



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“INTERNET DE LAS COSAS APLICADO A LA
MANIPULACIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA.”**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA.**

AUTOR:

Adrian Alejandro Villena Chico

TUTOR:

Ing. Mg. Jefferson Alberto Porras Reyes

LATACUNGA, AGOSTO 202

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Villena Chico Adrian Alejandro, con cédula de ciudadanía N° 1724415953 declaro ser autor de la presente PROPUESTA TECNOLÓGICA: “INTERNET DE LAS COSAS APLICADO A LA MANIPULACIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA.”, siendo el Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porras Reyes, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto del 2024.



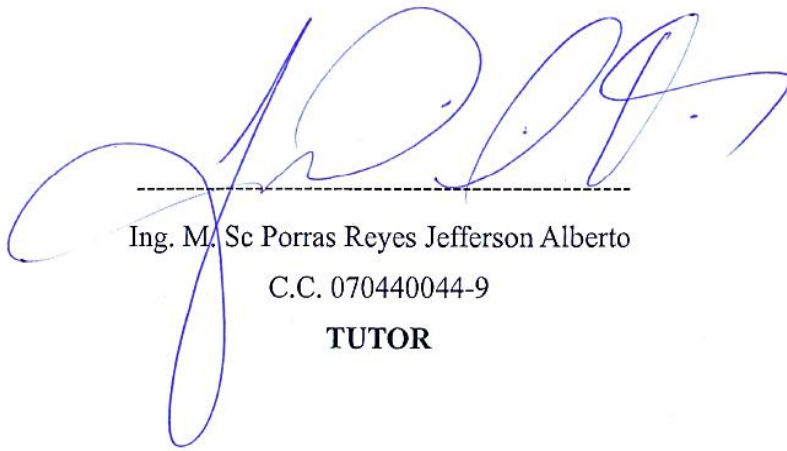
.....
Villena Chico Adrian Alejandro
C.C: 1724415953

AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“INTERNET DE LAS COSAS APLICADO A LA MANIPULACIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA”, de: Villena Chico Adrian Alejandro con número de cédula N.º 1724415953, de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, considero que dicha Propuesta Tecnológica es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, agosto del 2024.



Ing. M. Sc Porras Reyes Jefferson Alberto
C.C. 070440044-9
TUTOR

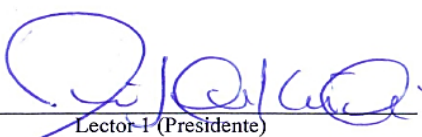
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

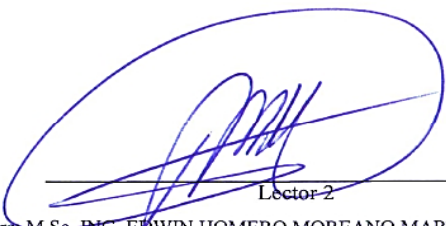
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, el o los postulantes: ADRIAN ALEJANDRO VILLENA CHICO con el título de Proyecto de titulación: **“INTERNET DE LAS COSAS APLICADO A LA MANIPULACIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

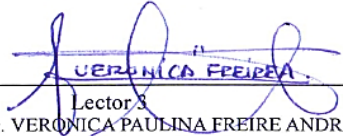
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar el CD correspondiente, según la normativa institucional.

Latacunga, 19 Agosto del 2024

Para constancia firman:


Lector 1 (Presidente)
Nombre: M.Sc. ING. LUIS ROLANDO CRUZ PANCHI
CC: 0502595176


Lector 2
Nombre: M.Sc. ING. EDWIN HOMERO MOREANO MARTÍNEZ
CC: 0502607500


Lector 3
Nombre: M.Sc. ING. VERÓNICA PAULINA FREIRE ANDRADE
CC: 0502056229

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta tesis. Su valiosa colaboración, apoyo y orientación fueron fundamentales para el logro de este trabajo académico. Especialmente, agradezco a mi tutor de tesis por su orientación experta y paciencia durante este proceso investigativo, sus conocimientos y sugerencias fueron esenciales para dar forma a la investigación y ampliar mi comprensión del tema. También agradezco a mi familia por su constante respaldo emocional y apoyo incondicional, quienes fueron mi fuente de fortaleza durante las largas horas de estudio y dedicación. Asimismo, expreso mi gratitud a mis amigos y compañeros de clase por enriquecer mi perspectiva académica a través del intercambio de ideas y experiencias. Un agradecimiento especial a mi madre, Jeanina Chico, por su respaldo en la realización de esta investigación. Finalmente, reconozco y agradezco a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a este proyecto, dejando una marca significativa en este trabajo. Este logro representa el resultado del esfuerzo colectivo y el apoyo mutuo, y estoy profundamente agradecido con todos los involucrados en este viaje académico.

Adrian Villena

DEDICATORIA

A la mujer que ha sido mi faro inagotable de amor, sabiduría y fortaleza, mi madre. A ti, que, con paciencia infinita y ternura incansable, has sido mi guía en los momentos de desafío y mi fuente inagotable de inspiración. Este logro no es solo mío, sino también tuyo. Tus sacrificios y apoyo constante han sido la fuerza impulsora detrás de cada paso que he dado en este camino académico. Tu ejemplo de determinación y valentía ha sido mi mayor motivación. Gracias por ser mi roca, mi confidente y mi mayor defensora. Este logro lleva tu huella, y cada página de esta tesis está impregnada con el amor y la dedicación que me has brindado a lo largo de los años. Con todo mi amor y agradecimiento,

Adrian Villena

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “INTERNET DE LAS COSAS APLICADO A LA MANIPULACIÓN DE VARIADOR DE FRECUENCIA.”

Autor: Villena Chico Adrian Alejandro

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica aborda el diseño e implementación de una herramienta basado en Internet de las Cosas (IoT) para la manipulación de un variador de frecuencia MicroMaster 420, con el objetivo de mejorar el arranque de un motor trifásico de 5 Hp en aplicaciones industriales. Se utilizó la plataforma Ubidots para monitorear y controlar en tiempo real las variables críticas, como frecuencia, corriente, tensión, potencia y factor de potencia, a través de un módulo de comunicación RS-485. El sistema fue implementado en un tablero físico de control diseñado conforme a planos eléctricos, y la integración con IoT permitió realizar ajustes automáticos en tiempo real. El principal enfoque del estudio fue la reducción de los picos de corriente durante el arranque del motor, mediante la comparación entre métodos de arranque tradicionales, como el arranque directo y el arranque estrella-triángulo, y el uso de variadores de frecuencia. Las pruebas realizadas demostraron que el uso del variador de frecuencia reduce significativamente la corriente de arranque, pasando de picos superiores a 50 amperios en métodos tradicionales, a aproximadamente 7.9 amperios con el variador ajustado a 60 Hz. Este estudio reafirma la relevancia de los variadores de frecuencia integrados con IoT como una solución efectiva para mejorar el rendimiento de motores eléctricos en entornos industriales. La implementación del sistema propuesto contribuye a la optimización energética y operativa, promoviendo arranques más suaves y extendiendo la vida útil de los motores.

Palabras claves: IoT, variador de frecuencia, MicroMaster 420, Ubidots, RS-485, arranque de motor trifásico.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: "INTERNET OF THINGS APPLIED TO THE CONTROL OF FREQUENCY CONVERTER."

Author: Villena Chico Adrian Alejandro

ABSTRACT

This technological proposal addresses the design and implementation of an Internet of Things (IoT) based system for the manipulation of a MicroMaster 420 variable frequency drive, with the objective of improving the starting of a 5 Hp three-phase motor in industrial applications. The Ubidots platform was used to monitor and control in real time critical variables, such as frequency, current, voltage, power and power factor, through an RS-485 communication module. The system was implemented in a physical control board designed according to electrical drawings, and the integration with IoT allowed automatic adjustments in real time, improving the operational efficiency of the motor. The main focus of the study was the reduction of current peaks during motor starting by comparing traditional starting methods, such as direct starting and star-delta starting, with the use of variable frequency drives. The tests performed showed that the use of the frequency inverter significantly reduces the starting current, going from peaks in excess of 50 amperes in traditional methods, to approximately 7.9 amperes with the inverter set at 60 Hz. This study reaffirms the relevance of frequency inverters integrated with IoT as an effective solution to improve the performance of electric motors in industrial environments. The implementation of the proposed system contributes to energy and operational optimization, promoting smoother starts and extending motor life.

Keywords: RS-485 Communication Module, IoT, Ubidots, Micromaster 420 Frequency Inverter – Siemens

ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2.	INTRODUCCIÓN	2
2.1.	Situación problemática.....	2
2.2.	Formulación del problema	3
2.3.	BENEFICIARIOS	4
2.3.1.	Directos	4
2.3.2.	Indirectos.....	4
2.4.	Justificación.....	4
2.5.	OBJETIVOS.....	5
2.5.1.	Objetivo general	5
2.5.2.	Objetivos específicos	5
3.	Marco TEÓRICO	7
3.1.	Antecedentes.....	7
3.2.	Internet de las Cosas	8
3.2.1.	Definición y Evolución del IoT	8
3.2.2.	Origen y desarrollo histórico	8
3.2.3.	Componentes fundamentales.....	9
3.3.	Variadores de Frecuencia	9
3.3.1.	Principios de Operación	9
3.3.2.	Funcionamiento básico:	9
3.3.3.	Beneficios de usar variadores en aplicaciones industriales incluyen:	10
3.3.4.	Tecnologías de Variadores de Frecuencia	10
3.3.5.	Selección de variadores según el tipo de motor y carga:	10
3.4.	Manipulación de Variadores de Frecuencia a través de IoT.....	11
3.4.1.	3.1 Integración de IoT con Variadores de Frecuencia.....	11
3.4.2.	Beneficios y Desafíos	11

3.5.	Ubidots	12
3.5.1.	Integración y Conectividad con Ubidots.....	12
3.5.2.	Aplicaciones Prácticas de Ubidots.....	12
3.5.3.	Retos y Consideraciones Futuras.....	12
3.6.	Diagrama de procesamiento de datos eN Ubidots.....	13
3.7.	Diagrama de flujo	13
3.8.	Servidor OPC SERVER.....	14
3.8.1.	Principios de Funcionamiento del OPC Server	14
3.8.2.	Tipos de Servidores OPC	14
3.8.3.	Beneficios de Implementar OPC Server	14
3.9.	Software LabVIEW	14
3.9.1.	Características Principales de LabVIEW.....	15
3.9.2.	Aplicaciones de LabVIEW.....	15
3.9.3.	Ventajas y Desafíos de LabVIEW	15
3.9.4.	Software TIA Portal.....	15
3.9.5.	Características Principales de TIA Portal.....	16
3.9.6.	Aplicaciones de TIA Portal	16
3.9.7.	Ventajas de TIA Portal	16
3.9.8.	Desafíos en el Uso de TIA Portal	16
3.10.	Node-RED	17
3.10.1.	Características Fundamentales de Node-RED	17
3.10.2.	Aplicaciones de Node-RED	17
3.10.3.	Ventajas de Node-RED	18
3.10.4.	Desafíos y Consideraciones	18
3.11.	Módulo de comunicación RS-485.....	18
3.12.	Código Eléctrico Nacional.....	19
	Capítulo 430.....	19

