

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Diseño de un sistema integrado para el monitoreo en tiempo real de
motores trifásicos y sensores industriales en PYMES

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Electrónica y Automatización

Presentado por:

Juan Carlos Bonilla Sánchez

Gabriel Alfredo Sancho Vera

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2025

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a mis padres que me han apoyado durante todo este largo camino para llegar a la meta final de esta etapa de mi vida universitaria. También a todos mis amigos que siempre han estado en las buenas y en las malas y a mi compañero de tesis Gabriel por su apoyo incondicional durante todo este tiempo y quien confío en mí para realizar la tesis de manera grupal.

También a mis abuelos paternos que ellos hubieran querido ver a su nieto en la graduación que en paz descansen.

Juan Carlos Bonilla Sánchez

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mis padres y a mi tía quienes son mis pilares, por apoyarme de manera incondicional no solo en mi carrera universitaria sino en toda mi educación, a mis amigos que conocí en aquella materia de Control Avanzado donde nos hicimos inseparables, a Dayanna quien conocí por el IEEE y quien se convirtió en mi mejor amiga, Jhon, Jorge, Christian, Andrés y muchos más por hacer que el camino universitario tenga momentos de alegría. A mi compañero y amigo Juan por confiar en mi cuando nadie más lo hizo siendo un honor llegar a este nivel juntos, a mi novia, Paula que a pesar de la distancia siempre me acompaña quien con su amor y apoyo me da aliento para seguir adelante, a mi primo Jonathan quien fue como un hermano para mí que en paz descansa.

Gabriel Alfredo Sancho Vera

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios por darnos la fuerza para seguir adelante en nuestro trayecto universitario, a los Ingenieros Efrén Herrera y Damián Larco por ser una guía en el desarrollo de nuestro proyecto de materia integradora por estar pendientes y hacernos las correcciones necesarias para nuestro último paso a ser profesionales.

“Cuanto mayor nos hacemos, más nos damos cuenta de que nuestros profesores son realmente sabios” (Ally Carter).

Al Ingeniero Richard Sánchez por confiar en el desarrollo de nuestro proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros, Juan Carlos Bonilla Sánchez y Gabriel Alfredo Sancho Vera acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

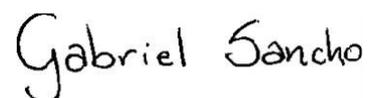
La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 18 de febrero del 2025.



Juan Carlos Bonilla
Sanchez



Gabriel Alfredo Sancho
Vera

EVALUADORES

**EFREN VINICIO
HERRERA
MUENTES** Digitally signed by
EFREN VINICIO
HERRERA MUENTES
Date: 2025.02.10
11:26:18 -05'00'

.....
Ing. Efrén Vinicio Herrera Muentes, Ph.D.

PROFESOR DE LA MATERIA



Digitally signed by
**DAMIÁN ALBERTO
LARCO GOMEZ**

.....
Msc. Ing. Damián Larco

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema integrado de monitoreo y visualización en tiempo real de parámetros de motores trifásicos, sensores, entradas y salidas, utilizando tecnologías accesibles y de bajo costo. La hipótesis plantea que la implementación de un sistema alternativo a los SCADA tradicionales puede optimizar los procesos industriales en las PYMES, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo costos. La justificación radica en la necesidad de brindar soluciones tecnológicas asequibles para las pequeñas y medianas empresas, promoviendo su competitividad en el mercado.

En el desarrollo del proyecto se diseñó la arquitectura del sistema mediante el uso de controladores lógicos programables de la marca Allen Bradley de Rockwell Automation como son los CompactLogix, ControlLogix y sensores industriales como son termocuplas, permitiendo la adquisición de datos en tiempo real. Se utilizó Node-RED como plataforma de visualización para graficar parámetros como corriente, voltaje, potencia y rpm. La conectividad del sistema se aseguró mediante protocolos industriales Ethernet/IP y un variador de frecuencia PowerFlex 525 para controlar el motor trifásico. Además, se implementó Ngrok para permitir el acceso remoto al sistema desde cualquier red, garantizando seguridad con autenticación por usuario y contraseña que se puede escalar a mayor seguridad si se utiliza una red VPN.

Los resultados muestran una mejora en la visualización, manipulación y almacenamiento de datos en comparación con sistemas SCADA comerciales, reduciendo significativamente los costos y ofreciendo acceso remoto en tiempo real. En conclusión, este sistema ofrece una solución efectiva y económica para el monitoreo y control de procesos industriales en PYMES, mejorando la gestión de recursos y promoviendo la automatización.

Palabras Clave: PYMES, monitoreo en tiempo real, Node-RED, protocolos industriales, automatización, Acceso Remoto, Motores trifásicos.

ABSTRACT

The objective of this project is to design an integrated system for real-time monitoring and visualization of three-phase motor parameters, sensors, inputs and outputs, using accessible and low-cost technologies. The hypothesis is that the implementation of an alternative to traditional SCADAs can optimize industrial processes in SMEs, improving operational efficiency and reducing costs. The justification lies in the need to provide affordable technological solutions for small and medium-sized companies, promoting their competitiveness in the market.

In the development of the project, the architecture of the system was designed through the use of logic architecture was designed using programmable logic controllers of the Allen Bradley brand from Rockwell Automation such as CompactLogix, ControlLogix and industrial sensors such as thermocouples, allowing data acquisition in real time. Node-RED was used as a visualization platform to plot parameters such as current, voltage and plot parameters such as current, voltage, power and rpm. The connectivity of the system was ensured through industrial Ethernet/IP protocols and a PowerFlex 525 variable frequency drive to control the three-phase motor. In addition, Ngrok was also implemented to allow remote access to the system from any network, ensuring security network, with user/password authentication that can be escalated to higher to higher security if a VPN network is used.

The results show an improvement in visualization, data manipulation and storage compared to commercial SCADA systems, significantly reducing costs and offering real-time remote access. In conclusion, this system offers an effective and economical solution for process monitoring and control of industrial processes in SMEs, improving resource management and promoting automation.

Keywords: SMEs, real-time monitoring, Node-RED, industrial protocols, automation, remote access, three-phase motors.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	6
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación del problema.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.1 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Marco teórico.....	5
1.4.1 Sistema de monitoreo.....	5
1.4.2 ControlLogix 1756 L73.....	5
1.4.3 CompactLogix L33ERM.....	6
1.4.3 PanelView 800.....	7
1.4.4 Stratix 5700.....	7
1.4.5 Ethernet IP.....	8

1.4.6	PowerFlex 525.....	9
1.4.7	Motor trifásico	10
1.4.8	Protocolo Productor Consumidor	11
1.4.9	Maestro Esclavo.....	11
<p>Ethernet/IP permite la integración de dispositivos de diferentes fabricantes dentro de una misma red de automatización, siempre que estos soporten el estándar CIP, lo cual es beneficioso para aplicaciones SCADA y otras que requieren interoperabilidad y alta fiabilidad en el manejo de datos industriales (Tannewitz, 2021). 11</p>		
1.4.10	Studio 5000.....	11
1.4.10	NodeRed.....	12
1.4.11	Dashboard	12
1.4.11	Telegram.....	13
1.4.12	Ngrok	13
CAPÍTULO 2		15
2.	Metodología.....	15
CAPÍTULO 3		38
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	38
3.3.1	Diseño final del BOT de Telegram.....	38
3.3.2	Monitoreo de datos en Dashboard de Node-Red	42
3.3.3	Modo Manual y Sincronizado en funcionamiento	44
3.3.4	Monitoreo y visualización de variables con NGROK.....	46
3.3.5	Análisis de Costos.....	48
CAPÍTULO 4		50
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	50
4.3	Conclusiones	51
4.4	Recomendaciones.....	51

BIBLIOGRAFÍA.....	52
5. Bibliografía	52
APÉNDICE	54

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

PYMES Pequeñas y medianas empresas

SCADA Supervisory Control and Data Acquisition

PLC Programmable Logic Controller

SIMBOLOGÍA

V	Voltios
A	Amperio
W	Vatio
RPM	Revoluciones por minuto
°C	Grados Celsius

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Interfaz visual de un sistema de monitoreo.....	5
Figura 1. 2 Controlador ConntrolLogix L73.....	6
Figura 1. 3 Controlador Compactlogix L33ERM.....	7
Figura 1. 4 Panel View 800	7
Figura 1. 5 Switch administrable Stratix 5700	8
Figura 1. 6 Dispositivos de automatización que utilizan Ethernet/IP cortesía de REALPARS.....	9
Figura 1. 7 Variador de frecuencia POWERFLEX 525.....	10
Figura 1. 8 Motor Trifásico	11
Figura 1. 9 Logo Studio 5000	12
Figura 1. 10 Logo Node-RED	12
Figura 1. 11 Logo Dashboard de Node-RED.....	13
Figura 1. 12 Logo de de Telegram	13
Figura 1. 13 Logo de Ngrok.....	14
Figura 2.1 Recopilación, envío y visualización de datos de los PLCs con NodeRed .	15
Figura 2.2 Recopilación, envío y visualización de datos de los PLCs con NodeRed y Telegram.....	16
Figura 2.3 Topología de la red.....	20
Figura 2.4 Obtención de datos del ControlLogix L73 & PowerFlex 525 hacia Node-Red	23
Figura 2. 5 Nodos para comunicación Ethernet/IP	24
Figura 2. 6 Dirección IP del PLC para conexión con Node-Red	24
Figura 2. 7 Variables enlazadas del PLC con Node-Red	25
Figura 2. 8 Creación y enlace de los nodos utilizados para recibir y enviar información.	26
Figura 2. 9 Nodos utilizados para generar el Dashboard en Node-Red.....	27
Figura 2. 10 Dashboard para edición y visualización de variables.....	28
Figura 2. 11 Conexión Telegram – Node-Red para envío y recepción de mensajes con sus respectivas opciones	29

Figura 2. 12 Nodos para comunicación con Node-Red y Telegram.....	29
Figura 2. 13 Asignación del BOT de Telegram dentro de Node-Red	30
Figura 2. 14 Asig Dashboard de control mediante NGROK nación de mensaje de bienvenida y opciones preestablecidas.....	31
Figura 2. 15 Asignación de opciones mediante el nodo Switch	32
Figura 2. 16 Asignación de salidas del nodo switch.....	32
Figura 2. 17 Configuración del servidor con ngrok.....	33
Figura 2. 18 Asignación de usuario y contraseña en Nodered	33
Figura 2. 19 Visualización de datos desde un dispositivo móvil Android.....	35
Figura 2. 20 Visualización de datos mediante NGROK y Nodered en celular	36
Figura 2. 21 HMI utilizado para alarmas y el ingreso de temperatura en modo manual	37
Figura 3.1 Mensaje definido para mostrar las opciones del bot.....	38
Figura 3.2 Comando definido para visualización de datos del PowerFlex 525.....	39
Figura 3.3 Comando definido para arrancar el motor mediante el PowerFlex 525.....	39
Figura 3.4 Comando definido para ver el estado del motor.....	40
Figura 3.5 Comando definido para detener el motor mediante el PowerFlex 525	40
Figura 3.6 Comando definido para ver el estado del motor.....	41
Figura 3.7 Comandos definidos para establecer el sentido de giro del motor y su estado	41
Figura 3.8 Dashboard en funcionamiento	42
Figura 3.9 Display del PowerFlex 525 indicando la frecuencia actual.....	43
Figura 3.10 Valor de voltaje en osciloscopio.....	43
Figura 3. 11 Valor de sensor (PT100) con sus modos de trabajo	44
Figura 3. 12 Mensaje para visualización de modo de trabajo entre PLCs.....	44
Figura 3. 13 Mensaje para visualización de modo de trabajo entre PLCs.....	45
Figura 3. 14 Mensaje para visualización de modo de trabajo entre PLCs.....	45
Figura 3. 15 Dashboard en funcionamiento mediante NGROK	46
Figura 3. 16 Dashboard de control mediante NGROK	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Características del PLC ControlLogix.....	17
Tabla 2. 2 Características del PLC L33ERM.....	17
Tabla 2. 3 Características del variador de frecuencia PowerFlex 525.....	19
Tabla 2. 4 Variables utilizadas dentro de los programas.....	23
Tabla 3. 1 Paquetes de licencia de Ignition SCADA.....	48
Tabla 3. 2 Costo de Softwares utilizados.....	48
Tabla 3. 3 Precios mensuales del software NGROK.....	48

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. 1 Alimentación trifásica variador, Switch Stratix 5700 y Panel View 800	55
Plano 1. 2 Línea de alimentación para CompactLogix L33ERM y ControlLogix L73	56

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la automatización industrial ha dejado de ser una prerrogativa exclusiva de grandes empresas, abriendo paso a soluciones accesibles y de bajo costo que permiten a las pequeñas y medianas empresas (PYMES) mejorar su eficiencia operativa y competitividad en el mercado. Una de las áreas donde la automatización está teniendo un impacto significativo es el monitoreo y control de parámetros clave en los sistemas eléctricos y mecánicos que impulsan las actividades productivas. En este contexto, los motores trifásicos son equipos fundamentales, ya que representan una gran parte del consumo energético en las industrias y son responsables del accionamiento de maquinaria crítica. Sin embargo, el control y monitoreo de estos motores, así como de otros dispositivos asociados como sensores, entradas y salidas, suele representar un desafío para las PYMES debido a los altos costos de implementación de sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) especializados.

Ante esta problemática, se plantea el desarrollo de un sistema integrado de monitoreo y visualización en tiempo real para motores trifásicos, sensores y dispositivos relacionados, que permita a las PYMES no solo monitorear el estado de sus equipos, sino también optimizar el control de sus procesos industriales, como se ha implementado en otros proyectos en empresas tales como: Tayrona S.A.S. en Colombia, casos de estudio como: Paloma Irrigation and Drainage District Reduces Downtime and Pump Repair Costs, entre otros. Este sistema tiene como objetivo ser una alternativa viable y accesible a las soluciones SCADA tradicionales, brindando las mismas capacidades de supervisión y control a un costo significativamente menor. La implementación de tecnologías accesibles y de bajo costo, como controladores lógicos programables (PLC) y protocolos de comunicación industrial, permite a las empresas tener un control preciso y eficiente de sus operaciones, mejorando la toma de decisiones y reduciendo los tiempos de inactividad.

El principal beneficio de contar con un sistema de monitoreo y visualización en tiempo real radica en la centralización de la información, lo que facilita el acceso a los datos desde cualquier ubicación, permitiendo un control remoto eficiente. Además, esta centralización ayuda a reducir la dependencia del personal en sitio, ya que las tareas de supervisión pueden ser automatizadas o realizadas a distancia, lo que se traduce en una reducción de costos operativos. De esta manera, el sistema propuesto tiene un impacto directo en la optimización de recursos, al permitir un mejor uso de la energía, prolongar la vida útil de los equipos y minimizar las interrupciones no planificadas.

El desarrollo de este sistema está alineado con la tendencia actual hacia la Industria 4.0, donde la digitalización y el uso de datos en tiempo real juegan un papel crucial en la modernización de las empresas. Aunque los sistemas SCADA han sido la herramienta tradicional para la supervisión y control de procesos industriales, su alto costo y complejidad han sido barreras para las PYMES. En cambio, el sistema propuesto busca ser una solución más flexible y adaptable, capaz de integrarse con la infraestructura existente de las PYMES y de ajustarse a sus necesidades específicas. Para lograr esto, se diseñó una arquitectura que incluye la implementación de un software de visualización que muestra gráficamente los parámetros de los motores y sensores, y que facilita la supervisión del estado de los equipos en tiempo real.

