAngle[1], 3);
        Serial.print(" ");
        Serial.print(fAngle[2], 3);
        Serial.print("\r\n");
        s_cDataUpdate &= ~ANGLE_UPDATE;
    }
    if (s_cDataUpdate & VEL_UPDATE) {

```

```

    Serial.print("vel:");
    Serial.print(sVel[0], 3);
    Serial.print(" mm/S ");
    Serial.print(sVel[1], 3);
    Serial.print(" mm/S ");
    Serial.print(sVel[2], 3);
    Serial.print(" mm/S\r\n");
    s_cDataUpdate &= ~VEL_UPDATE;
}
if (s_cDataUpdate & DIS_UPDATE) {
    Serial.print("dis:");
    Serial.print(sDis[0], 3);
    Serial.print(" um ");
    Serial.print(sDis[1], 3);
    Serial.print(" um ");
    Serial.print(sDis[2], 3);
    Serial.print(" um\r\n");
    s_cDataUpdate &= ~DIS_UPDATE;
}
if (s_cDataUpdate & HZ_UPDATE) {
    Serial.print("hz:");
    Serial.print(sHz[0], 3);
    Serial.print(" Hz ");
    Serial.print(sHz[1], 3);
    Serial.print(" Hz ");
    Serial.print(sHz[2], 3);
    Serial.print(" Hz\r\n");
    s_cDataUpdate &= ~HZ_UPDATE;
}
if (s_cDataUpdate & TEMP_UPDATE) {
    Serial.print("temp_rod:");
    Serial.print(ftemp, 2);
    Serial.print("\r\n");
    s_cDataUpdate &= ~TEMP_UPDATE;
}
s_cDataUpdate = 0;
}

//Imprimimos mediciones de temperatura del devanado
Serial.print("temp_dev:");
Serial.println(temp_raw, 2);
Serial.println(" ");

//Enviando las mediciones de vibracion por MQTT

```

```

vib_X = sVel[0];
vib_Y = sVel[1];
vib_Z = sVel[2];
temp_rod = ftemp;
temp_dev = temp_raw;

delay(150);
M3_vibracion_x.publish(vib_X);
delay(100);
M3_vibracion_y.publish(vib_Y);
delay(100);
M3_vibracion_z.publish(vib_Z);
delay(100);
M3_temperatura_rod.publish(temp_rod);
delay(100);
M3_temperatura_dev.publish(temp_dev);
delay(100);
}

```

Get Time

```

void GetTime(void) {
    stcTime.ucYear = (sReg[YYMM] >> 8) & 0xff;
    stcTime.ucMonth = sReg[YYMM] & 0xff;
    stcTime.ucDay = (sReg[DDHH] >> 8) & 0xff;
    stcTime.ucHour = sReg[DDHH] & 0xff;
    stcTime.ucMinute = (sReg[MMSS] >> 8) & 0xff;
    stcTime.ucSecond = sReg[MMSS] & 0xff;
    stcTime.usMs = sReg[MS];

    Serial.print("Time:");
    Serial.print(stcTime.ucYear, 1);
    Serial.print(":");
    Serial.print(stcTime.ucMonth, 1);
    Serial.print(":");
    Serial.print(stcTime.ucDay, 1);
    Serial.print(":");
    Serial.print(stcTime.ucHour, 1);
    Serial.print(":");
    Serial.print(stcTime.ucMinute, 1);
    Serial.print(":");
    Serial.print(stcTime.ucSecond, 1);
    Serial.print(".");
    Serial.print(stcTime.usMs, 1);
    Serial.print("\r\n");
}

```

Get Data

```

void GetData(float fAngle[3], short sVel[3], short sDis[3], short
sHz[3], float fTemp) {
    for (i = 0; i < 3; i++) {
        fAngle[i] = sReg[ADX + i] / 32768.0f * 180.0f;
        sVel[i] = sReg[VX + i];
        sDis[i] = sReg[DX + i];
        sHz[i] = sReg[HZX + i];
    }
    ftemp = sReg[TEMP] / 100.0f;
}

```

CopeCmdData

```

void CopeCmdData(unsigned char ucData) {
    static unsigned char s_ucData[50], s_ucRxCnt = 0;

    s_ucData[s_ucRxCnt++] = ucData;
    if (s_ucRxCnt < 3) return; //Less than three data returned
    if (s_ucRxCnt >= 50) s_ucRxCnt = 0;
    if (s_ucRxCnt >= 3) {
        if ((s_ucData[1] == '\r') && (s_ucData[2] == '\n')) {
            s_cCmd = s_ucData[0];
            memset(s_ucData, 0, 50);
            s_ucRxCnt = 0;
        } else {
            s_ucData[0] = s_ucData[1];
            s_ucData[1] = s_ucData[2];
            s_ucRxCnt = 2;
        }
    }
}

```

CmdProcess

```

static void CmdProcess(void) {
    switch (s_cCmd) {
        case 'a':
            if (WitStartAccCali() != WIT_HAL_OK) Serial.print("\r\nSet
AccCali Error\r\n");
            break;
        case 'm':
            if (WitStartMagCali() != WIT_HAL_OK) Serial.print("\r\nSet
MagCali Error\r\n");
            break;
        case 'e':
            if (WitStopMagCali() != WIT_HAL_OK) Serial.print("\r\nSet
MagCali Error\r\n");
            break;
    }
}

```



```

        case 'u':
            if (WitSetBandwidth(BANDWIDTH_5HZ) != WIT_HAL_OK)
Serial.print("\r\nSet Bandwidth Error\r\n");
            break;
        case 'U':
            if (WitSetBandwidth(BANDWIDTH_256HZ) != WIT_HAL_OK)
Serial.print("\r\nSet Bandwidth Error\r\n");
            break;
        case 'B':
            if (WitSetUartBaud(WIT_BAUD_115200) != WIT_HAL_OK)
Serial.print("\r\nSet Baud Error\r\n");
            else {
                Serial2.begin(c_uiBaud[WIT_BAUD_115200]);
                Serial.print(" 115200 Baud rate modified
successfully\r\n");
            }
            break;
        case 'b':
            if (WitSetUartBaud(WIT_BAUD_9600) != WIT_HAL_OK)
Serial.print("\r\nSet Baud Error\r\n");
            else {
                Serial2.begin(c_uiBaud[WIT_BAUD_9600]);
                Serial.print(" 9600 Baud rate modified successfully\r\n");
            }
            break;
        case 'h':
            ShowHelp();
            break;
        default: return;
    }
    s_cCmd = 0xff;
}

```

RS485_IO_Init

```

static void RS485_IO_Init(void) {
    pinMode(21, OUTPUT);
}

```

SensorUartSend

```

static void SensorUartSend(uint8_t *p_data, uint32_t uiSize) {
    digitalWrite(21, HIGH);
    Serial2.write(p_data, uiSize);
    Serial2.flush();
    digitalWrite(21, LOW);
}

```

Delays

```
static void Delays(uint16_t ucMs) {  
    delay(ucMs);  
}
```

CopeSensorData

```
static void CopeSensorData(uint32_t uiReg, uint32_t uiRegNum) {  
    int i;  
    for (i = 0; i < uiRegNum; i++) {  
        switch (uiReg) {  
            case AZ:  
                s_cDataUpdate |= ACC_UPDATE;  
                break;  
            case GZ:  
                s_cDataUpdate |= GYRO_UPDATE;  
                break;  
            case VZ:  
                s_cDataUpdate |= VEL_UPDATE;  
                break;  
            case DZ:  
                s_cDataUpdate |= DIS_UPDATE;  
                break;  
            case ADZ:  
                s_cDataUpdate |= ANGLE_UPDATE;  
                break;  
            case HZZ:  
                s_cDataUpdate |= HZ_UPDATE;  
                break;  
            case TEMP:  
                s_cDataUpdate |= TEMP_UPDATE;  
                break;  
            default:  
                s_cDataUpdate |= READ_UPDATE;  
                break;  
        }  
        uiReg++;  
    }  
}
```

AutoScanSensor

```
static void AutoScanSensor(void) {  
    int i, iRetry;  
  
    for (i = 0; i < sizeof(c_uiBaud) / sizeof(c_uiBaud[0]); i++) {  
        Serial2.begin(c_uiBaud[i]);  
    }  
}
```

```

Serial2.flush();
iRetry = 2;
s_cDataUpdate = 0;
do {
    WitReadReg(ADX, 3);
    delay(200);
    while (Serial2.available()) {
        WitSerialDataIn(Serial2.read());
    }
    if (s_cDataUpdate != 0) {
        Serial.print(c_uiBaud[i]);
        Serial.print(" baud find sensor\r\n\r\n");
        ShowHelp();
        return;
    }
    iRetry--;
} while (iRetry);
}
Serial.print("can not find sensor\r\n");
Serial.print("please check your connection\r\n");
}

```

MQTT_connect

```

void MQTT_connect() {
    int8_t ret;
    if (mqtt.connected()) {
        return;
    }

    Serial.print("Connecting to MQTT... ");
    uint8_t retries = 10;
    while ((ret = mqtt.connect()) != 0) { // connect will return 0
for connected
        Serial.println(mqtt.connectErrorString(ret));
        Serial.println("Retrying MQTT connection in 1 second...");
        mqtt.disconnect();
        delay(1000);
        retries--;
        if (retries == 0)
            Serial.println("No Conectado");
    }
    Serial.println("MQTT Connected!");
}