4.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	20
4.1.	Descripción del proyecto.....	20
4.1.1.	Propósito del Proyecto	20
4.1.2.	Contexto	20
4.1.3.	Alcance del proyecto	21
4.2.	Variables de investigación.....	21
4.2.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	21
4.2.2.	VARIABLES DEPENDIENTES.....	21
4.3.	Diagrama de flujo	21
4.4.	datos de entrada	22
4.4.1.	Datos eléctricos del motor trifásico	22
4.4.2.	Parámetros de configuración del variador de frecuencia MicroMáster 420	22
4.4.3.	Variables monitorizadas a través de IoT (Plataforma Ubidots).....	24
4.5.	Métodos de cálculo	24
4.5.1.	Diagrama de flujo de herramientas de Software y comunicación con la interfaz 24	
4.5.2.	Cálculo de corriente de arranque del motor	26
4.5.3.	Imagen correspondiente al código nacional eléctrico de motores eléctricos.	26
4.5.4.	Equipos utilizados.....	27
4.5.5.	Protecciones termomagnéticas	27
4.5.6.	Tabla contra sobrecargas según el código nacional eléctrico sección 430.....	28
4.5.7.	Protección general del tablero	29
4.5.8.	Sentron PAC 4200	30
4.5.9.	Configuración y creación de Proyecto en TIA Portal	30
4.5.10.	Configuración de dispositivos	31
4.5.11.	Diagrama unifilar del tablero principal.....	39
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	40

5.1.	Descripción general de la metodología para el desarrollo del proyecto	40
5.1.1.	Comportamiento del voltaje en arranque estrella sin carga hidráulica a 10HZ.	40
5.1.2.	Comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 20HZ.	41
5.1.3.	Comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 30HZ.	42
5.1.4.	Comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 40HZ.	42
5.1.5.	Comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 50HZ.	43
5.1.6.	Comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 60HZ.	44
5.1.7.	Arranque de comportamiento de corriente en estrella con carga hidráulica	44
5.1.8.	Comportamiento de la corriente en el arranque triángulo directo con carga hidráulica.	45
5.1.9.	Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella – triángulo con carga hidráulica.	46
5.1.10.	Comportamiento de la corriente durante el arranque en estrella a 10 Hz con carga hidráulica.	47
5.1.11.	Comportamiento del arranque con variador de frecuencia a 20 Hz con carga hidráulica.	48
5.1.12.	Diagrama del comportamiento de arranque con variador de frecuencia a 30 Hz con carga hidráulica.....	49
5.1.13.	Diagrama del comportamiento de arranque con variador de frecuencia a 40 Hz con carga hidráulica.....	50
5.1.14.	Diagrama del comportamiento de arranque con variador de frecuencia a 50 Hz con carga hidráulica.....	51
5.1.15.	Diagrama del comportamiento de arranque con variador de frecuencia a 60 Hz con carga hidráulica.....	52
5.2.	Análisis económico	55
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
6.1.	CONCLUSIONES	56
6.2.	RECOMENDACIONES	56
7.	Referencias	58

ANEXOS.....	60
ANEXO A	60
Sistema de monitoreo de progresos.....	60
ANEXO B.....	69
Código Python realizado en Google Colaboratory para graficar las curvas de los análisis de resultado.....	69
ANEXO C.....	70
Descripción del código para la generación de gráficos en Colcap.....	70
ANEXO D	72
Programación Tia portal portal para el PLC S7-1200.....	72
ANEXO E	79
Programación visual en LabVIEW	79
ANEXO F	82
Interfaz de Google Colaboratory.....	82
ANEXO G	83
Carga hidráulica para el motor de 5 Hp.....	83
ANEXO H	84
Datos de placo del motor de 5 Hp.....	84
ANEXO I.....	84
Ficha técnica PLC Siemens S7-1200	84
ANEXO J	85
Ficha técnica modulo RS-485.....	85
ANEXO K	85
Factor de servicio del motor	85
ANEXO L.....	85
Planos Eléctricos	85

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 3.1. Diagrama de procesamiento de datos en la plataforma IoT Ubidots.....	13
Figura 3.2. Principales ejemplos en aplicaciones LabVIEW.....	15
Figura 3.3. Ventajas y desafíos de LabVIEW.....	15
Figura 4.1. Diagrama de flujo del proceso de ensamblaje del tablero físico integrado con componentes IoT	21
Figura 4.2. Selección de calibre de conductor THHN: #12.....	
Figura 4.3. Datos técnicos del manual Siemens	27
Figura 4.4. Protección general del tablero	29
Figura 4.5. Diagrama unifilar del tablero principal.....	39
Figura 4.6. Módulo RS-485	25
Figura 4.7. PLC S7-1200.....	25
Figura 4.8. Variador de frecuencia Micromaster 420 Siemens	25
Figura 4.9. TC (Transformadores de corriente).....	25
Figura 4.10. Letras código de indicación para rotor bloqueado	26
Figura 4.11. Variables de PLC.....	27
Figura 4.12. Programación Ladder en Tía Portal.....	27
Figura 4.13. Programación de bloques para monitoreo y procesamiento de datos.....	28
Figura 4.14. Entorno del desarrollo de la interfaz visual.....	29
Figura 4.15. Registro en la plataforma Ubidots, para el control IoT y el almacenamiento de los datos	31
Figura 4.16. Dashboards de Ubidots	32
Figura 4.17. Plataforma de Ubidots, Interfaz para el operador.....	34
Figura 4.18. Plataforma de Ubidots, Interfaz para el operador.....	34
Figura 4.19. Programación visual en Node-Red.....	35
Figura 5.1. Descripción general de la metodología para el desarrollo del proyecto	36

Figura 5.2. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 10HZ.....	40
Figura 5.3. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 20HZ.....	41
Figura 5.4. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 30HZ.....	42
Figura 5.5. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 40HZ.....	42
Figura 5.6. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 50HZ.....	43
Figura 5.7. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 50HZ.....	44
Figura 5.8. Arranque de comportamiento de corriente en arranque estrella con carga hidráulica.	44
Figura 5.9. Arranque de comportamiento de corriente en arranque directo con carga hidráulica.	45
Figura 5.10. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella – triángulo con carga hidráulica.....	46
Figura 5.11. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 10Hz con carga hidráulica	47
Figura 5.12. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 20Hz con carga hidráulica	48
Figura 5.13. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 30Hz con carga hidráulica	49
Figura 5.14. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 40Hz con carga hidráulica	50
Figura 5.15. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 50Hz con carga hidráulica	51
Figura 5.16. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 60Hz con carga hidráulica	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas.....	6
Tabla 3.1. Ventajas y desventajas de los sistemas IoT.....	11
Tabla 4.1. Dimensionamiento Interruptor termomagnético	11
Tabla 4.2. Dimensionamiento Interruptor termomagnético para variador de frecuencia	28
Tabla 5.1. Resumen de análisis a diferentes frecuencias aplicadas	53

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

“Internet de las cosas aplicado a la manipulación de variador de frecuencia.”

Fecha de inicio:

26 de octubre 2023

Fecha de finalización:

29 de agosto 2024

Lugar de ejecución:

Región: Sierra

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Lugar: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera que auspicia: Ingeniería en Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

Uso eficiente de la energía en sistemas electromecánicos en el sector industrial y comunitario del país.

Equipo de Trabajo: Villena Chico Adrian Alejandro

Correo institucional: adrian.villena5953@utc.edu.ec

Tutor de Titulación: Ing. Ms.C. Porras Reyes Jefferson Alberto

Área de Conocimiento: Ingeniería, Industria y construcción.

Sub-Área: Ingeniería y profesiones afines.

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la Carrera: Energía en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

2. INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda el problema de la falta de un sistema de Internet de las Cosas (IoT) dedicado específicamente al control y monitoreo del variador de frecuencia Micro Master 420, con el objetivo de reducir la corriente de arranque en un motor trifásico de 5 Hp. Este estudio se delimita en la creación y evaluación de una solución IoT que permita una gestión de los parámetros de operación del variador, enfocándose en las interacciones entre la frecuencia ajustada y las variables dependientes tales como corriente, potencia, tensión y factor de potencia.

En el contexto más amplio, los arranques de motores eléctricos mediante tecnologías avanzadas como IoT mediante un variador de frecuencia es un campo de creciente interés debido a su potencial para mejorar la sostenibilidad y eficiencia operativa de sistemas industriales. El IoT ofrece posibilidades expansivas para la automatización y optimización de procesos, lo cual es crucial en aplicaciones industriales donde la eficiencia energética y la reducción de costos de mantenimiento son prioritarias. Sin embargo, específicamente en el uso de variadores de frecuencia como el Micro Master 420, existe una carencia notable de sistemas IoT que se ajusten a las necesidades particulares de control y monitoreo, lo que limita las capacidades de optimización en entornos industriales [1].

La importancia de este estudio radica en su contribución a llenar esta brecha, proporcionando un sistema IoT diseñado a medida que no solo mejora la funcionalidad del variador de frecuencia, sino que también promueve un arranque más suave del motor, reduciendo significativamente los picos de corriente y, por ende, el desgaste mecánico y eléctrico. Este enfoque no solo es relevante por su aplicación directa y mejora de la eficiencia, sino también por su alineación con las tendencias globales hacia la optimización de recursos y la minimización del impacto ambiental en la producción industrial. La actualidad y relevancia del tema son evidentes dada la urgencia de innovaciones tecnológicas que soporten la transición hacia prácticas más sostenibles y económicamente viables en la industria [2].

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la actualidad, las industrias que dependen de motores trifásicos enfrentan importantes desafíos relacionados con los picos de corriente durante el arranque de estos equipos. Estos picos generan un incremento considerable en el consumo energético inicial, provocando un

desgaste acelerado en los componentes mecánicos y eléctricos, y aumentando los costos de mantenimiento y operación [3].

Los sistemas tradicionales de control no ofrecen la flexibilidad ni la precisión necesarias para ajustar dinámicamente las variables operativas del motor, lo que resulta en ineficiencias energéticas, tiempos de inactividad, y reducción de la vida útil de los equipos. Además, las tecnologías actuales no están integradas con el Internet de las Cosas (IoT), lo que impide la automatización y la toma de decisiones basadas en datos en tiempo real.

Ante esta situación, surge la necesidad de desarrollar un sistema IoT dedicado al control y monitoreo del variador de frecuencia MicroMaster 420, capaz de reducir significativamente los picos de corriente durante el arranque de motores trifásicos. La implementación de un sistema IoT optimizaría el rendimiento operativo de los motores, reduciendo el desgaste y los costos asociados al mantenimiento. Esta carencia tecnológica representa un obstáculo para la competitividad de las empresas industriales que buscan soluciones sostenibles y económicamente viables en un mercado global que exige mejoras constantes en la eficiencia operativa y la reducción de costo.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La visualización de la corriente en diferentes tipos de arranque de un motor trifásico de 5 Hp, a través de la tecnología IoT, permitirá realizar un análisis en tiempo real sobre la influencia del variador de frecuencia en la corriente de arranque.

2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCION

2.3.1. Objeto de Investigación:

Internet de las cosas aplicado a la manipulación de variador de frecuencia.

2.3.2. Campo de Acción:

330000 Ciencias Tecnológicas /3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 3306.05 Aplicaciones Eléctricas

2.4. BENEFICIARIOS

2.4.1. Directos

Estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.4.2. Indirectos

Estudiantes de carrera afines.

2.5. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se justifica por la necesidad de implementar soluciones tecnológicas que reduzcan las corrientes de arranque en motores eléctricos trifásicos, optimizando su desempeño en entornos industriales. Personalmente, me motiva la posibilidad de aplicar los conocimientos adquiridos en mi formación en ingeniería electromecánica para contribuir a la innovación en el campo de la automatización industrial.

Académicamente, este proyecto responde a la necesidad de vincular la teoría con la práctica, particularmente en el ámbito del Internet de las Cosas (IoT) y su aplicación en la manipulación de variadores de frecuencia. Se desarrollará un sistema integrado que combina plataformas IoT con un variador de frecuencia MicroMaster 420, lo cual es relativamente novedoso en el contexto industrial ecuatoriano. Además, su enfoque práctico, permite la visualización de la reducción de los picos de corriente durante el arranque y prolongando la vida útil de los equipos.