El proyecto contempla también la integración de protocolos de comunicación industrial, asegurando la conectividad entre los distintos dispositivos del sistema y permitiendo una interacción fluida entre ellos. Este aspecto es crucial para garantizar que el sistema no solo recolecte datos de manera eficiente, sino que también permita su manipulación y almacenamiento de forma segura y confiable. En este sentido, la conectividad juega un papel clave en la robustez del sistema, ya que asegura que los datos se transmitan y procesen en tiempo real, lo cual es esencial para la correcta toma de decisiones en la operación de los equipos

1.1 Descripción del problema

Las pequeñas y medianas empresas enfrentan dificultades económicas al intentar adoptar sistemas SCADA especializados para mejorar el monitoreo y control de sus procesos industriales. Estas tecnologías, si bien son esenciales para optimizar la visualización, manipulación y almacenamiento de datos provenientes de sensores, actuadores y dispositivos, conllevan una alta inversión inicial y complejidad en su implementación, lo que limita su accesibilidad y adopción por parte de este tipo de

empresas.

1.2 Justificación del problema

Las soluciones tradicionales basadas en sistemas SCADA suelen ser costosas y complejas, lo que dificulta su adopción por parte de las PYMES que recién estén empezando su actividad comercial. Este problema limita la capacidad para supervisar variables críticas en el contexto de control de motores trifásicos como lo son potencia, voltaje, corriente, frecuencia y rpm para responder eficientemente a posibles fallos.

La implementación de un monitoreo alternativo, basado en tecnología accesibles como Node-RED, PLC's y redes industriales, ofrece una solución viable para las PYMES. Este enfoque no solo reduce costos, sino que también facilita la integración con dispositivos existentes y que con la ayuda de ngrok permite un acceso remoto desde cualquier ubicación.

Resolver este problema no solo mejora la eficiencia operativa y la gestión de recursos en las PYMES, también fomenta su competitividad en el mercado al reducir los costos asociados al mantenimiento, supervisión y control de sus sistemas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema integrado de monitoreo y visualización en tiempo real para parámetros de motores trifásicos, sensores, entradas y salidas, utilizando tecnologías accesibles y de bajo costo, facilitando el control y mantenimiento de sus procesos industriales.

1.3.1 Objetivos Específicos

1. Diseñar la arquitectura del sistema de monitoreo utilizando controladores lógicos programables y sensores que permitan la adquisición de datos en tiempo real.
2. Implementar un software de visualización de datos que muestre gráficamente los parámetros recolectados de los motores y sensores, para optimizar la supervisión del estado de los equipos.
3. Probar protocolos de comunicación industrial para asegurar la conectividad entre el sistema de monitoreo y los dispositivos de control existentes en las empresas
4. Evaluar la efectividad del sistema en términos de costo-beneficio y funcionalidad comparado con soluciones SCADA tradicionales, para justificar su implementación en PYMES.
5. Crear un servidor que permita al usuario u operador conectarse de forma remota en cualquier dispositivo desde cualquier lugar para verificar el funcionamiento del sistema SCADA.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Sistema de monitoreo

Un sistema de monitoreo es un conjunto de elementos que solamente registran o monitorean un valor en tiempo real para luego transmitírselo al usuario con el fin de informar acerca del funcionamiento o estado de determinado parámetro o variable. Estos sistemas no actúan sobre los parámetros, sino que solamente registran e informan. (Ingeniarg, 2020)



Figura 1. 1 Interfaz visual de un sistema de monitoreo

1.4.2 ControlLogix 1756 L73

El controlador ControlLogix L73 pertenece a la serie 1756 de la marca Allen Bradley la cual es propietario Rockwell Automation, forma parte de la gama alta en el ámbito de automatización ya que su diseño de chasis puede añadirse tantos módulos de entradas, salidas, comunicación, o de cualquier otro tipo requiera el usuario dependiendo del proyecto. También permite el uso de sistemas redundantes en el caso de que el chasis primario falle, podrá seguir funcionando el sistema enviando a otro chasis secundario para no perder información. Además cuenta con el sistema de motion control en caso de que se requiera el control de servomotores industriales al utilizar un servovariador como es el Kinetix5500 (Rockwell Automation, Inc, 2017)



Figura 1. 2 Controlador ControlLogix L73

1.4.3 CompactLogix L33ERM

El CompactLogix L33ERM pertenece a la serie 5370 L3 es un controlador de automatización programable que forma parte de la familia de controladores Logix de Rockwell Automation, diseñado para ofrecer un alto rendimiento en un formato compacto y rentable. Su escalabilidad dentro de la arquitectura Logix permite a los usuarios implementar una solución integrada que facilita la programación, el desarrollo y la gestión de redes en aplicaciones industriales complejas. (Rockwell Automation, Inc., 2013)

El CompactLogix 5370 L3 incorpora varias características avanzadas:

1. **Control de Movimiento Integrado en Ethernet/IP:** Este modelo permite controlar hasta 16 ejes de movimiento integrado, lo que lo convierte en una solución robusta y de bajo costo para aplicaciones que requieren control de movimiento en múltiples ejes, como en sistemas de transporte o maquinaria de precisión. Al combinarse con el sistema de control de movimiento Kinetix 350, el CompactLogix 5370 L3 proporciona una solución escalable y económica para automatización industrial.
2. **Capacidades Avanzadas de Conexión en Red:** Equipado con dos puertos Ethernet y un switch Ethernet integrado, el controlador permite la configuración de topologías de red en anillo a nivel de dispositivo (DLR), lo cual facilita la integración de componentes en el sistema de control y reduce los costos de infraestructura de red.



Figura 1. 3 Controlador Compactlogix L33ERM

1.4.3 PanelView 800

Los terminales gráficos PanelView™ 800 son una interfaz de alto rendimiento para control y visualización. Con capacidades de monitoreo remoto y opciones de interacción táctil o de teclado, estos terminales mejoran la conectividad, inteligencia y productividad de las máquinas, adaptándose a diversas aplicaciones en sistemas micro y pequeños. (Rockwell Automation, Inc., 2022)



1.4.4 Stratix

Figura 1. 4 Panel View 800

5700

El Stratix 5700™ de Allen-Bradley® es un switch administrado industrial de capa 2, compacto y escalable, que incorpora tecnología de Cisco para facilitar la conectividad en aplicaciones industriales. Este switch está diseñado para simplificar la administración de redes Ethernet en entornos de automatización industrial, permitiendo una integración más eficiente de dispositivos en redes de máquinas o en redes de planta complejas. La integración con el entorno de diseño Studio 5000 Automation Engineering and Design Environment™ proporciona plantillas de FactoryTalk® View y perfiles Add-On, optimizando así la configuración y monitoreo de la red. (Rockwell Automation, Inc., 2016)

Beneficios clave:

- **Convergencia de redes:** Permite la integración de redes de máquina en redes de planta existentes, favoreciendo una infraestructura unificada y escalable.
- **Simplificación de infraestructura:** La administración centralizada del switch facilita la adición de nuevos equipos y dispositivos en la red, permitiendo un mejor control de los recursos y el crecimiento de la red.
- **Tecnología Cisco:** Asegura compatibilidad y confianza en el uso de tecnologías ampliamente conocidas por profesionales de tecnología de operaciones (TO) y tecnología de la información (TI).
- **Facilidad de configuración y monitoreo:** La integración con Studio 5000 y las herramientas de Rockwell Automation reduce tiempos de configuración y costos, optimizando el monitoreo en redes industriales complejas.



Figura 1. 5 Switch administrable Stratix 5700

1.4.5 Ethernet IP

EtherNet/IP es el término utilizado para referirse al Common Industrial Protocol (CIP), implementado sobre Ethernet estándar (IEEE 802.3 y el conjunto de protocolos TCP/IP). Presentado en 2001, EtherNet/IP se ha convertido en una de las redes Ethernet industriales más avanzadas, confiables y completas en el ámbito de la automatización de manufactura. Su popularidad ha crecido rápidamente a medida que las empresas buscan aprovechar las ventajas de las tecnologías abiertas y basadas en Internet.

EtherNet/IP forma parte de una familia de redes que emplea CIP en las capas superiores de su estructura. (Logicbus, 2024)

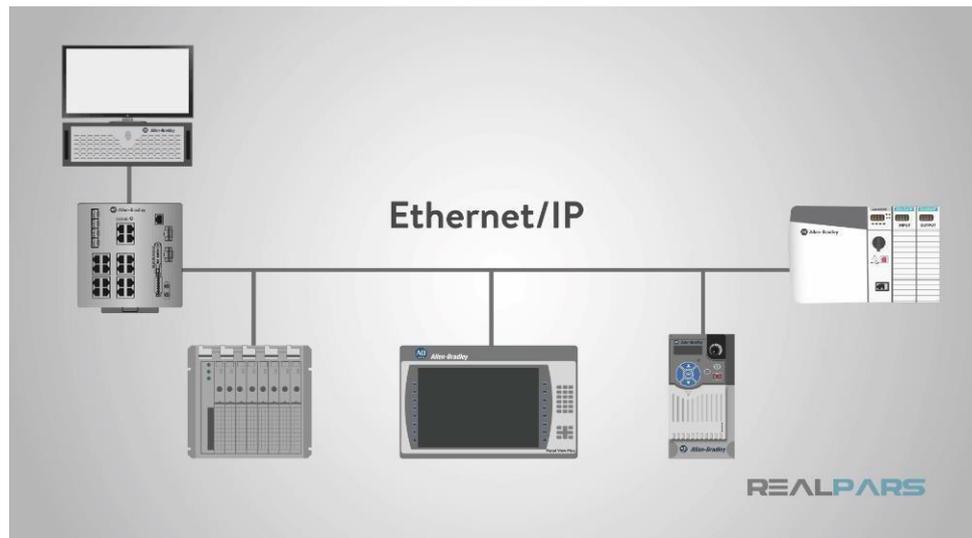


Figura 1. 6 Dispositivos de automatización que utilizan Ethernet/IP
cortesía de REALPARS

1.4.6 PowerFlex 525

El PowerFlex 525 es un variador de CA de la serie 520 de Allen-Bradley, diseñado para proporcionar un control de motor eficiente en aplicaciones industriales y ofrecer una integración sencilla en sistemas de control. Destaca por incluir funciones estándar como conectividad EtherNet/IP y seguridad integrada, lo que facilita su incorporación en arquitecturas de control Logix. Además, el PowerFlex 525 permite una configuración rápida y cuenta con opciones de instalación y control flexibles para maximizar la eficiencia en sistemas conectados en red.

Este variador de frecuencia tiene una capacidad de potencia de 0.4 a 22 kW y es compatible con voltajes globales de 100 a 600 V. Sus herramientas de configuración incluyen un módulo LCD de interfaz de operador y compatibilidad con software como Connected Components Workbench y Studio 5000 Logix Designer. (Rockwell Automation, Inc., 2015)



Figura 1. 7 Variador de frecuencia POWERFLEX 525

1.4.7 Motor trifásico

Un motor trifásico de inducción consta de dos partes las cuales son un estator y el rotor. El estator es la parte estacionaria que contiene las bobinas la cual genera un campo magnético rotativo cuando se inyecta una corriente trifásica. Este campo induce una corriente en el rotor siendo esta la parte móvil, causando su rotación. El diseño de rotor más común es el denominado “jaula de ardilla”, donde se destaca su durabilidad y eficiencia. Este tipo de motor es utilizado en aplicaciones industriales debido a su fiabilidad y capacidad de autoinicio. (Wattenphul J., 2023).



Figura 1. 8 Motor Trifásico

1.4.8 Protocolo Productor Consumidor

El protocolo Productor-Consumidor de Rockwell Automation permite la comunicación entre dispositivos en redes industriales mediante la transmisión de datos en tiempo real. Este protocolo habilita los módulos de entrada y salida donde se comunican directamente al detectar un cambio o intervalos específicos, optimizando el tráfico de red y asegura que solo se transmita información cuando sea necesario. (Rockwell Automation, s.f.)

1.4.9 Maestro Esclavo

Ethernet/IP permite la integración de dispositivos de diferentes fabricantes dentro de una misma red de automatización, siempre que estos soporten el estándar CIP, lo cual es beneficioso para aplicaciones SCADA y otras que requieren interoperabilidad y alta fiabilidad en el manejo de datos industriales (Tannewitz, 2021).

1.4.10 Studio 5000

Studio 5000 es un entorno de desarrollo de Rockwell Automation que permite la construcción y la puesta en marcha de sistemas de automatización de manera eficiente. Ofrece una interfaz moderna y una serie de aplicaciones diseñadas para facilitar tareas durante el proceso. Este software es compatible con varios controladores de Allen-Bradley como CompactLogix y ControlLogix. (Rockwell Automation, s.f., 2018).



Figura 1. 9 Logo Studio 5000

1.4.10 NodeRed

NodeRed es un entorno de desarrollo basado en JavaScript de código abierto que utiliza Node.js en un entorno de programación virtual, creando flujos de datos. Node-Red puede ser utilizado como una alternativa de bajo costo y confiable con respecto a los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) o bien un complemento de este permitiendo que la información fluya de manera rápida (Nitulescu, 2020).

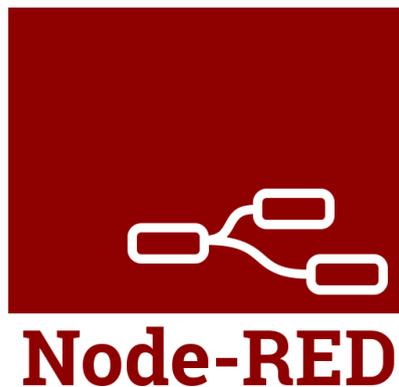


Figura 1. 10 Logo Node-RED

1.4.11 Dashboard

Node-RED, como alternativa de bajo costo y fácil configuración en aplicaciones SCADA, permite una gestión eficiente de datos en tiempo real mediante protocolos como Modbus TCP/IP, Ethernet y MQTT, ideal para sistemas IoT implementando estos protocolos se se puede mejorar la manipulación de las variables dentro de un “Dashboard” para un SCADA propuesto. (Nitulescu, 2020).



Figura 1. 11 Logo Dashboard de Node-RED

1.4.11 Telegram

Node-RED configura flujos de trabajo que interpretan datos provenientes de los PLCs y envían actualizaciones a Telegram. Por ejemplo, cuando un sensor detecta un cambio en el estado de un sistema o cuando se superan ciertos umbrales, Node-RED puede activar alertas o permitir a los operadores responder con comandos específicos, directamente desde la aplicación Telegram, optimizando así el tiempo de respuesta y la eficiencia operativa (DMC, 2023).



Figura 1. 12 Logo de de Telegram

1.4.12 Ngrok

Ngrok es una aplicación multiplataforma que crea túneles seguros desde un punto final público a un servicio web que se ejecuta localmente, permitiendo a los desarrolladores sus servidores locales a internet. También integra todos los componentes esenciales de seguridad como una pasarela API, proxy inverso, equilibrador de carga, protección de DDoS, red de entrega y cortafuegos que envían tráfico desde los servicios locales

Internet, lo que permite conectarse desde cualquier dispositivo sin necesidad de realizar cambiar las configuraciones de red dentro del sistema operativo donde este alojado el servidor el cual se quiere compartir a otros usuarios. (pubnub, 2023)



Figura 1. 13 Logo de Ngrok

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología y procedimiento que se realizó para el diseño del sistema integrado para el monitoreo en tiempo real de motores trifásicos y sensores industriales utilizando equipos de Rockwell Automation y NodeRed para el monitoreo. Para el desarrollo de este proyecto se cuenta con varias etapas que se muestran en la figura 2.1, donde se parte de la recopilación de datos de los sensores, entradas y salidas de los PLCs y las variables correspondientes a un motor trifásico (voltaje, corriente, frecuencia, RPM, potencia de salida).