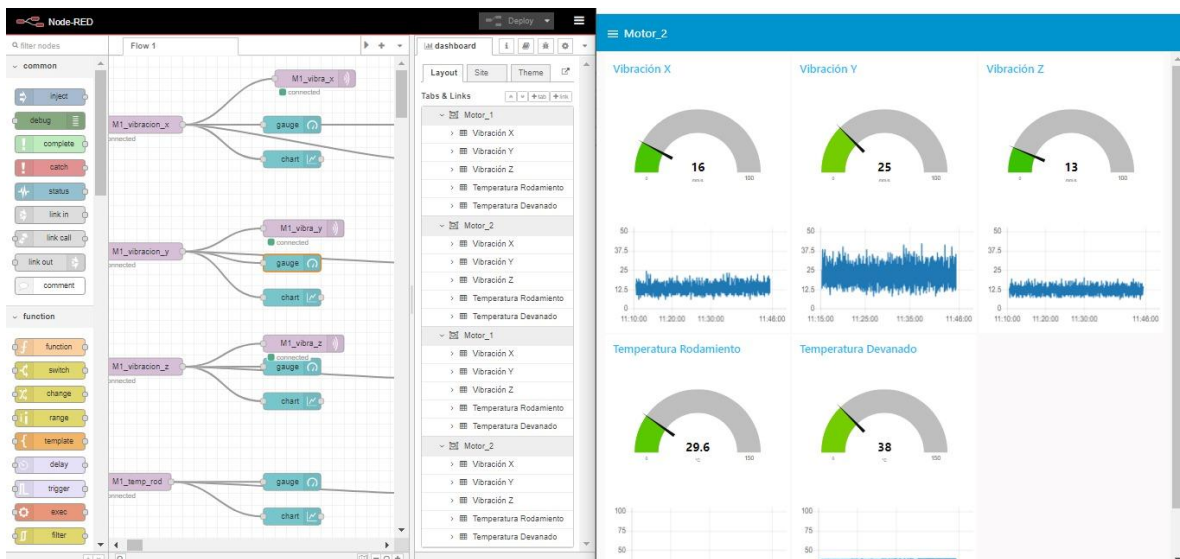
```

Plataforma WEB (NODE-RED)

Como resultado del diseño de la plataforma Web se tiene la creación de los nodos necesarios para el sistema. El código arrojado luego de crear todos los accesos a node-red, se puede apreciar en el Anexo 1.

Figura 23

Plataforma Web (Node-red)



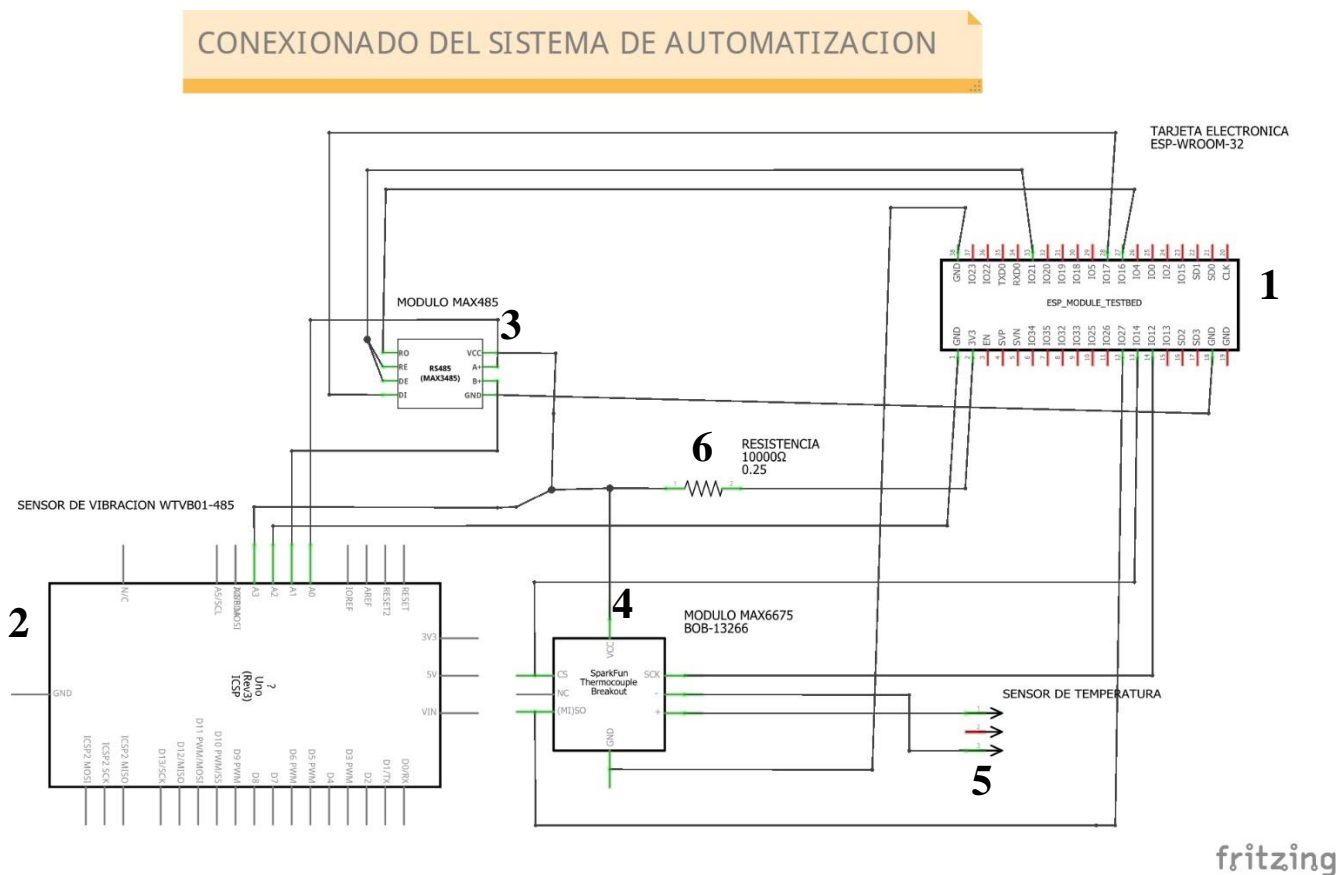
Nota. Se puede apreciar en la imagen dos partes, lado izquierdo es el flow y el lado derecho el dashboard

Conexión del sistema de automatización

Se realizó el conexionado del sistema de automatización en el Software Fritzing, donde se consideró sensor de vibración WTBV01-485, sensor de temperatura TERMOCUPLA TIPO K, placa electrónica EP32, módulo MAX6675, módulo MAX485.

Figura 24

Conexión del sistema de automatización



Nota. El conexión fue elaborado en el software FRITZING

Leyenda:

- 1 Tarjeta electrónica ESP32
- 2 Sensor de vibración WTBV01-485
- 3 Módulo MAX485
- 4 Módulo MAX6675
- 5 Sensor de temperatura Termocupla tipo K

6 Resistencia 0.25 k Ω

3.2.2 Instalación del sistema

Para la instalación completa del sistema de adquisición de dato se realizó la instalación eléctrica, instalación de elementos de automatización e instalación de software, tal como se muestran a continuación

Figura 25

Instalación de la llave termomagnetica y diferencial de 25 Amp



Nota. La llave fue instalada en un tablero existente de la planta industrial

Figura 26

Instalación de tomacorrientes bipolares con toma a tierra



Posteriormente se procedió con la instalación de los elementos de automatización, los resultados se muestran a continuación:

Figura 27

Instalación de los elementos de automatización del motor 1 WEG 40 HP



Figura 35

Elementos de automatización y sensores operativos para su funcionamiento del motor 1



Nota. Instalación del sistema en el motor de 40 H

Figura 36

Elementos de automatización y sensores operativos para su funcionamiento del motor 2



Nota. Instalación del sistema en el motor de 3 HP

Figura 28

Elementos de automatización y sensores operativos para su funcionamiento del motor 3



Nota. Instalación del sistema en el motor de 7.5H P

Figura 29

Elementos de automatización y sensores operativos para su funcionamiento del motor 4



Nota. Instalación del sistema en el motor de 20 HP

Por último, se llevó a cabo la instalación de los softwares utilizados, como son el mosquito y el Node-red.

Figura 30

Instalación del Software Node-red en el servidor

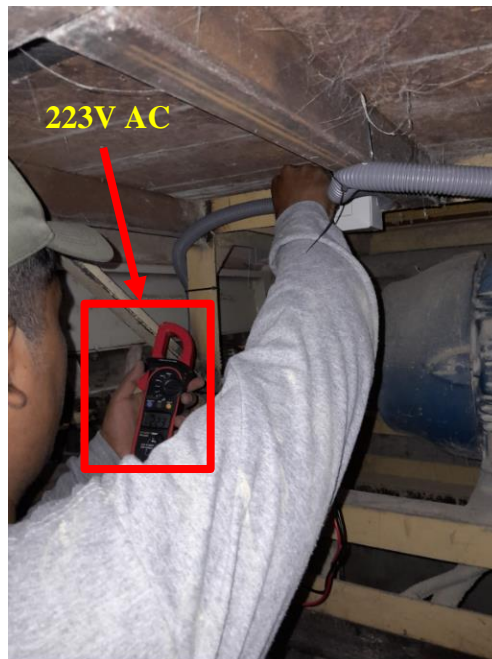


3.2.3 Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento realizadas implicó diferentes factores desde la parte eléctrica, dispositivos de automatización y software, dando cumplimiento a este objetivo se muestran evidencias de lo desarrollado.

Figura 31

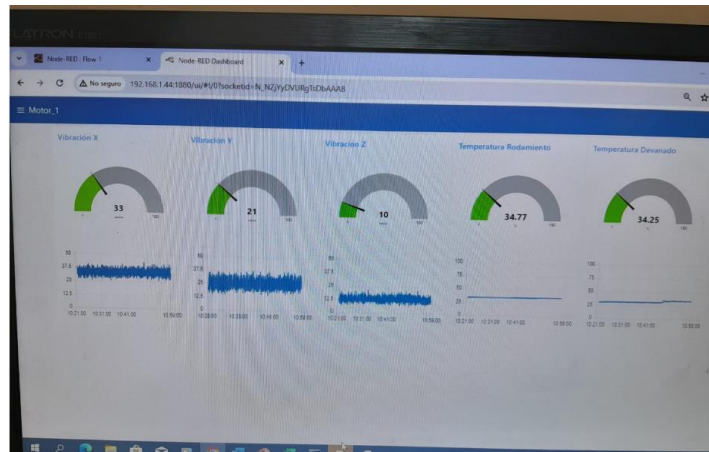
Medición eléctrica de voltaje AC en los tomacorrientes



Nota. La medición eléctrica se realizó mediante una pinza amperimétrica de la marca PRASEK, este arrojó un valor de 223 V AC, voltaje se encontró en el rango de funcionamiento.

Figura 32

Prueba de conexión de la placa electrónica ESP32 con el Node-red



Nota: medición en tiempo real de las variables en estudio de un motor en funcionamiento

Figura 33

Prueba de almacenamiento de datos en el servidor

{\"M2_temp_rod\":26.07}	8/7/2024, 11:17:26 a.Ã m.,26.26		
	8/7/2024, 11:17:27 a.Ã m.,26.26		
	8/7/2024, 11:17:29 a.Ã m.,26.32		
	8/7/2024, 11:17:29 a.Ã m.,26.19		
	8/7/2024, 11:17:31 a.Ã m.,26.13		
	8/7/2024, 11:17:32 a.Ã m.,26.19		
	8/7/2024, 11:17:34 a.Ã m.,26.19		
	8/7/2024, 11:17:34 a.Ã m.,26.13		
	8/7/2024, 11:17:35 a.Ã m.,26.38		
{\"M2_temp_rod\":26.38}	8/7/2024, 11:17:37 a.Ã m.,26.26		
	8/7/2024, 11:17:39 a.Ã m.,26.26		
	8/7/2024, 11:17:39 a.Ã m.,26.32		
	8/7/2024, 11:17:40 a.Ã m.,26.26		
	8/7/2024, 11:17:41 a.Ã m.,26.32		
	8/7/2024, 11:17:42 a.Ã m.,26.07		
	8/7/2024, 11:17:44 a.Ã m.,26.07		
	8/7/2024, 11:17:45 a.Ã m.,26.26		
	8/7/2024, 11:17:46 a.Ã m.,26.38		
	8/7/2024, 11:17:47 a.Ã m.,26.19		
{\"M2_temp_rod\":26.19}	8/7/2024, 11:17:48 a.Ã m.,26.26		
	8/7/2024, 11:17:49 a.Ã m.,26.51		

Nota. Datos almacenados en el servidor en tiempo real

3.2.4 Captación de datos arrojados del sistema

Posterior a las pruebas de funcionamiento se realizó la captación y el almacenamiento de los datos arrojados del sistema de los cuatro motores eléctricos, considerando una ruta de almacenamiento en el servidor local, para luego realizar un análisis de cada uno de ellos, tal como se muestra a continuación.

3.2.4.1 Motor 1 (WEG 40 HP)

Durante el periodo que se realizó la medición la planta industrial solo opero dos días 16 de julio del 2024 y 23 de julio del 2024 respectivamente.

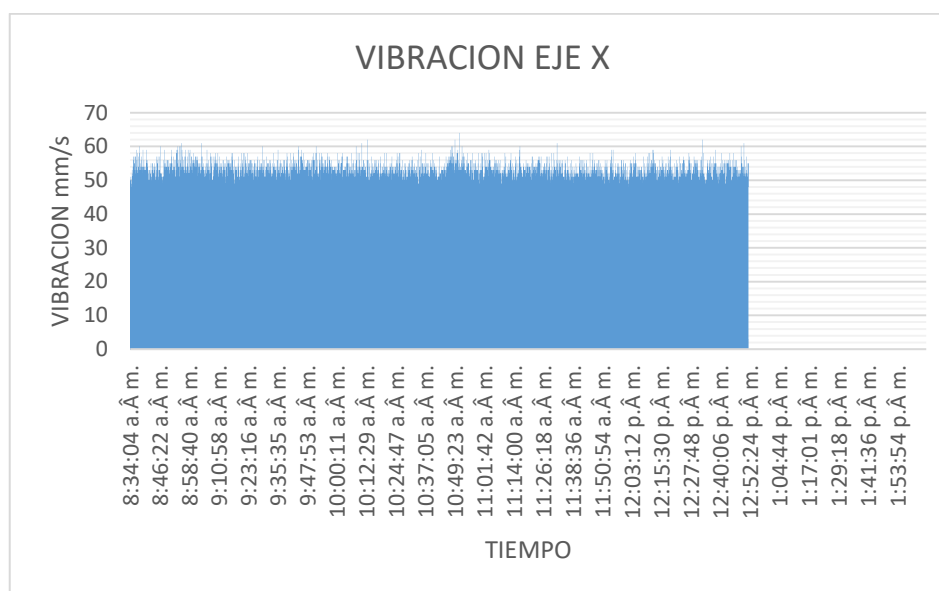
Medición 16 de julio de 2024

La primera operación de la planta se realizó de 8:34:04 Am hasta 2:05:56 Pm del 16 de julio del 2024 realizando 16997 mediciones de cada parámetro.

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 16997 valores arrojados de la medición de vibración en el eje X se aprecian respectivamente.

Figura 34

Grafico de barras de la vibración X del motor 1 en la fecha 16/07/2024



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo

Tabla 9

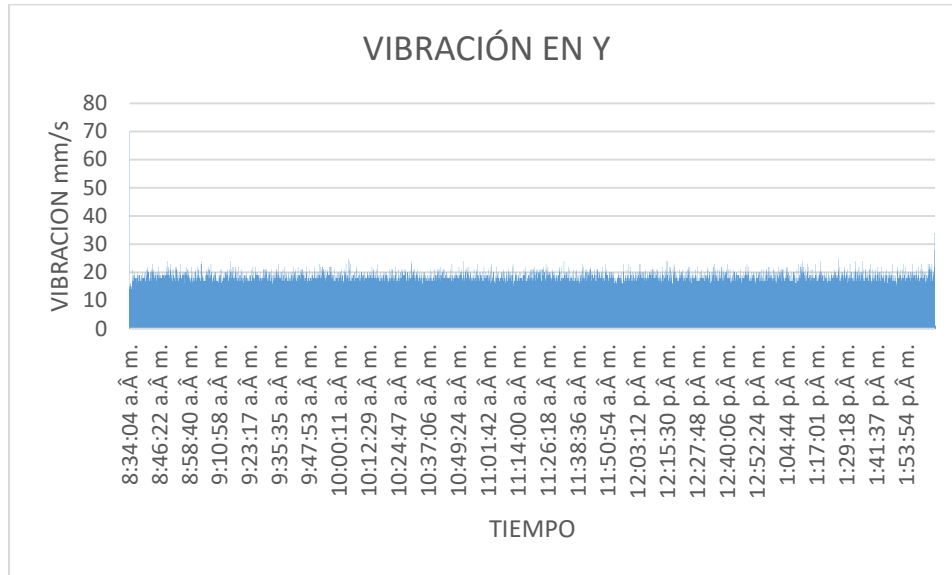
Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 1 en la fecha 16/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje X	
Media mm/s	46.633
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	22.709
Desviación estándar mm/s	4.765
Coefficiente de variación	0.102

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 16997 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Y se aprecian respectivamente.

Figura 35

Gráfico de barras de la vibración Y del motor 1 en la fecha 16/07/2024



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo

Tabla 10

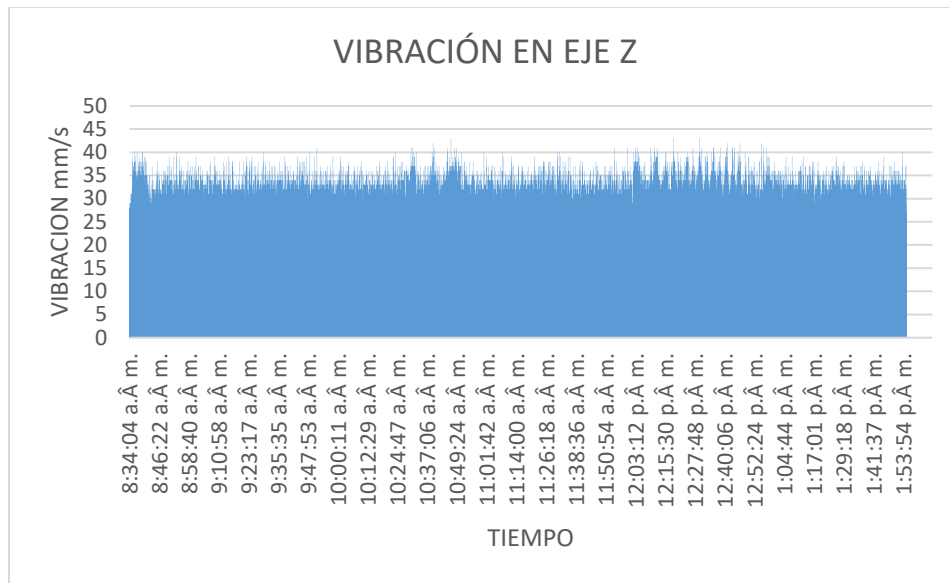
Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 1 en la fecha 16/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje Y	
Media mm/s	14.527
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	8.784
Desviación estándar mm/s	2.964
Coeficiente de variación	0.204

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 16997 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Z se aprecian respectivamente.

Figura 36

Grafico de barras de la vibración Z del motor 1 en la fecha 16/07/2024



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo

Tabla 11

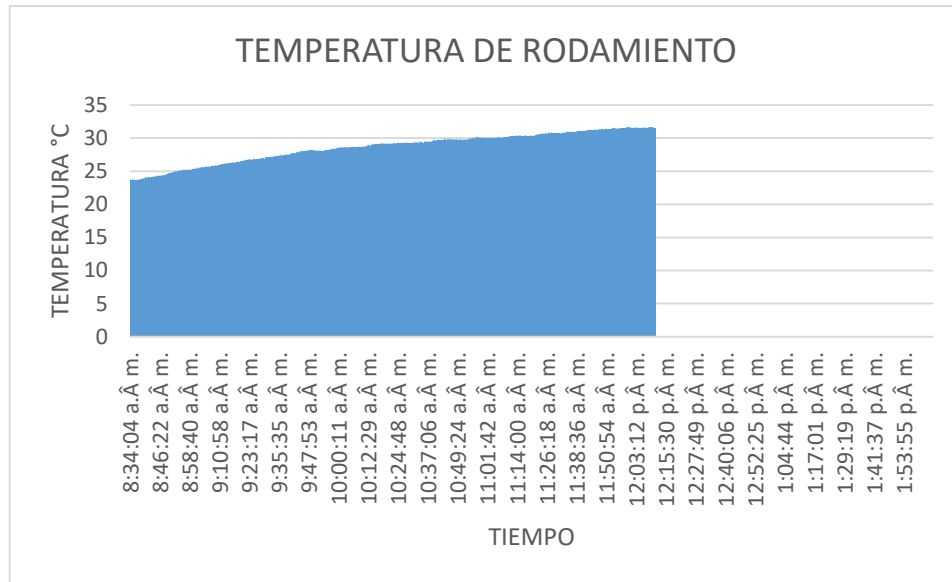
Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 1 en la fecha 16/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje Z	
Media mm/s	27.403
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	25.643
Desviación estándar mm/s	5.064
Coeficiente de variación	0.185

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 16997 valores arrojados de la medición de la temperatura de rodamiento se aprecian respectivamente.

Figura 37

Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 1 en la fecha 16/07/2024



Nota. Se puede apreciar el gráfico de barras la medición de la temperatura respecto el tiempo

Tabla 12

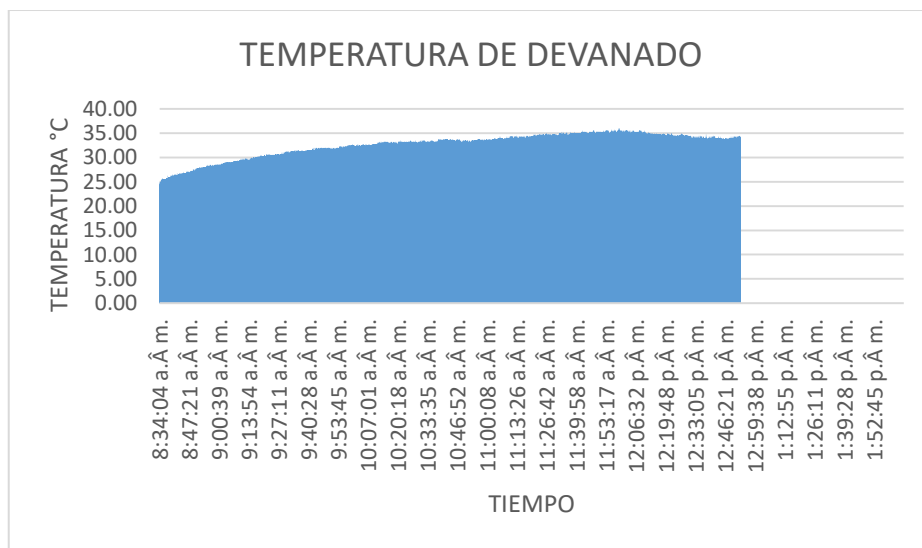
Análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 1 en la fecha 16/07/2024

Análisis estadístico de temperatura de rodamiento	
Media °C	29.469
Varianza °C ²	5.431
Desviación estándar °C	2.330
Coefficiente de variación	0.079

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 16997 valores arrojados de la medición de la temperatura de devanado se aprecian respectivamente.

Figura 38

Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 1 en la fecha 16/07/2024



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la temperatura de devanado respecto el tiempo.

Tabla 13

Análisis estadístico de la temperatura de devanado del motor 1 en la fecha 16/07/2024

Análisis estadístico de temperatura de devanado	
Media °C	32.963
Varianza °C ²	6.367
Desviación estándar °C	2.523
Coefficiente de variación	0.077

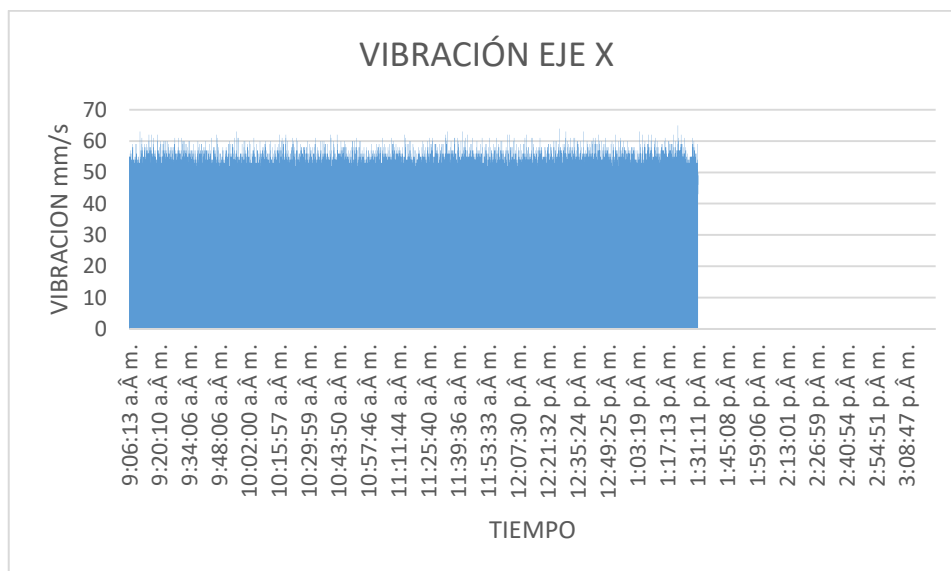
Medición 23 de julio de 2024

La primera operación de la planta se realizó de 9:06:13 Am hasta 3:22:31 Pm del 23 de julio del 2024 realizando 19269 mediciones de cada parámetro.

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 19269 valores arrojados de la medición de vibración en el eje X se aprecian respectivamente.

Figura 39

Grafico de barras de la vibración X del motor 1 en la fecha 23/07/2024



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo

Tabla 14

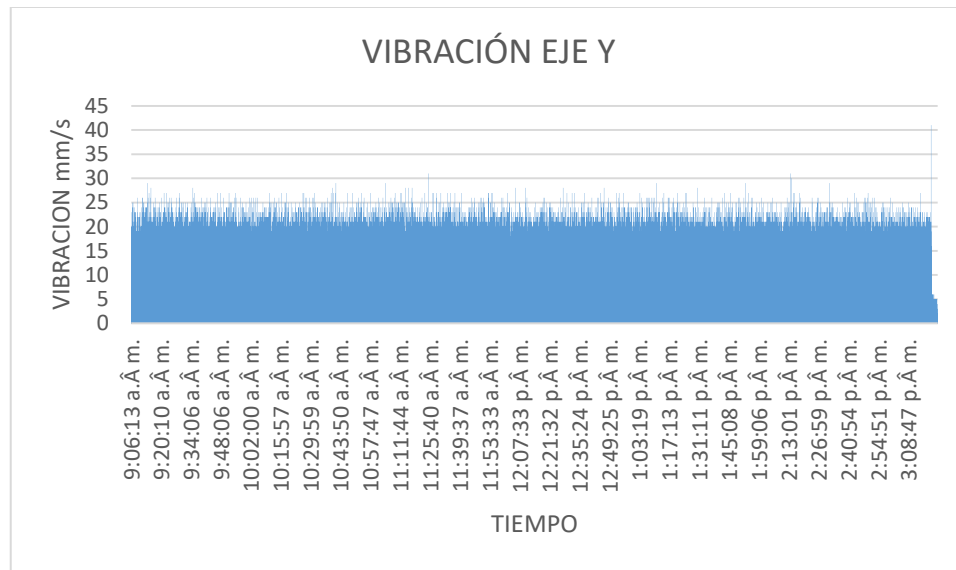
Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 1 en la fecha 23/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje X	
Media mm/s	48.868
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	38.290
Desviación estándar mm/s	6.188
Coefficiente de variación	0.127

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 19269 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Y se aprecian respectivamente.

Figura 40

Gráfico de barras de la vibración Y del motor 1 en la fecha 23/07/2024



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo

Tabla 15

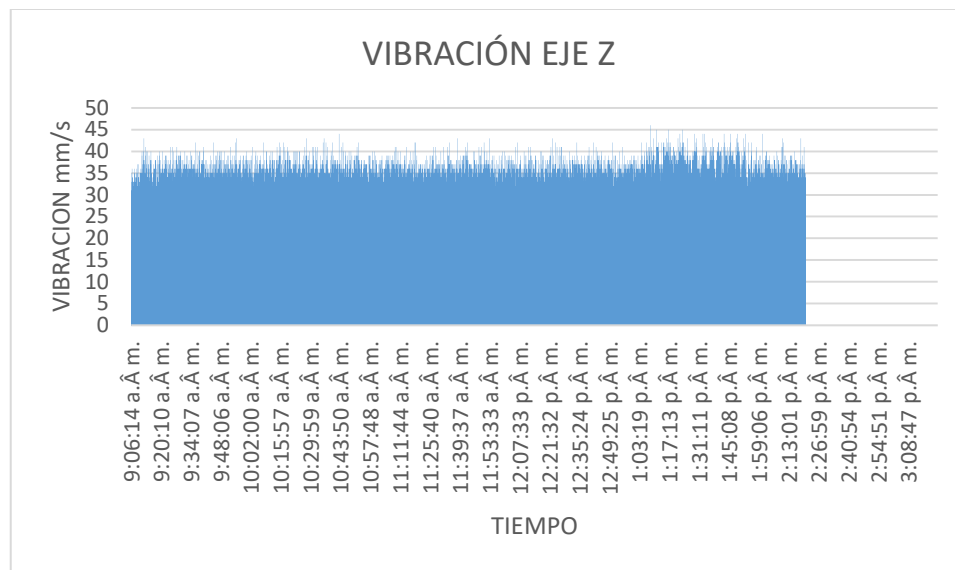
Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 1 en la fecha 23/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje Y	
Media <i>mm/s</i>	17.110
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	11.937
Desviación estándar <i>mm/s</i>	3.455
Coeficiente de variación	0.202

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 19269 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Z se aprecian respectivamente.

Figura 41

Gráfico de barras de la vibración Z del motor 1 en la fecha 23/07/2024



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo

Tabla 16

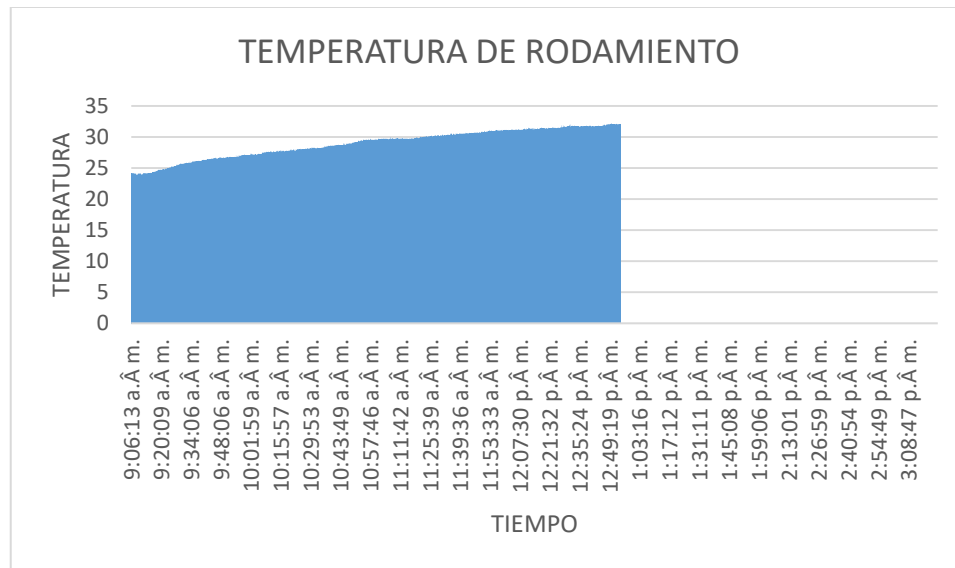
Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 1 en la fecha 23/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje Z	
Media <i>mm/s</i>	29.557
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	29.458
Desviación estándar <i>mm/s</i>	5.427
Coeficiente de variación	0.184

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 19269 valores arrojados de la medición de temperatura de rodamiento se aprecian respectivamente.

Figura 42

Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 1 en la fecha 23/07/2024



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la temperatura de rodamiento respecto el tiempo

Tabla 17