Laboralmente, este proyecto busca mejorar los procesos industriales mediante la reducción de costos asociados al mantenimiento y al consumo energético, elementos cruciales para la sostenibilidad de las empresas. Socialmente, se alinea con la tendencia hacia la eficiencia energética y la sostenibilidad industrial, contribuyendo a un uso más responsable de los recursos energéticos y promoviendo prácticas industriales más eficientes y respetuosas con el medio ambiente.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo general

Desarrollar una herramienta de supervisión basada en IoT que permita la manipulación de un variador de frecuencia para la visualización de corrientes de arranque de un motor trifásico de 5 Hp.

2.6.2. Objetivos específicos

- Realizar una investigación del estado del arte de aplicaciones IoT para monitoreo de intensidad de corrientes en motores trifásicos.
- Diseñar un proceso experimental para la visualización de la intensidad de corriente con diferentes tipos de arranques basado en IoT, culminando con la implementación de un tablero físico que integre todos los componentes necesarios para el arranque del motor.
- Pruebas de arranque a diferentes frecuencias con el variador Siemens Micromaster 420 mediante el IoT para lograr la configuración óptima que disminuya la corriente de arranque.

Tabla 2.1. Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Realizar una investigación del estado del arte de aplicaciones IoT para monitoreo de intensidad de corrientes en motores trifásicos.	Investigación sobre la norma 430 del Código Eléctrico Nacional (NEC) y otras fuentes relevantes que traten sobre la aplicación de IoT en el monitoreo y puesta en marcha de motores trifásicos.	Mejores prácticas sobre el monitoreo de motores trifásicos con IoT.	Investigación bibliográfica. Libros. Artículos científicos. Normativa.
	Análisis los sistemas de monitoreo de motores trifásicos utilizados en la industria, identificando las soluciones basadas en IoT más adecuadas para la implementación.	Elección de plataforma IoT	
Diseñar un proceso experimental para la visualización de la intensidad de corriente con diferentes tipos de arranques basado en IoT, culminando con la implementación de un tablero físico que integre todos los componentes necesarios para el arranque del motor.	Elaboración de planos eléctricos y diagramas unifilares necesarios para la implementación del sistema de monitoreo, incluyendo el diseño de los componentes IoT.	Planos eléctricos y diagramas unifilares para el sistema.	Software LabVIEW 2019 Versión SP1. Software TIA Portal. SETRON PAC 4200
	Implementación de las conexiones físicas y la programación del software de monitoreo, integrando el variador de frecuencia Siemens Micromaster 420 y la plataforma IoT seleccionada.	Sistema de monitoreo IoT implementado y operativo.	
Pruebas de arranque a diferentes frecuencias con el variador Siemens Micromaster 420 mediante el IoT para lograr la configuración óptima que disminuya la corriente de arranque.	Realización de pruebas experimentales con el variador Siemens Micromaster 420, ajustando las frecuencias y midiendo la corriente de arranque con carga.	Datos experimentales de la relación entre frecuencia y corriente de arranque.	Utilización del software TIA Portal para la programación del PLC, acompañado de LabVIEW para el diseño visual. Se incorporan datos experimentales para generar interfaces en Google Colaboratory con programación Python, facilitando la visualización gráfica de las curvas obtenidas en las pruebas.
	Análisis de los resultados de las pruebas experimentales para determinar la configuración óptima del variador de frecuencia que minimice la corriente de arranque y documentar los hallazgos.	Cuadro resumen de variables en función del tiempo para la respectiva comparación de los arranques a diferentes frecuencias.	

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES

El documento de tesis titulado "Diseño de la red Internet de las Cosas (IoT) para el Edificio de la Empresa Consel" presenta un enfoque innovador para integrar la tecnología IoT en la gestión y operación de un edificio. La investigación aborda el desarrollo y simulación de una red IoT dedicada a mejorar la seguridad electrónica a través de dispositivos conectados que gestionan el acceso y la monitorización de diferentes departamentos del edificio. Utilizando tecnología de Aruba HPE y dispositivos IoT Wi-Fi como cámaras, sensores de movimiento y de fuego, se busca crear un sistema centralizado que mejore la eficiencia operativa y la seguridad. La implementación propuesta se espera que funcione como un sistema inteligente que facilite la administración y mejore la experiencia de los usuarios finales, además de proporcionar una plataforma para futuras expansiones y mejoras tecnológicas [3].

El uso del Internet de las Cosas (IoT) ha revolucionado diversas áreas industriales al permitir la conexión y comunicación de dispositivos mediante redes inteligentes. Uno de los sectores que ha mostrado un crecimiento significativo en la aplicación de tecnologías IoT es el control y automatización industrial, específicamente en el manejo y optimización de motores eléctricos a través de variadores de frecuencia. Estos dispositivos permiten regular la velocidad y el torque de los motores, ofreciendo mayor eficiencia energética y control operativo. Con la integración de IoT, los variadores de frecuencia pueden ser controlados de forma remota, monitoreados en tiempo real, y ser parte de un sistema más amplio de automatización [4].

Los avances en la implementación de redes IoT permiten una mayor flexibilidad en la gestión de sistemas industriales. Esto se logra mediante la captura y análisis de datos de sensores distribuidos en una red que interconecta dispositivos, como motores y variadores de frecuencia, con sistemas de control centralizados. Estos sistemas son capaces de realizar ajustes automáticos, prever mantenimientos necesarios, y garantizar una operación óptima, maximizando la eficiencia del sistema y reduciendo el tiempo de inactividad.

Diversos estudios, como los realizados por [5] en la Universidad Politécnica Salesiana, destacan el diseño y simulación de redes IoT para aplicaciones de seguridad y control en edificios inteligentes. Su trabajo en el diseño de redes IoT muestra cómo estas tecnologías pueden aplicarse a la interconexión de dispositivos para mejorar la seguridad y la gestión eficiente del entorno físico. Asimismo, se evidencia que la escalabilidad y la capacidad de integrar múltiples

dispositivos IoT en un solo sistema de gestión centralizado ofrece ventajas significativas en términos de control y optimización.

En el contexto de la automatización industrial, la implementación de sistemas IoT aplicados a variadores de frecuencia representa una solución viable y eficiente para optimizar el control de motores eléctricos en entornos industriales. Esta optimización se logra a través de una supervisión continua y precisa de las variables del sistema, como la velocidad y la frecuencia, permitiendo ajustes automáticos basados en las condiciones operativas detectadas. Esta tendencia hacia la automatización y el control inteligente está alineada con los objetivos de la Industria 4.0, que busca mejorar la productividad, reducir los costos operativos, y aumentar la eficiencia energética en los sistemas industriales [6].

3.2. INTERNET DE LAS COSAS

3.2.1. Definición y Evolución del IoT

El término "Internet de las Cosas" (IoT) fue acuñado por primera vez por Kevin Ashton en 1999, refiriéndose a la expansión de la conectividad de Internet más allá de los dispositivos de computación tradicionales hacia una amplia gama de sistemas y dispositivos del día a día. El concepto se basa en la idea de conectar dispositivos físicos a la internet para permitir la comunicación y la interacción automáticas entre ellos, facilitando así una integración más inteligente y autónoma de la tecnología en la vida humana [7].

3.2.2. Origen y desarrollo histórico

La historia del IoT se remonta a los primeros días de internet y la informática, cuando la idea de conectar dispositivos no convencionales era solo una teoría o se limitaba a prototipos. Con el tiempo, el crecimiento de la banda ancha, los avances en tecnologías inalámbricas, y la miniaturización de componentes electrónicos hicieron que el IoT se convirtiera en una realidad a inicios del siglo XXI. La proliferación de dispositivos móviles, junto con el desarrollo de la nube y el big data, aceleró su expansión. Hoy en día, miles de millones de dispositivos están conectados en diversas áreas como salud, agricultura, industria y hogares inteligentes [8].

3.2.3. Componentes fundamentales

1. **Dispositivos:** Son los elementos físicos y tangibles del IoT. Incluyen sensores, actuadores, gadgets, electrodomésticos, y más, que tienen la capacidad de recopilar y transmitir datos [9].
2. **Conectividad:** Refiere a los métodos y tecnologías que permiten la comunicación entre los dispositivos de IoT. Esto incluye tecnologías de red como Wi-Fi, Bluetooth, LTE, y más recientemente, 5G, que permiten la transmisión de datos [9].
3. **Procesamiento de datos:** Es el corazón del IoT. La capacidad de procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real o casi real es crucial. Esto ocurre tanto en la periferia (edge computing) como en la nube, donde los datos pueden ser analizados y transformados en información útil [9].
4. **Interfaces de usuario:** Son los puntos de contacto entre los sistemas de IoT y los usuarios. Estas interfaces pueden ser tan simples como una aplicación móvil o tan complejas como un panel de control centralizado para la gestión de operaciones industriales. Permiten a los usuarios interactuar con los dispositivos, configurarlos y obtener datos relevantes [9].

La evolución del IoT avanza con la incorporación de nuevas tecnologías, lo que amplía las capacidades y el potencial de los sistemas conectados. Este campo sigue siendo un área dinámica de investigación y desarrollo, con promesas de innovaciones que mejorarán la automatización y la eficiencia en diversos sectores.

3.3. VARIADORES DE FRECUENCIA

3.3.1. Principios de Operación

Los variadores de frecuencia, también conocidos como variadores de velocidad (VSD), son dispositivos electrónicos que permiten controlar la velocidad y el par motor de los motores eléctricos alterando la frecuencia y voltaje suministrados al motor, que ajustan la forma de onda de entrada al motor para variar su velocidad según las necesidades del proceso [10].

3.3.2. Funcionamiento básico:

1. **Conversión de AC a DC:** Primero, la corriente alterna (AC) se rectifica a corriente continua (DC).
2. **Filtrado de DC:** La corriente continua se filtra para suavizar las fluctuaciones de voltaje.

3. Inversión de DC a AC: Finalmente, un inversor convierte la DC filtrada de nuevo en AC con la frecuencia deseada.

3.3.3. Beneficios de usar variadores en aplicaciones industriales incluyen:

- Ahorro energético: Al ajustar la velocidad del motor a la carga real, se reduce el consumo energético.
- Mejora del control del proceso: Permite un ajuste preciso de la velocidad, mejorando la calidad y eficiencia del proceso.
- Reducción de desgaste mecánico: Al arrancar los motores gradualmente, se reducen los esfuerzos mecánicos y el desgaste.
- Disminución de los costos de mantenimiento: Menor desgaste implica menos mantenimiento y prolonga la vida útil del equipo.

3.3.4. Tecnologías de Variadores de Frecuencia

Los variadores de frecuencia pueden clasificarse en varias tecnologías, dependiendo del método de control y de modulación que utilicen. Algunos de los tipos más comunes son:

- Variadores V/f (Voltaje/Frecuencia): Mantienen una relación constante entre voltaje y frecuencia, adecuados para aplicaciones que no requieren un control de velocidad preciso.
- Variadores de Vector de Control: Ofrecen un control más exacto del torque y la velocidad, útiles en aplicaciones que demandan una alta precisión.
- Variadores de Control Directo de Torque (DTC): Proporcionan un control muy rápido del torque y la velocidad, sin necesidad de retroalimentación del encoder [11].

3.3.5. Selección de variadores según el tipo de motor y carga:

- Tipo de motor: Es esencial verificar que el variador sea compatible con el tipo de motor (asíncrono, síncrono, etc.).
- Características de la carga: Se debe considerar si la carga es constante o variable, así como la presencia de altas inercias o requisitos de par.
- Entorno operativo: Factores como la temperatura, la humedad y la presencia de polvo o corrosivos pueden influir en la selección del variador adecuado.

3.4. MANIPULACIÓN DE VARIADORES DE FRECUENCIA A TRAVÉS DE IOT

3.4.1. 3.1 Integración de IoT con Variadores de Frecuencia

La integración de IoT con variadores de frecuencia implica utilizar tecnologías de comunicación avanzadas, como redes de área local inalámbrica (WLAN), Bluetooth, y protocolos industriales como Modbus y PROFINET para facilitar la interacción entre dispositivos. Esto permite una supervisión y control remotos en tiempo real, así como la implementación de ajustes automáticos basados en los datos [4].