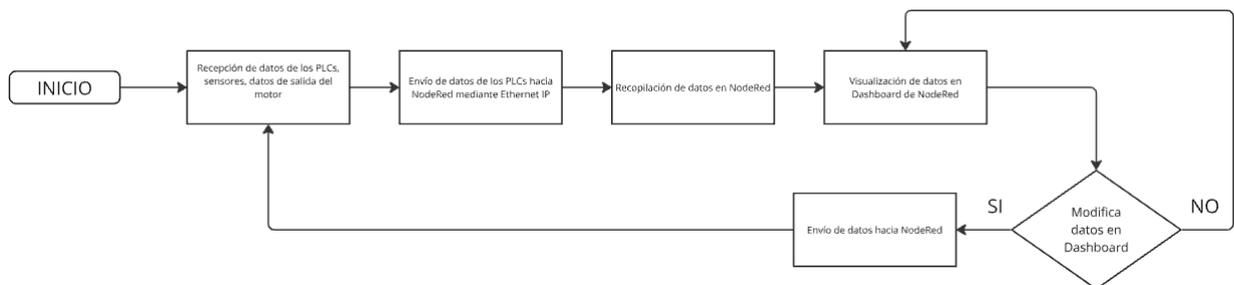


Figura 2.1 Recopilación, envío y visualización de datos de los PLCs con NodeRed

Una vez culminada la etapa de recepción inicial de datos con NodeRed, se prosigue con el envío y recepción de datos por Telegram, agregando una opción adicional para la visualización y monitoreo de las variables existentes dentro del proceso a través de un BOT de Telegram programado en NodeRed para recibir y enviar datos según lo solicitado por el usuario mediante comandos.

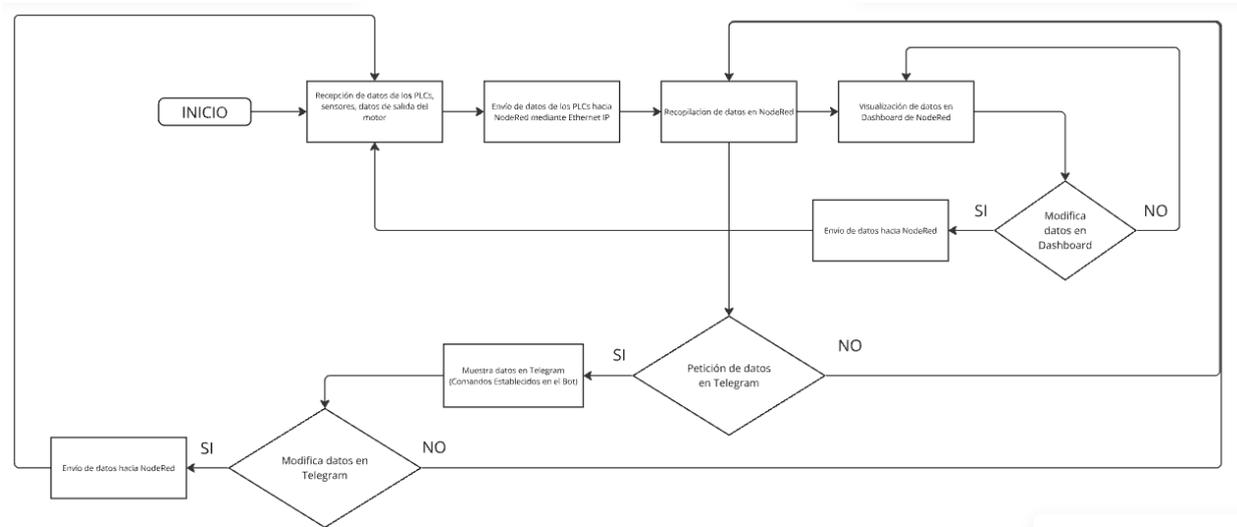


Figura 2.2 Recopilación, envío y visualización de datos de los PLCs con NodeRed y Telegram

Especificación	Detalles
Versión de Firmware	33
Memoria de Usuario	0.98 MB para almacenamiento de datos y 8 MB para almacenamiento de programas
Entradas Digitales	No integradas; requiere módulos I/O de la serie 1756 para expansión
Salidas Digitales	No integradas; requiere módulos I/O de la serie 1756 para expansión
Rango de Voltaje de Entrada	24 V DC
Consumo de Corriente	400 mA a 24 V DC
Comunicación	No integradas; requiere módulos de la serie 1756 ENXXX para expansión
Temperatura de Operación	0°C a 60°C
Compatibilidad de Tarjetas SD	Compatible con tarjetas SD de hasta 2 GB para almacenamiento de datos

Tabla 2. 1 Características del PLC ControlLogix

Especificación	Detalles
Versión de Firmware	33
Memoria de Usuario	2 MB para almacenamiento de programas, 1 MB para almacenamiento de datos
Entradas Digitales	No integradas; requiere módulos I/O de la serie 1769 para expansión
Salidas Digitales	No integradas; requiere módulos I/O de la serie 1769 para expansión
Entradas Analógicas	No integradas; requiere módulos I/O de la serie 1769 para expansión
Rango de Voltaje de Entrada	24 V DC
Consumo de Corriente	400 mA a 24 V DC
Comunicación	2 puertos Ethernet/IP integrados, permite topologías en cadena o anillo
Capacidad de Expansión	Admite hasta 16 módulos de expansión 1769
Dimensiones	132 mm (ancho) x 105 mm (alto) x 105 mm (profundidad)
Temperatura de Operación	0°C a 60°C
Compatibilidad de Tarjetas SD	Compatible con tarjetas SD de hasta 2 GB para almacenamiento de datos

Tabla 2. 2 Características del PLC L33ERM

Característica	Descripción
Rango de potencia	2.0 Hp / 1.5 kW
Corriente Nominal	8.0 A
Tensión de entrada	200-240 V
Control de motor	Vectorial de lazo cerrado, vectorial de lazo abierto, voltaje/frecuencia (V/F).
Comunicaciones	Integración nativa Ethernet/IP y Modbus TCP. Opcional para otros protocolos mediante módulos adicionales.
Interfaz de usuario	Panel de control con pantalla LCD y teclado integrado para configuración y monitoreo local.
Capacidad de seguridad	Safety Torque Off (STO) integrado, cumpliendo con SIL2, PLd.
Velocidad de operación	Rango de frecuencia de salida de 0 Hz a 500 Hz.
Entradas/Salidas	- 7 entradas digitales programables.
	- 2 salidas digitales.
	- 2 entradas analógicas (0-10V o 4-20mA).
	- 1 salida analógica (0-10V o 4-20mA).
Protección ambiental	Clasificación IP20 como estándar (con opciones para NEMA/UL Tipo 1).

Temperatura de operación	-10 °C a 50 °C (sin reducción de potencia).
Funciones avanzadas	- Control PID integrado.
	- Función de arranque rápido (Quick Start).
	- Modo de ahorro de energía.

Tabla 2. 3 Características del variador de frecuencia PowerFlex 525

2.1 Topología de red

Los equipos utilizados, tales como los controladores CompactLogix L33ERM y ControlLogix L73, el variador de frecuencia PowerFlex 525, el switch administrable Stratix 5700, el controlador Micro 850, el panel de operador PanelView 800 y una computadora personal para configuración y visualización de datos, fueron interconectados empleando una topología en estrella.

El switch Stratix 5700 se configuró como el nodo central de la red Ethernet/IP, permitiendo distribuir las conexiones de comunicación hacia todos los dispositivos mencionados. Esta disposición asegura una comunicación eficiente y centralizada, garantizando la interoperabilidad de los equipos y facilitando el monitoreo y control en tiempo real. La configuración puede observarse de manera gráfica en la figura adjunta.

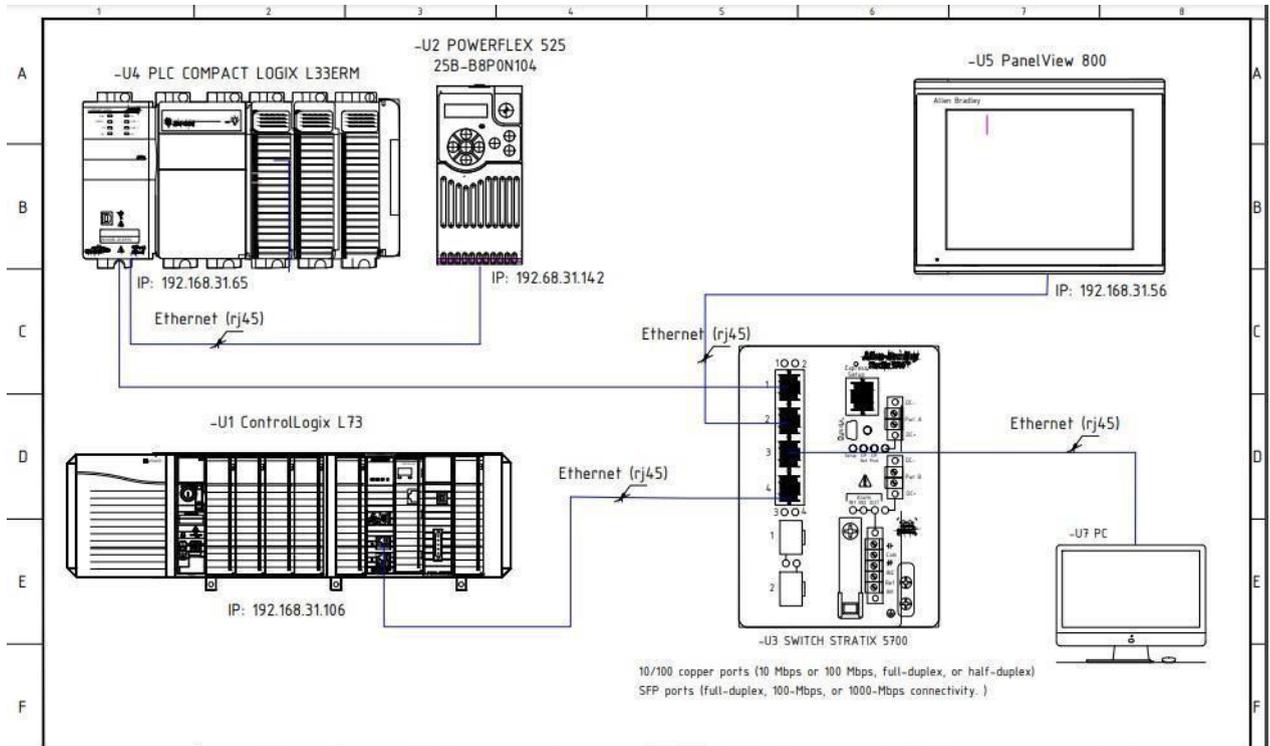


Figura 2.3 Topología de la red

Variable	Identificador	Origen/ Direccion	Tipo	Rango	Alarma (Si/No)	Tipo Alarma	Parámetros de alarma
Inicio_Boton	Local:1::Data.0	Entrada CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	N/A	N/A	N/A
Paro_Boton	Local:1::Data.1	Entrada CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	N/A	N/A	N/A
Paro_Emergen cia	Local:1::Data.2	Entrada CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	N/A	N/A	N/A
Sincronizacion	Local:1::Data.8	Entrada CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	N/A	N/A	N/A
Encendido	Local:1:O.Data. 0	Entrada CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	N/A	N/A	N/A
Arranque	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	N/A	N/A	N/A
Detenido	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	N/A	N/A	N/A
LED_ARRANQ UE	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	Si	Motor Encendid o	N/A
LED_PARO	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	Si	Motor Detenido	N/A
LED_AVANCE	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	Si	Motor Avanzand o	N/A
LED_RETROC ESO	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	Si	Motor en Reversa	N/A
Avance	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0- 100%	N/A	N/A	N/A

Reversa	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
ArranquePF	PowerFlex_525: O.Start	Salida PowerFlex 525	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
ParoPF	PowerFlex_525: O.Stop	Salida PowerFlex 525	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
ComandoAvance	PowerFlex_525: O.Forward	Salida PowerFlex 525	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
ComandoReversa	PowerFlex_525: O.Reverse	Salida PowerFlex 525	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
ComandoFreq	PowerFlex_525: O.FreqCommand	Salida PowerFlex 525	INT	0-6000	N/A	N/A	N/A
CorrientePF	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Real	-	N/A	N/A	N/A
VoltajePF	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Real	-	N/A	N/A	N/A
PotenciaPF	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Real	-	N/A	N/A	N/A
RPMPF	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Real	-	N/A	N/A	N/A
Activar_Sincronizacion.0	Program Tags (Produced)	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
Activacion_Manual.0	Program Tags (Produced)	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
Sincronizacion.0	Program Tags (Consumed)	Memoria ControlLogix L73	Bool	0-100%	Si	Sincronización activada	N/A
Manual_Activado.0	Program Tags (Consumed)	Memoria ControlLogix L73	Bool	0-100%	Si	Manual Activado	N/A

TEMPERATUR A1[0]	Global Variable	ControlLogix L73	Real	-50- 250°C	Si	Límite de Sensor 1	Limite definido por el usuario
TEMPERATUR A1[1]	Global Variable	ControlLogix L73	Real	-50- 250°C	Si	Límite de Sensor 2	Limite definido por el usuario

Tabla 2. 4 Variables utilizadas dentro de los programas

2.2 Creación de Node-Red

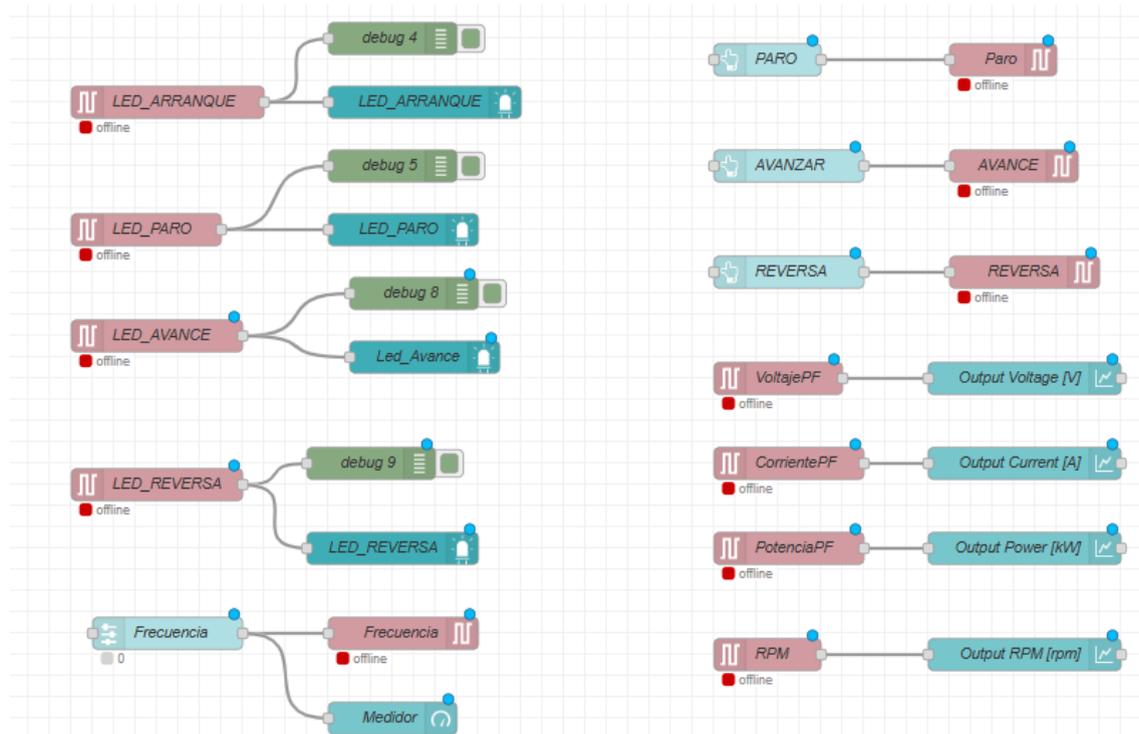


Figura 2.4 Obtención de datos del CompactLogix L33ERM & PowerFlex 525 hacia Node-Red

Se definen los nodos de acuerdo con las variables utilizadas dentro de la programación en Studio500, cabe recalcar que es necesario que todas las variables creadas dentro del PLC (CompactLogix L33ERM) deben coincidir en nombre dentro del Node-Red para que la comunicación pueda realizarse de manera oportuna, además de no incluir otras variables adicionales que no estén dentro de la programación ya que se inhibe la comunicación al intentar encontrar una variable

que no existe dentro de la misma tomando en cuenta que las variables deben ser creadas como “Controllers Tags” en la misma.