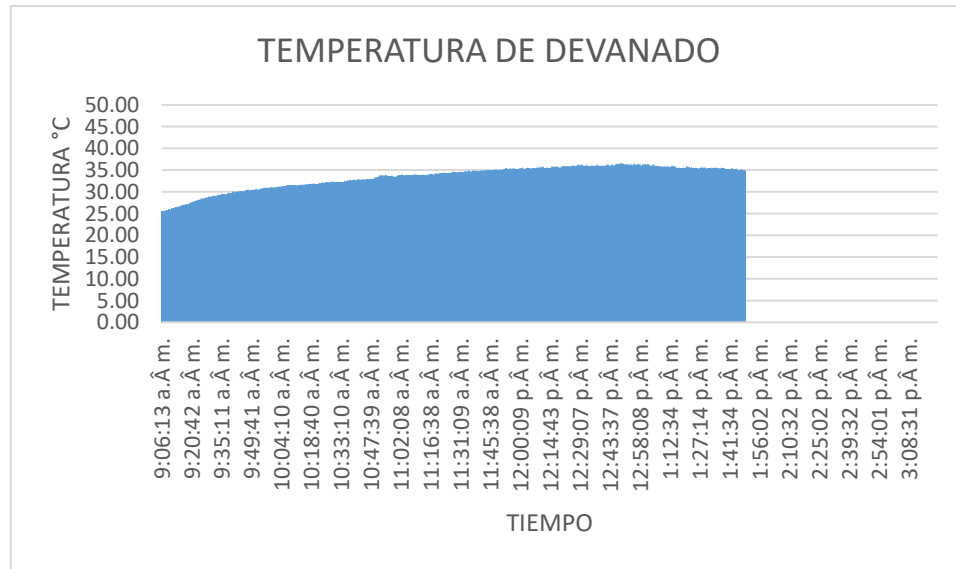
Análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 1 en la fecha 23/07/2024

Análisis estadístico de temperatura de rodamiento	
Media °C	29.898
Varianza °C ²	5.537
Desviación estándar °C	2.353
Coeficiente de variación	0.078

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 19269 valores arrojados de la medición de temperatura de devanado se aprecian respectivamente.

Figura 43

Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 1 en la fecha 23/07/2024



Nota. Se puede apreciar el gráfico de barras la medición de la temperatura de devanado respecto al tiempo

Tabla 18

Análisis estadístico de la temperatura de devanado del motor 1 en la fecha 23/07/2024

Análisis estadístico de temperatura de devanado	
Media °C	33.789
Varianza °C ²	7.384
Desviación estándar °C	2.717

Coeficiente de variación

0.080

Comparación de los análisis estadísticos del motor 1 en sus dos mediciones

Se realizó una comparación de todos los aspectos del análisis estadístico con la finalidad de verificar su variación de parámetros respecto a la medida del 16 de julio del 2024 y del 23 de julio del 2024.

Tabla 19

Comparación del análisis estadístico de la vibración X del motor 1 en sus dos mediciones

Comparación del análisis estadístico de vibración en eje X				
	Media	Varianza	Desviación	Coeficiente
	mm/s	$(\frac{mm}{s})^2$	estándar	de variación
			mm/s	
Medición 16	46.633	22.709	4.765	0.102
de julio 2024				
Medición 23	48.686	38.290	6.188	0.127
de julio 2024				

Nota. Al realizar la comparación del análisis estadístico se aprecia que la variación mínima respecto una medida de otra.

Tabla 20*Comparación del análisis estadístico de la vibración Y del motor 1 en sus dos mediciones*

Comparación del análisis estadístico de vibración en eje Y				
	Media	Varianza	Desviación	Coefficiente
	mm/s	$\left(\frac{mm}{s}\right)^2$	estándar	de variación
			mm/s	
Medición 16	14.527	8.784	2.964	0.204
de julio 2024				
Medición 23	17.110	11.937	3.455	0.202
de julio 2024				

Nota. Al realizar la comparación del análisis estadístico se aprecia que la variación mínima respecto una medida de otra.

Tabla 21*Comparación del análisis estadístico de la vibración Z del motor 1 en sus dos mediciones*

Comparación del análisis estadístico de vibración en eje Z				
	Media	Varianza	Desviación	Coefficiente
	mm/s	$\left(\frac{mm}{s}\right)^2$	estándar	de variación
			mm/s	
Medición 16	27.403	25.643	5.064	0.185
de julio 2024				
Medición 23	29.557	29.458	5.427	0.184
de julio 2024				

Nota. Al realizar la comparación del análisis estadístico se aprecia que la variación mínima respecto una medida de otra.

Tabla 22

Comparación del análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 1 en sus dos mediciones

Comparación del análisis estadístico de temperatura de rodamiento				
	Media	Varianza	Desviación	Coefficiente
	°C	°C²	estándar	de variación
			°C	
Medición 16	29.469	5.431	2.330	0.079
de julio 2024				
Medición 23	29.989	5.537	2.353	0.078
de julio 2024				

Nota. Al realizar la comparación del análisis estadístico se aprecia que la variación mínima respecto una medida de otra.

Tabla 23

Comparación del análisis estadístico de la temperatura de devanado del motor 1 en sus dos mediciones.

Comparación del análisis estadístico de temperatura de devanado				
	Media	Varianza	Desviación	Coefficiente
	°C	°C²	estándar	de variación
			°C	
Medición 16 de julio 2024	32.963	6.367	2.523	0.077
Medición 23 de julio 2024	33.789	7.384	2.717	0.080

Nota. Al realizar la comparación del análisis estadístico se aprecia que la variación mínima respecto una medida de otra.

3.2.4.2 Motor 2 (WEG 3HP)

Durante el periodo que se realizó la medición la planta industrial solo opero dos días 16 de julio del 2024 y 23 de julio del 2024 respectivamente.

Medición 16 de julio de 2024

La primera operación de la planta se realizó de 8:34:04 Am hasta 2:34:09 Pm del 16 de julio del 2024 realizando 18319 mediciones de cada parámetro.

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 18319 valores arrojados de la medición de vibración en el eje X se aprecian respectivamente.

Figura 44

Gráfico de barras de la vibración X del motor 2 en la fecha 16/07/2024

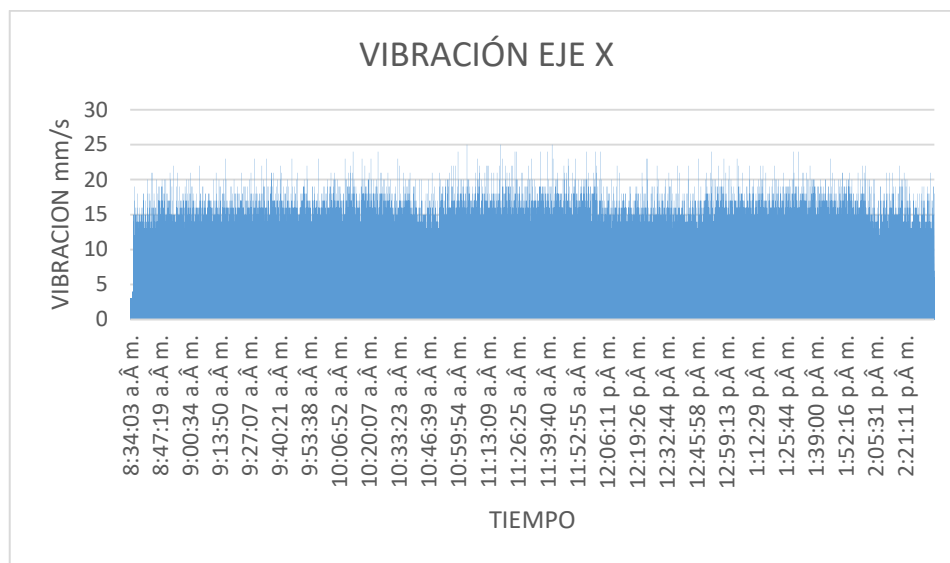


Tabla 24

Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 2 en la fecha 16/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje X	
Media mm/s	12.622
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	8.244
Desviación estándar mm/s	2.871
Coeficiente de variación	0.227

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 18319 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Y se aprecian respectivamente.

Figura 45

Gráfico de barras de la vibración Y del motor 2 en la fecha 16/07/2024

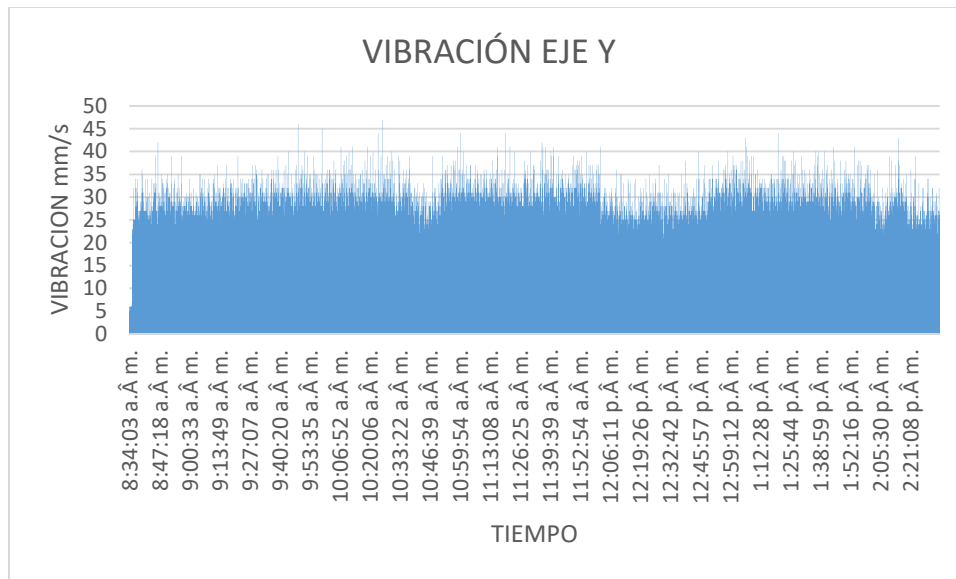


Tabla 25

Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 2 en la fecha 16/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje Y	
Media mm/s	21.275
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	37.426
Desviación estándar mm/s	6.118
Coeficiente de variación	0.288

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 18319 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Z se aprecian respectivamente.

Figura 46

Gráfico de barras de la vibración Z del motor 2 en la fecha 16/07/2024

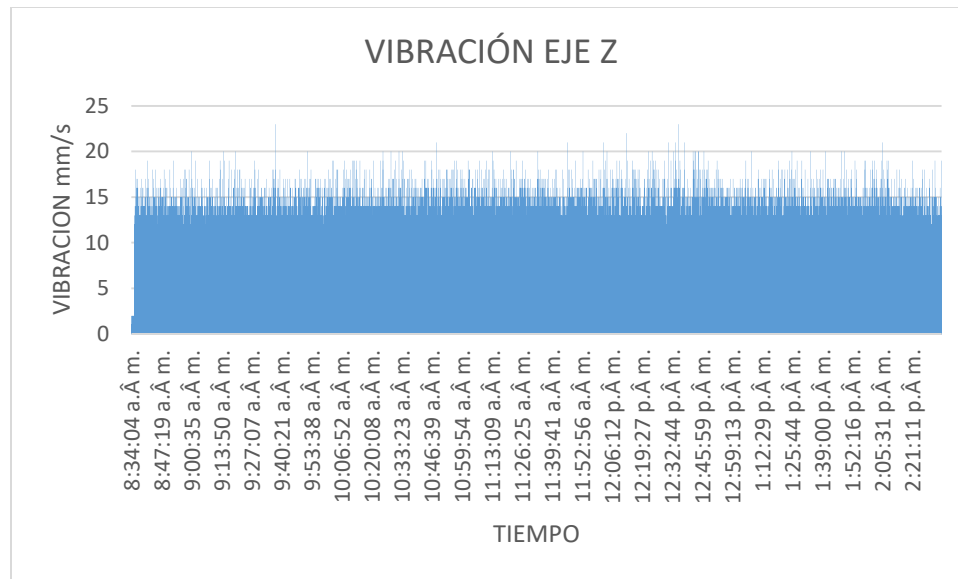


Tabla 26

Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 2 en la fecha 16/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje Z	
Media mm/s	11.678
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	5.466
Desviación estándar mm/s	2.338
Coeficiente de variación	0.200

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 18319 valores arrojados de la medición de temperatura de rodamiento se aprecian respectivamente.

Figura 47

Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 2 en la fecha 16/07/2024

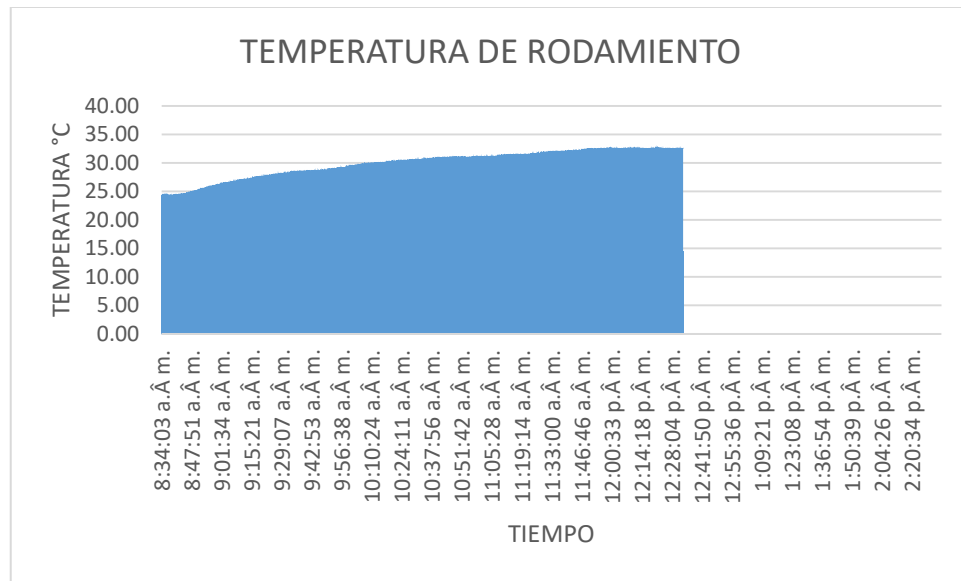


Tabla 27

Análisis estadístico de temperatura de rodamiento del motor 2 en la fecha 16/07/2024

Análisis estadístico de temperatura de rodamiento	
Media °C	30.892
Varianza °C ²	6.217
Desviación estándar °C	2.493
Coeficiente de variación	0.081

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 18319 valores arrojados de la medición de temperatura de devanado se aprecian respectivamente.

Figura 48

Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 2 en la fecha 16/07/2024

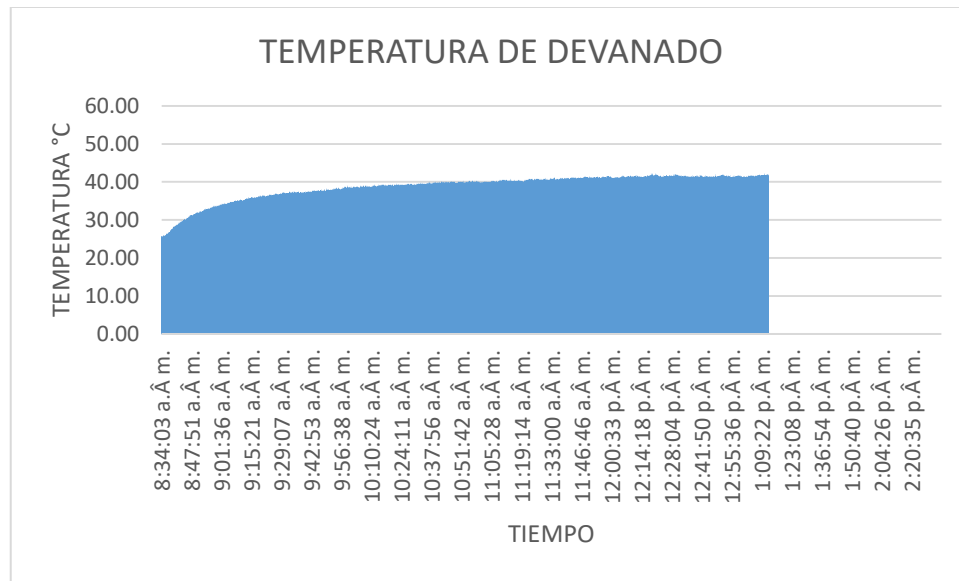


Tabla 28

Análisis estadístico de temperatura de devanado del motor 2 en la fecha 16/07/2024

Análisis estadístico de temperatura de devanado	
Media °C	39.178
Varianza °C ²	11.305
Desviación estándar °C	3.362
Coeficiente de variación	0.086

Medición 23 de julio de 2024

La primera operación de la planta se realizó de 9:05:37 Am hasta 3:22:38 Pm del 23 de julio del 2024 realizando 19314 mediciones de cada parámetro.

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 19314 valores arrojados de la medición de vibración en el eje X se aprecian respectivamente.

Figura 49

Gráfico de barras de la vibración X del motor 2 en la fecha 23/07/2024

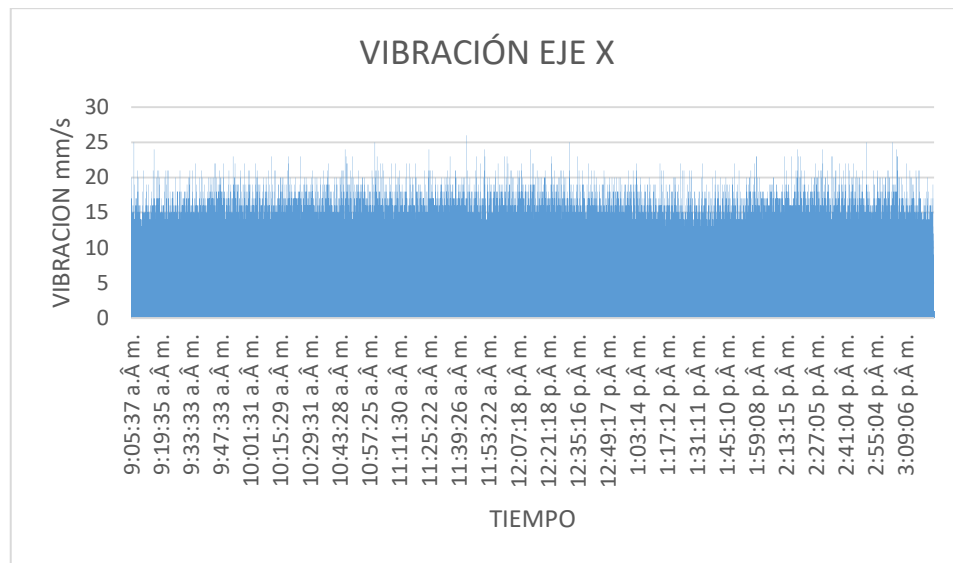


Tabla 29

Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 2 en la fecha 23/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje X	
Media mm/s	12.452
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	8.475
Desviación estándar mm/s	2.911
Coeficiente de variación	0.234

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 19314 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Y se aprecian respectivamente.

Figura 50

Gráfico de barras de la vibración Y del motor 2 en la fecha 23/07/2024

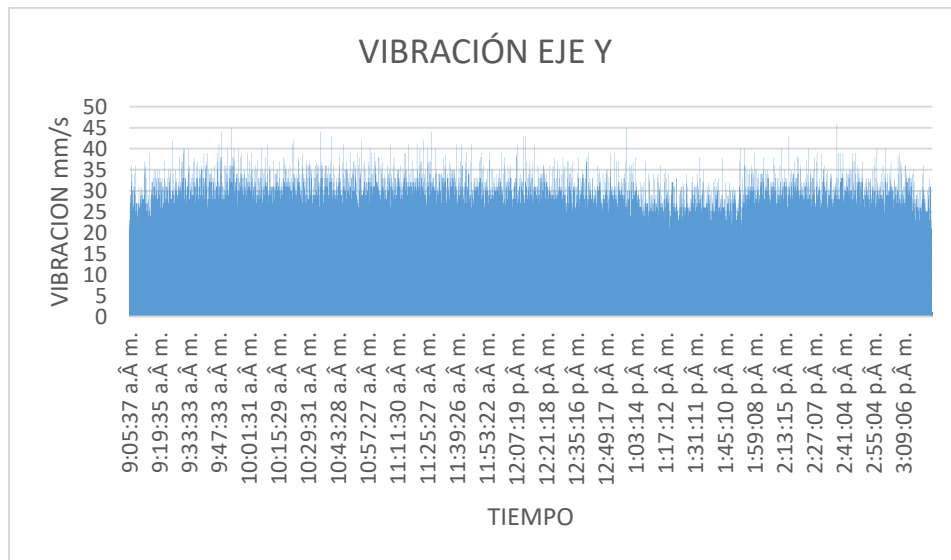


Tabla 30

Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 2 en la fecha 23/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje Y	
Media mm/s	20.834
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	41.338
Desviación estándar mm/s	6.429
Coeficiente de variación	0.309

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 19314 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Z se aprecian respectivamente.

Figura 51

Gráfico de barras de la vibración Z del motor 2 en la fecha 23/07/2024

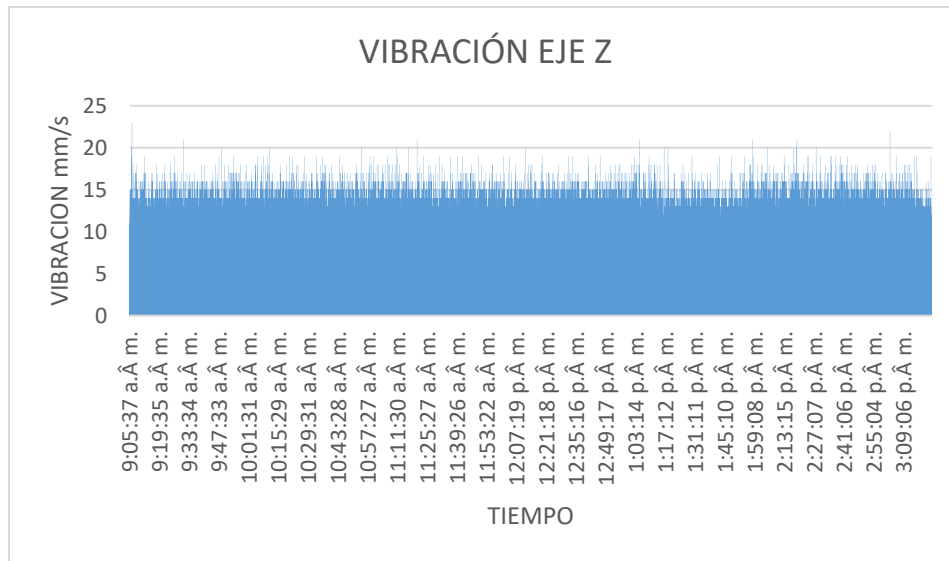


Tabla 31

Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 2 en la fecha 23/07/2024

Análisis estadístico vibración en eje Z	
Media mm/s	20.834
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	41.338
Desviación estándar mm/s	6.429
Coeficiente de variación	0.309

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 19314 valores arrojados de la medición de temperatura de rodamiento se aprecian respectivamente.

Figura 52

Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 2 en la fecha 23/07/2024

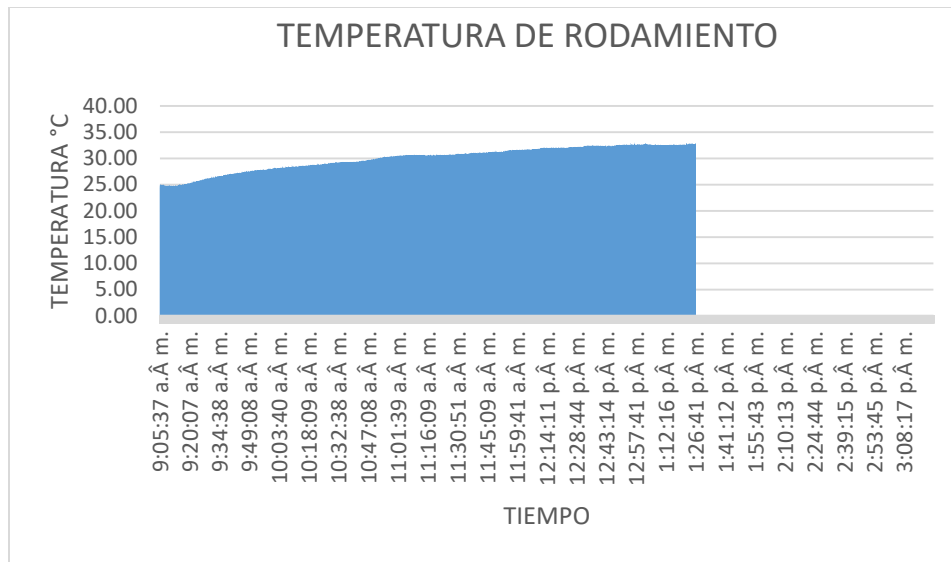


Tabla 32

Análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 2 en la fecha 23/07/2024

Análisis estadístico de temperatura de rodamiento	
Media °C	30.774
Varianza °C ²	5.778
Desviación estándar °C	22.404
Coeficiente de variación	0.078

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 19314 valores arrojados de la medición de temperatura de devanado se aprecian respectivamente.

Figura 53

Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 2 en la fecha 23/07/2024

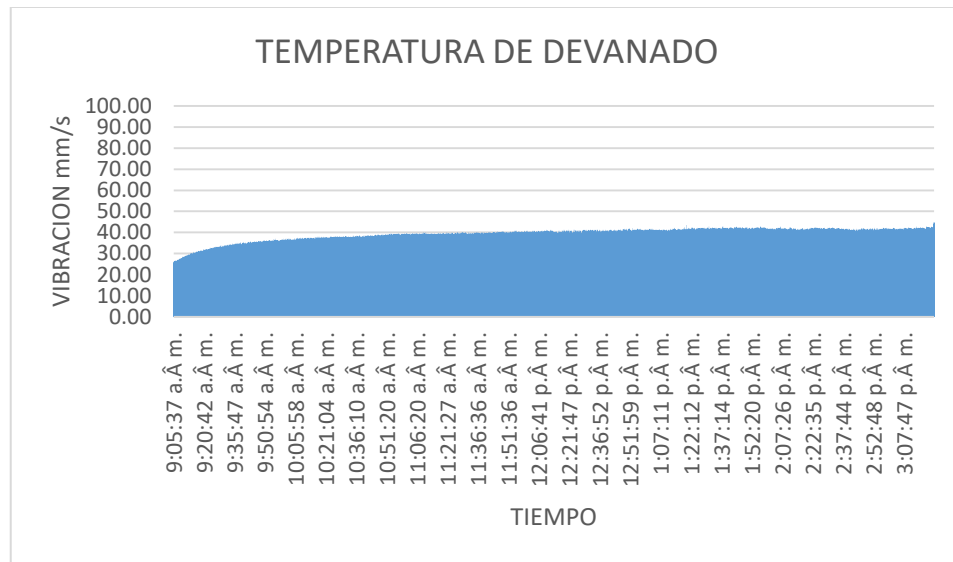


Tabla 33

Análisis estadístico de temperatura de devanado del motor 2 en la fecha 23/07/2024

Análisis estadístico de temperatura de devanado	
Media °C	38.543
Varianza °C ²	10.296
Desviación estándar °C	3.209
Coeficiente de variación	0.083

Comparación de los análisis estadísticos

Se realizó una comparación de todos los aspectos del análisis estadístico con la finalidad de verificar su variación de parámetros respecto a la medida del 16 de julio del 2024 y del 23 de julio del 2024.

Tabla 34

Comparación del análisis estadístico de la vibración X del motor 2 en sus dos mediciones

Comparación del análisis estadístico de vibración en eje X				
	Media	Varianza	Desviación	Coefficiente
	mm/s	$(\frac{mm}{s})^2$	estándar	de variación
			mm/s	
Medición 16	12.622	8.244	2.871	0.227
de julio 2024				
Medición 23	12.452	8.475	2.911	0.134
de julio 2024				

Tabla 35*Comparación del análisis estadístico de la vibración Y del motor 2 en sus dos mediciones*

Comparación del análisis estadístico de vibración en eje Y				