3.4.2. Beneficios y Desafíos

Tabla 3.1. Ventajas y desventajas de los sistemas IoT

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Automatización y Eficiencia: IoT permite la automatización de procesos, mejorando la eficiencia operativa al reducir la intervención humana y los tiempos de respuesta	Seguridad y Privacidad: La conectividad constante y la gran cantidad de datos generados pueden plantear preocupaciones sobre la seguridad y la privacidad, especialmente si no se implementan medidas adecuadas de protección
Recopilación de Datos en Tiempo Real: Proporciona datos en tiempo real que pueden ser utilizados para tomar decisiones informadas, optimizar operaciones y mejorar la toma de decisiones.	Estándares y Protocolos Diversos: La falta de estándares comunes puede dificultar la interoperabilidad entre dispositivos y sistemas de diferentes fabricantes.
Monitoreo Remoto: Permite el monitoreo remoto de dispositivos y sistemas, facilitando la gestión y el mantenimiento a distancia.	Complejidad en la Implementación: La implementación de soluciones IoT puede ser compleja y requerir conocimientos técnicos especializados, lo que puede representar un desafío para algunos usuarios.
Monitoreo Remoto: Permite el monitoreo remoto de dispositivos y sistemas, facilitando la gestión y el mantenimiento a distancia.	Costos Iniciales y de Mantenimiento: La adopción inicial de IoT puede requerir inversiones significativas en hardware, software y capacitación. Además, los costos de mantenimiento pueden ser considerables.
Mejora de la Experiencia del Usuario: Facilita la creación de experiencias personalizadas para los usuarios al adaptarse a sus preferencias y necesidades.	Dependencia de la Conectividad: La funcionalidad de muchos sistemas IoT depende de una conectividad constante, lo que puede ser problemático en áreas con
Conectividad entre Dispositivos: Permite la interconexión de dispositivos y sistemas heterogéneos, facilitando la comunicación y colaboración entre ellos.	Riesgos de Fallos Técnicos: La complejidad de los sistemas IoT aumenta el riesgo de fallos técnicos, y la dependencia excesiva de la tecnología puede tener consecuencias significativas en caso de fallos.

La tabla 3.1 presenta una tabla comparativa de las ventajas y desventajas asociadas con la implementación de la tecnología de Internet de las Cosas (IoT). En la sección de ventajas, se destacan beneficios como la automatización y eficiencia operativa, la recolección de datos en tiempo real, el monitoreo remoto, la mejora en la experiencia del usuario y la conectividad entre dispositivos heterogéneos. Estos elementos contribuyen a una gestión más eficaz y

personalizada, adaptándose a las necesidades específicas de los usuarios y facilitando la colaboración y comunicación entre sistemas diversos.

En el lado de las desventajas, se abordan preocupaciones importantes como la seguridad y privacidad debido a la constante conectividad y la gran cantidad de datos generados, lo que exige la implementación de protecciones adecuadas. Además, se menciona la falta de estándares y protocolos unificados que pueden complicar la interoperabilidad entre dispositivos de distintos fabricantes. Otros desafíos incluyen la complejidad en la implementación, los costos iniciales y de mantenimiento, la dependencia de la conectividad constante, y los riesgos de fallos técnicos, los cuales pueden tener impactos significativos en los sistemas.

3.5. UBIDOTS

Ubidots, como plataforma de IoT, permite la visualización y manejo de datos generados por dispositivos interconectados. Ubidots se destaca por su interfaz intuitiva y sus potentes herramientas que permiten a los usuarios recoger, analizar y visualizar datos en tiempo real. Ofrece también la capacidad de crear dashboards dinámicos y aplicaciones IoT personalizadas sin necesidad de un extenso conocimiento en programación. La plataforma proporciona un puente crucial entre los dispositivos de campo y las aplicaciones de análisis de datos, facilitando así decisiones informadas y oportunas [11].

3.5.1. Integración y Conectividad con Ubidots

La plataforma soporta una amplia gama de protocolos de conectividad estándar en IoT, como MQTT y HTTP/S, asegurando compatibilidad con una diversidad de dispositivos. La capacidad de Ubidots para integrarse con múltiples dispositivos y servicios de terceros promueve un ecosistema IoT robusto y flexible, esencial para el desarrollo de soluciones innovadoras y eficientes [12].

3.5.2. Aplicaciones Prácticas de Ubidots

Ubidots ha sido implementada en proyectos que van desde la monitorización ambiental hasta el control de procesos industriales. Su funcionalidad para manejar y analizar grandes volúmenes de datos facilita la optimización de procesos, mejora la eficiencia energética y contribuye al mantenimiento predictivo. Empresas de todo el mundo utilizan Ubidots para mejorar la visibilidad operacional y optimizar la toma de decisiones estratégicas [12].

3.5.3. Retos y Consideraciones Futuras

A pesar de sus muchas ventajas, trabajar con Ubidots lleva asociados desafíos, incluyendo la gestión de la seguridad de los datos y la escalabilidad de las soluciones. La plataforma debe continuar evolucionando para abordar estos desafíos, especialmente en un mundo donde la ciberseguridad y la protección de datos personales son de máxima prioridad [13].

3.6. DIAGRAMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS EN UBIDOTS

3.7. DIAGRAMA DE FLUJO

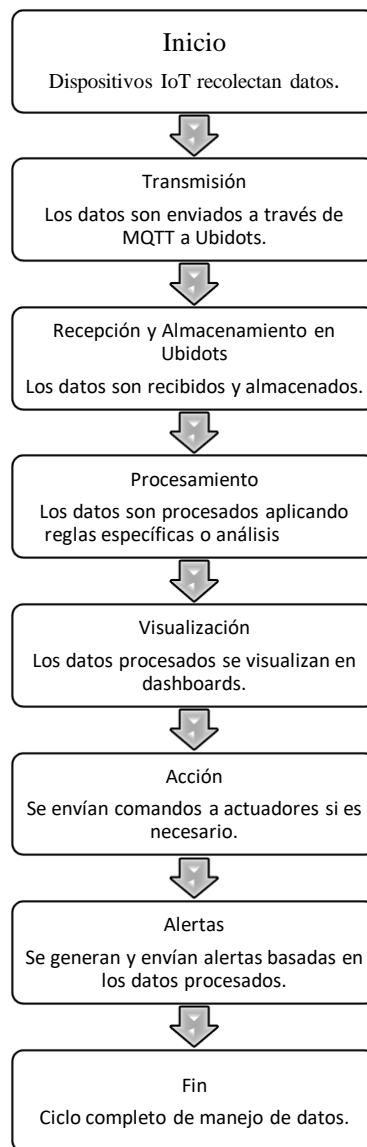


Figura 3.1. Diagrama de procesamiento de datos en la plataforma IoT Ubidots

El diagrama de flujo 3.1 ilustra el proceso sistemático de manejo de datos en la plataforma IoT Ubidots, comenzando por la recolección de datos desde dispositivos conectados. Los datos recolectados se envían a la nube donde son almacenados y analizados. Posteriormente, estos

análisis permiten generar visualizaciones y alertas en tiempo real, facilitando la toma de decisiones.

3.8. SERVIDOR OPC SERVER

El protocolo OPC (OLE for Process Control) se establece como un estándar industrial en la comunicación de datos entre diferentes dispositivos y aplicaciones en el entorno de la automatización industrial. Esta tecnología permite la interoperabilidad entre sistemas de control y equipos de automatización de diversos fabricantes, facilitando un intercambio de datos eficiente y en tiempo real [14].

3.8.1. Principios de Funcionamiento del OPC Server

Un servidor OPC actúa como intermediario entre dispositivos de hardware y aplicaciones de software. Al recibir solicitudes de un cliente OPC, el servidor se encarga de recopilar datos de los dispositivos de campo, posteriormente los transmite de vuelta al cliente en un formato estandarizado. Este proceso asegura que la información sea accesible y utilizable para múltiples sistemas de supervisión y control [14].

3.8.2. Tipos de Servidores OPC

Existen varias especificaciones dentro del estándar OPC, que incluyen OPC Classic y OPC Unified Architecture (OPC UA). OPC Classic soporta la comunicación en redes locales, mientras que OPC UA permite la comunicación segura a través de diferentes redes, incluyendo Internet, facilitando así la implementación de soluciones de IoT [14].

3.8.3. Beneficios de Implementar OPC Server

Los servidores OPC ofrecen numerosas ventajas, tales como la reducción de la complejidad en la integración de sistemas al proporcionar datos consistentes. Además, mejoran la escalabilidad en la automatización permitiendo futuras expansiones con menor esfuerzo y costo [14].

3.9. SOFTWARE LABVIEW

LabVIEW, acrónimo de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, es una plataforma y entorno de desarrollo integrado diseñado por National Instruments. Originalmente concebido para la automatización de instrumentos de laboratorio, LabVIEW se utiliza ampliamente para la adquisición de datos, control de instrumentos y automatización industrial. El entorno gráfico de LabVIEW, basado en el diseño de diagramas de flujo, permite a los

usuarios visualizar cada aspecto de la aplicación, incluidos los datos de hardware, procesamiento y depuración en tiempo real [15].

3.9.1. Características Principales de LabVIEW

- Programación Gráfica: LabVIEW utiliza un enfoque de programación gráfica conocido como G, que ayuda a simplificar el desarrollo visualizando el flujo de datos.
- Gestión de Datos: Capaz de manejar tanto señales en tiempo real como datos adquiridos para análisis complejos y visualización.
- Instrumentación Modular: Soporte para una amplia gama de hardware, desde dispositivos de adquisición de datos USB hasta sistemas integrados complejos.
- Interoperabilidad: Ofrece excelente compatibilidad con otros software y tecnologías, incluyendo MATLAB, C++, y Python, facilitando la integración de sistemas.

3.9.2. Aplicaciones de LabVIEW

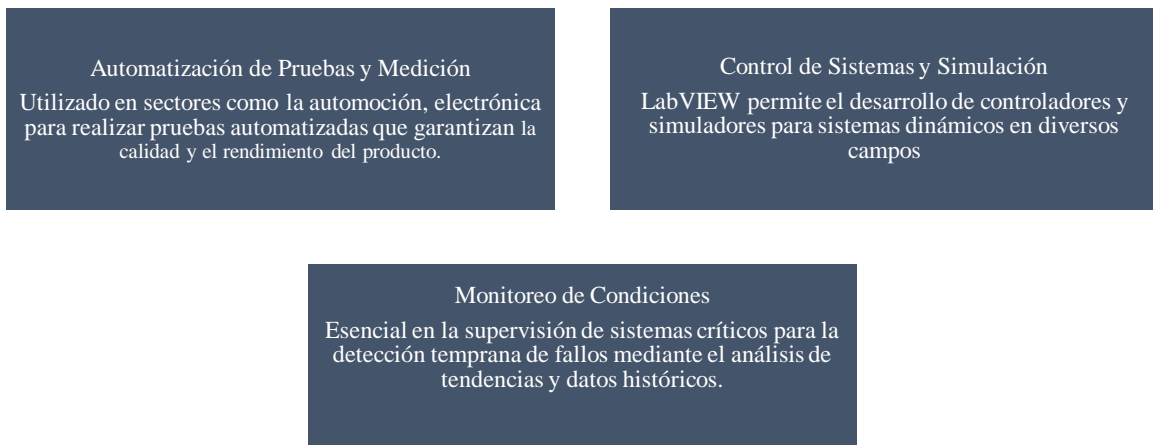


Figura 3.2. Principales ejemplos en aplicaciones LabVIEW.