Dentro de la obtención de datos del CompactLogix L33ERM junto a las distintas entradas y salidas que nos permite manipular el PowerFlex 525 se utilizaron los siguientes nodos:

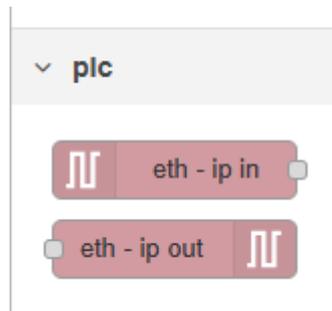


Figura 2. 5 Nodos para comunicación Ethernet/IP

Los cuales nos permitieron obtener y manipular los distintos valores descritos dentro del Node-Red colocando la dirección IP del PLC, junto con las variables a utilizar.

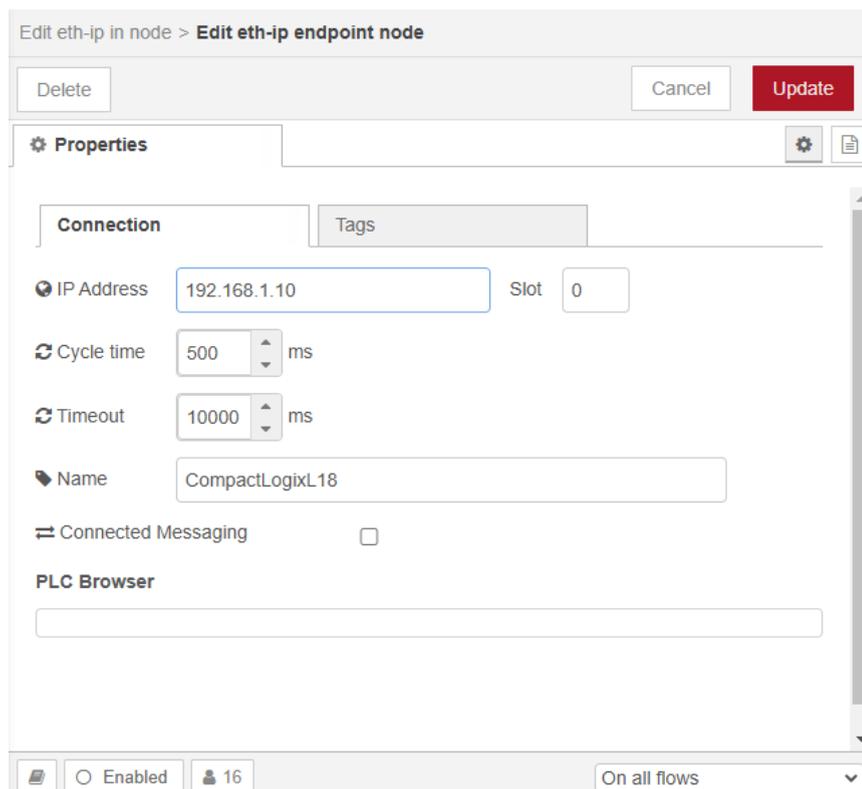


Figura 2. 6 Dirección IP del PLC para conexión con Node-Red

Para la creación de las variables utilizadas dentro del Node-Red, primero se realiza el enlace mediante la dirección IP del controlador así mismo se debe detallar el slot donde se encuentra el CPU del mismo, en este caso el CompactLogix L33ERM lo tiene en el slot 0, una vez realizado esto se procederán a crear las variables vinculadas en la programación, con un tiempo cíclico de 500 [ms] para que esté se actualice constantemente y pueda recibir datos para realizar el SCADA a su vez también este tiempo permite el envío de datos del Node-Red hacia el PLC.

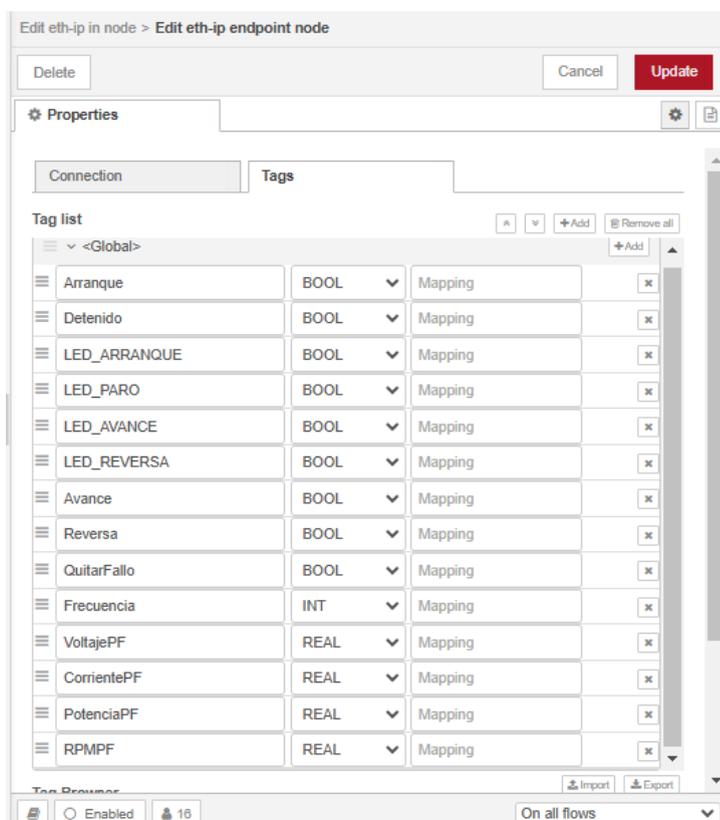


Figura 2. 7 Variables enlazadas del PLC con Node-Red

Se procede a realizar la lista de variables utilizadas donde se debe establecer el mismo nombre con el cual se creó en el PLC, además del tipo de dato el cual corresponda, tomando en cuenta de que no deben existir variables que no han sido creadas dentro del PLC así mismo como revisar el nombre de estas ya que el sistema no puede distinguir de una variable escrita de manera incorrecta que de una variable que no existe dentro del PLC provocando que no se realice la conexión del sistema.

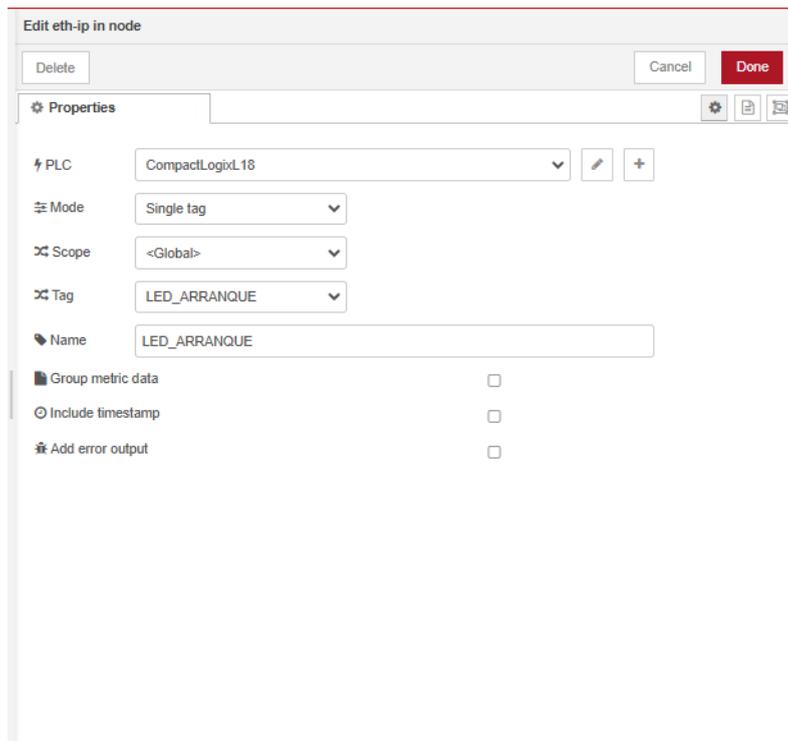


Figura 2. 8 Creación y enlace de los nodos utilizados para recibir y enviar información.

Se estableció la configuración para cada nodo según la variable de interés a ser presentada en el Dashboard o para poder realizar su manipulación para el proceso que se vaya a realizar, en este caso como se observa es el piloto indicador de que el motor está funcionando, para que puedan funcionar el enlace de las variables con Node-Red, se debe indicar a que PLC pertenece, la etiqueta correspondiente y de manera opcional establecer un nombre para diferenciarla de las demás.

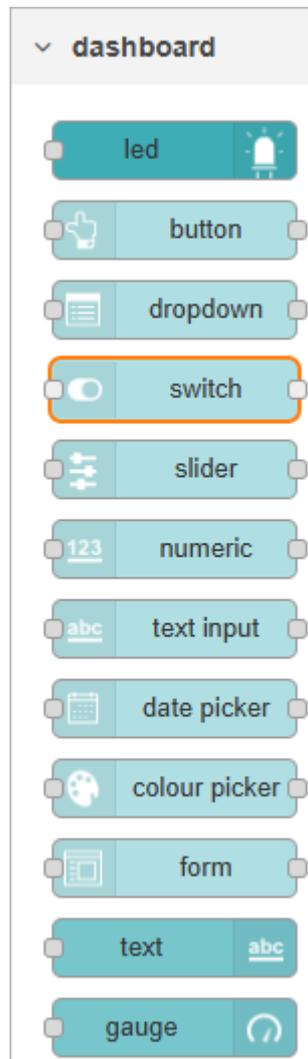


Figura 2. 9 Nodos utilizados para generar el Dashboard en Node-Red

Los nodos utilizados para gestionar la manipulación y visualización de datos en el Dashboard de Node-Red es la librería con el mismo nombre donde nos permite herramientas para graficar, manipular y observar los datos recibidos/enviados por el PLC.

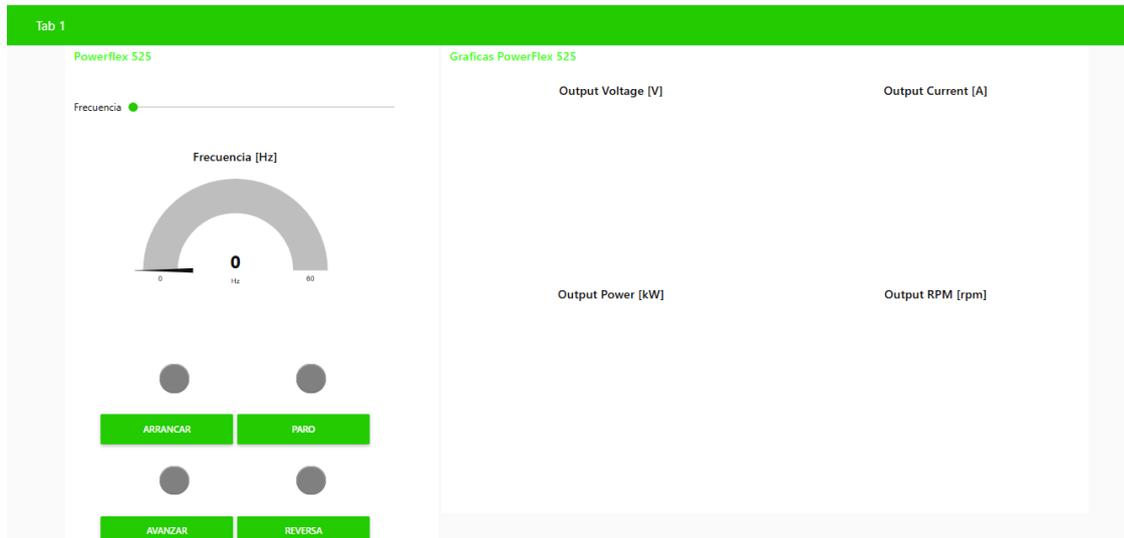


Figura 2. 10 Dashboard para edición y visualización de variables

Luego, se creó y diseñó un dashboard que permite al operador visualizar en tiempo real todos los cambios que ocurren en el motor trifásico, como el voltaje de salida del variador de frecuencia, la corriente de salida, la potencia consumida y las RPM del motor. Además, el dashboard permite cambiar la frecuencia de salida (Hz) según el uso requerido visualizando los estados operativos del motor, como marcha, paro y sentido de giro (adelante o reversa) así mismo como su edición para recibir los cambios en Node-Red y enviarlos al PLC.

2.3 Conexión Node-Red – Telegram - PLC

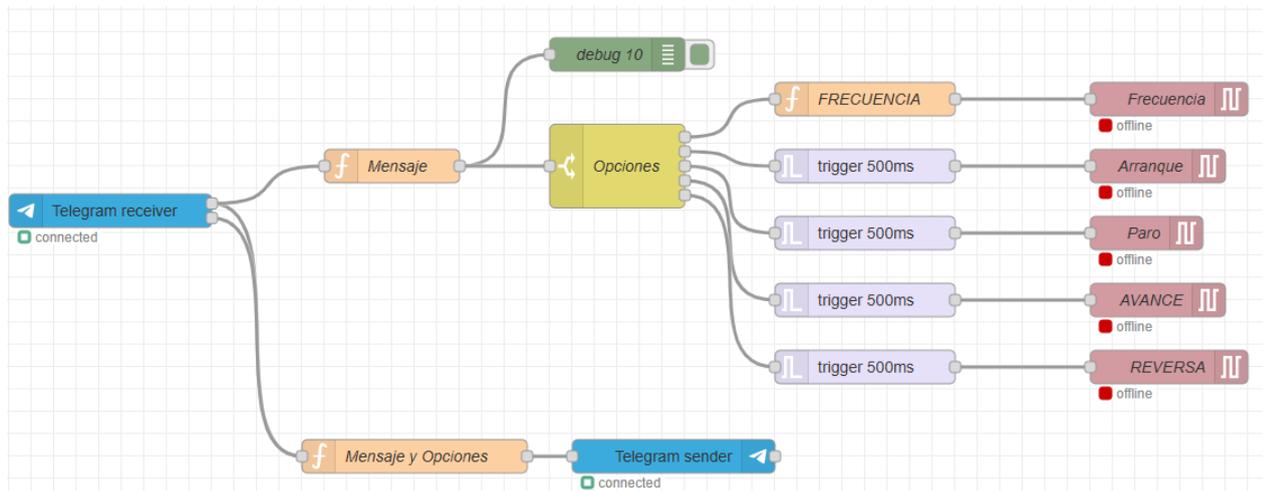


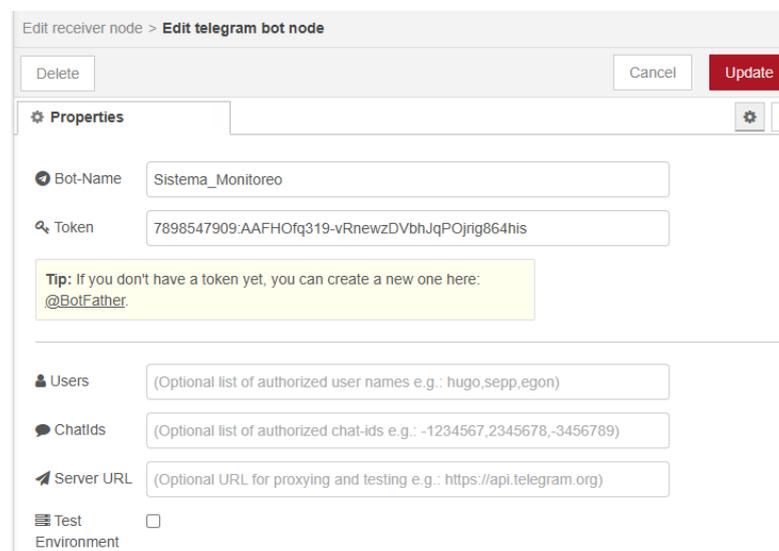
Figura 2.11 Conexión Telegram – Node-Red para envío y recepción de mensajes con sus respectivas opciones

Para la recepción y envío de datos de Telegram a Node-Red y de Node-Red al PLC y viceversa se utilizan los nodos dispuestos por la plataforma para enviar mensajes hacia Telegram una vez se reciba un mensaje configurado para que el usuario acceda al control y visualización de las variables que se utilizan dentro del programa, sea esta como la activación de señales o también la visualización de datos que son de importancia para el correcto funcionamiento del proceso.