	Media	Varianza	Desviación	Coefficiente
	mm/s	$\left(\frac{mm}{s}\right)^2$	estándar	de variación
			mm/s	
Medición 16	21.275	37.426	6.118	0.288
de julio 2024				
Medición 23	20.834	41.338	6.429	0.309
de julio 2024				

Tabla 36*Comparación del análisis estadístico de la vibración Z del motor 2 en sus dos mediciones*

Comparación del análisis estadístico de vibración en eje Z				
	Media	Varianza	Desviación	Coefficiente
	mm/s	$\left(\frac{mm}{s}\right)^2$	estándar	de variación
			mm/s	
Medición 16	11.678	5.466	2.338	0.200
de julio 2024				
Medición 23	11.755	5.617	2.370	0.202
de julio 2024				

Tabla 37

Comparación del análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 2 en sus dos mediciones

Comparación del análisis estadístico de temperatura de rodamiento				
	Media	Varianza	Desviación	Coefficiente
	°C	°C²	estándar	de variación
			°C	
Medición 16 de julio 2024	30.892	6.217	2.493	0.081
Medición 23 de julio 2024	30.774	5.778	2.404	0.078

Tabla 38

Comparación del análisis estadístico de la temperatura de devando del motor 2 en sus dos mediciones

Comparación del análisis estadístico de temperatura de devanado				
	Media	Varianza	Desviación	Coefficiente
	°C	°C²	estándar	de variación
			°C	
Medición 16 de julio 2024	39.178	11.305	3.362	0.086

Medición 23 38.543 10.296 3.209 0.083
de julio 2024

3.2.4.3 Motor 3 (WEG 20 HP)

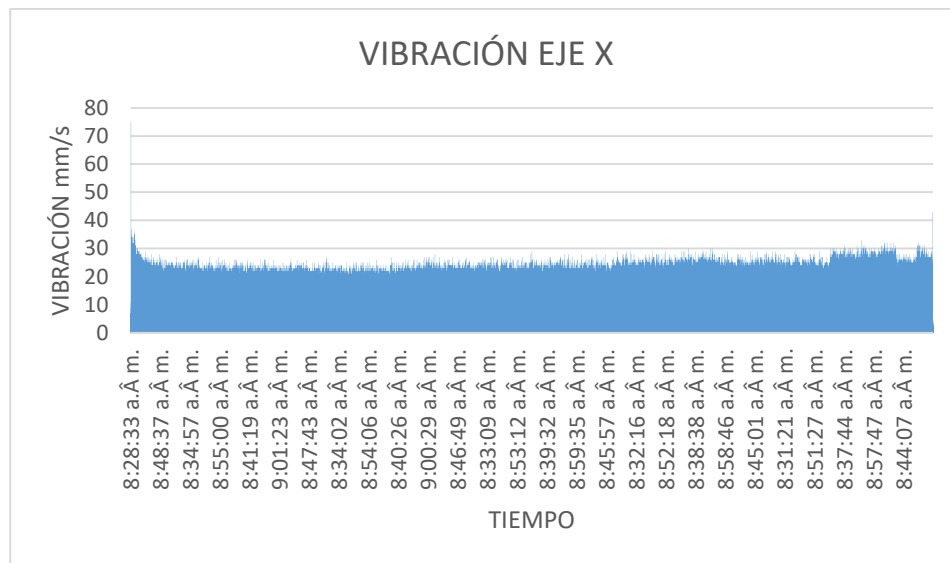
La recolección de datos de este motor se realizó el día 06/08/2024 desde las 8:28:33 am hasta las 5:29:56 pm, arrojando un total de datos medidos de 27,721

Se puede apreciar los resultados a continuación.

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 27721 valores arrojados de la medición de vibración en el eje X se aprecian respectivamente.

Figura 54

Grafico de barras de la vibración X del motor 3



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo

Tabla 39

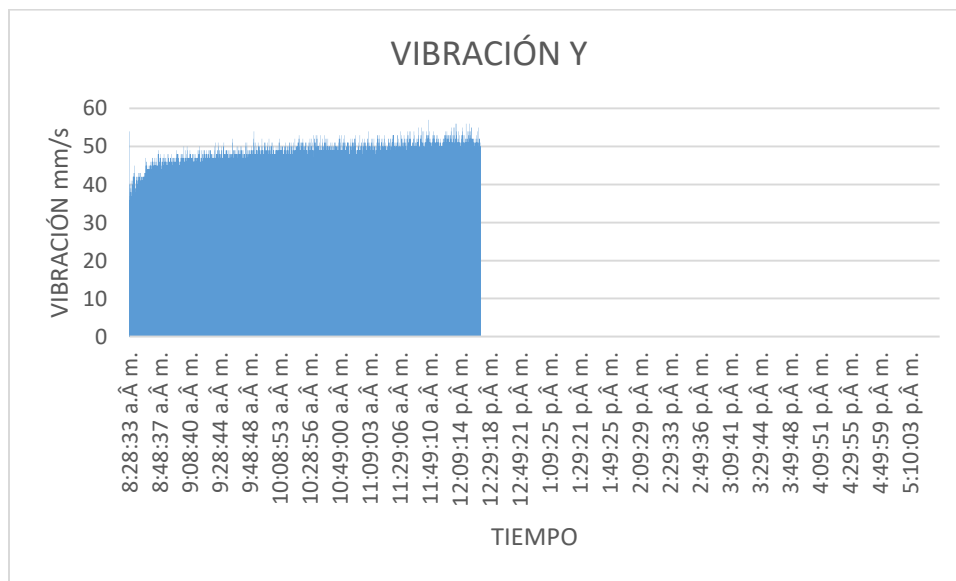
Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 3

Análisis estadístico vibración en eje X	
Media <i>mm/s</i>	21.372
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	7.568
Desviación estándar <i>mm/s</i>	2.751
Coefficiente de variación	0.129

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 27721 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Y se aprecian respectivamente.

Figura 55

Gráfico de barras de la vibración Y del motor 3



Nota. Se puede apreciar el gráfico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo.

Tabla 40

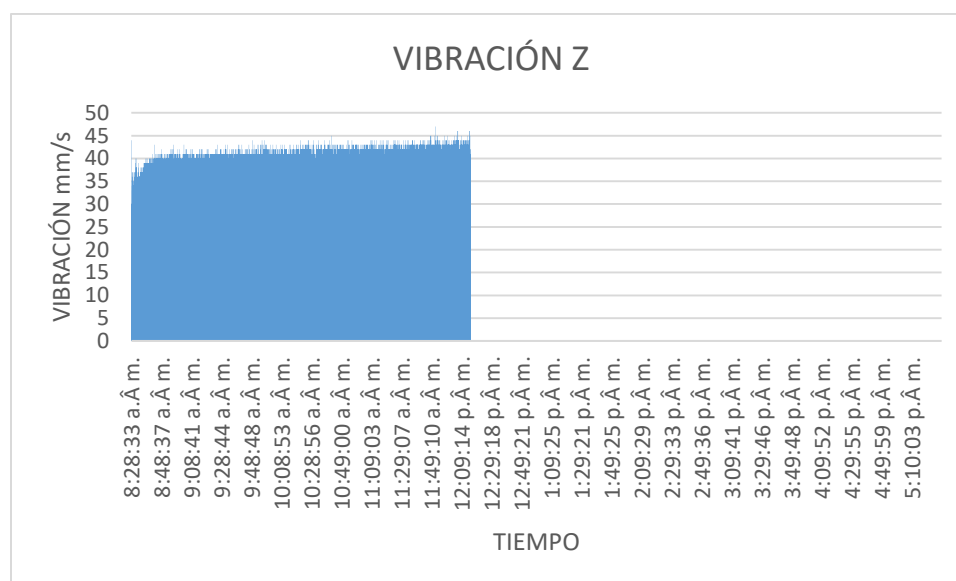
Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 3

Análisis estadístico vibración en eje Y	
Media <i>mm/s</i>	46.791
Varianza $\left(\frac{mm}{s}\right)^2$	10.529
Desviación estándar <i>mm/s</i>	3.245
Coefficiente de variación	0.069

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 27721 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Y se aprecian respectivamente.

Figura 56

Gráfico de barras de la vibración Z del motor 3



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo.

Tabla 41

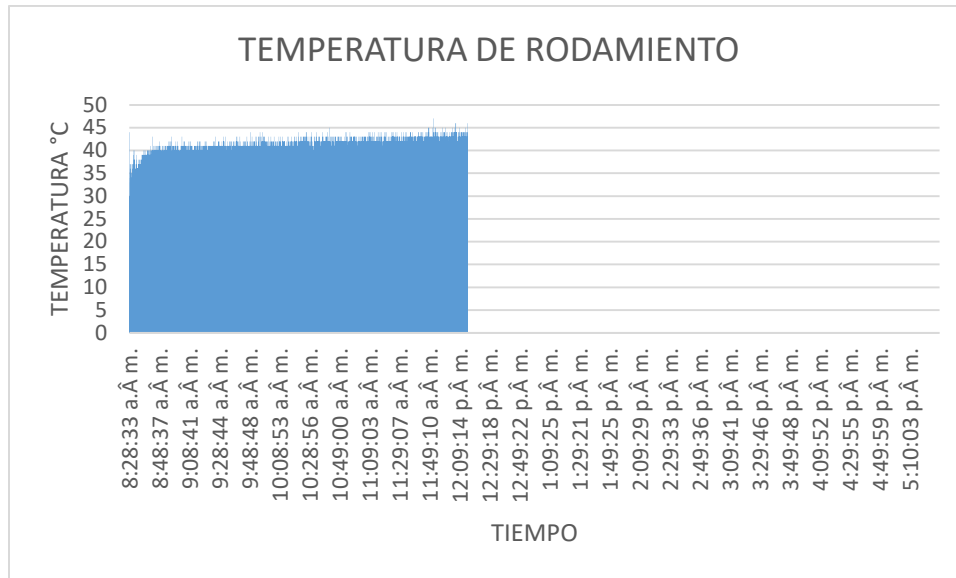
Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 3

Análisis estadístico vibración en eje Z	
Media <i>mm/s</i>	40.622
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	5.593
Desviación estándar <i>mm/s</i>	2.365
Coefficiente de variación	0.058

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 27721 valores arrojados de la medición de la temperatura de rodamiento se aprecian respectivamente

Figura 57

Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 3



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la temperatura respecto el tiempo.

Tabla 42

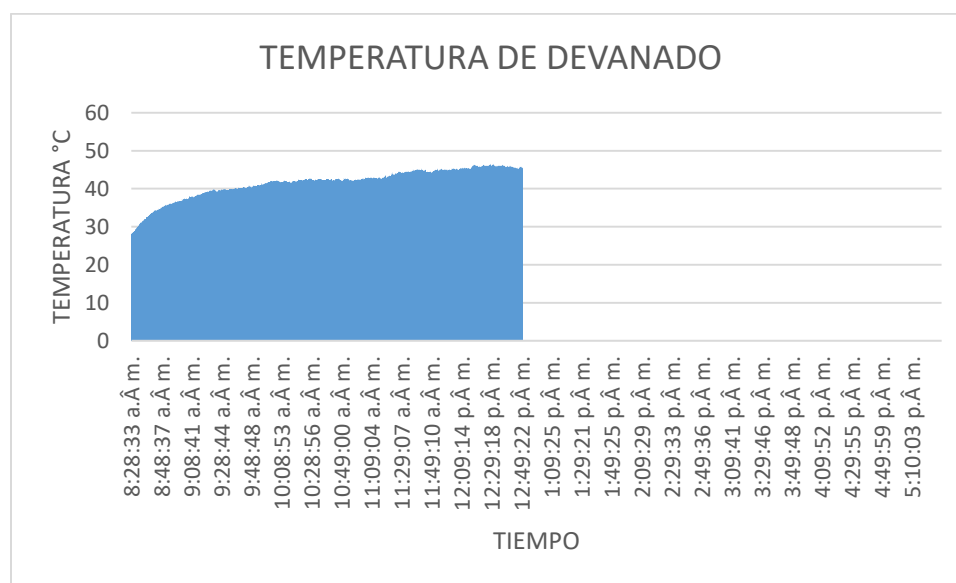
Análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 3

Análisis estadístico de temperatura de rodamiento	
Media °C	34.674
Varianza °C ²	6.382
Desviación estándar °C	2.526
Coeficiente de variación	0.073

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 27721 valores arrojados de la medición de la temperatura de devanado se aprecian respectivamente

Figura 58

Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 3



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la temperatura de devanado respecto el tiempo.

Tabla 43

Análisis estadístico de la temperatura de devanado del motor 3

Análisis estadístico de temperatura de devanado	
Media °C	43.523
Varianza °C ²	12.524
Desviación estándar °C	3.539
Coeficiente de variación	0.081

3.2.4.4 Motor 4 (WEG 7.5 HP)

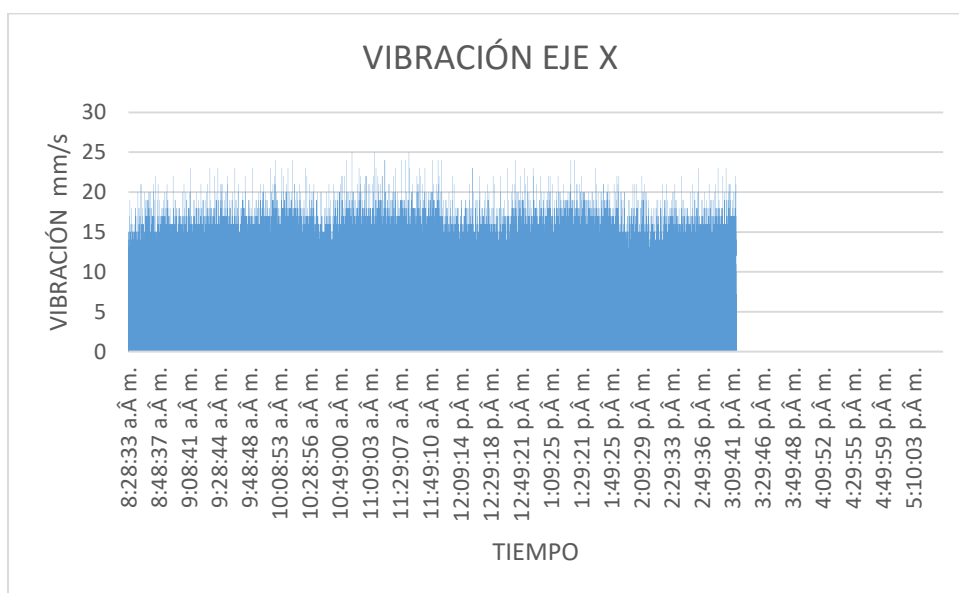
La recolección de datos de este motor se realizó el día 06/08/2024 desde las 8:28:33 am hasta las 5:29:56 pm, arrojando un total de datos medidos de 27,721

Se puede apreciar los resultados a continuación.

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 27721 valores arrojados de la medición de vibración en el eje X se aprecian respectivamente.

Figura 59

Gráfico de barras de la vibración X del motor 4



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo.

Tabla 44

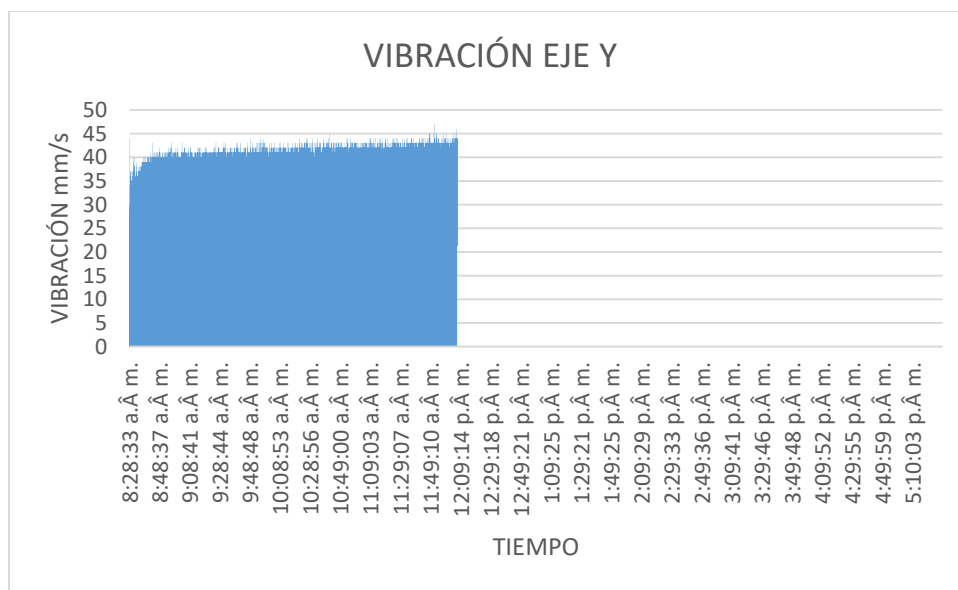
Análisis estadístico de vibración en el eje X del motor 4

Análisis estadístico vibración en eje X	
Media <i>mm/s</i>	12.721
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	7.922
Desviación estándar <i>mm/s</i>	2.815
Coefficiente de variación	0.221

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 27721 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Y se aprecian respectivamente.

Figura 60

Gráfico de barras de la vibración Y del motor 4



Nota. Se puede apreciar el grafico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo.

Tabla 45

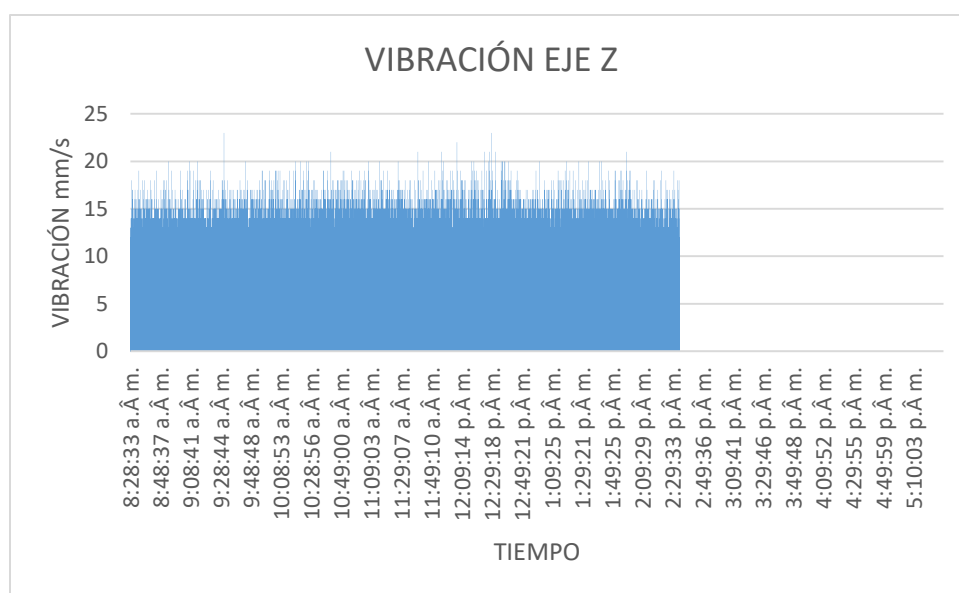
Análisis estadístico de vibración en el eje Y del motor 4

Análisis estadístico vibración en eje Y	
Media <i>mm/s</i>	40.622
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	5.593
Desviación estándar <i>mm/s</i>	2.365
Coefficiente de variación	0.058

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 27721 valores arrojados de la medición de vibración en el eje Z se aprecian respectivamente.

Figura 61

Gráfico de barras de la vibración Z del motor 4



Nota. Se puede apreciar el gráfico de barras la medición de la vibración respecto el tiempo.

Tabla 46

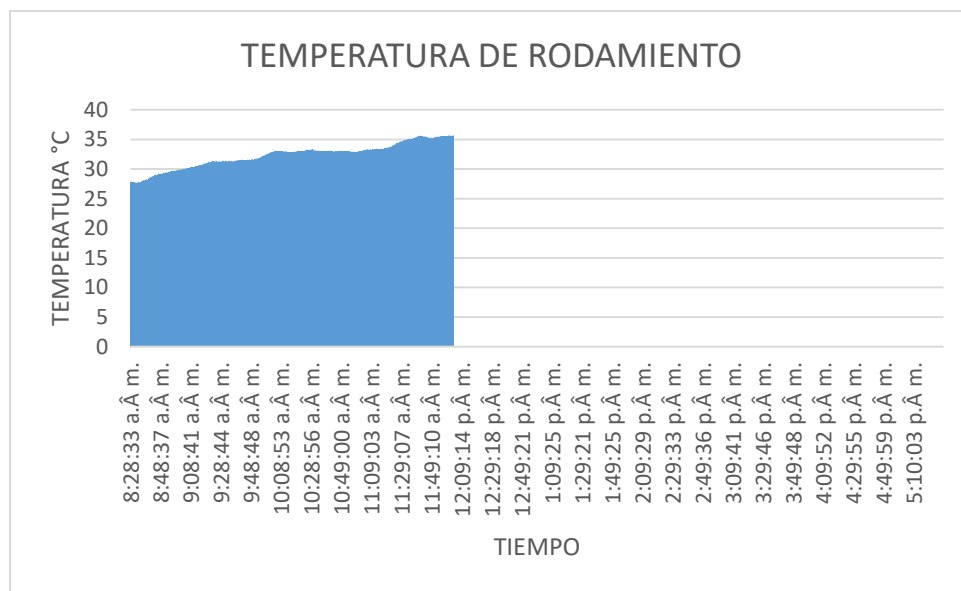
Análisis estadístico de vibración en el eje Z del motor 4

Análisis estadístico vibración en eje Z	
Media <i>mm/s</i>	11.714
Varianza $(\frac{mm}{s})^2$	5.032
Desviación estándar <i>mm/s</i>	2.243
Coefficiente de variación	0.191

El gráfico de barras y los análisis estadísticos de los 27721 valores arrojados de la medición de temperatura de rodamiento se aprecian respectivamente.

Figura 62

Gráfico de barras de la temperatura de rodamiento del motor 4



Nota. Se puede apreciar el gráfico de barras la medición de la temperatura de rodamiento respecto al tiempo

Tabla 47

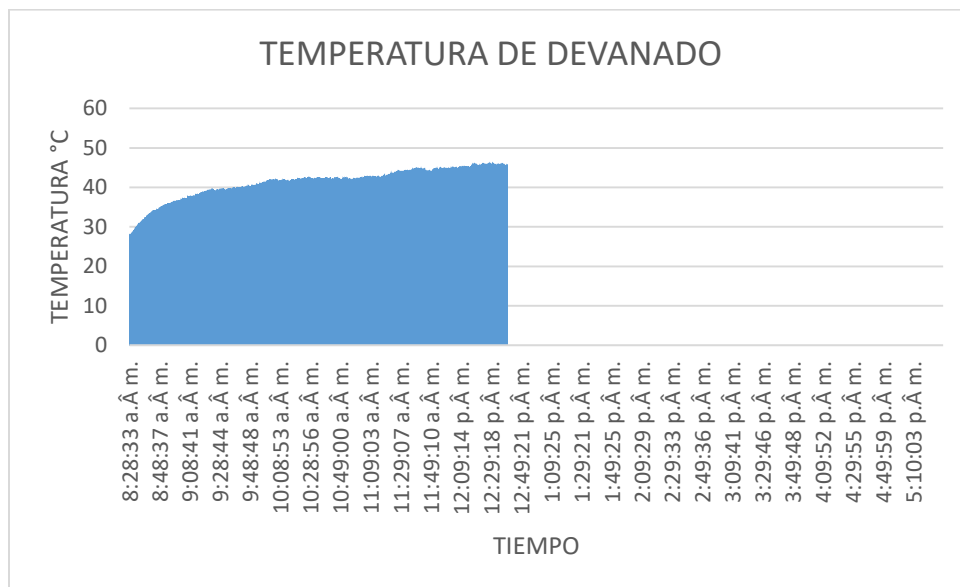
Análisis estadístico de la temperatura de rodamiento del motor 4

Análisis estadístico de temperatura de Rodamiento	
Media °C	34.674
Varianza °C ²	6.382
Desviación estándar °C	2.526
Coefficiente de variación	0.073

El grafico de barras y los análisis estadísticos de los 27721 valores arrojados de la medición de temperatura de devanado se aprecian respectivamente.

Figura 63

Gráfico de barras de la temperatura de devanado del motor 4



Nota. Se puede apreciar el gráfico de barras la medición de la temperatura de devanado respecto el tiempo

Tabla 48

Análisis estadístico de la temperatura de devanado del motor 4

Análisis estadístico de temperatura de Devanado	
Media °C	43.523
Varianza °C ²	12.524
Desviación estándar °C	3.539
Coefficiente de variación	0.081

3.3 Evaluación económica

3.3.1 Presupuesto de inversión

Para realizar el presupuesto de inversión se consideró en activos fijos y activos intangible con un periodo de 5 años.

Para los activos fijos se consideró el costo de los materiales como los sensores, placas electrónicas, servidor, equipos de automatización, equipos eléctricos, etc.

Para los activos intangibles fueron considerados los costos de cursos de Arduino que fue llevado por los tesistas, también se consideró los servicios de luz y de internet.

Tabla 49*Inversión del Proyecto*

Inversión del Proyecto		
Concepto	Vida Útil (años)	Total (S/)
A: Activos fijos		6,151.6
Equipos de Producción	5	5,901.6
Equipos de Administración	5	250.0
B: Activos Intangibles	5	610.0
Investigaciones y Estudios		540.0
Licencia de Funcionamiento (SOFTWARE)		0.0
servicio de luz		0.0
servicion de internet		70
C: Capital de Trabajo		0.0
Caja – Banco		0.0
Existencias: Materiales		0.0
Garantías del Local		0.0
Valor Total		6,761.6

Se determinó el costo de egreso del primer año, y se muestra en la siguiente figura.

Tabla 50*Costos o egresos del año 1*

Costos o egresos del año 1					
Recursos	Actividades				Costo
	Costo	Gastos	Gastos	Gasto financiero	Total
	Prod.	de Adm.	Ventas		(S/año)
Bienes materiales	5,901				5,901
Cargas de personal	7,000	200	0		7,200
Mano de obra directa	4,800				4,800
Mano de obra indirecta	2,200	200	0		2,400
Servicios de terceros	1,968	0	0		1,968
Servicios directos					
Energía	768	0	0		0
Agua	0	0	0		0
Teléfono	0	0	0		0
Alquileres	0	0	0		0
Servicios de internet	1,200	0	0		0
Tributos	0	0	0		0
Cargas div. de gestión	0	200	0		200
Cargas financieras	0	0	0		0
Provisiones	0	0			0
Activos fijos	0	0			0
Activos intangibles	0				0

Valor Total	14,869	400	0	0.00	15,269
--------------------	---------------	------------	----------	-------------	---------------

3.3.2 VAN y TIR

Para determinar el VAN primero se determinó el flujo caja proyectado donde incluyen ciertos criterios.

- Los ingresos operativos para el proyecto fueron 12,000 soles, para ello se tuvo las siguientes consideraciones:

Por cada parada debido a una falla intempestivas se consideró una pérdida de producción de pilado de 500 sacos costando cada uno de ellos 8 soles, así generando una pérdida de 4,000 soles.

Entonces, según el record de fallas de los motores de la planta industrial son de 3 paradas en un año, por lo tanto:

$$\text{ingresos operativos} = 1.0 \text{ por parada} \times \text{numero de paradas}$$

$$\text{ingresos operativos} = 4,000 \text{ soles} \times 3$$

$$\text{ingresos operativos} = 12,000 \text{ soles}$$

Cabe recalcar que para el proyecto los ingresos operativos son lo que pierde la planta al dejar de producir en las paradas intempestivas.