3.9.3. Ventajas y Desafíos de LabVIEW

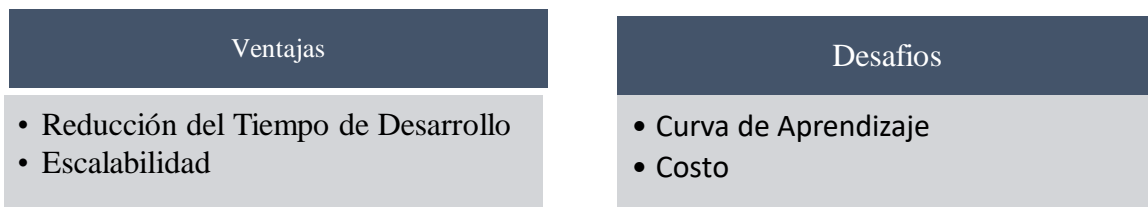


Figura 3.3. Ventajas y desafíos de LabVIEW.

3.9.4. Software TIA Portal

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) es una plataforma de ingeniería desarrollada por Siemens para ofrecer una solución integrada para la automatización de procesos

industriales. Esta herramienta unifica el entorno de desarrollo para la programación de dispositivos de automatización, tales como PLCs, HMI y sistemas de control de procesos. Su enfoque integrado tiene como objetivo simplificar el desarrollo, la puesta en marcha y el mantenimiento de sistemas de automatización [16].

3.9.5. Características Principales de TIA Portal

- **Interfaz Unificada:** TIA Portal ofrece una interfaz de usuario coherente que integra todas las herramientas necesarias para la automatización, lo que facilita el aprendizaje y reduce los tiempos de ingeniería.
- **Compatibilidad con Hardware:** Soporta una amplia gama de hardware de Siemens, incluyendo SIMATIC S7 PLCs, SIMATIC HMI, y otros dispositivos de red y comunicación.
- **Simulación y Testeo:** Permite la simulación de programas y configuraciones sin hardware físico, lo que ayuda a detectar errores en etapas tempranas del desarrollo.

3.9.6. Aplicaciones de TIA Portal

- **Automatización de Fábricas:** Ampliamente utilizado en la industria manufacturera para controlar líneas de producción, maquinaria y procesos de montaje.
- **Gestión de Procesos Industriales:** Ideal para sectores como el químico, farmacéutico y de tratamiento de aguas, donde se requiere un control preciso y constante.
- **Integración de Sistemas de Energía:** Usado en aplicaciones de energía, incluyendo la gestión de subestaciones y la automatización de sistemas de energía renovable.

3.9.7. Ventajas de TIA Portal

- **Optimización de Procesos:** La integración de todas las herramientas de automatización bajo una única plataforma mejora significativamente la eficiencia operativa.
- **Innovación Continua:** Siemens actualiza constantemente TIA Portal, añadiendo nuevas funcionalidades y mejorando las existentes para adaptarse a las necesidades cambiantes de la industria.
- **Reducción de Costos:** Al facilitar una programación más rápida y efectiva, TIA Portal puede ayudar a reducir los costos de desarrollo y mantenimiento.

3.9.8. Desafíos en el Uso de TIA Portal

- Complejidad Inicial: Aunque es una herramienta poderosa, la gran cantidad de funciones y opciones puede ser abrumadora para los nuevos usuarios.
- Requisitos de Sistema: TIA Portal exige recursos computacionales significativos, lo que puede requerir inversiones en hardware para su uso óptimo.

3.10. NODE-RED

Node-RED es una herramienta de programación visual de código abierto desarrollada inicialmente por IBM y ahora mantenida por la comunidad. Facilita la creación de flujos de programas mediante la interconexión de nodos "arrastrar y soltar", diseñados para facilitar el desarrollo de aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT) y otros procesos automatizados en una variedad de entornos [17].

3.10.1. Características Fundamentales de Node-RED

- Interfaz Gráfica de Usuario (GUI): La interfaz visual permite a los usuarios conectar nodos que representan funciones, APIs, dispositivos y otros servicios para crear flujos lógicos de forma intuitiva.
- Extensibilidad: Node-RED puede ser extendido con nodos personalizados y cuenta con una biblioteca de nodos contribuidos por la comunidad que cubren una amplia gama de funciones e integraciones.
- Integración con Hardware y Servicios Web: Compatible con numerosos dispositivos hardware, plataformas en la nube y APIs web, lo que lo hace versátil para prototipos rápidos y aplicaciones de producción.

3.10.2. Aplicaciones de Node-RED

- Automatización de Tareas: Automatiza tareas repetitivas en sistemas domésticos y comerciales, como el control de iluminación, sistemas de seguridad, y la gestión de medios.
- Prototipado Rápido: Permite a los desarrolladores y a los ingenieros de sistemas prototipar rápidamente nuevas ideas y soluciones sin necesidad de escribir código complejo.
- Integración IoT: Es ampliamente utilizado para conectar y orquestar dispositivos IoT, recopilando datos y enviándolos a plataformas de gestión o análisis.

3.10.3. Ventajas de Node-RED

- **Bajo Umbral de Aprendizaje:** La interfaz gráfica simplifica la comprensión y el desarrollo de flujos, lo que reduce la barrera para entrar en la programación de aplicaciones interconectadas.
- **Comunidad Activa:** Al ser de código abierto, Node-RED tiene una comunidad activa que contribuye continuamente con mejoras y documentación, facilitando el acceso a soporte y recursos.
- **Flexible y Adaptable:** Puede ejecutarse en diversas plataformas, desde PCs hasta dispositivos como Raspberry Pi, lo que lo hace adecuado para una variedad de usos y contextos.

3.10.4. Desafíos y Consideraciones

- **Seguridad:** Al ser fácilmente accesible y modificable, la seguridad de las aplicaciones creadas con Node-RED puede ser un desafío, especialmente cuando se exponen a Internet.
- **Rendimiento en Grandes Escalas:** Aunque Node-RED es excelente para prototipos y proyectos pequeños a medianos, puede enfrentar limitaciones cuando se trata de manejar grandes volúmenes de datos o sistemas de alta complejidad, donde la eficiencia del procesamiento y la gestión de recursos pueden ser críticos.

3.11. MÓDULO DE COMUNICACIÓN RS-485

El módulo de comunicación RS-485 es un estándar de comunicación en serie ampliamente utilizado en entornos industriales y de automatización debido a su capacidad para soportar largas distancias de transmisión y su robustez en condiciones adversas. Este protocolo de comunicación se basa en una arquitectura diferencial que permite la transmisión de datos en configuraciones de múltiples dispositivos, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde varios equipos necesitan intercambiar información de manera eficiente [18].

Una de las características clave del RS-485 es su capacidad para permitir la comunicación bidireccional en un único par de cables trenzados, lo que reduce la complejidad del cableado en comparación con otros protocolos. Además, puede conectar hasta 32 dispositivos en un mismo bus de comunicación, lo que lo convierte en una solución flexible para sistemas distribuidos.

El módulo RS-485 es particularmente útil en aplicaciones donde se requiere una comunicación robusta y estable entre controladores lógicos programables (PLC), variadores de frecuencia,

sensores, y otros dispositivos de control. Gracias a su capacidad para resistir interferencias electromagnéticas y su compatibilidad con largas distancias de hasta 1200 metros, el RS-485 se ha consolidado como una opción fiable para entornos industriales.

En términos de implementación, este módulo requiere una configuración adecuada de terminaciones y resistencias de polarización para garantizar la integridad de la señal, especialmente en sistemas de larga distancia o con muchos nodos conectados. La correcta instalación y configuración del RS-485 es crucial para asegurar la comunicación fluida y la sincronización de los equipos en el sistema [18].

3.12. CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL

Capítulo 430

Este segmento del código es crucial para garantizar la seguridad y eficiencia en la instalación y operación de motores eléctricos, ofreciendo una guía detallada sobre los requerimientos de instalación eléctrica, las protecciones necesarias contra sobre corrientes, y las especificaciones para el uso adecuado de controladores y arrancadores de motores [19].

El capítulo 430 es extenso y abarca varios artículos que detallan aspectos específicos como los tamaños mínimos de los conductores, los métodos de cálculo para determinar la carga de un circuito de motor, y las protecciones adecuadas como interruptores y dispositivos de protección contra sobrecarga. También se discuten los requisitos para los arrancadores de motores, incluyendo los tipos permitidos y cómo deben ser configurados para diferentes aplicaciones, asegurando que los motores operen dentro de los límites de seguridad para evitar daños tanto en el motor como en el sistema eléctrico.

El código establece claramente la importancia de adherirse a estas normativas para prevenir accidentes y fallas en los sistemas que utilizan motores eléctricos, siendo fundamental para profesionales en el ámbito de la ingeniería eléctrica y mantenimiento industrial. Asimismo, se hace hincapié en la necesidad de revisión y cumplimiento continuos por parte de las autoridades competentes para asegurar que las instalaciones cumplan con los estándares de seguridad más recientes.

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1.1. Propósito del Proyecto

El presente proyecto tiene como propósito diseñar e implementar una solución tecnológica basada en el Internet de las Cosas (IoT) para optimizar el arranque de motores eléctricos trifásicos en aplicaciones industriales. El enfoque principal es integrar un variador de frecuencia MicroMaster 420 con una plataforma IoT que permita monitorear y controlar en tiempo real variables críticas como frecuencia, corriente, tensión, potencia y factor de potencia, con el fin de mejorar el rendimiento y la eficiencia energética de estos motores, reduciendo los picos de corriente durante el arranque y prolongando su vida útil.

4.1.2. Contexto

En el ámbito industrial, los motores eléctricos trifásicos son ampliamente utilizados para una variedad de aplicaciones. Sin embargo, los métodos tradicionales de arranque, como el arranque directo y el arranque estrella-triángulo, suelen generar picos de corriente que no solo impactan negativamente en la eficiencia energética, sino que también aceleran el desgaste de los motores, reduciendo su vida útil. El uso de variadores de frecuencia se ha demostrado como una solución eficaz para controlar la velocidad del motor y minimizar estos picos de corriente. Este proyecto busca profundizar en esta tecnología, integrando además el uso del IoT, lo que permite un control más preciso y adaptable de las variables críticas, mejorando así el desempeño global del sistema eléctrico industrial.

El sistema propuesto se implementa utilizando la plataforma Ubidots, la cual posibilita el monitoreo y control remoto a través, ofreciendo así una solución para la supervisión en tiempo real y el ajuste automático de las condiciones operativas del motor. Este enfoque no solo optimiza el rendimiento del motor, sino que también contribuye a una gestión energética más eficiente, alineada con las tendencias actuales hacia la sostenibilidad en la industria.

4.1.3. Alcance del proyecto

El proyecto abarca varias fases, desde el diseño del tablero de control físico que integra el variador de frecuencia, hasta la programación y configuración del sistema IoT para monitoreo y control. La implementación de este sistema se realiza en un entorno industrial simulado, donde se probarán diferentes escenarios de arranque de motor utilizando métodos tradicionales y el variador de frecuencia controlado mediante IoT. Se compararán los resultados obtenidos, específicamente en términos de reducción de corriente de arranque y optimización energética, para validar la eficacia de la solución propuesta.

El proyecto no solo busca demostrar las ventajas de los variadores de frecuencia en el arranque de motores trifásicos, sino que también pretende establecer un modelo escalable que pueda ser adaptado a otras aplicaciones industriales, donde el control preciso y en tiempo real de variables operativas para la eficiencia y sostenibilidad del sistema.

4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

4.2.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Sistema IoT que controla los arranque a diferentes frecuencias.

4.2.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Obtención de variables en el arranque de motor trifásico de 5 Hp, como corriente, potencia, tensión, factor de potencia.