Figura 2.12 Nodos para comunicación con Node-Red y Telegram

Los cuales nos permitieron enviar y recibir mensajes de Telegram para su posterior manejo según el tipo de mensaje que el usuario ha escogido o a escrito, sea este la activación de alguna variable, recibir alguna alarma o visualización de algún parámetro.



The image shows a configuration window titled "Edit receiver node > Edit telegram bot node". At the top, there are three buttons: "Delete", "Cancel", and "Update". Below this is a "Properties" section with a gear icon and a document icon. The configuration fields are as follows:

- Bot-Name:** Sistema_Monitoreo
- Token:** 7898547909:AAFHOq319-vRnewzDVbhJqPOjrig864his
- Tip:** If you don't have a token yet, you can create a new one here: @BotFather.
- Users:** (Optional list of authorized user names e.g.: hugo,sepp,egon)
- ChatIds:** (Optional list of authorized chat-ids e.g.: -1234567,2345678,-3456789)
- Server URL:** (Optional URL for proxying and testing e.g.: https://api.telegram.org)
- Test Environment:**

Figura 2.13 Asignación del BOT de Telegram dentro de Node-Red

Para realizar la conexión con el BOT de Telegram se debe especificar el nombre del mismo dentro de los nodos de comunicación además de establecer el token correspondiente al mismo una vez que se creó es proporcionado al que desarrolló el BOT, este mismo permite que el BOT sea utilizado en un chat privado con el usuario o en su defecto unirlo a un grupo para que distintas personas puedan monitorear las variables o en con una configuración propia del nodo establecer que solo un grupo designado de usuarios puedan manipular las variables y dejar el resto para visualización.

```

1 var vol = global.get("Voltage");
2 var cur = global.get("Corriente");
3 var rpm = global.get("RPM");
4 var power = global.get("potencia");
5 if (msg.payload.content.toUpperCase() == "/START")
6 {
7     msg.payload.content = "Bienvenido al Bot de Sistema de Monitoreo para PYMES \nLos comandos que se puede utilizar son los siguientes:" +
8     "\n/start mostrara de nuevo este mensaje para que visualices los comandos" +
9     "\n/Arrancar o /arrancar Inicia el proceso del PowerFlex 525" +
10    "\n/Paro o /paro Detiene el proceso del PowerFlex 525" +
11    "\n/Avanzar o /avanzar Indica que la direccion sea horaria para el motor" +
12    "\n/Reversa o /reversa indica que la direccion sera antihoraria del motor" +
13    "\n/Frecuencia o /frecuencia para establecer la frecuencia en [Hz] del motor";
14    return msg;
15 } else if (msg.payload.content.toUpperCase() == "/FRECUENCIA")
16 {
17     msg.payload.content = "Ingrese la frecuencia en Hz:"
18     return msg;
19 } else if (msg.payload.content.toUpperCase() == "/DATOS")
20 {
21     msg.payload.content = "El voltaje es: "+ vol + "[V]" +
22     "\nLa corriente es: "+ cur + "[A]" + "\nRPM: "+ rpm + "[RPM]" +
23     "\nLa potencia: "+ power + "[kW]";
24     return msg;
25 }
26 }
27 }
28 }
29 }
30 }
31 }

```

Figura 2.14 Asignación de mensaje de bienvenida y opciones preestablecidas

Dentro del nodo “function” el cual tiene embebido el lenguaje de JavaScript, se establece que el mensaje recibido por el usuario debe ser solo el contenido de este ya que dentro de la obtención de datos por los nodos de Telegram existen más características pertenecientes al mensaje, por ello solo extraemos el contenido de este para después convertirlo en mayúsculas y evitar establecer distintos casos de escritura por parte del usuario. Una vez el usuario haya iniciado el BOT con el comando “/start” dará acceso a la lista de comandos y una descripción de estos para su uso. Además de obtener los valores del PLC en NodeRed para presentarlos en un mensaje de Telegram según el comando que se requiera.

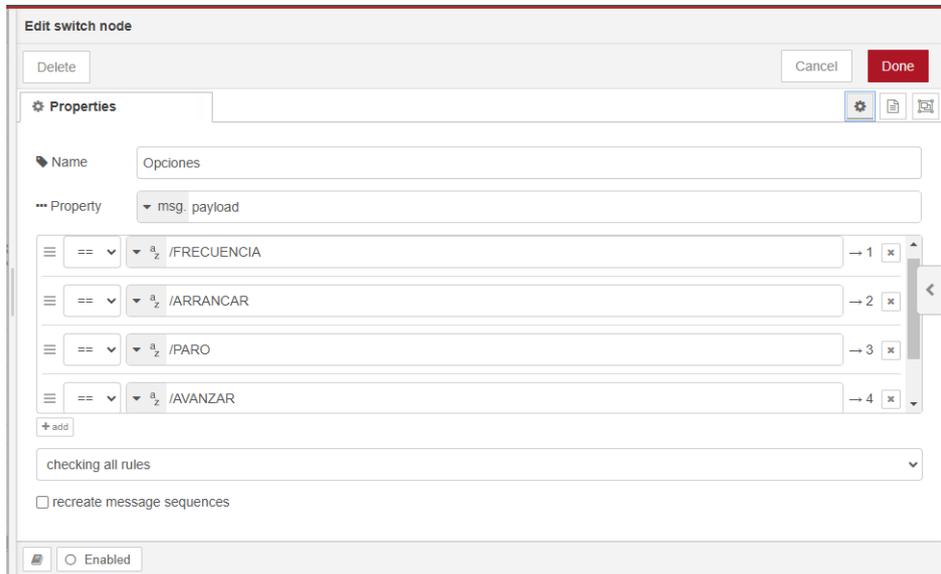


Figura 2.15 Asignación de opciones mediante el nodo Switch

Así mismo como en el nodo “function” dentro del nodo de “switch” se debe establecer anteriormente en un nodo que solo se debe recibir el contenido de mensaje y establecerlo en mayúscula para que este nodo pueda distinguir entre las opciones y dar paso a la activación de salida para continuar el proceso.

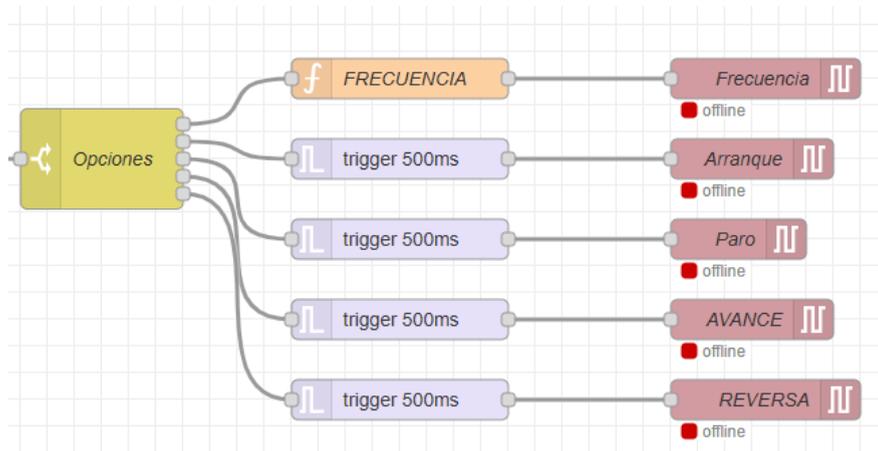


Figura 2.16 Asignación de salidas del nodo switch

Una vez establecidas las opciones de salida del nodo switch se podrán realizar las activaciones mediante un pulso de 500ms para activar la variable que el usuario necesita para continuar con su proceso, en cambio para la frecuencia es necesario cambiar el tipo de dato del mensaje de string a float para establecer el valor de salida de frecuencia del motor y enviar el dato hacia el PLC.

```
Administrador: C:\Users\User\Desktop\NGROK\nngrok.exe - ngrok http http://localhost:1880
ngrok (Ctrl+C to quit)
Found a bug? Let us know: https://github.com/ngrok/ngrok
Session Status      online
Account             Juan Bonilla (Plan: Free)
Version             3.19.0
Region              United States (us)
Latency             139ms
Web Interface        http://127.0.0.1:4040
Forwarding           https://7c2f-200-126-15-169.ngrok-free.app -> http://localhost:1880

Connections          ttl    opn    rt1    rt5    p50    p90
                   685    6      0.31  0.34  0.57   6.53

HTTP Requests
-----
13:01:58.469 -58 GET /auth/login                200 OK
13:01:58.045 -58 GET /settings                    401 Unauthorized
13:01:57.520 -57 GET /locales/infotips           200 OK
13:01:57.586 -57 GET /locales/infotips           200 OK
13:01:57.572 -57 GET /locales/jsonata          200 OK
13:01:57.574 -57 GET /locales/editor            200 OK
13:01:57.587 -57 GET /locales/node-red         200 OK
13:01:57.290 -57 GET /vendor/monaco/dist/editor.js      200 OK
13:01:57.588 -57 GET /locales/node-red         200 OK
13:01:57.541 -57 GET /locales/editor            200 OK
```

Figura 2.17 Configuración del servidor con ngrok

Se procede a crear una cuenta junto a su autenticación para obtener un authtoken y dentro del terminal ingresar el token para autenticar el dispositivo, una vez realizado estos procesos se ejecuta la instancia de Node-Red donde se redirige para generar una URL que permitirá monitorear el dashboard en cualquier dispositivo y en cualquier red que tenga este mismo enlace.

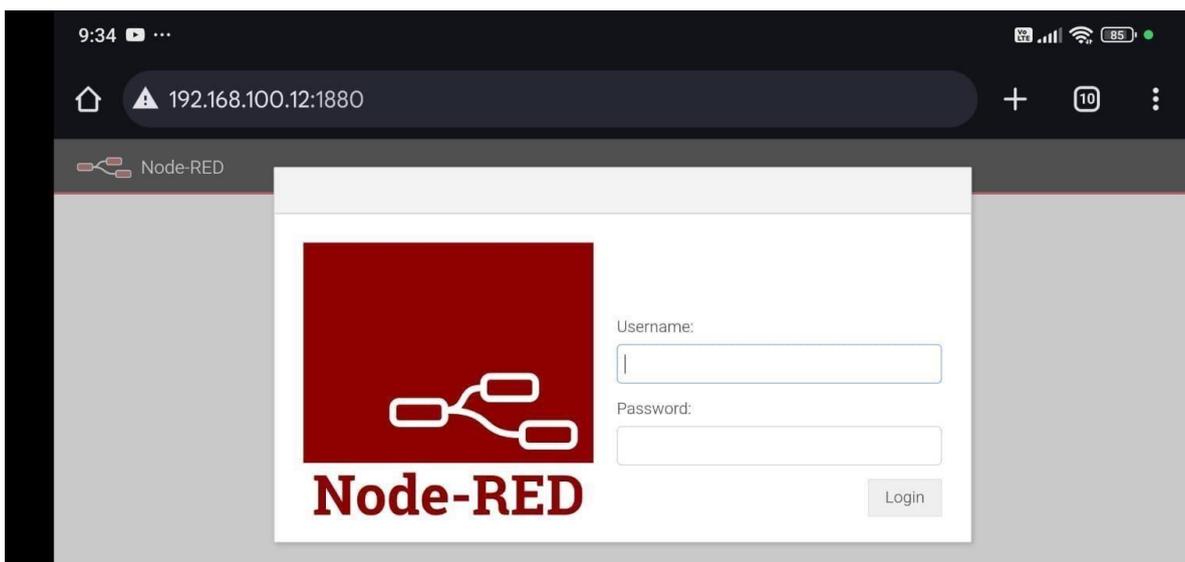


Figura 2.18 Asignación de usuario y contraseña en Nodered

Uno de los temas fundamentales de un SCADA es que los parámetros obtenidos en tiempo real puedan visualizarse no solo en la computadora principal si no en cualquier otro dispositivo, por lo que se procedió a crear antes que todo un usuario y contraseña para permitir una mayor seguridad al momento de querer realizar alguna modificación por lo que se asignaron 2 roles importantes:

- El rol de administrador con nombre de usuario: NODERED que permite al operador realizar modificaciones y guardarlas e instanciarlas en el servidor de Node-RED para luego visualizarlo en el dashboard
- El rol de invitado con nombre de usuario: GUEST que permite al operador solo visualizar datos y no tiene permiso para poder realizar cambios.

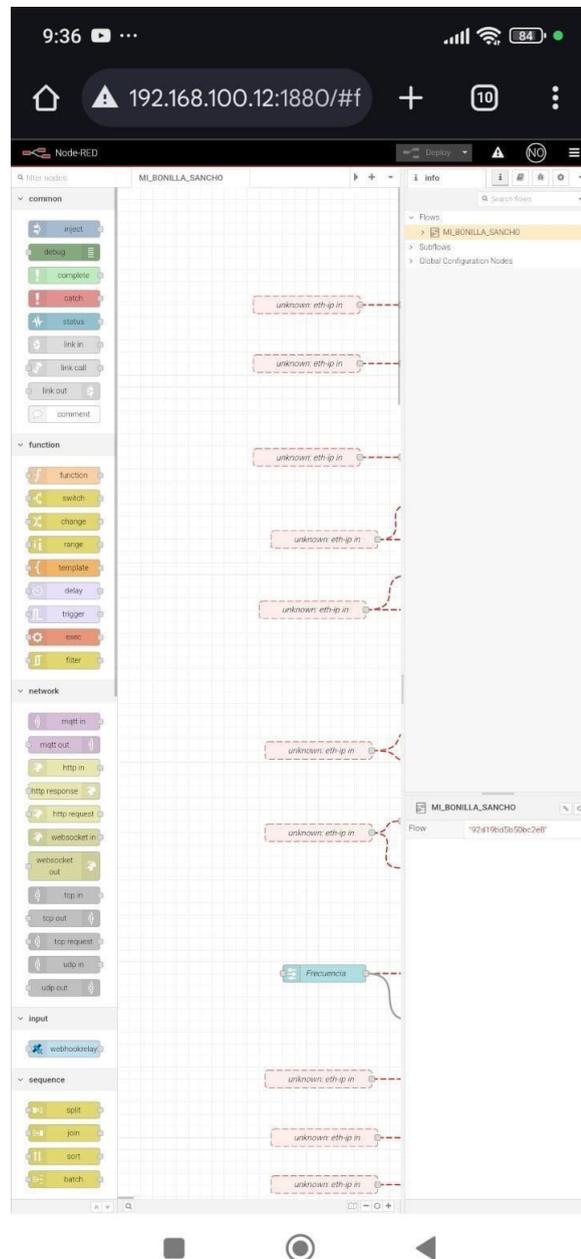


Figura 2.19 Visualización de datos desde un dispositivo móvil Android

Para poder conectarse a Node-RED desde otro dispositivo es necesario que tanto la computadora principal donde este alojado los nodos en el servidor y el dispositivo el cual quiere ver tienen que estar conectados a la misma red para poder entrar.