- Para los costos operativos que fueron 9,168 soles, se consideró:

Habrà una persona que va monitorear intermitentemente el cual se le tendrá que cancelar el monto de 400 soles mensual, es decir en que en 12 meses los costos operativos de carga personal serán de 4,800 soles anualmente.

Por otro lado, se tiene servicios de terceros como son la luz y el internet, los costos de luz son de 1,968 soles al año con un consumo de 0.3 kW/hora, 7.2 kW/día, 216 kW/mes y 2,592 kW/año; considerando un pago de 30 céntimos kW/h en media tensión.

También se consideró un mantenimiento correctivo anual de 2,200 soles anuales.

Por último, se consideró cargas diversas de gestión en costos de producción de un total de 200 soles anuales.

Entonces los costos operativos ascienden a:

$$\text{costos operativos} = \text{carga de personal} + \text{servicios} + \text{M.correctivo} + \text{cargas diversas}$$

$$\text{costos operativos} = 4,800 + 1,968 + 2,200 + 200$$

$$\text{costos operativos} = 9,168 \text{ soles anuales}$$

Tabla 51*Flujo de caja proyectado 5 años*

Flujo de caja proyectado						
Concepto	Expresado en soles por año					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1. Ingresos operativos		12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Cobranzas reduccion de inoperatividad		12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
Retención tributos						
Ingresos financieros						
Ingresos varios						
2. Egresos operativos		9,168	9,168	9,168	9,168	9,168
Mantenimiento correctivo		2,200	2,200	2,200	2,200	2,200
Cargas de personal		4,800	4,800	4,800	4,800	4,800
Servicios de terceros (luz y internet)		1,968	1,968	1,968	1,968	1,968
Tributos		0		0	0	0
Cargas diversas gestión		200	200	200	200	200
3. Saldo operativo		2,832	2,832	2,832	2,832	2,832
4. Gastos de capital	6,761.6					
Formación de capital (inversión-caja banco)	6,761.6					
5. Flujo económico	-6,761.6	2,832	2,832	2,832	2,832	2,832
Prestamos	0.0					
Amortización préstamo		0	0			
Intereses préstamo		0	0			
6. Flujo financiero	-6,761.6	2,832	2,832	2,832	2,832	2,832
Aportes de capital						
Dividendos						
7. Saldo neto de caja	-6,761.6	2,832	2,832	2,832	2,832	2,832
Saldo inicial de caja						
8. Saldo final de caja acumulado	-6,761.6	2,832	2,832	2,832	2,832	2,832

Nota. El flujo de caja del proyecto durante los 5 años es de 15,269 soles.

VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Formula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde:

v_t : Flujo de beneficios (o costos) netos para el periodo t.

I_0 : Inversión inicial

n : Periodo de evaluación

k : Tasa de descuento

Datos:

Flujo de caja para cada año es= 2,832 soles.

Inversión inicial = 6,761.60 soles

Periodo de evaluación = 5 años

Tasa de descuento = 10 % anual

Remplazamos:

$$VAN = \frac{V_1}{(1+k)^1} + \frac{V_2}{(1+k)^2} + \frac{V_3}{(1+k)^3} + \frac{V_4}{(1+k)^4} + \frac{V_5}{(1+k)^5} - I_0$$

$$VAN = \frac{2,832}{(1+0.1)^1} + \frac{2,832}{(1+0.1)^2} + \frac{2,832}{(1+0.1)^3} + \frac{2,832}{(1+0.1)^4} + \frac{2,832}{(1+0.1)^5} - 6761.6$$

$$VAN = 3,973.9 \text{ soles}$$

También se realizó el cálculo del VAN en Excel, tal como se muestra en la tabla

Tabla 52

Cálculo del valor actual neto VAN

Calculo del valor actual neto económico VAN			
Año	Flujo neto	Formula	VAN cada año
0	-6,761.6	$2,832/(1+0.1)^0$	-6,761.6
1	2,832	$2,832/(1+0.1)^1$	2,574.5
2	2,832	$2,832/(1+0.1)^2$	2,340.5
3	2,832	$2,832/(1+0.1)^3$	2,127.7
4	2,832	$2,832/(1+0.1)^4$	1,934.3
5	2,832	$2,832/(1+0.1)^5$	1,758.4
VAN			3,973.9

TASA INTERNA DE RETORNO TIR

Se realizó el cálculo del TIR empleando funciones en el Excel, así como para el VAN, luego de ello se corrobora calculando de manera manual considerando el VAN igual cero.

Tabla 53*Cálculo de la tasa interna de retorno TIR*

Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)	
Año	Flujo neto
0	-6,761.6
1	2,832
2	2,832
3	2,832
4	2,832
5	2,832
TIR	31.05%

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^n} - I_0$$

Considerando el valor actual neto: VAN=0

$$0 = \frac{V_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{V_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{V_3}{(1 + TIR)^3} + \frac{V_4}{(1 + TIR)^4} + \frac{4}{(1 + TIR)^5} - I_0$$

Reemplazando la tasa interna de retorno 80.07 %

$$0 = \frac{2,832}{(1 + 0.3105)^1} + \frac{2,832}{(1 + 0.3105)^2} + \frac{2,832}{(1 + 0.3105)^3} + \frac{2,832}{(1 + 3105)} + \frac{2,832}{(1 + 0.3105)^5} - 6761.6$$

Efectuando nos da:

$$0 = 0$$

Por lo tanto, confirmamos que la tasa interna de retorno del proyecto es 65.75%.

Como la tasa interna de retorno TIR es mayor que la tasa de descuento del proyecto $65.75\% > 10\%$, se considera rentable el proyecto. Quiere decir el que proyecto está generando un 65.75% de retorno anual sobre la inversión inicial.

PUNTO DE EQUILIBRIO

Determinamos los costos fijos anuales

COSTOS FIJOS ANUALES	
DESCRIPCIÓN	IMPORTE
Equipos de producción	5,901.6
Infraestructura del local	0
Equipos de administración	250
TOTAL	6151.6

Costos variables anuales

COSTOS VARIABLES ANUALES	
DESCRIPCIÓN	IMPORTE
Mano de obra	5,000
Servicio de luz y internet	1,968
Mantenimiento correctivo	2,200
TOTAL	9,168

Precio de ingreso anual (ingresos operativos)

Tal como se muestra en la tabla 41 de flujo proyectado se aprecia que los ingresos operativos anuales son de **12 000** soles.

Punto de equilibrio o tiempo de recupero

Mediante la fórmula:

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{costos fijos anuales}}{\text{precio ingreso anual} - \text{costos variables anuales}}$$

$$\text{punto de equilibrio} = \frac{6,151.6}{12,000 - 9,168}$$

$$\text{punto de equilibrio} = 2.17 \text{ años}$$

El ingreso para obtener el equilibrio es:

$$\text{Ingreso de equilibrio} = \text{precio de ingreso anual} \times \text{punto de equilibrio}$$

$$\text{ingreso de equilibrio} = 12,000 \times 2.17$$

$$\text{ingreso de equilibrio} = 26,040 \text{ soles}$$

IV. DISCUSIÓN

Para el monitoreo de los parámetros de esta tesis se utilizó el protocolo MQTT para la transmisión de datos entre los dispositivos de automatización hacia la plataforma Web Node-red, dicha plataforma simplifica de una manera muy significativa la programación y la conectividad facilitando así el flujo de información para posibles implementaciones a nivel industrial. En base con el estudio de Quisay y Ramos (2021), desarrollo su sistema de monitorización en tiempo real en la plataforma web Arduino Cloud analizando los datos característicos del motor, siendo una plataforma de acceso gratuito limitado para conectividad con alguno dispositivos.

Como pilar fundamenta en esta tesis se utilizó el microcontrolador ESP32, que cuenta con pines analógicos y digitales utilizados por los sensores WTVB01-485 y TERMOCUPLA TIPO K y también cuenta con conexión wifi, medio que se utilizó para el transporte de datos en tiempo real de los parámetros de los parámetros de vibración y temperatura. con base en el estudio de Flores (2021), hizo uso de un prototipo Arduino Mega que hizo uso de sus pines analógicos para el paso de información de los sensores instalados en los motores eléctricos, la visualización de la información recolectada se vio reflejada en una aplicación que por medio de una comunicación vía Bluetooth trasmitía los datos en tiempo real para su análisis.

El sistema de adquisición de datos desarrollado en esta tesis, analizo las vibraciones de los motores eléctricos en magnitud de velocidad mm/s, el método que se utilizo fue el inductivo realizando mediciones a largo tiempo y ver el desfase de la vibración para determinar el estado de la máquina. Con base al estudio realizado por Mendoza (2019) realizo un análisis documental y analítico basándose en la norma ISO 2372 y DLI que presenta

rangos de severidad de las máquinas de diferentes potencias para diagnosticar el diagnóstico correspondiente.

Para la comunicación de todo el sistema de la tesis se realizó mediante una red local de wifi, esta red emite una ruta IP que se agrega al microcontrolador y a la web, pues de esta manera las transferencias de datos de los motores eléctricos se van a centrar en una sola ruta la cual no tendrá interferencia. En base a su estudio Arreaga (2019), creo un prototipo de medición de temperatura con sensores térmicos, quien utilizo dispositivos Zig Bee que se conectaron remotamente mediante una frecuencia radial de 2.4 GHz.

Corcuera (2019) en su proyecto de tesis realizó un sistema de monitoreo vibracional de los rodamientos de los motores eléctricos mediante el uso de la plataforma @plitude Observer de SKF que cumple con la normativa ISO 10816 para brindar veracidad en los análisis de vibraciones, no obstante, en nuestro proyecto de tesis se tuvo que realizar sistema completo desde los dispositivos de medición de vibración y temperatura hasta la plataforma donde fueron visualizados en tiempo real.

Crespo (2021) en su tesis instauró un sistema de medición de vibración mecánicas en los motores eléctricos utilizando un acelerómetro que se encargó de registrar las vibraciones para convertirlas en señales eléctricas y sean analizadas en el software Maintaq, gracias a ello se previnieron fallas generando ahorros significativos.

Según Tene y Tene (2022) para la adquisición de la vibración y temperatura en las máquinas rotativas utilizó el sensor MPU9250 y MLX90614 respectivamente, cual define como resultados de medición de vibración en unidad de frecuencia Hz y la temperatura en °C. no obstante, en nuestro proyecto se utilizó los sensores para medir vibración y

temperatura WTVB01-485 y TERMOCUPLA k respectivamente, teniendo como resultados la vibración en unidades de velocidad mm/s en los tres ejes, tal cual lo especifica la norma ISO 2372 y en temperatura las unidades de grados Celsius °C.

Según Normas ISO (2024) la norma internacional ISO 2372 establece rangos de mediciones para análisis de vibraciones en motores eléctricos de diferentes potencias tales como, para maquinas rotativas con potencias menores que 20 HP considera la vibración de 7.1 mm/s en adelante es inaceptable para su funcionamiento y para maquinas rotativas con potencias entre 20-100 HP se considera una vibración inaceptable a partir de los 11.2 mm/s en adelante. Sin embargo, nuestro proyecto fue realizado en una planta Piladora de arroz industrial donde los motores eléctricos se encuentran instalados una plataforma que las vibraciones del resto de los motores eléctricos influyen en el motor que es estudiado.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Mediante el análisis situacional de los motores eléctricos de la planta industrial el Sol S.A..C, se constató una población de los 21 motores eléctricos en estado activo, de los cuales aplicando un muestreo no probabilístico o intencional se determinó una muestra de cuatro motores de la marca WEG de potencias 40 HP, 20 HP, 7.5 HP y 3 HP; La elección de estos motores se debió a su ubicación, potencia y acceso a ficha de datos técnicos.