4.3. DIAGRAMA DE FLUJO

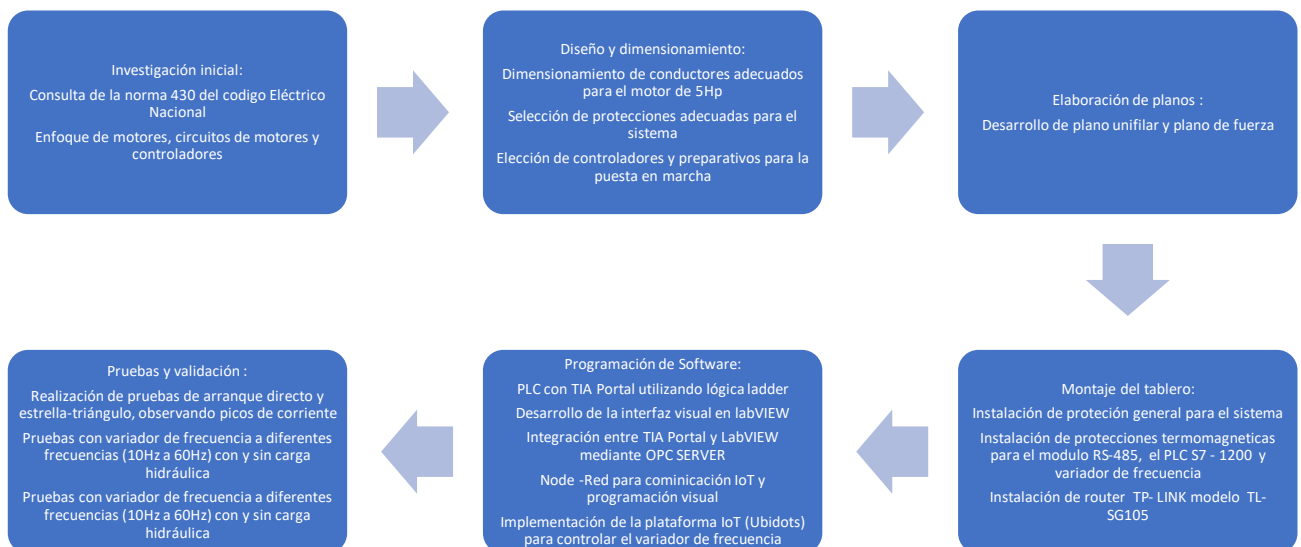


Figura 4.1. Diagrama de flujo del proceso de ensamblaje del tablero físico integrado con componentes IoT

4.4. DATOS DE ENTRADA

4.4.1. Datos eléctricos del motor trifásico

Tabla 4.1. Datos nominales de placa de motor de 5HP

Datos nominales del motor trifásico de 5HP – Datos de placa	
Voltaje	220 / 380 V
Potencia	3.73 kW
Corriente	13.56 A
F.P (cos θ)	0.83
Eficiencia	0.85%

4.4.2. Parámetros de configuración del variador de frecuencia MicroMáster 420

Tabla 4.2. Parámetros de configuración del variador de frecuencia MicroMaster 420

Variador de frecuencia Micromaster 420 de Siemens	
Frecuencia de salida ajustable (P2000)	Rango: 0 Hz a 650 Hz
Corriente límite ajustada (P0640)	Rango: 0% a 150% de la corriente nominal del motor
Tiempos de aceleración (P1120)	Rango: 0 a 650 segundos
Tiempos de desaceleración (P1121)	Rango: 0 a 650 segundos

(Fuente): Proviene del manual técnico oficial del variador Micromaster 420, publicado por Siemens.

	P0340 = 1
P0344 Peso del motor	x
P0346 Tiempo de magnetización	x
P0347 Tiempo de desmagnetización	x
P0350 Resistencia estator, fase-a-fase	x
P0611 Constante tiempo I2t del motor	x
P1253 Limitación salida regulador Vdc	x
P1316 Frecuencia final de elevación	x
P2000 Frecuencia de referencia	x
P2002 Corriente de referencia	x

Figura 4.2. Parámetros de Puesta en servicio rápida.

P0640	Factor de sobrecarga del motor [%]	2
P0700	Selección de la fuente de órdenes	1
P1000	Selección de la consigna de frecuencia	1
P1080	Velocidad Mín.	1
P1082	Velocidad Máx.	1
P1120	Tiempo de aceleración	1
P1121	Tiempo de deceleración	1

Figura 4.3. Parámetros de Puesta en servicio rápida.

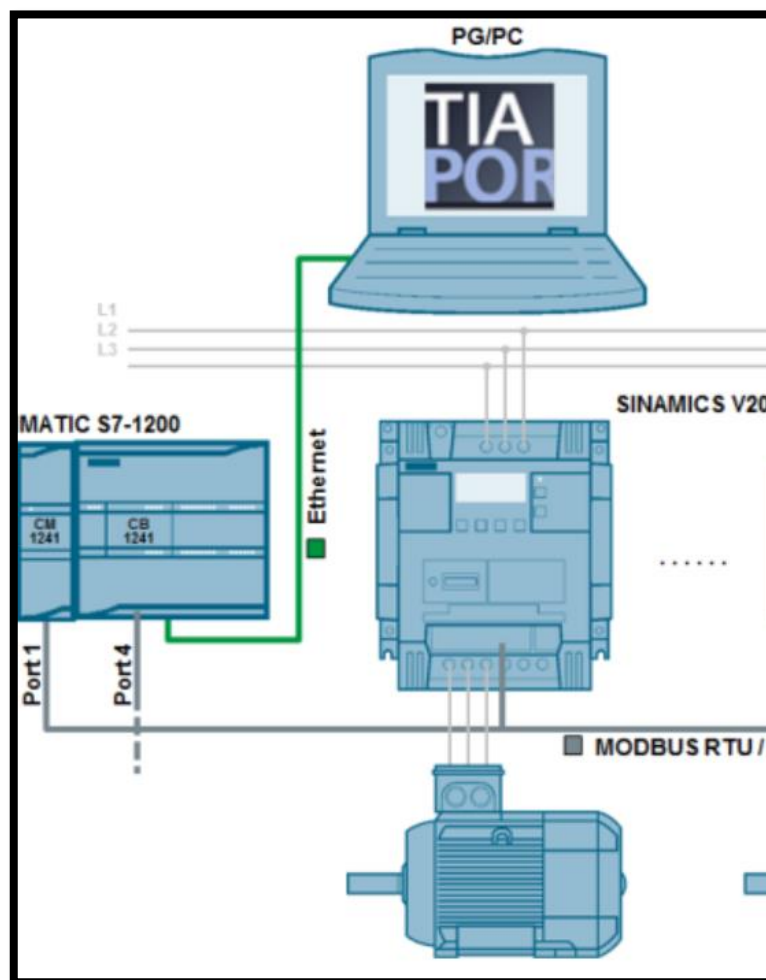


Figura 4.4. Estructura de puesta en servicio

La figura 4.4 representa el sistema de puesta en servicio para controlar un motor eléctrico mediante un variador de frecuencia MicroMaster 420, un módulo RS-485 y un PLC S7-1200. El software TIA Portal actúa como la herramienta principal de configuración y monitoreo, mientras que el variador de frecuencia y el PLC colaboran para asegurar un control preciso del motor. La comunicación entre los dispositivos se lleva a cabo a través de Ethernet y, el protocolo MODBUS TCP/IP asegurando una transmisión de datos.

4.4.3. Variables monitorizadas a través de IoT (Plataforma Ubidots)

Tabla 4.3. Variables monitorizadas en plataforma IoT

Variables monitorizadas a través de IoT (Plataforma Ubidots)
Frecuencia, corriente, tensión, potencia, factor de potencia
Datos recolectados cada 100 milisegundos

4.5. MÉTODOS DE CÁLCULO

En este proyecto, los métodos de cálculo se centrarán en la simulación y análisis de las condiciones de arranque de un motor trifásico de 5 Hp utilizando un variador de frecuencia, con el objetivo reducir los picos de corriente durante el arranque. La metodología se basa en la integración de tecnologías IoT para el monitoreo y control en tiempo real de las variables eléctricas críticas, como frecuencia, corriente, tensión, potencia y factor de potencia, lo que permite realizar ajustes en las condiciones de operación del motor.

Los cálculos se realizarán mediante la aplicación de modelos de pruebas experimentales de que describen el comportamiento eléctrico del motor durante el arranque. El análisis incluirá comparaciones entre los métodos tradicionales de arranque, como el arranque directo y el arranque estrella-triángulo, y el uso de variadores de frecuencia controlados mediante IoT.

Para llevar a cabo estos cálculos, se utilizarán diversas herramientas de software que permitirán tanto la simulación de escenarios como el análisis de datos en tiempo real. Entre las principales herramientas empleadas se encuentra la plataforma Ubidots, que se utilizará para recopilar y monitorear los datos en tiempo real. El variador de frecuencia será configurado y controlado mediante el módulo de comunicación RS-485, lo que permitirá ajustar los parámetros de operación del motor y registrar los resultados en tiempo real. Este enfoque metodológico permite que los cálculos y simulaciones se realicen, aprovechando el potencial del IoT y las tecnologías de control para mejorar el rendimiento de los motores eléctricos en aplicaciones industriales.

4.5.1. Diagrama de flujo de herramientas de Software y comunicación con la interfaz

Para llevar a cabo estos cálculos y controlar el sistema, se utilizaron varias herramientas de software y configuraciones de hardware, que incluyen:

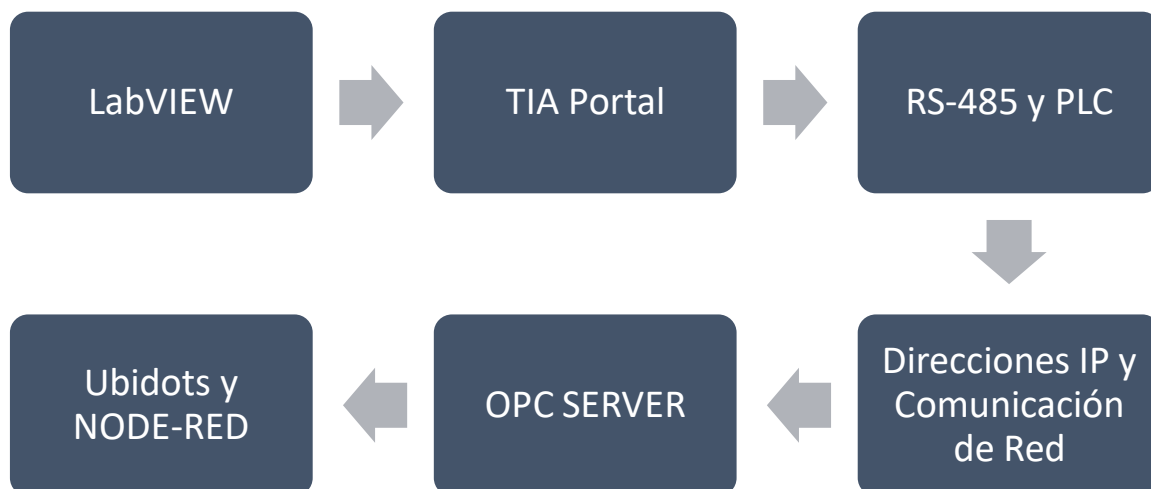


Figura 4.5. Diagrama de herramientas de Software y comunicación

Donde:

1. Se usó LabVIEW para el control operador-máquina, facilitando la interfaz y el control de los parámetros del sistema de manera interactiva.
2. TIA Portal se empleó para cargar la programación al PLC S7-1200, que sirve como el núcleo del sistema de control. La programación en TIA Portal incluye el manejo de la comunicación entre el PLC y el Sentro Pac 4200 a través del protocolo Modbus TCP/IP.
3. RS-485 y PLC: El módulo de comunicación RS-485 está conectado al PLC S7-1200. Físicamente, el módulo RS-485 se conecta al variador de frecuencia MicroMaster 420 mediante las salidas 3 y 9 del módulo, que se dirigen a las entradas analógicas 14 y 15 del variador. Esta conexión permite el control preciso del variador de frecuencia desde el PLC.
4. Comunicación de Red con PLC S7-1200 y con el Sentro Pac con el fin de establecer la comunicación entre los dispositivos a través de la red Modbus TCP/IP.
5. OPC SERVER se utilizó para establecer un puente de comunicación entre LabVIEW y el PLC, lo que permitió el intercambio fluido de datos y comandos entre el operador y la máquina
6. Ubidots y NODE-RED se usó para implementar el componente IoT del proyecto, se utilizó la plataforma Ubidots para el monitoreo y control en tiempo real de las variables críticas. Además, se empleó NODE-RED para facilitar la comunicación IoT, ya que esta plataforma permite la programación con librerías y bloques de función, lo que posibilita el intercambio de datos con plataformas IoT. NODE-RED se utilizó para enviar y recibir

datos en tiempo real, garantizando que la información fluya de manera eficiente entre los dispositivos conectados.