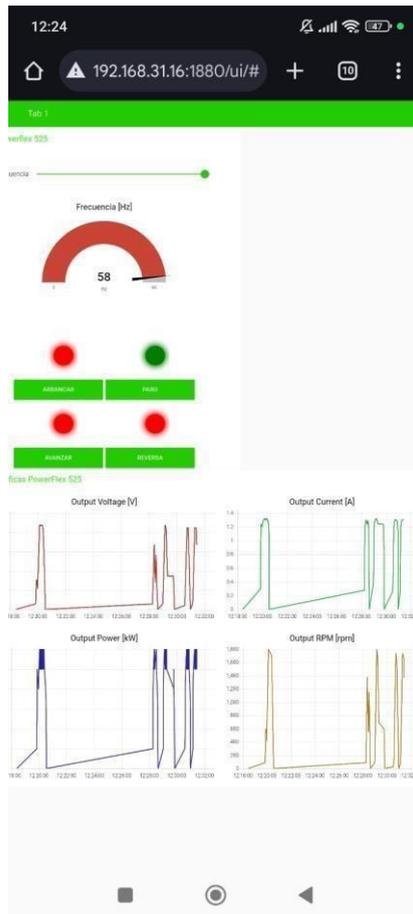


Figura 2.20 Visualización de datos mediante NGROK y Nodered en celular.

Con la URL obtenida en NGROK se puede acceder al dashboard de Node-Red en cualquier dispositivo, esto dependerá de cómo entrara el usuario si mediante la opción de GUEST donde solo permite ver y no manipular o como administrador donde se tiene que ingresar el usuario y la clave para acceder a la visualización y manipulación de los parámetros.

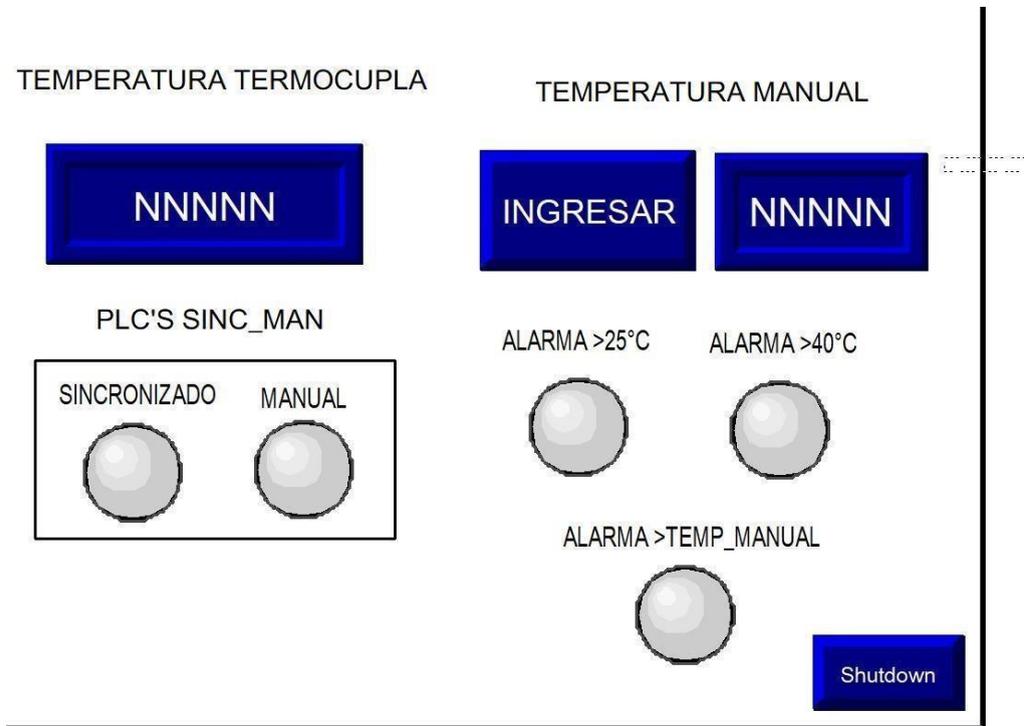


Figura 2. 21 HMI utilizado para alarmas y el ingreso de temperatura en modo manual

En la presente imagen se puede observar el HMI designado para mostrar las activaciones de las señales, el valor del sensor actual y así mismo si se desea utilizar el modo manual se puede estipular la temperatura para su respectivo trabajo a su vez de las alarmas correspondientes que se tienen para que el operador pueda visualizarlas.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.3.1 Diseño final del BOT de Telegram

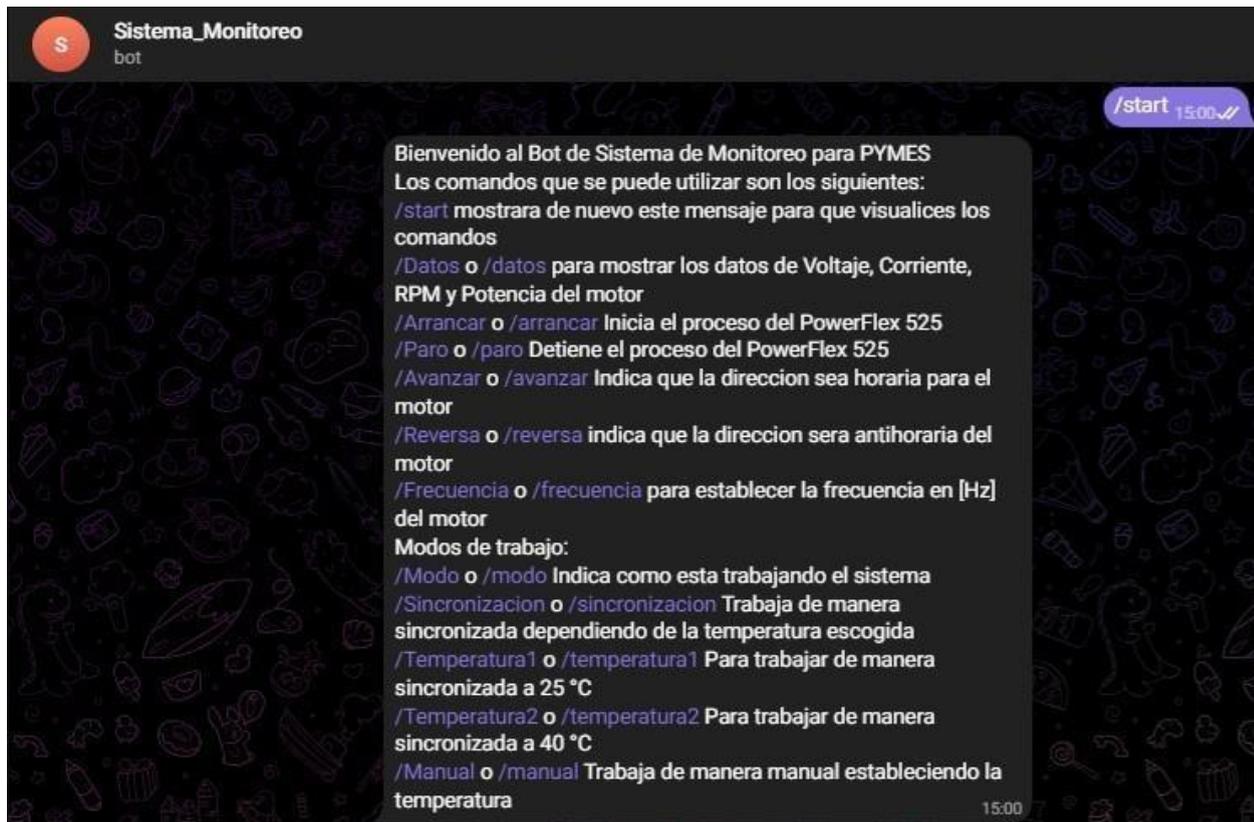


Figura 3.1 Mensaje definido para mostrar las opciones del bot

Dentro de la programación en NodeRed para enlazar el mismo con Telegram, se implementó un mensaje predeterminado para que el usuario pueda distinguir los distintos comandos establecidos para la recepción o modificación de datos de los PLCs, utilizando el comando “/start” (dentro de la programación se distingue entre mayúsculas y minúsculas es decir es indistinto como se escriba) se da como resultado el mensaje que podemos ver en la figura, donde se le indica al usuario que realiza cada uno de ellos.

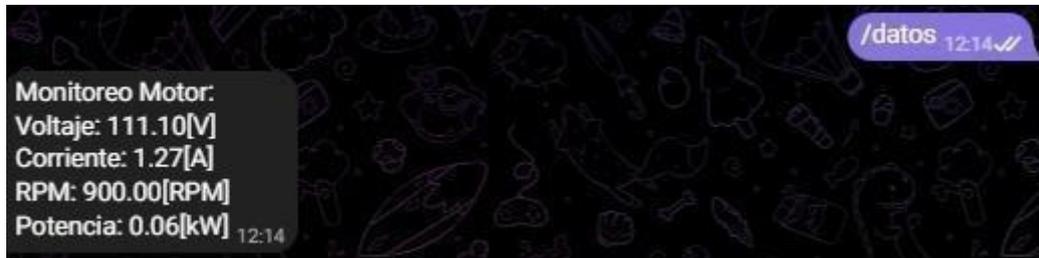


Figura 3.2 Comando definido para visualización de datos del PowerFlex 525

Este comando “/datos” (al igual que el resto de los comandos se pueden diferenciar de minúsculas y mayúsculas) permite visualizar los datos del PowerFlex 525 una vez recopilados y guardados en variables dentro de NodeRed de manera global permitiendo llamar en los distintos bloques de función los valores importantes como:

- Voltaje
- Corriente
- Potencia
- RPM

Indicados con sus respectivas medidas presentando así al usuario los valores correspondientes para su monitoreo y visualización.



Figura 3.3 Comando definido para arrancar el motor mediante el PowerFlex 525

El comando “/arrancar” está diseñado para dar paso al funcionamiento del motor mediante el PowerFlex 525, recordando también que se puede iniciar el mismo mediante el dashboard de Node-Red, mediante el PLC o como se está mostrando ahora mediante Telegram, una vez que el operador haya iniciado el sistema mediante el comando estipulado el sistema procede a enviar un mensaje indicando el estado del motor, sea este en verde si está funcionando.



Figura 3.4 Comando definido para ver el estado del motor

El presente comando “/estado” presentara el estado de las variables que permiten el movimiento y dirección del motor indicando cual opción está en funcionamiento con color verde y en color rojo si no está habilitado, en este caso son:

- Arranque: Indicador si el motor está en funcionamiento o no
- Paro: Indica si el motor este detenido
- Avanzar: El motor está girando en sentido horario
- Reversa: El motor está girando en sentido antihorario

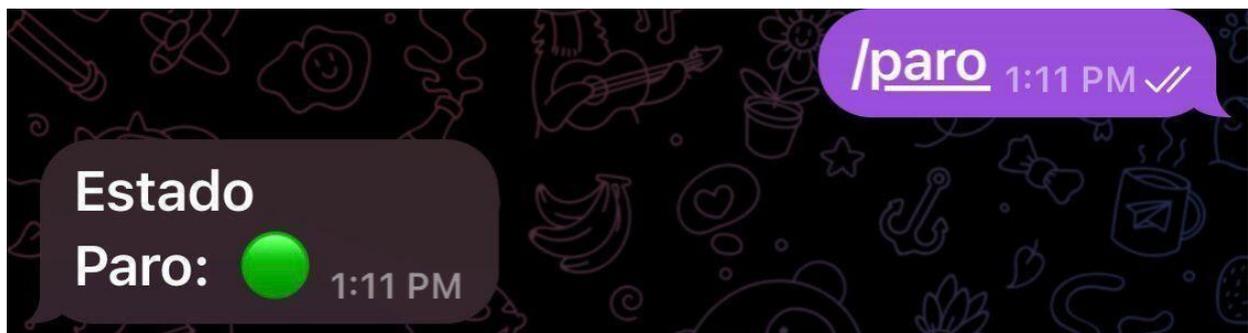


Figura 3.5 Comando definido para detener el motor mediante el PowerFlex 525

El comando estipulado para detener el motor es “/paro” una vez el operador indique este comando el motor se procederá a detener, mostrando además un mensaje indicando el estado de la variable en este caso como se escribió el comando el motor se detuvo y muestra el mensaje indicando el estado.



Figura 3.6 Comando definido para ver el estado del motor

Así como en la Figura 3.3, utilizamos este comando para mostrar el estado en el cual se encuentra el motor, en este caso como se estableció que se debía detener el motor con el comando “/paro” el motor constara como detenido en el mensaje que se muestra hacia el operador.



Figura 3.7 Comandos definidos para establecer el sentido de giro del motor y su estado

Dentro de la configuración del PowerFlex 525 el motor siempre girara en sentido horario a menos de que se establezca que se necesite girar hacia el sentido contrario, procediendo primero a iniciar el sistema con el comando “/arrancar” seguido del cambio de giro del motor con “/reversa” indicando que el comando se activó y se procede a cambiar de giro, el operador puede acceder al comando “/estado” para verificar el estado de las variables y que concuerdan con lo establecido.

3.3.2 Monitoreo de datos en Dashboard de Node-Red

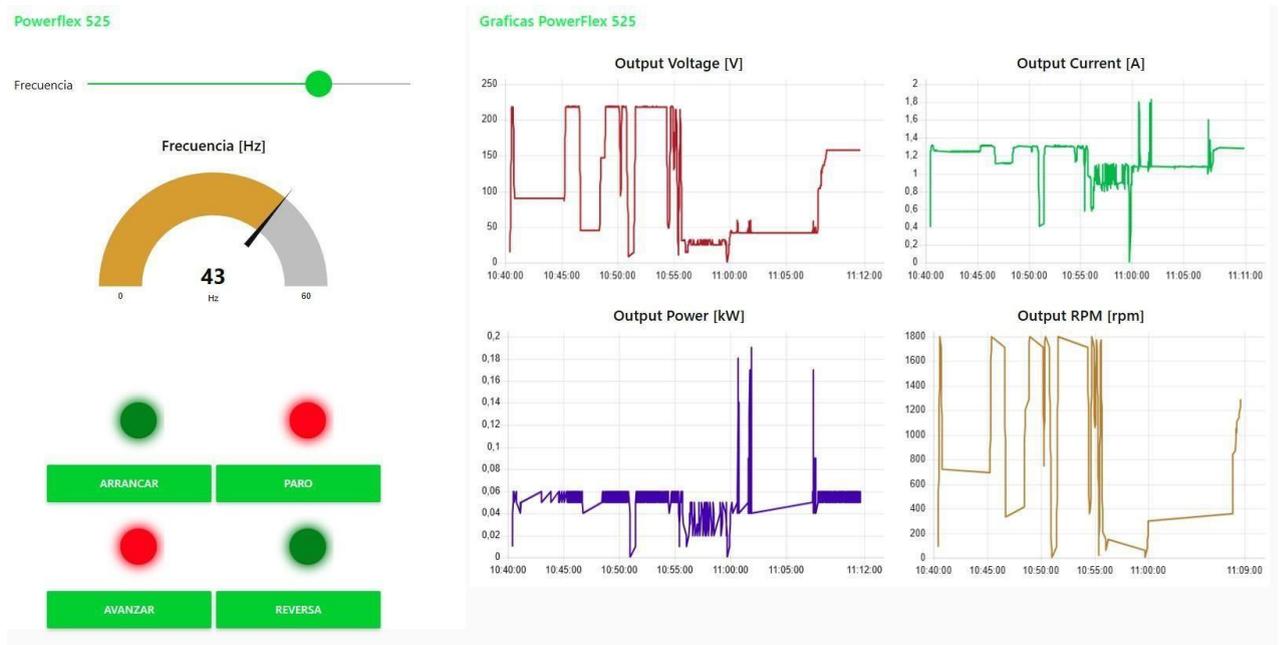


Figura 3.8 Dashboard en funcionamiento.