Mediante el diseño del sistema de adquisición de datos, se constató los sensores WTVB01-485 y TERMOCUPLA podían ser controlados por el microcontrolador ESP32 ingresando una programación en lenguaje Arduino IDE, y de la misma manera el microcontrolador tenga una conexión con la plataforma Node-red mediante una conexión IP de una red local y que pueda adquirir y almacenar en el servidor los parámetros de vibración en sus tres ejes y temperatura en tiempo real cada segundo de manera permanente. De tal manera que para poder determinar que motor y en qué tiempo será puesto a mantenimiento correctivo se debe realizar un análisis de vibraciones a largo tiempo hasta ver algún desfase en su medición, porque la norma ISO 2372 (rangos de severidad para la vibración de máquinas) no especifica un rango de análisis de parámetros donde los motores eléctricos estén instalados en estructuras que tiendan a influir en la medición.

Se llegó a la conclusión que el proyecto es rentable su implementación y ampliación del sistema en cualquier planta industrial, teniendo una inversión inicial de 6,761.6 soles, que en un lapso de 5 años de funcionamiento genero un valor actual neto de 3,973.9 soles, dando así una tasa interna de retorno de 31.05%, teniendo su punto y ingreso de equilibrio de 2.17 años y 26,040 soles respectivamente.

Recomendaciones

Para próximas implementaciones del sistema se recomienda verificar que los motores eléctricos de las plantas industriales no estén discontinuados y poder ingresar a sus fichas de datos técnicos, debido a que las empresas por sus políticas no brindan con facilidad esa información.

Para posteriores implementaciones se recomienda instalar un UPS para su alimentación del servidor PC, que resultara beneficioso en caso de algún corte de energía de la red y pueda afectar al directamente al servidor, brindándole un trabajo continuo y sin complicaciones. Por otro lado, se recomienda anticiparle al proveedor del servicio de internet designarle un IP estático al servicio del cliente, de lo contrario al ser un IP variable puede ocasionar que el sistema deje de enviar datos, si fuera el caso se tendría que agregarle el nuevo IP al código Arduino para proceder a cargarlo al microcontrolador ESP32 y al Node-red.

Para tener un mejor VAN y TIR se recomienda importarlo de manera personal el sensor WTVB01-485 desde china, de esa manera este sensor te resultara más económico, de lo contrario si lo compras por una empresa importadora, dicho sensor llega a costar 4 veces su precio original, generando una inversión inicial muy alta, dejando de ser rentable el proyecto para próximas ampliaciones.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arreaga, V. C. O. (2019). *Diseño de un sistema de monitoreo y alerta de temperatura para motores industriales utilizando tecnología Zigbee*. [Tesis de titulación, Universidad de Guayaquil]. Archivo digital. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/46678>
- Cegarra, S. J. (2004). *Metodología de la investigación científica tecnológica*. Dias de Santos. <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24111w/Metodologia%20de%20a%20Investigacion%20Cientifica%20y%20Tecnologica%20-%20Jose%20Cegarra%20Sanchez.pdf>
- Corcuera, C. L. P. (2019). *Diseño de un sistema de monitoreo de vibraciones online para la detección y el diagnóstico de fallas de un motor trifásico de inducción*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Trujillo]. Archivo digital. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11900>
- Crespo, F. A. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo inalámbrico de vibraciones en motores eléctricos en una planta textil*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ingeniería]. Archivo digital. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/22046>
- Flores, L. Á. A. (2021). Sistema de captación de datos del funcionamiento de motores para la toma de decisiones en empresas de producción. *Revista Odigos.2*. <https://doi.org/10.35290/ro.v2n2.2021.395>
- Guevara, V. C. (2008). *Métodos prácticos para lograr ahorros de energía eléctrica*. Guevara Vicuña Cristian Emilio. <https://isbn.cloud/9789563192636/methods-practicos-para-lograr-ahorros-de-energia-electrica/>
- Industria, T. p. (2020). *Tecnología para la industria*. Tecnología para la industria: <https://tecnologiaparalaindustria.com/ejemplos-de-fallos-comunes-en-motores-electricos-y-como-solucionarlos/>
- Maya, E. (2014). *Métodos y técnicas de investigación*. Universidad Nacional Autónoma de México. http://www.librosoa.unam.mx/bitstream/handle/123456789/2418/metodos_y_tecnicas.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Mendoza, F. G. A. (2019). *Estudio y diagnóstico del estado de operación de motores eléctricos mediante el análisis de vibraciones. Propuesta de guía de mantenimiento*. [Tesis de titulación, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Archivo digital. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/13389>
- Serruto, C. N. G. (2020). *Implementación de metodología para el diagnóstico de fallas mediante el análisis vibracional en motores eléctricos en la empresa A.E.I.*

- SRL.[Tesis de Titulacion, Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12529>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). *Plan nacional de cultivos 2019*. <https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/handle/20.500.13036/565>
- Quisay, L, A., Ramos, F, I. (2021). *Implementación de un sistema de control de condición de activos para motores eléctricos mediante análisis de vibración e internet de las cosas*. [Tesis de titulación, Universidad de Guayaquil]. Archivo digital. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/52295>
- Tene, M, F., Tene, R, E. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos, mediante IoT utilizando un microcontrolador para el monitoreo de máquinas rotativas* [Tesis de titulación, Escuela superior politécnica de Chimborazo-Ecuador]. Archivo digital. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17264>
- Normas ISO (2024). *Norma ISO 2372*. <https://normasiso.org/norma-iso-2372/#>
- Naylamp Mechatronics (2024). *Tarjeta electrónica ESP32*. <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/1011-esp32-devkitc-v4-esp32-wifi-micro-usb.html>
- Wit Motion (2024). *WTVB01-485 Magnetic*. <https://witmotion-sensor.com/products/witmotion-wtvb01-485-triaxial-displacement-speed-amplitude-frequency-vibration-sensor-ip67-waterproof-and-dustproof-for-motor-pump-vibration-monitoring>
- Naylamp Mechatronics (2024). *Modulo MAX485*. <https://naylampmechatronics.com/conversores-ttl/62-conversor-rs485-a-serial-ttl.html>
- Naylamp Mechatronics (2024). *Sensor de temperatura termocupla K*. <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/123-termocupla-k-transmisor-max6675.html>
- Eclipse Foundation (2024). *Mosquito*. <https://mosquitto.org/>
- Naylamp Mechatronics (2024). *Cable Jumper dupont (2024)*. <https://naylampmechatronics.com/cables/447-cable-jumper-dupont-hembra-a-macho-10cm-20und.html>

AGRADECIMIENTO

Agradecer principalmente a dios por permitirnos darnos la fortaleza, sabiduría y perseverancia para culminar este gran logro, a nuestros padres por su amor, y su apoyo incondicional para lograr el objetivo plasmado.

Con profunda gratitud, queremos expresar nuestro más sincero reconocimiento a nuestro estimado asesor, Mg. Ing. Lenin Franchescoeth Núñez Pintado, por su incansable apoyo y guía durante todo este proceso. Sus vastos conocimientos y experiencia profesional han sido un faro que nos iluminó en cada paso del camino. Su motivación constante nos impulsó a superar los retos que surgieron, animándonos a no rendirnos y a enfrentar cada desafío con determinación. Gracias por enseñarnos que los obstáculos no son barreras, sino oportunidades para crecer.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento al Sr. Isaac campos Silva Gerente, de la planta industrial piladora el sol S.A.C por brindarnos la oportunidad y la confianza de ejecutar nuestro proyecto de tesis en sus instalaciones.

Por ultimo a nuestros amigos, profesores, y demás personas que nos apoyaron durante la etapa de investigación a aquellos que siempre brindaron palabras de aliento y nos animaron a seguir cuando más lo necesitábamos.

Los autores

DEDICATORIA

A Dios, por su infinita sabiduría y por guiarme con fortaleza y fe a lo largo de este camino, a mis padres, por su apoyo incondicional y enseñanzas sobre la importancia del valor del esfuerzo, la responsabilidad y los valores éticos que los llevo presente en la vida profesional como cotidiano.

A mis profesores, por su paciencia, conocimiento y por compartir conmigo no solo lecciones académicas, sino también valores éticos.

Y a mis amigos, por su compañía, ánimo y por estar a mi lado en los momentos de mayor reto y alegría.

Gracias por creer en mí.

Samuel Melendrez Meza

Con todo mi corazón, dedico este trabajo a mis padres Delmira Vioslada Quiroz y a Jhonsi Roiber Surita Vioslada, quienes, con su amor inquebrantable y su apoyo constante, me han mostrado el verdadero significado del esfuerzo y la perseverancia. Gracias por ser mi ejemplo de vida y por estar siempre a mi lado, incluso en los momentos más difíciles. Este logro es tanto suyo como mío.

A mis hermanos, quienes, con su compañía, risas y palabras de aliento, supieron darme la fuerza necesaria para continuar cuando el camino se tornaba difícil. Gracias por recordarme siempre la importancia de seguir adelante, sin importar los obstáculos.

Y, finalmente, a todas aquellas personas que, de alguna manera, han contribuido a mi formación, ofreciéndome su apoyo, inspiración y cariño a lo largo de este trayecto. Este proyecto es el fruto de todo lo que he aprendido de ustedes.

Keslin Jefersson Surita Guerrero

ANEXOS

Anexo 1

Código NODE-RED