4.5.2. Cálculo de corriente de arranque del motor

$$I_{\text{arran}} = \frac{\text{LetraCodigo} \cdot \text{Potencia de placa motor} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot \text{Voltaje}} \quad (1)$$

$$I_{\text{arran}} = \frac{5 \cdot 5 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 220}$$

$$I_{\text{arran}} = 65,62 \text{ A}$$

Donde:

Letra de código: Letra de código de placa de motor (AISL)

Potencia de placa de motor: Potencia de placa de motor (HP)

4.5.3. Imagen correspondiente al código nacional eléctrico de motores eléctricos.

Tabla 430.7 (B). Letras código de indicación para rotor bloqueado


Letra código	Kilovolt-Ampere por caballo de fuerza con el rotor bloqueado
A	0 - 3.14
B	3.15 - 3.54
C	3.55 - 3.99
D	4.0 - 4.49
E	4.5 - 4.99
F	5.0 - 5.59
G	5.6 - 6.29
H	6.3 - 7.09
J	7.1 - 7.99
K	8.0 - 8.99
L	9.0 - 9.99
M	10.0 - 11.19
N	11.2 - 12.49
P	12.5 - 13.99
R	14.0 - 15.99
S	16.0 - 17.99
T	18.0 - 19.99
U	20.0 - 22.39
V	22.4 en adelante

Figura 4.6. Letras de código para rotor bloqueado capítulo 430

4.5.4. Equipos utilizados

4.5.5. Protecciones termomagnéticas

Tabla 4.4. Protección termomagnética para PLC S7-1200

Datos de PLC	Interruptor Termomagnético	Intensidad de la Protección
<p>Tensión: 110V</p> <p>Consumo: 400mA CPU</p> <p>Amperaje: 1.5A</p>		<p>6 amperios</p>


La protección seleccionada para el PLC 1214 AC/DC/RLY se basa en su amperaje nominal tal como se muestra en la figura 4.4, como indica la tabla de Siemens. Este parámetro es esencial para asegurar una operación segura bajo condiciones normales y prevenir daños por sobrecarga. Aunque se recomienda un rango de protección de 1.5 a 1.6 amperios, se optó por un breaker de 6 amperios debido a su disponibilidad y la flexibilidad que ofrece para futuras expansiones del sistema.

Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	500 mA; Solo CPU
Consumo, máx.	1 500 mA; CPU con todos los módulos de ampliación
Intensidad de cierre, máx.	12 A; con 28,8 V
I^2t	0,5 A ² ·s
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM

Figura 4.7. Datos técnicos del manual Siemens

La tabla 4.5 muestra un interruptor termomagnético de 32 amperios. El interruptor está diseñado para montaje en riel DIN y se utilizó comúnmente para proteger las instalaciones eléctricas contra sobrecargas y cortocircuitos. Para el dimensionamiento se usó el código nacional eléctrico en su sección 430 donde indica las protecciones a usar contra sobrecargas. Luego de la tabla se va a detallar el cálculo empleado y la tabla que indica el código para el dimensionamiento para las protecciones que se deben usar.

Tabla 4.5. Dimensionamiento Interruptor termomagnético para variador de frecuencia

Datos de Motor	Interruptor Termomagnético trifásico	Intensidad de la protección
HP: 5 Hp Factor de servicio: 1.15 Potencia nominal: 4.29Kw Tensión: 220V Amperaje nominal: 13.56A		32 amperios

4.5.6. Tabla contra sobrecargas según el código nacional eléctrico sección 430

Tabla 4A Protección contra sobrecarga	
MOTORES CON FACTOR DE SERVICIO NO MENOR (≥) DE 1.15	125%
MOTORES CON ELEVACION DE TEMPERATURA DE NO MAS DE 40° C	125%
TODOS LOS OTROS MOTORES	115%

Tabla 4B Protección Máxima contra sobrecarga	
MOTORES MARCADOS CON FACTOR DE SERVICIO IGUAL O MAYOR DE 1.15	140%
MOTORES MARCADOS CON ELEVACIÓN DE TEMPERATURA 40C O MENOR	140%
TODOS LOS OTROS MOTORES	130%

Figura 4.8. Tabla contra sobrecargas

$$I_{\text{nominal}} \times 1.40 \quad (2)$$

$$13.9 \times 1.40 = 19.56 \text{ amperios}$$

Se dimensionó una protección de 32 amperios con el propósito de salvaguardar tanto el variador de frecuencia y la protección general del sistema, considerando las elevadas corrientes que se generan durante el arranque del motor. La protección general del tablero se muestra en la figura 4.6.

Donde:

La corriente nominal del motor se encuentra en la placa y es igual a 13.9 A

El factor de servicio es de 1.15 y se consideró a mayor sobrecarga

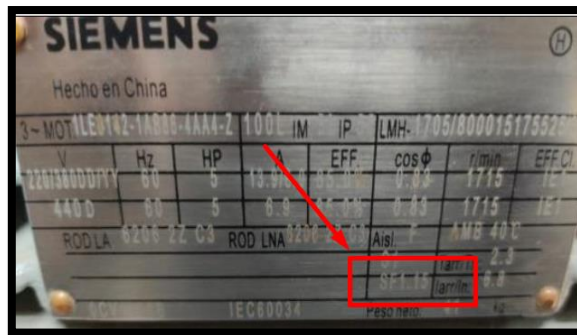


Figura 4.9. Datos de placa de motor

4.5.7. Protección general del tablero



Figura 4.9. Protección general del tablero

4.5.8. Sentron PAC 4200

Se usó el Sentron PAC 4200, el cual fue esencial para la medición de variables clave como voltajes, corrientes y potencias durante el arranque y operación del motor.

Es importante aclarar que el Sentron PAC 4200 no fue implementado originalmente por el autor de este trabajo. Este dispositivo ya estaba integrado en el sistema gracias al esfuerzo de otros testistas que previamente lo instalaron y configuraron en el entorno de pruebas. Sin embargo, para los fines de esta investigación, se aprovechó la capacidad de este equipo para recolectar datos precisos sobre las variables eléctricas del sistema.

A través del módulo de comunicación Modbus TCP/IP, el Sentron PAC 4200 se conectó al sistema de control gestionado por el PLC S7-1200, lo que permitió integrar las mediciones en el flujo de datos para la medición de variables clave como voltajes, corrientes y potencias durante el arranque y operación del motor.



Figura 4.10. Sentron PAC 4200

4.5.9. Configuración y creación de Proyecto en TIA Portal

La herramienta Informática de programación TIA Portal V14 (Figura 4.9), contiene una variedad de librerías para cada uno de los productos SIEMENS, las mismas que brindan la facilidad de programar para centralizar el control y monitoreo del Sistema Distribuido empleado en este proyecto de investigación.



Figura 4.11. TIA Portal V14

4.5.10. Configuración de dispositivos

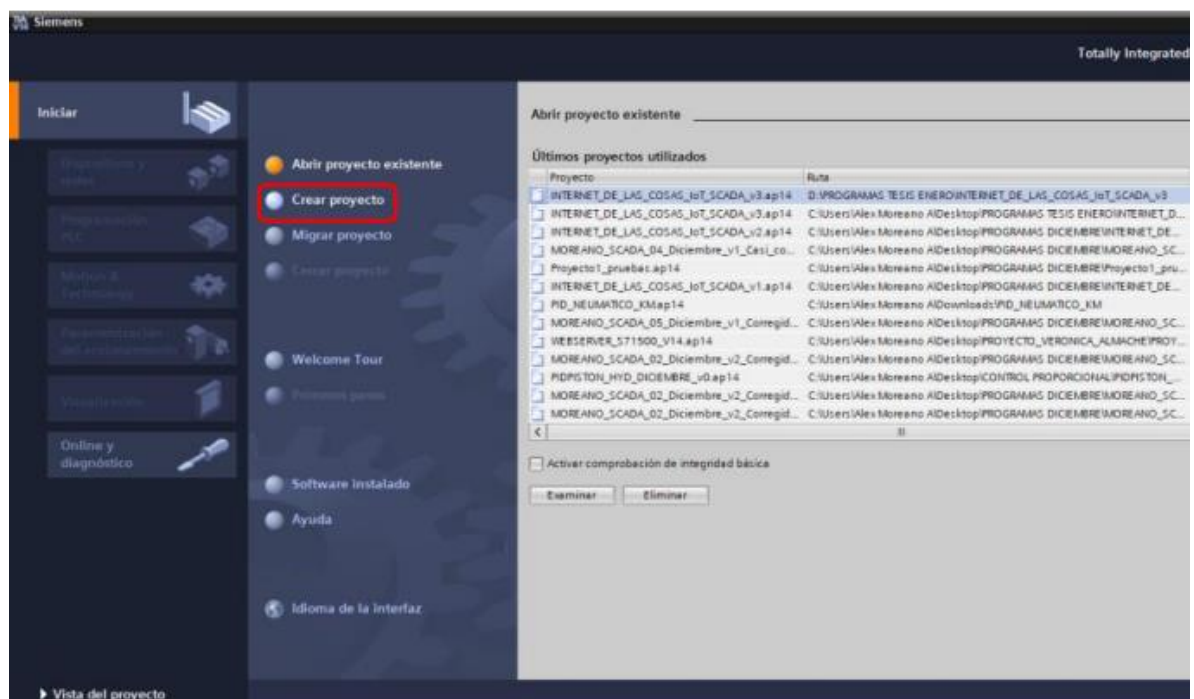


Figura 4.12. TIA Portal V14

Para la correcta configuración de dispositivos, es importante crear un nuevo proyecto, o se abre un proyecto ya existente como se ilustra en la Figura 4.10

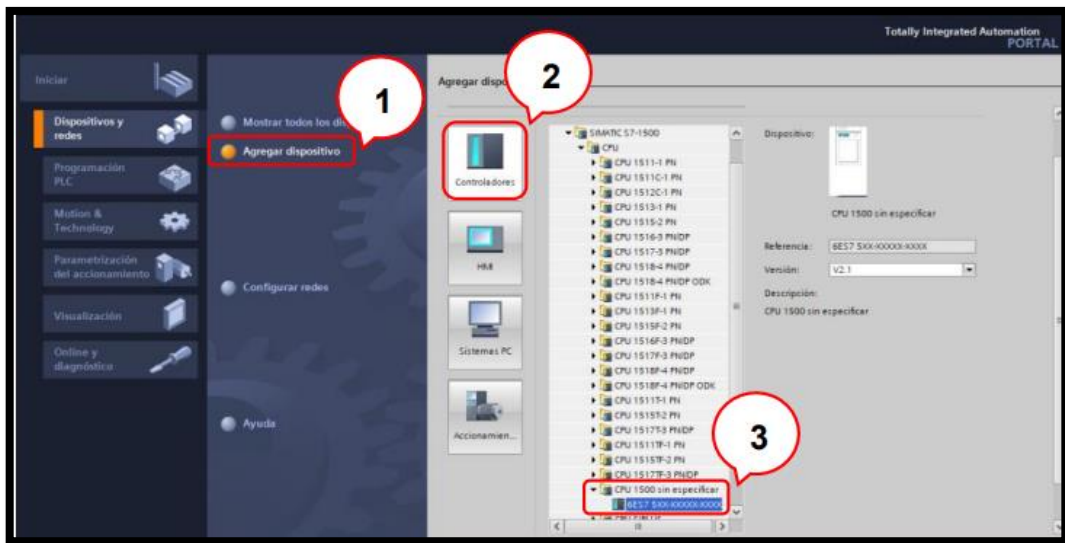


Figura 4.13. Agregar dispositivos al Proyecto

Para reconocer el dispositivo que se encuentra en línea, dar clic en la opción determinar como se muestra en la Figura 4.11.