En la presente imagen se muestra el dashboard final donde se puede observar la recopilación de los datos más importantes para el operador, como lo son:

- Voltaje de salida
- Corriente de salida
- Potencia del motor
- RPM del motor.

Esto mediante graficas al igual que se puede observar la frecuencia actual del motor en funcionamiento y los botones con indicadores mostrando como si el mismo este iniciado o detenido al igual que el sentido en cual gira.



Figura 3.9 Display del PowerFlex 525 indicando la frecuencia actual

En esta imagen se puede observar el valor de frecuencia actual del motor, corroborando la información en conjunto con el dashboard de NodeRed donde se puede observar que la frecuencia se está presentando en tiempo real.

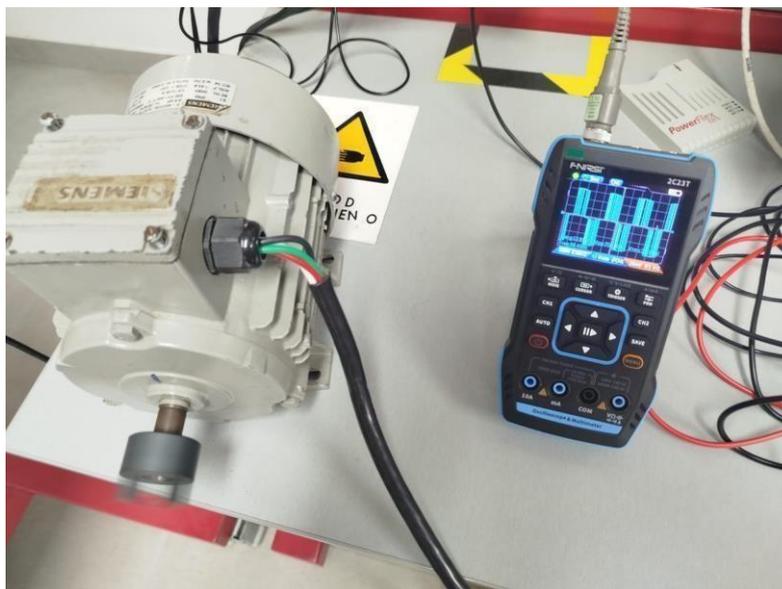


Figura 3.10 Valor de voltaje en osciloscopio.

Se puede observar que el valor de voltaje es el correspondiente a la gráfica que se crea en el dashboard de NodeRed simulando el valor en tiempo real dependiendo de la frecuencia a la cual trabaja el motor.

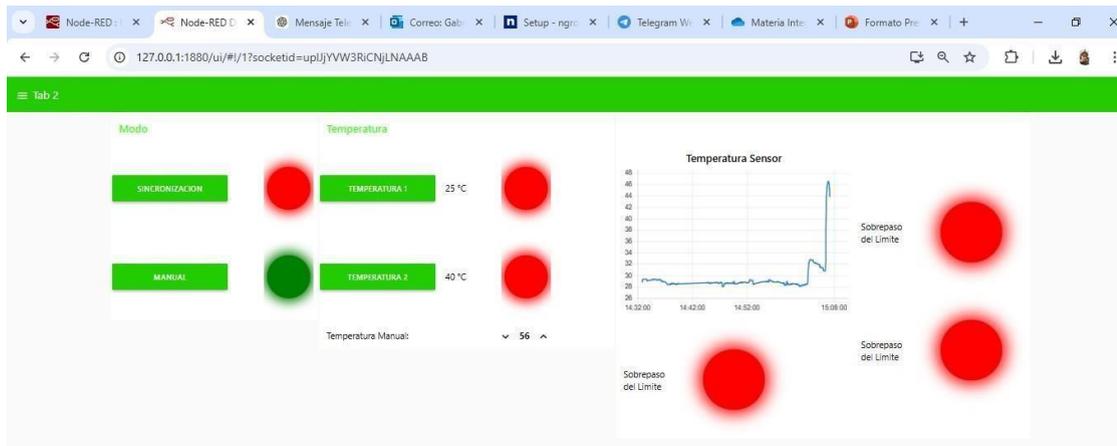


Figura 3. 11 Valor de sensor (PT100) con sus modos de trabajo

Se puede observar que en la gráfica del sensor trabajando en modo manual e indicando la temperatura a la cual queremos establecer el límite, en este caso el límite estipulado por el operador es de 56 °C y la temperatura que marca el sensor es de 47 °C, indicando que no saltara ninguna alerta por esa razón.

3.3.3 Modo Manual y Sincronizado en funcionamiento



Figura 3. 12 Mensaje para visualización de modo de trabajo entre PLCs

En esta opción el usuario puede observar en que modo está trabajando ambos controladores además de poder observar el valor del sensor, los límites preestablecidos y así mismo el definido por el usuario, el modo en el cual se comunican los controladores es mediante el protocolo Productor-Consumidor el cual indicara el modo de trabajo.

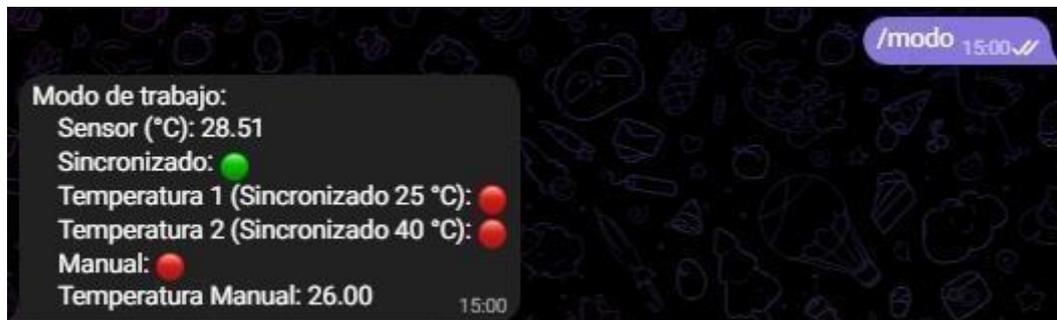


Figura 3. 13 Mensaje para visualización de modo de trabajo entre PLCs

En la presente imagen se puede ver como la opción de sincronizado esta activa por ende el usuario puede acceder a las 2 opciones de temperatura ya establecidas mostrando a su vez la temperatura actual receptada por el sensor.



Figura 3. 14 Mensaje para visualización de modo de trabajo entre PLCs

El usuario estableció que se requiere trabajar de manera sincronizada y con el límite de temperatura de 25 °C, como el valor del sensor en ese momento era de 28.51 °C el usuario recibió un mensaje de alarma indicando que el sensor sobrepaso el límite establecido con la temperatura actual, el mensaje se repetirá cada minuto hasta que el sensor tenga una temperatura menor o el usuario escoja otro modo de operación. El usuario estableció que se requiere trabajar de manera sincronizada y con el límite de temperatura de 25 °C, como el valor del sensor en ese momento era de 28.51 °C el usuario recibió un mensaje de alarma indicando que el sensor sobrepaso el límite establecido con la temperatura actual, el mensaje se repetirá cada minuto hasta que el sensor tenga una temperatura menor o el usuario escoja otro modo de operación.

3.3.4 Monitoreo y visualización de variables con NGROK

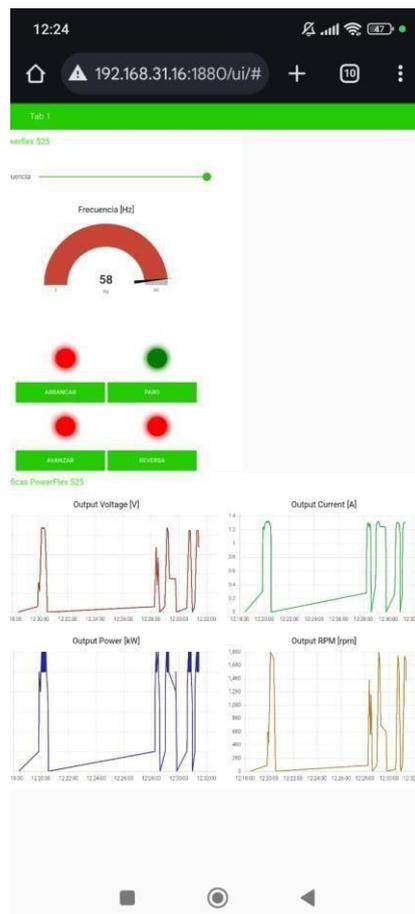


Figura 3. 15 Dashboard en funcionamiento mediante NGROK

Mediante NGROK se pudo crear una URL con la instancia de Node-Red donde se debe ingresar el usuario y contraseña para poder modificar los parámetros además de poder visualizar los datos en tiempo real del motor, así mismo como visualizar las gráficas en tiempo real para su revisión y funcionamiento destinado para el proceso.

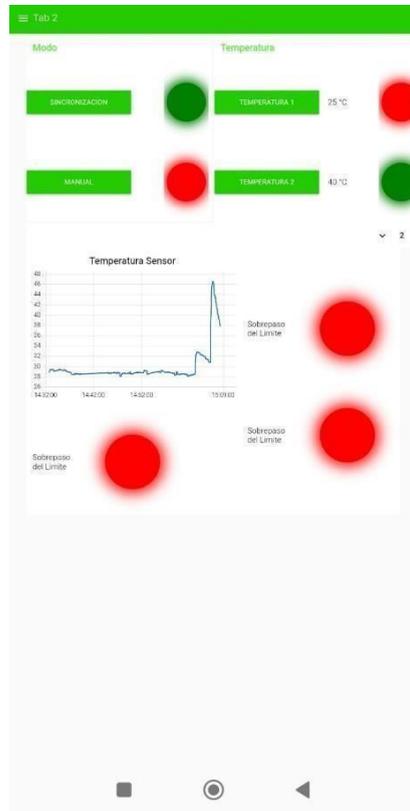


Figura 3. 16 Dashboard de control mediante NGROK

Dentro del dashboard de Node-Red se implementaron las activaciones de los modos de trabajo indicando si el proceso necesita funcionar en modo sincronizado y manual, en el modo sincronizado el usuario puede establecer los límites de temperatura ya predefinidos y si el usuario necesita utilizar el modo manual puede establecer el límite, además de ver la gráfica del sensor en tiempo real junto con las alarmas. NGROK nos permite entrar al sistema de monitoreo en distintas partes independientemente de la red a la cual este conectada el dispositivo permitiendo la interconectividad entre dispositivos.

3.3.5 Análisis de Costos

Paquetes	Costo
Basic	\$ 14.690,00
Pro	\$ 23.080,00
Ultimate	\$ 33.100,00

Tabla 3. 1 Paquetes de licencia de Ignition SCADA

Durante el desarrollo de este proyecto se enfatizó en el uso de tecnologías de softwares libre o de bajo costo para el monitoreo en tiempo real de variables, sensores y motores, por ello se tomó referencia los precios de un software reconocido como lo es Ignition, para una pequeña o mediana empresa que genera ganancias entre los 2 y 5 años en promedio debido a que requieren una mayor inversión se optó por el uso de softwares libres para amortiguar el costo de aquellos servicios que si bien son especializados tienen un costo elevado.

También como otra referencia muy reconocida esta Wincc Runtime Advanced y Professional de la marca de Siemens que dependiendo de la cantidad de powertags varía el precio, por lo que va depender totalmente de como este conformado el proyecto para poder determinar cuántos powertags se necesitarían como se puede observar en la siguiente imagen.

TIA PORTAL WinCC - Software de Ingeniería Para Paneles HMI y Sistemas SCADA			
100700964	6AV2100-0AA07-0AH5	TIA PORTAL WinCC V17 Basic (versión descargable). Software de ingeniería para la configuración de las pantallas Simatic HMI Basic Panels	280,00
100700968	6AV2101-0AA07-0AH5	TIA PORTAL WinCC V17 Comfort (versión descargable). Software de ingeniería para la configuración de todas las gamas de paneles Simatic HMI: Basic Panels Paneles de las familias 77, 177, 277, 377 y Comfort Panels.	1.945,00
100700972	6AV2102-0AA07-0AH5	TIA PORTAL WinCC V17 Advanced (versión descargable). Software de ingeniería para la configuración de todas las familias de paneles Simatic HMI y sistemas d visualización y control en PCs (Runtime) en aplicaciones single-station.	4.812,00
100700976	6AV2103-0DA07-0AH5	TIA PORTAL WinCC V17 Profesional (versión descargable). Software de ingeniería para la configuración Sistemas SCADA de alta funcionalidad. Licencia para 51 Power Tags. Para aplicaciones con mayor número de Power Tags favor consultar.	5.161,00
TIA PORTAL WinCC Advanced Runtime - Aplicaciones Single Station			
100700988	6AV2104-0BA07-0AH0	TIA PORTAL WinCC V17 Advanced Runtime (versión descargable). Software Runtime para aplicaciones single-station. Licencia para 128 Power Tags.	1.105,00
100700990	6AV2104-0DA07-0AH0	TIA PORTAL WinCC V17 Advanced Runtime (versión descargable). Software Runtime para aplicaciones single-station. Licencia para 512 Power Tags. Para aplicaciones con mayor número de Power Tags favor consultar.	3.457,00
TIA PORTAL WinCC Profesional - Sistemas SCADA			
100707999	6AV2105-0BA07-0AH0	TIA PORTAL WinCC V17 Profesional Runtime (versión descargable). Software SCADA para alta funcionalidad. Incluye licencia Microsoft SQL Server para la gestión de datos. Licencia para 128 Power Tags. Incluye licencia WinCC WebUx para monitorear el proceso desde un dispositivo Smart (celular, tablets, smart tv, etc.). Para aplicaciones con mayor número de Power Tags favor consultar.	5.493,00

Figura 3.17 Costos de Wincc Advanced y Professional de Siemens Ecuador

Software	Costo
Node-Red	\$ 0
NGROK (Plan Gratuito)	\$ 0

Tabla 3. 2 Costo de Softwares utilizados

Si bien el uso del software NGROK se utilizó para manejar el sistema desde cualquier red que tenga el URL de acceso y las credenciales de Node-Red, existen planes que ofrecen una mayor seguridad y accesibles al momento de su requerimiento.

Plan NGROK	Costo (Mensual)
Gratuito	\$0
Personal	\$8
Profesional	\$20
Empresarial	\$39

Tabla 3. 3 Precios mensuales del software NGROK

Para una PYME las dos opciones más viables para el tema de seguridad y efectividad del sistema pueden ser los planes:

- Profesional, que contiene lo siguiente:

- Todas las funciones del plan Personal.
- Configuración gestionada en el borde.
- Enrutamiento granular por URL.
- Verificación de webhooks.
- Balanceo de carga.
- Precios bajo demanda.
- Restricciones de IP.
- Diseñado para equipos de desarrolladores y escalamiento de producción.

- Empresarial, que contiene:

- Todas las funciones del plan Profesional.
- Mutual TLS.
- SSO con OIDC/SAML.
- SSO en el panel de control.
- Dominios comodines.
- Túneles y bordes TLS.
- Control de acceso basado en roles (RBAC).
- Actualizaciones y listas de control de acceso (ACL) para agentes.
- Orientado a empresas con necesidades avanzadas de seguridad.

Presentando así una mayor seguridad a la hora de generar las URLs utilizadas para el manejo en otros dispositivos así mismo como la restricción a IPs necesarias según el equipo que se utilice.