```
[
  {
    "id": "bedfb940cdf8b7f4",
    "type": "tab",
    "label": "Flow 2",
    "disabled": false,
    "info": "",
    "env": []
  },
  {
    "id": "45d2e73fc1535786",
    "type": "tab",
    "label": "Flow 1",
    "disabled": false,
    "info": "",
    "env": []
  },
  {
    "id": "0a8adc66e68e7f95",
    "type": "tab",
    "label": "Flow 1",
    "disabled": false,
    "info": "",
    "env": []
  },
  {
    "id": "f8d8fee18b9136e0",
    "type": "mqtt-broker",
    "name": "",
    "broker": "192.168.1.39",
    "port": "1883",
    "clientid": "",
    "autoConnect": true,
    "usetls": false,
    "protocolVersion": "4",
    "keepalive": "60",
    "cleansession": true,
    "autoUnsubscribe": true,
    "birthTopic": "",
    "birthQos": "0",
    "birthRetain": "false",
    "birthPayload": "",
    "birthMsg": {}
  }
]
```

```

"closeTopic": "",
"closeQos": "0",
"closeRetain": "false",
"closePayload": "",
"closeMsg": {},
"willTopic": "",
"willQos": "0",
"willRetain": "false",
"willPayload": "",
"willMsg": {},
"userProps": "",
"sessionExpiry": ""
},
{
  "id": "b7702f3695b23494",
  "type": "ui_group",
  "name": "Vibración X",
  "tab": "ec933982ef546b9f",
  "order": 1,
  "disp": true,
  "width": "6",
  "collapse": false,
  "className": ""
},
{
  "id": "4a5a409de91710be",
  "type": "ui_group",
  "name": "Vibración Y",
  "tab": "ec933982ef546b9f",
  "order": 3,
  "disp": true,
  "width": "6",
  "collapse": false,
  "className": ""
},
{
  "id": "3624be837e318965",
  "type": "ui_group",
  "name": "Vibración Z",
  "tab": "ec933982ef546b9f",
  "order": 4,
  "disp": true,
  "width": "6",
  "collapse": false,
  "className": ""
},
{
  "id": "14cfeaa5.f1dd55",
  "type": "mqtt-broker",
  "name": "",
  "broker": "broker.hivemq.com",

```

```

"port": "1883",
"clientid": "",
"autoConnect": true,
"usetls": false,
"protocolVersion": "4",
"keepalive": "60",
"cleansession": true,
"autoUnsubscribe": true,
"birthTopic": "",
"birthQos": "0",
"birthPayload": "",
"birthMsg": {},
"closeTopic": "",
"closeQos": "0",
"closePayload": "",
"closeMsg": {},
"willTopic": "",
"willQos": "0",
"willPayload": "",
"willMsg": {},
"userProps": "",
"sessionExpiry": ""
},
{
  "id": "2e29e3acd66e42c3",
  "type": "ui_group",
  "name": "Temperatura Rodamiento",
  "tab": "ec933982ef546b9f",
  "order": 4,
  "disp": true,
  "width": "6",
  "collapse": false,
  "className": ""
},
{
  "id": "53e860afe8b6762a",
  "type": "ui_group",
  "name": "Temperatura Devanado",
  "tab": "ec933982ef546b9f",
  "order": 5,
  "disp": true,
  "width": "6",
  "collapse": false,
  "className": ""
},
{
  "id": "464fc01b.ca74f",
  "type": "ui_group",
  "name": "Vibración X",
  "tab": "4f624ae6.434ba4",
  "order": 1,

```

```

    "disp": true,
    "width": "6",
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "f7f85ebe.e7e6c",
    "type": "ui_group",
    "name": "Vibración Y",
    "tab": "4f624ae6.434ba4",
    "order": 2,
    "disp": true,
    "width": "6",
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "40d6c8eb.0b58f8",
    "type": "ui_group",
    "name": "Vibración Z",
    "tab": "4f624ae6.434ba4",
    "order": 3,
    "disp": true,
    "width": "6",
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "3fc6954b216aaf25",
    "type": "ui_group",
    "name": "Temperatura Rodamiento",
    "tab": "4f624ae6.434ba4",
    "order": 4,
    "disp": true,
    "width": "6",
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "0742fdd9a92fbf5b",
    "type": "ui_group",
    "name": "Temperatura Devanado",
    "tab": "4f624ae6.434ba4",
    "order": 5,
    "disp": true,
    "width": "6",
    "collapse": false,
    "className": ""
  },
  {
    "id": "ec933982ef546b9f",

```

```

    "type": "ui_tab",
    "name": "Motor_3",
    "icon": "dashboard",
    "order": 1,
    "disabled": false,
    "hidden": false
  },
  {
    "id": "4f624ae6.434ba4",
    "type": "ui_tab",
    "name": "Motor_4",
    "icon": "dashboard",
    "order": 1,
    "disabled": false,
    "hidden": false
  },
  {
    "id": "70cb76b019a90bac",
    "type": "ui_base",
    "theme": {
      "name": "theme-light",
      "lightTheme": {
        "default": "#0094CE",
        "baseColor": "#0094CE",
        "baseFont": "-apple-system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-
        Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-serif",
        "edited": true,
        "reset": false
      },
      "darkTheme": {
        "default": "#097479",
        "baseColor": "#097479",
        "baseFont": "-apple-system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-
        Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-serif",
        "edited": false
      },
      "customTheme": {
        "name": "Untitled Theme 1",
        "default": "#4B7930",
        "baseColor": "#4B7930",
        "baseFont": "-apple-system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-
        Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-serif"
      },
      "themeState": {
        "base-color": {
          "default": "#0094CE",
          "value": "#0094CE",
          "edited": false
        },
        "page-titlebar-backgroundColor": {
          "value": "#0094CE",

```

```

    "edited": false
  },
  "page-backgroundColor": {
    "value": "#fafafa",
    "edited": false
  },
  "page-sidebar-backgroundColor": {
    "value": "#ffffff",
    "edited": false
  },
  "group-textColor": {
    "value": "#1bbfff",
    "edited": false
  },
  "group-borderColor": {
    "value": "#ffffff",
    "edited": false
  },
  "group-backgroundColor": {
    "value": "#ffffff",
    "edited": false
  },
  "widget-textColor": {
    "value": "#111111",
    "edited": false
  },
  "widget-backgroundColor": {
    "value": "#0094ce",
    "edited": false
  },
  "widget-borderColor": {
    "value": "#ffffff",
    "edited": false
  },
  "base-font": {
    "value": "-apple-system,BlinkMacSystemFont,Segoe UI,Roboto,Oxygen-
Sans,Ubuntu,Cantarell,Helvetica Neue,sans-serif"
  }
},
"angularTheme": {
  "primary": "indigo",
  "accents": "blue",
  "warn": "red",
  "background": "grey",
  "palette": "light"
}
},
"site": {
  "name": "Node-RED Dashboard",
  "hideToolbar": "false",
  "allowSwipe": "false",

```



```

    "lockMenu": "false",
    "allowTempTheme": "true",
    "dateFormat": "DD/MM/YYYY",
    "sizes": {
      "sx": 48,
      "sy": 48,
      "gx": 6,
      "gy": 6,
      "cx": 6,
      "cy": 6,
      "px": 0,
      "py": 0
    }
  },
  {
    "id": "08d85acc5c03e54d",
    "type": "mqtt in",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "topic": "M3_vibracion_x",
    "qos": "2",
    "datatype": "auto-detect",
    "broker": "f8d8fee18b9136e0",
    "nl": false,
    "rap": true,
    "rh": 0,
    "inputs": 0,
    "x": 180,
    "y": 120,
    "wires": [
      [
        "b71063d6d32a17c8",
        "4c85c60c080d4dcc",
        "8379a4932606fea6",
        "a31f7392890a6175"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "b71063d6d32a17c8",
    "type": "ui_chart",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "group": "b7702f3695b23494",
    "order": 0,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "label": "",
    "chartType": "line",
    "legend": "false",

```

```

"xformat": "HH:mm:ss",
"interpolate": "linear",
"nodata": "",
"dot": false,
"ymin": "0",
"ymax": "20",
"removeOlder": 1,
"removeOlderPoints": "",
"removeOlderUnit": "3600",
"cutout": 0,
"useOneColor": false,
"useUTC": false,
"colors": [
  "#1f77b4",
  "#aec7e8",
  "#ff7f0e",
  "#2ca02c",
  "#98df8a",
  "#d62728",
  "#ff9896",
  "#9467bd",
  "#c5b0d5"
],
"outputs": 1,
"useDifferentColor": false,
"className": "",
"x": 450,
"y": 180,
"wires": [
  []
]
},
{
  "id": "4c85c60c080d4dcc",
  "type": "ui_gauge",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "b7702f3695b23494",
  "order": 2,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "gtype": "gage",
  "title": "",
  "label": "mm/s",
  "format": "{{value}}",
  "min": 0,
  "max": "20",
  "colors": [
    "#00b500",
    "#e6e600",
    "#ca3838"
  ]
}

```

```

],
"seg1": "",
"seg2": "",
"diff": false,
"className": "",
"x": 450,
"y": 120,
"wires": []
},
{
  "id": "27d12e78fc96c617",
  "type": "mqtt in",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "topic": "M3_vibracion_y",
  "qos": "2",
  "datatype": "auto-detect",
  "broker": "f8d8fee18b9136e0",
  "nl": false,
  "rap": true,
  "rh": 0,
  "inputs": 0,
  "x": 180,
  "y": 340,
  "wires": [
    [
      "edfdf44f46ef248e",
      "bbffd4f0e339b74c",
      "f8317a3be23e1658",
      "5c9bebb3aaa40bb2"
    ]
  ]
},
{
  "id": "edfdf44f46ef248e",
  "type": "ui_chart",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "4a5a409de91710be",
  "order": 0,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "label": "",
  "chartType": "line",
  "legend": "false",
  "xformat": "HH:mm:ss",
  "interpolate": "linear",
  "nodata": "",
  "dot": false,
  "ymin": "0",
  "ymax": "20",

```

```

"removeOlder": "30",
"removeOlderPoints": "",
"removeOlderUnit": "60",
"cutout": 0,
"useOneColor": false,
"useUTC": false,
"colors": [
  "#1f77b4",
  "#aec7e8",
  "#ff7f0e",
  "#2ca02c",
  "#98df8a",
  "#d62728",
  "#ff9896",
  "#9467bd",
  "#c5b0d5"
],
"outputs": 1,
"useDifferentColor": false,
"className": "",
"x": 450,
"y": 420,
"wires": [
  []
]
},
{
  "id": "bbffd4f0e339b74c",
  "type": "ui_gauge",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "4a5a409de91710be",
  "order": 1,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "gtype": "gage",
  "title": "",
  "label": "mm/s",
  "format": "{{value}}",
  "min": 0,
  "max": "20",
  "colors": [
    "#00b500",
    "#e6e600",
    "#ca3838"
  ],
  "seg1": "",
  "seg2": "",
  "diff": false,
  "className": "",
  "x": 450,

```

```

    "y": 360,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "d7dede5f5445b86f",
    "type": "mqtt in",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "topic": "M3_vibracion_z",
    "qos": "2",
    "datatype": "auto-detect",
    "broker": "f8d8fee18b9136e0",
    "nl": false,
    "rap": true,
    "rh": 0,
    "inputs": 0,
    "x": 180,
    "y": 540,
    "wires": [
      [
        "864d7d882bb929ea",
        "6308661797f94c7c",
        "5aff74a08797fef",
        "99bbd741e96d17ec"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "864d7d882bb929ea",
    "type": "ui_chart",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "group": "3624be837e318965",
    "order": 0,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "label": "",
    "chartType": "line",
    "legend": "false",
    "xformat": "HH:mm:ss",
    "interpolate": "linear",
    "nodata": "",
    "dot": false,
    "ymin": "0",
    "ymax": "20",
    "removeOlder": 1,
    "removeOlderPoints": "",
    "removeOlderUnit": "3600",
    "cutout": 0,
    "useOneColor": false,
    "useUTC": false,

```

```

"colors": [
  "#1f77b4",
  "#aec7e8",
  "#ff7f0e",
  "#2ca02c",
  "#98df8a",
  "#d62728",
  "#ff9896",
  "#9467bd",
  "#c5b0d5"
],
"outputs": 1,
"useDifferentColor": false,
"className": "",
"x": 450,
"y": 600,
"wires": [
  []
]
},
{
  "id": "6308661797f94c7c",
  "type": "ui_gauge",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "3624be837e318965",
  "order": 1,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "gtype": "gage",
  "title": "",
  "label": "mm/s",
  "format": "{{ value }}",
  "min": 0,
  "max": "20",
  "colors": [
    "#00b500",
    "#e6e600",
    "#ca3838"
  ],
  "seg1": "",
  "seg2": "",
  "diff": false,
  "className": "",
  "x": 450,
  "y": 540,
  "wires": []
},
{
  "id": "8379a4932606fea6",
  "type": "mqtt out",

```

```

    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "topic": "vibra/x",
    "qos": "",
    "retain": "",
    "respTopic": "",
    "contentType": "",
    "userProps": "",
    "correl": "",
    "expiry": "",
    "broker": "14cfeaa5.f1dd55",
    "x": 470,
    "y": 40,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "4c1e46d13411a7c3",
    "type": "mqtt in",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "topic": "M3_temp_rod",
    "qos": "2",
    "datatype": "auto-detect",
    "broker": "f8d8fee18b9136e0",
    "nl": false,
    "rap": true,
    "rh": 0,
    "inputs": 0,
    "x": 170,
    "y": 740,
    "wires": [
      [
        "47d3acbced48f514",
        "a3b75c3bf6f9f79b",
        "da5c01bcdb33cd3f"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "47d3acbced48f514",
    "type": "ui_chart",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "group": "2e29e3acd66e42c3",
    "order": 0,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "label": "",
    "chartType": "line",
    "legend": "false",
    "xformat": "HH:mm:ss",

```

```

    "interpolate": "linear",
    "nodata": "",
    "dot": false,
    "ymin": "0",
    "ymax": "100",
    "removeOlder": 1,
    "removeOlderPoints": "",
    "removeOlderUnit": "3600",
    "cutout": 0,
    "useOneColor": false,
    "useUTC": false,
    "colors": [
      "#1f77b4",
      "#aec7e8",
      "#ff7f0e",
      "#2ca02c",
      "#98df8a",
      "#d62728",
      "#ff9896",
      "#9467bd",
      "#c5b0d5"
    ],
    "outputs": 1,
    "useDifferentColor": false,
    "className": "",
    "x": 450,
    "y": 800,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "a3b75c3bf6f9f79b",
    "type": "ui_gauge",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "group": "2e29e3acd66e42c3",
    "order": 1,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "gtype": "gage",
    "title": "",
    "label": "°C",
    "format": "{{value}}",
    "min": 0,
    "max": "100",
    "colors": [
      "#00b500",
      "#e66000",
      "#ca3838"
    ]
  },

```



```

"seg1": "",
"seg2": "",
"diff": false,
"className": "",
"x": 450,
"y": 740,
"wires": []
},
{
  "id": "bd30884692faf743",
  "type": "mqtt in",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "topic": "M3_temp_dev",
  "qos": "2",
  "datatype": "auto-detect",
  "broker": "f8d8fee18b9136e0",
  "nl": false,
  "rap": true,
  "rh": 0,
  "inputs": 0,
  "x": 170,
  "y": 900,
  "wires": [
    [
      "495c0f0666be7752",
      "5843961fd64eea24",
      "d14f87cd0c9e179e"
    ]
  ]
},
{
  "id": "495c0f0666be7752",
  "type": "ui_chart",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "53e860afe8b6762a",
  "order": 0,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "label": "",
  "chartType": "line",
  "legend": "false",
  "xformat": "HH:mm:ss",
  "interpolate": "linear",
  "nodata": "",
  "dot": false,
  "ymin": "0",
  "ymax": "100",
  "removeOlder": 1,
  "removeOlderPoints": ""
}

```

```

"removeOlderUnit": "3600",
"cutout": 0,
"useOneColor": false,
"useUTC": false,
"colors": [
  "#1f77b4",
  "#aec7e8",
  "#ff7f0e",
  "#2ca02c",
  "#98df8a",
  "#d62728",
  "#ff9896",
  "#9467bd",
  "#c5b0d5"
],
"outputs": 1,
"useDifferentColor": false,
"className": "",
"x": 450,
"y": 960,
"wires": [
  []
]
},
{
  "id": "5843961fd64eea24",
  "type": "ui_gauge",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "53e860afe8b6762a",
  "order": 1,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "gtype": "gage",
  "title": "",
  "label": "°C",
  "format": "{{value}}",
  "min": 0,
  "max": "100",
  "colors": [
    "#00b500",
    "#e6e600",
    "#ca3838"
  ],
  "seg1": "",
  "seg2": "",
  "diff": false,
  "className": "",
  "x": 450,
  "y": 900,
  "wires": []
}

```

```

    },
    {
      "id": "a31f7392890a6175",
      "type": "function",
      "z": "0a8adc66e68e7f95",
      "name": "function 1",
      "func": "var now = new Date();\nvar timestamp = now.toLocaleString(); // Obtiene la fecha y
hora local\n\nvar value = msg.payload;\n\nmsg.payload = timestamp + \"|\",\" + value;\n\nreturn
msg;",
      "outputs": 1,
      "timeout": 0,
      "noerr": 0,
      "initialize": "",
      "finalize": "",
      "libs": [],
      "x": 720,
      "y": 120,
      "wires": [
        [
          "6253e71eafae3b46"
        ]
      ]
    },
    {
      "id": "6253e71eafae3b46",
      "type": "file",
      "z": "0a8adc66e68e7f95",
      "name": "",
      "filename": "E:\\Molino\\vibracionX.csv",
      "filenameType": "str",
      "appendNewline": true,
      "createDir": true,
      "overwriteFile": "false",
      "encoding": "none",
      "x": 950,
      "y": 120,
      "wires": [
        []
      ]
    },
    {
      "id": "f8317a3be23e1658",
      "type": "mqtt out",
      "z": "0a8adc66e68e7f95",
      "name": "",
      "topic": "vibra/y",
      "qos": "",
      "retain": "",
      "respTopic": "",
      "contentType": "",
      "userProps": "",

```

```

"correl": "",
"expiry": "",
"broker": "14cfeaa5.f1dd55",
"x": 450,
"y": 300,
"wires": []
},
{
  "id": "8e9ba9b5ffc73bad",
  "type": "mqtt in",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "topic": "M4_vibracion_x",
  "qos": "2",
  "datatype": "auto-detect",
  "broker": "f8d8fee18b9136e0",
  "nl": false,
  "rap": true,
  "rh": 0,
  "inputs": 0,
  "x": 160,
  "y": 1180,
  "wires": [
    [
      "0349b5f90297116f",
      "bb9d9775a00ca34c",
      "32111fa583f273a4",
      "cb80312712062ea4"
    ]
  ]
},
{
  "id": "0349b5f90297116f",
  "type": "ui_chart",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "464fc01b.ca74f",
  "order": 0,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "label": "",
  "chartType": "line",
  "legend": "false",
  "xformat": "HH:mm:ss",
  "interpolate": "linear",
  "nodata": "",
  "dot": false,
  "ymin": "0",
  "ymax": "20",
  "removeOlder": 1,
  "removeOlderPoints": ""
}

```

```

"removeOlderUnit": "3600",
"cutout": 0,
"useOneColor": false,
"useUTC": false,
"colors": [
  "#1f77b4",
  "#aec7e8",
  "#ff7f0e",
  "#2ca02c",
  "#98df8a",
  "#d62728",
  "#ff9896",
  "#9467bd",
  "#c5b0d5"
],
"outputs": 1,
"useDifferentColor": false,
"className": "",
"x": 430,
"y": 1240,
"wires": [
  []
]
},
{
  "id": "bb9d9775a00ca34c",
  "type": "ui_gauge",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "464fc01b.ca74f",
  "order": 2,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "gtype": "gage",
  "title": "",
  "label": "mm/s",
  "format": "{{value}}",
  "min": 0,
  "max": "20",
  "colors": [
    "#00b500",
    "#e6e600",
    "#ca3838"
  ],
  "seg1": "",
  "seg2": "",
  "diff": false,
  "className": "",
  "x": 430,
  "y": 1180,
  "wires": []
}

```

```

},
{
  "id": "60605fbef1b959d8",
  "type": "mqtt in",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "topic": "M4_vibracion_y",
  "qos": "2",
  "datatype": "auto-detect",
  "broker": "f8d8fee18b9136e0",
  "nl": false,
  "rap": true,
  "rh": 0,
  "inputs": 0,
  "x": 160,
  "y": 1400,
  "wires": [
    [
      "018b4522f7d29e9d",
      "0e35ddd8e09ca366",
      "8b2c5f4317ba1845",
      "40c036b71b5a7616"
    ]
  ]
},
{
  "id": "018b4522f7d29e9d",
  "type": "ui_chart",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "f7f85ebe.e7e6c",
  "order": 0,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "label": "",
  "chartType": "line",
  "legend": "false",
  "xformat": "HH:mm:ss",
  "interpolate": "linear",
  "nodata": "",
  "dot": false,
  "ymin": "0",
  "ymax": "20",
  "removeOlder": "30",
  "removeOlderPoints": "",
  "removeOlderUnit": "60",
  "cutout": 0,
  "useOneColor": false,
  "useUTC": false,
  "colors": [
    "#1f77b4",

```

```

    "#aec7e8",
    "#ff7f0e",
    "#2ca02c",
    "#98df8a",
    "#d62728",
    "#ff9896",
    "#9467bd",
    "#c5b0d5"
  ],
  "outputs": 1,
  "useDifferentColor": false,
  "className": "",
  "x": 430,
  "y": 1480,
  "wires": [
    []
  ]
},
{
  "id": "0e35ddd8e09ca366",
  "type": "ui_gauge",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "f7f85ebe.e7e6c",
  "order": 1,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "gtype": "gage",
  "title": "",
  "label": "mm/s",
  "format": "{{value}}",
  "min": 0,
  "max": "20",
  "colors": [
    "#00b500",
    "#e6e600",
    "#ca3838"
  ],
  "seg1": "",
  "seg2": "",
  "diff": false,
  "className": "",
  "x": 430,
  "y": 1420,
  "wires": []
},
{
  "id": "481496b592e92525",
  "type": "mqtt in",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",

```

```

"topic": "M4_vibracion_z",
"qos": "2",
"datatype": "auto-detect",
"broker": "f8d8fee18b9136e0",
"nl": false,
"rap": true,
"rh": 0,
"inputs": 0,
"x": 160,
"y": 1600,
"wires": [
  [
    "698ae1fd10d2cd10",
    "1ca477b5d886462d",
    "3bdddac4e79e0b68",
    "74d8cd6eee7bad53"
  ]
]
},
{
  "id": "698ae1fd10d2cd10",
  "type": "ui_chart",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "40d6c8eb.0b58f8",
  "order": 0,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "label": "",
  "chartType": "line",
  "legend": "false",
  "xformat": "HH:mm:ss",
  "interpolate": "linear",
  "nodata": "",
  "dot": false,
  "ymin": "0",
  "ymax": "20",
  "removeOlder": 1,
  "removeOlderPoints": "",
  "removeOlderUnit": "3600",
  "cutout": 0,
  "useOneColor": false,
  "useUTC": false,
  "colors": [
    "#1f77b4",
    "#aec7e8",
    "#ff7f0e",
    "#2ca02c",
    "#98df8a",
    "#d62728",
    "#ff9896",

```



```

    "#9467bd",
    "#c5b0d5"
  ],
  "outputs": 1,
  "useDifferentColor": false,
  "className": "",
  "x": 430,
  "y": 1660,
  "wires": [
    []
  ]
},
{
  "id": "1ca477b5d886462d",
  "type": "ui_gauge",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "40d6c8eb.0b58f8",
  "order": 1,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "gtype": "gage",
  "title": "",
  "label": "mm/s",
  "format": "{{value}}",
  "min": 0,
  "max": "20",
  "colors": [
    "#00b500",
    "#e6e600",
    "#ca3838"
  ],
  "seg1": "",
  "seg2": "",
  "diff": false,
  "className": "",
  "x": 430,
  "y": 1600,
  "wires": []
},
{
  "id": "32111fa583f273a4",
  "type": "mqtt out",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "topic": "vibra/x",
  "qos": "",
  "retain": "",
  "respTopic": "",
  "contentType": "",
  "userProps": "",

```

```

"correl": "",
"expiry": "",
"broker": "14cfeaa5.f1dd55",
"x": 430,
"y": 1100,
"wires": []
},
{
  "id": "01f7e1277c79119c",
  "type": "mqtt in",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "topic": "M4_temp_rod",
  "qos": "2",
  "datatype": "auto-detect",
  "broker": "f8d8fee18b9136e0",
  "nl": false,
  "rap": true,
  "rh": 0,
  "inputs": 0,
  "x": 150,
  "y": 1800,
  "wires": [
    [
      "d6d4d1d5dd06ab3e",
      "4dacb6aa0a2cf4b6",
      "7217f8fbee8c3a22"
    ]
  ]
},
{
  "id": "d6d4d1d5dd06ab3e",
  "type": "ui_chart",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "3fc6954b216aaf25",
  "order": 0,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "label": "",
  "chartType": "line",
  "legend": "false",
  "xformat": "HH:mm:ss",
  "interpolate": "linear",
  "nodata": "",
  "dot": false,
  "ymin": "0",
  "ymax": "100",
  "removeOlder": 1,
  "removeOlderPoints": "",
  "removeOlderUnit": "3600",

```

```

"cutout": 0,
"useOneColor": false,
"useUTC": false,
"colors": [
  "#1f77b4",
  "#aec7e8",
  "#ff7f0e",
  "#2ca02c",
  "#98df8a",
  "#d62728",
  "#ff9896",
  "#9467bd",
  "#c5b0d5"
],
"outputs": 1,
"useDifferentColor": false,
"className": "",
"x": 430,
"y": 1860,
"wires": [
  []
]
},
{
  "id": "4dadb6aa0a2cf4b6",
  "type": "ui_gauge",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "3fc6954b216aaf25",
  "order": 1,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "gtype": "gage",
  "title": "",
  "label": "°C",
  "format": "{{ value }}",
  "min": 0,
  "max": "100",
  "colors": [
    "#00b500",
    "#e6e600",
    "#ca3838"
  ],
  "seg1": "",
  "seg2": "",
  "diff": false,
  "className": "",
  "x": 430,
  "y": 1800,
  "wires": []
},

```

```

{
  "id": "8418bc8547ab8f6a",
  "type": "mqtt in",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "topic": "M4_temp_dev",
  "qos": "2",
  "datatype": "auto-detect",
  "broker": "f8d8fee18b9136e0",
  "nl": false,
  "rap": true,
  "rh": 0,
  "inputs": 0,
  "x": 150,
  "y": 1960,
  "wires": [
    [
      "5e2867b7331cd5f1",
      "bef74523fc8d7b4e",
      "e98dc01ae44947d1"
    ]
  ]
},
{
  "id": "5e2867b7331cd5f1",
  "type": "ui_chart",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "group": "0742fdd9a92fbf5b",
  "order": 0,
  "width": 0,
  "height": 0,
  "label": "",
  "chartType": "line",
  "legend": "false",
  "xformat": "HH:mm:ss",
  "interpolate": "linear",
  "nodata": "",
  "dot": false,
  "ymin": "0",
  "ymax": "100",
  "removeOlder": 1,
  "removeOlderPoints": "",
  "removeOlderUnit": "3600",
  "cutout": 0,
  "useOneColor": false,
  "useUTC": false,
  "colors": [
    "#1f77b4",
    "#aec7e8",
    "#ff7f0e",

```

```

        "#2ca02c",
        "#98df8a",
        "#d62728",
        "#ff9896",
        "#9467bd",
        "#c5b0d5"
    ],
    "outputs": 1,
    "useDifferentColor": false,
    "className": "",
    "x": 430,
    "y": 2020,
    "wires": [
        []
    ]
},
{
    "id": "bef74523fc8d7b4e",
    "type": "ui_gauge",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "group": "0742fdd9a92fbf5b",
    "order": 1,
    "width": 0,
    "height": 0,
    "gtype": "gage",
    "title": "",
    "label": "°C",
    "format": "{{value}}",
    "min": 0,
    "max": "100",
    "colors": [
        "#00b500",
        "#e6e600",
        "#ca3838"
    ],
    "seg1": "",
    "seg2": "",
    "diff": false,
    "className": "",
    "x": 430,
    "y": 1960,
    "wires": []
},
{
    "id": "8b2c5f4317ba1845",
    "type": "mqtt out",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "topic": "vibra/y",
    "qos": "",

```

```

    "retain": "",
    "respTopic": "",
    "contentType": "",
    "userProps": "",
    "correl": "",
    "expiry": "",
    "broker": "14cfeaa5.f1dd55",
    "x": 430,
    "y": 1360,
    "wires": []
  },
  {
    "id": "5c9bebb3aaa40bb2",
    "type": "function",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "function 2",
    "func": "var now = new Date();\nvar timestamp = now.toLocaleString(); // Obtiene la fecha y
hora local\n\nvar value = msg.payload;\n\nmsg.payload = timestamp + \",\" + value;\n\nreturn
msg;",
    "outputs": 1,
    "timeout": 0,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 720,
    "y": 320,
    "wires": [
      [
        "5acf8e5ba4f49f07"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "5acf8e5ba4f49f07",
    "type": "file",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "filename": "E:\\Molino\\vibracionY.csv",
    "filenameType": "str",
    "appendNewline": true,
    "createDir": true,
    "overwriteFile": "false",
    "encoding": "none",
    "x": 950,
    "y": 320,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {

```

```

    "id": "5aff74a08797fef",
    "type": "function",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "function 3",
    "func": "var now = new Date();\nvar timestamp = now.toLocaleString(); // Obtiene la fecha y
hora local\n\nvar value = msg.payload;\n\nmsg.payload = timestamp + \"|\",\" + value;\n\nreturn
msg;";
    "outputs": 1,
    "timeout": 0,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 720,
    "y": 540,
    "wires": [
      [
        "b15ab90e9deec327"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "b15ab90e9deec327",
    "type": "file",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "filename": "E:\\Molino\\vibracionZ.csv",
    "filenameType": "str",
    "appendNewline": true,
    "createDir": true,
    "overwriteFile": "false",
    "encoding": "none",
    "x": 950,
    "y": 540,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "da5c01bcd33cd3f",
    "type": "function",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "function 4",
    "func": "var now = new Date();\nvar timestamp = now.toLocaleString(); // Obtiene la fecha y
hora local\n\nvar value = msg.payload;\n\nmsg.payload = timestamp + \"|\",\" + value;\n\nreturn
msg;";
    "outputs": 1,
    "timeout": 0,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",

```

```

"libs": [],
"x": 720,
"y": 740,
"wires": [
  [
    "093d8faeccbb0990"
  ]
]
},
{
  "id": "093d8faeccbb0990",
  "type": "file",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "filename": "E:\\Molino\\Temperaturaderodamiento.csv",
  "filenameType": "str",
  "appendNewline": true,
  "createDir": true,
  "overwriteFile": "false",
  "encoding": "none",
  "x": 1000,
  "y": 740,
  "wires": [
    []
  ]
},
{
  "id": "d14f87cd0c9e179e",
  "type": "function",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "function 5",
  "func": "var now = new Date();\nvar timestamp = now.toLocaleString(); // Obtiene la fecha y hora local\n\nvar value = msg.payload;\n\nmsg.payload = timestamp + ',' + value;\n\nreturn msg;",
  "outputs": 1,
  "timeout": 0,
  "noerr": 0,
  "initialize": "",
  "finalize": "",
  "libs": [],
  "x": 720,
  "y": 900,
  "wires": [
    [
      "21e2b6fcc00571cc"
    ]
  ]
},
{
  "id": "21e2b6fcc00571cc",
  "type": "file",

```



```

    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "filename": "E:\\Molino\\Temperaturadedevanado.csv",
    "filenameType": "str",
    "appendNewline": true,
    "createDir": true,
    "overwriteFile": "false",
    "encoding": "none",
    "x": 990,
    "y": 900,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "cb80312712062ea4",
    "type": "function",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "function 6",
    "func": "var now = new Date();\nvar timestamp = now.toLocaleString(); // Obtiene la fecha y
hora local\n\nvar value = msg.payload;\n\nmsg.payload = timestamp + ',' + value;\n\nreturn
msg;",
    "outputs": 1,
    "timeout": 0,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 720,
    "y": 1140,
    "wires": [
      [
        "53bbe7142ade037f"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "53bbe7142ade037f",
    "type": "file",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "filename": "F:\\Molino\\vibracionX.csv",
    "filenameType": "str",
    "appendNewline": true,
    "createDir": true,
    "overwriteFile": "false",
    "encoding": "none",
    "x": 950,
    "y": 1140,
    "wires": [
      []
    ]
  }
}

```

```

    ]
  },
  {
    "id": "40c036b71b5a7616",
    "type": "function",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "function 7",
    "func": "var now = new Date();\nvar timestamp = now.toLocaleString(); // Obtiene la fecha y
hora local\n\nvar value = msg.payload;\n\nmsg.payload = timestamp + \",\" + value;\n\nreturn
msg;",
    "outputs": 1,
    "timeout": 0,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 720,
    "y": 1340,
    "wires": [
      [
        "445c55efcd917fd1"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "445c55efcd917fd1",
    "type": "file",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "filename": "F:\\Molino\\vibracionY.csv",
    "filenameType": "str",
    "appendNewline": true,
    "createDir": true,
    "overwriteFile": "false",
    "encoding": "none",
    "x": 950,
    "y": 1340,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "74d8cd6eee7bad53",
    "type": "function",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "function 8",
    "func": "var now = new Date();\nvar timestamp = now.toLocaleString(); // Obtiene la fecha y
hora local\n\nvar value = msg.payload;\n\nmsg.payload = timestamp + \",\" + value;\n\nreturn
msg;",
    "outputs": 1,
    "timeout": 0,

```

```

    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 720,
    "y": 1560,
    "wires": [
      [
        "9b84ecbeb4e3a76f"
      ]
    ]
  },
  {
    "id": "9b84ecbeb4e3a76f",
    "type": "file",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "",
    "filename": "F:\\Molino\\vibracionZ.csv",
    "filenameType": "str",
    "appendNewline": true,
    "createDir": true,
    "overwriteFile": "false",
    "encoding": "none",
    "x": 950,
    "y": 1560,
    "wires": [
      []
    ]
  },
  {
    "id": "7217f8fbee8c3a22",
    "type": "function",
    "z": "0a8adc66e68e7f95",
    "name": "function 9",
    "func": "var now = new Date();\nvar timestamp = now.toLocaleString(); // Obtiene la fecha y
hora local\n\nvar value = msg.payload;\n\nmsg.payload = timestamp + \"\\\" + value;\n\nreturn
msg;\"",
    "outputs": 1,
    "timeout": 0,
    "noerr": 0,
    "initialize": "",
    "finalize": "",
    "libs": [],
    "x": 720,
    "y": 1760,
    "wires": [
      [
        "8a83ec285da85f24"
      ]
    ]
  },
}

```

```

{
  "id": "8a83ec285da85f24",
  "type": "file",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "filename": "F:\\Molino\\Temperaturaderodamiento.csv",
  "filenameType": "str",
  "appendNewline": true,
  "createDir": true,
  "overwriteFile": "false",
  "encoding": "none",
  "x": 1000,
  "y": 1760,
  "wires": [
    []
  ]
},
{
  "id": "e98dc01ae44947d1",
  "type": "function",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "function 10",
  "func": "var now = new Date();\nvar timestamp = now.toLocaleString(); // Obtiene la fecha y hora local\n\nvar value = msg.payload;\n\nmsg.payload = timestamp + ',' + value;\n\nreturn msg;",
  "outputs": 1,
  "timeout": 0,
  "noerr": 0,
  "initialize": "",
  "finalize": "",
  "libs": [],
  "x": 720,
  "y": 1920,
  "wires": [
    [
      "1448301a6e705dac"
    ]
  ]
},
{
  "id": "1448301a6e705dac",
  "type": "file",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "filename": "F:\\Molino\\Temperaturadedevanado.csv",
  "filenameType": "str",
  "appendNewline": true,
  "createDir": true,
  "overwriteFile": "false",
  "encoding": "none",
  "x": 990,

```

```
"y": 1920,
"wires": [
  []
]
},
{
  "id": "99bbd741e96d17ec",
  "type": "mqtt out",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "topic": "vibra/z",
  "qos": "",
  "retain": "",
  "respTopic": "",
  "contentType": "",
  "userProps": "",
  "correl": "",
  "expiry": "",
  "broker": "14cfeaa5.f1dd55",
  "x": 450,
  "y": 480,
  "wires": []
},
{
  "id": "3bdddac4e79e0b68",
  "type": "mqtt out",
  "z": "0a8adc66e68e7f95",
  "name": "",
  "topic": "vibra/z",
  "qos": "",
  "retain": "",
  "respTopic": "",
  "contentType": "",
  "userProps": "",
  "correl": "",
  "expiry": "",
  "broker": "14cfeaa5.f1dd55",
  "x": 430,
  "y": 1560,
  "wires": []
}
]
```