Por ende se ha cumplido con los objetivos de realizar un sistema de monitoreo en tiempo real de motores trifásicos y sensores industriales con alternativas de software libre y acceso remoto desde cualquier punto de conexión.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo de este proyecto representa un avance significativo en la implementación de sistemas de monitoreo de motores trifásicos en tiempo real para pequeñas y medianas empresas (PYMES). Al utilizar tecnologías accesibles como Node-RED y herramientas específicas de Rockwell Automation, se logró diseñar una solución que combina eficiencia, flexibilidad y costo-beneficio. Este trabajo aporta una alternativa viable frente a los sistemas SCADA tradicionales, que suelen ser costosos y limitan la adopción tecnológica en este segmento empresarial. También se implementó una red privada que permita conectarse desde cualquier lugar de forma remota y desde cualquier dispositivo que este conectada a una red diferente a la del SCADA principal, esto lo realizamos por medio de ngrok que es un software gratuito que sirve para crear servidores y que las personas que tengan el enlace puedan conectarse, evidentemente colocamos usuario y contraseña y nodered para que programación de los nodos este protegida, de ahí la importancia de los dos usuarios creados anteriormente, NODERED es el administrador capaz de cambiar los nodos, y el usuario GUEST que solo permite visualizar mas no modificar nodos. También el servidor creado a partir de Ngrok significó un aporte importante para la industria 4.0, ya que permitió al operador poder controlar y visualizar los datos del motor como corriente, voltaje, rpm y potencia en tiempo real de forma remota desde otro dispositivo que se encontraba en otra ciudad.

4.3 Conclusiones

1. Se demostró que es posible implementar un sistema de monitoreo y control comparable a un SCADA de paga, utilizando herramientas gratuitas y tecnologías comerciales.
2. La interfaz desarrollada en Node-RED permitió una supervisión interactiva y detallada de parámetros clave del motor, como corriente, voltaje, potencia y rpm, proporcionando un control integral.
3. La implementación de un servidor mediante Ngrok permitió establecer una conexión segura y funcional desde cualquier ubicación, replicando funcionalidades propias de sistemas más costosos.
4. Aunque los equipos utilizados son de alta gama y costosos en el contexto local, el uso de software gratuito y la posibilidad de utilizar componentes alternativos de otras marcas hacen que el sistema sea adaptable y escalable.
5. Se utilizó el protocolo ethernet/ip para poder realizar las conexiones entre los diversos dispositivos permitiendo la visualización correcta de los parámetros del motor trifásico en los nodos de Node-Red e interfaz gráfica (dashboard).

4.4 Recomendaciones

1. Ampliar el sistema para integrar equipos de otras marcas, como Siemens o Schneider Electric, para aumentar su flexibilidad y aplicabilidad en diferentes contextos siempre y cuando sean compatibles con el protocolo ethernet/ip.
2. En cuanto al tema de seguridad, si bien es cierto que Ngrok proporciona seguridad al crear un túnel entre el servidor local que para Node-Red por defecto es 1880 es necesario explorar soluciones de servidores VPN para mejorar la seguridad y la estabilidad de la conexión remota para evitar posibles vulneraciones en el sistema.
3. Los equipos utilizados son costosos en Ecuador ya que el único distribuidor autorizado es Precisión, además de que el tiempo de entrega es tardado ya que la mayoría de los productos los importan lo que puede ser un factor limitante para PYMES con presupuestos restringidos.
4. Incluir herramientas de análisis predictivo basadas en inteligencia artificial para anticipar fallas en los motores y mejorar el mantenimiento preventivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Rockwell Automation, Inc. (Abril de 2022). *Rockwell Automation*. Obtenido de [blob:https://www.rockwellautomation.com/f313d387-c942-4a03-9fe8-84e10a41c2fa](https://www.rockwellautomation.com/f313d387-c942-4a03-9fe8-84e10a41c2fa)
- Rockwell Automation, Inc. (Noviembre de 2011). *rockwellautomation*. Obtenido de <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/details.1769-118erm-bb1b.html#documentation>
- Rockwell Automation, Inc. (Enero de 2013). *Rockwell Automation*. Obtenido de https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1769-pp010_-es-e.pdf
- Rockwell Automation, Inc. (Mayo de 2015). *Rockwell Automation*. Obtenido de [blob:https://www.rockwellautomation.com/d35ff580-16e0-4598-b9c3-00f39b84d6f6](https://www.rockwellautomation.com/d35ff580-16e0-4598-b9c3-00f39b84d6f6)
- Rockwell Automation, Inc. (Abril de 2022). *Rockwell Automation*. Obtenido de [blob:https://www.rockwellautomation.com/f4717ee6-3f09-44de-a02a-633709942dcf](https://www.rockwellautomation.com/f4717ee6-3f09-44de-a02a-633709942dcf)
- Ingeniarg. (9 de Noviembre de 2020). *Ingeniarg SA*. Obtenido de <https://www.ingeniarg.com/blog/61-diferencias-entre-un-sistema-de-control-y-un-sistema-de-monitoreo>
- Logicbus. (2024). *Logicbus*. Obtenido de https://tienda.logicbus.com.mx/EtherNetIP_c_6244.html
- pubnub. (26 de Septiembre de 2023). *pubnub*. Obtenido de <https://www.pubnub.com/guides/what-is-ngrok/>
- Rockwell Automation, Inc. (Abril de 2016). *Rockwell Automation*. Obtenido de [blob:https://www.rockwellautomation.com/30cea95e-163a-4fc5-a3fe-eb009ac9535b](https://www.rockwellautomation.com/30cea95e-163a-4fc5-a3fe-eb009ac9535b)
- SA, I. (9 de Noviembre de 2020). *Ingeniarg SA*. Obtenido de <https://www.ingeniarg.com/blog/61-diferencias-entre-un-sistema-de-control-y-un-sistema-de-monitoreo>

Cun, P. C., & Tutiven, A. C. (2023). *Automatización y simulación de una línea de producción aplicando SCADA con Node-Red reemplazando las pantallas HMI*. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Recuperado de <https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/57204/1/T-113100%20%20Cun%20-%20Tutiven.pdf>

Zhao, Y., Zhang, Z., Chen, L., & Li, Z. (2022). *A Node-RED based real-time industrial monitoring system with IoT integration*. *Sensors*, 22(24), 9631. MDPI. <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/24/9631>

Murcia, S. (2024). *Desarrollo de un sistema SCADA basado en IoT para la empresa Tayronama S.A.S*. Universidad Santo Tomás. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/57690/2024MurciaSebastian.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Basantés, F. M. M., & Tenelema, A. J. V. (2020). *Diseño e implementación de un sistema SCADA para monitoreo y control de procesos industriales basado en IoT utilizando Node-RED*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17704/1/20T01608.pdf>

DMC, Inc. (2023). *An Introduction to Node-Red: Processing and Sending PLC Data to the Cloud*. Recuperado de <https://www.dmcinfo.com/latest-thinking/blog/id/10497/an-introduction-to-node-red-processing-and-sending-plc-data-to-the-cloud>

Iona Victoria Nitulescu & Adrian Korodi (2020, agosto 10) Supervisory Control and Data Acquisition Approach in Node-RED: Application and Discussions. *Clustering*. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2624-831X/1/1/5>

Rockwell Automation. (2021, marzo 25). *Improve design efficiency with updated Connected Components Workbench software*.

Recuperado de <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/Improve-Design-Efficiency-with-Updated-Connected-Components-Workbench-Software-.html>

Wattenphul, J. (2023, 12 de junio). *How a 3 phase AC induction motor works*. KEB America. Recuperado de <https://kebamerica.com>

Rockwell Automation. (s.f.). *Producer/Consumer Messaging vs. Explicit Messaging*. PLCGurus.NET. Recuperado de <https://plcgurus.net>

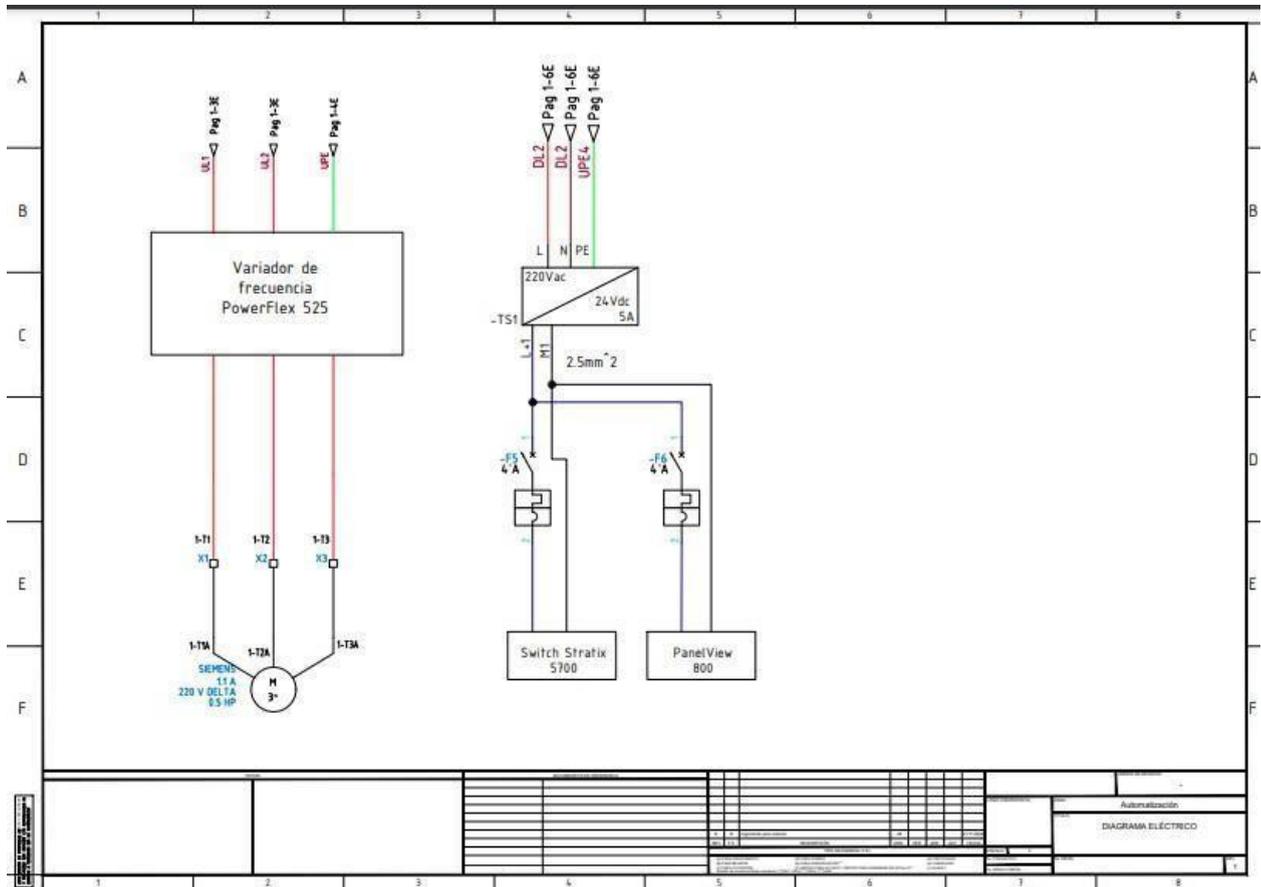
Veronika Tannewitz (2021). *EtherNet/IP Overview - What is EtherNet/IP?*. Confluence. Recuperado de <https://portgmbh.atlassian.net/wiki/spaces/ETIP/pages/228032529>.

Rockwell Automation. (2020, October 12). *New Rockwell Automation Studio 5000 Logix Designer software release enhances productivity, saves time*. Recuperado de <https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/New-Rockwell-Automation-Studio-5000-Logix-Designer-Software-Release-Enhances-Productivity-Saves-Time.html>

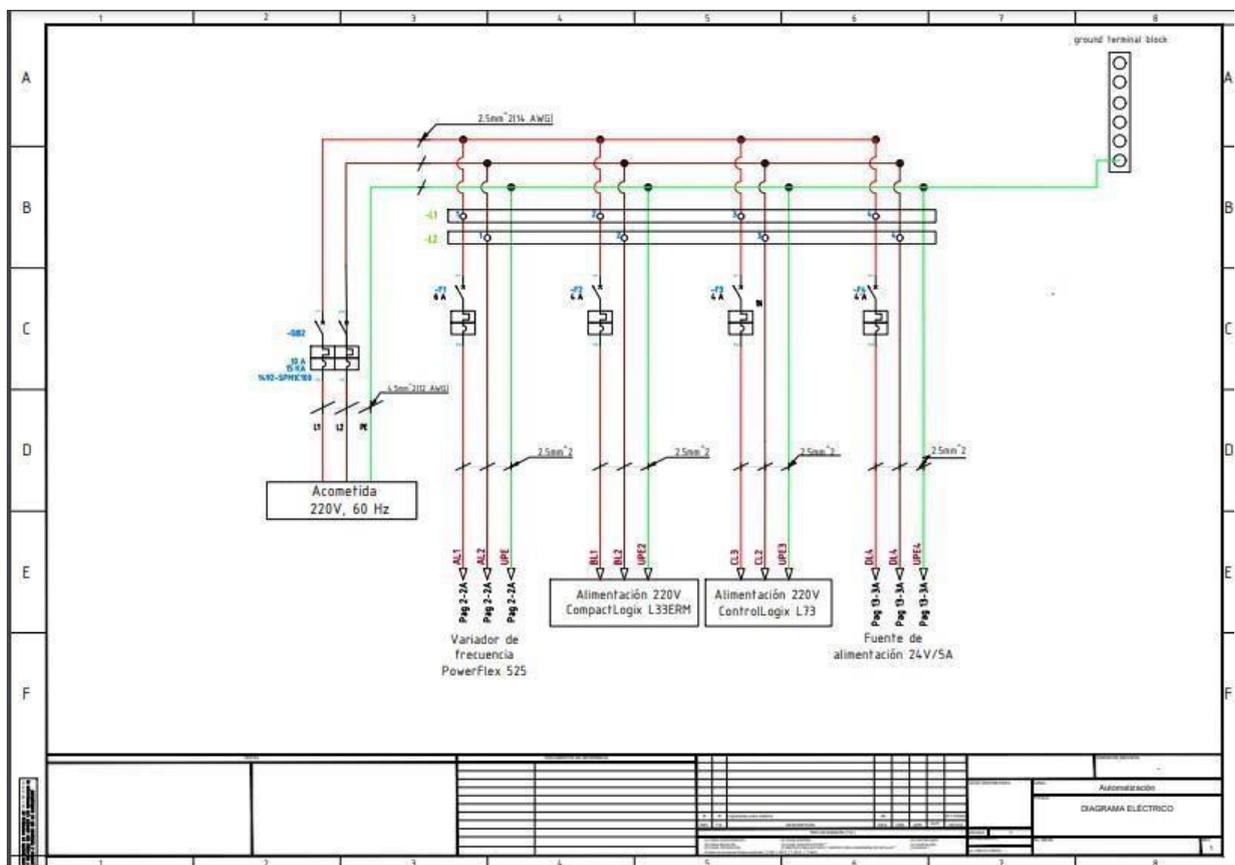
APÉNDICE

APÉNDICE A

Variable	Identificador	Origen/ Direccion	Tipo	Rango	Alarma (Si/No)	Tipo Alarma	Parámetros de alarma
EstadoAvance	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
EstadoReversa	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
FalloPF	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0-100%	Si	Fallo en el Motor	Lista de fallos correspondient es al VDF
QuitarFallo	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
DireccionPF	PowerFlex_525:l. ActualDir	Entrada PowerFlex 525	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
FalloPF	PowerFlex_525:l. Faulted	Entrada PowerFlex 525	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
EliminarFallo	PowerFlex_525:O .ClearFaults	Entrada PowerFlex 525	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
Trigger_TON.DN	Program Tags	Memoria CompactLogix L33ERM	Bool	0-100%	N/A	N/A	N/A
Temperatura_Se nsor	Global Variable	Memoria Contrologix	Real	-50- 250°C	N/A	N/A	N/A
Temperatura1	Program Tags	Memoria Contrologix	Real	-50- 250°C	Si	Valor de Temperatu ra Sensor 1	N/A



Plano 1. 1 Alimentación trifásica variador, Switch Stratix 5700 y Panel View 800



Plano 1. 2 Línea de alimentación para CompactLogix L33ERM y ControlLogix L73