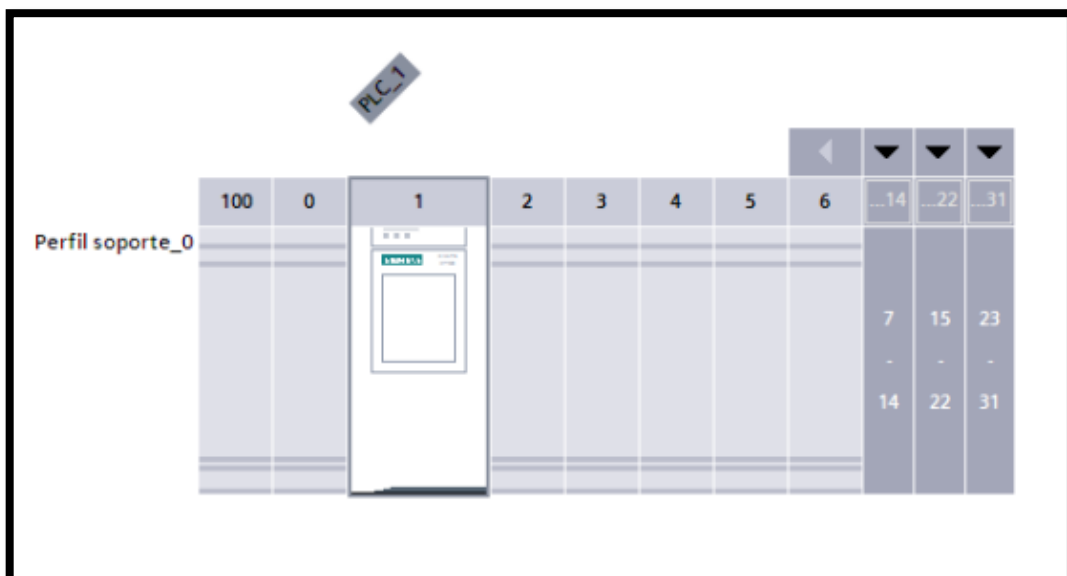


Figura 4.14. Determinar dispositivo en Línea

Seleccionar la interfaz PG/PC de acuerdo a la tarjeta de conexión del ordenador, para posteriormente dar clic en Iniciar Búsqueda, y finalmente en 'Detección'; para agregar correctamente el PLC al Proyecto creado.

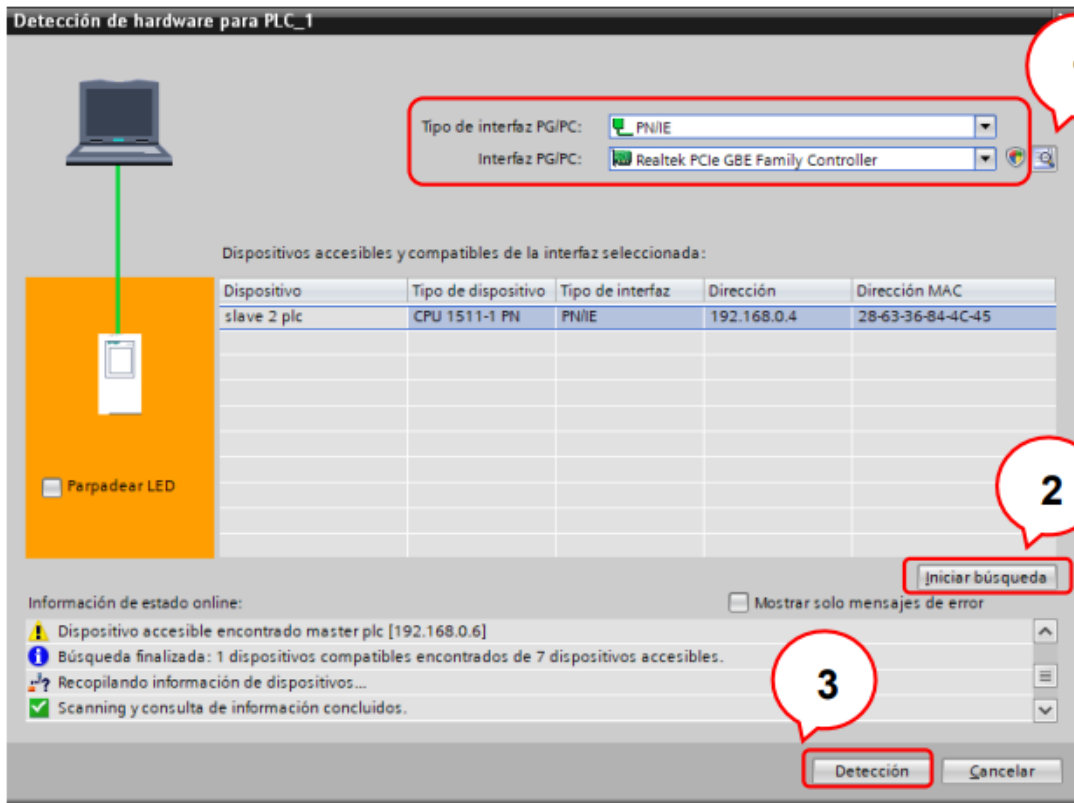


Figura 4.15. Detectar PLC en la Red

Una vez detectado el dispositivo se agregará correctamente a la ventana de Redes del proyecto.

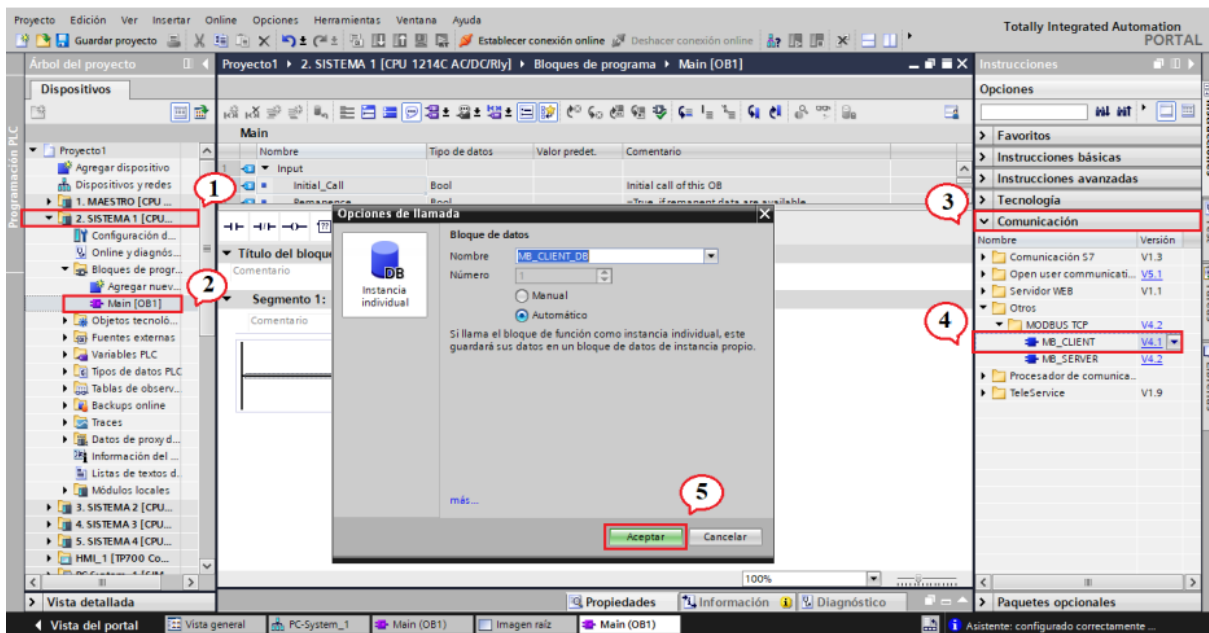


Figura 4.16. Selección de Bloque MB_CLIENT

Se realiza la configuración deseada cada uno de los parámetros, como los registros correspondientes para el medidor de energía SENTRON PAC 4200 y para el VFD.

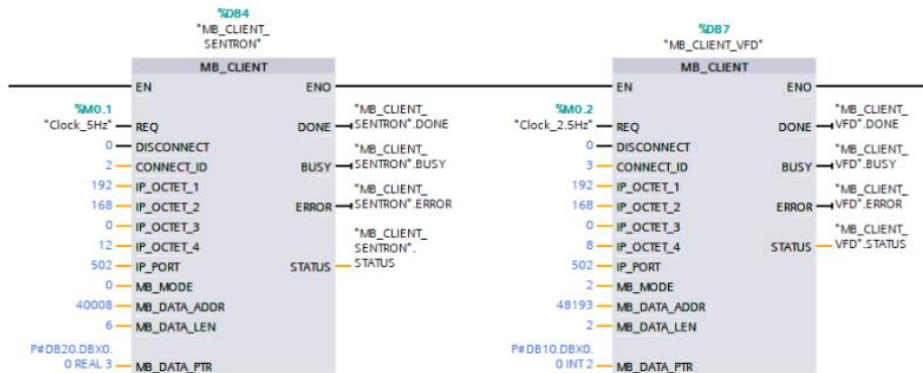


Figura 4.17. Bloque MB_CLIENT para comunicación Modbus

Para el manejo correcto de datos e información, se agrega una Base/Bloque de Datos, como se indica en la Figura 4.15.

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Valor de observación	Remanen...	Accesible d...	Escrib...
Static							
SENTRON_SEND	Array[1..20] of Real	0.0					
SENTRON_SEND[1]	Real	0.0	0.0	224.356			
SENTRON_SEND[2]	Real	4.0	0.0	225.367			
SENTRON_SEND[3]	Real	8.0	0.0	225.016			
SENTRON_SEND[4]	Real	12.0	0.0	0.0			
SENTRON_SEND[5]	Real	16.0	0.0	0.00265			
SENTRON_SEND[6]	Real	20.0	0.0	0.0325			
SENTRON_SEND[7]	Real	24.0	0.0	0.076			
SENTRON_SEND[8]	Real	28.0	0.0	0.0			
SENTRON_SEND[9]	Real	32.0	0.0	88.857			
SENTRON_SEND[10]	Real	36.0	0.0	83.265			
SENTRON_SEND[11]	Real	40.0	0.0	92.351			
SENTRON_SEND[12]	Real	44.0	0.0	0.0			
SENTRON_SEND[13]	Real	48.0	0.0	59.9215			
SENTRON_SEND[14]	Real	52.0	0.0	0.0			
SENTRON_SEND[15]	Real	56.0	0.0	20.14			
SENTRON_SEND[16]	Real	60.0	0.0	4.288			
SENTRON_SEND[17]	Real	64.0	0.0	-0.567			
SENTRON_SEND[18]	Real	68.0	0.0	0.0			
SENTRON_SEND[19]	Real	72.0	0.0	0.213			
SENTRON_SEND[20]	Real	76.0	0.0	0.0			

Figura 4.17. Base de Datos SENTRON PAC 4200

La imagen muestra un bloque de programación en TIA Portal V14, que contiene varios segmentos dedicados a diferentes aspectos del sistema. Estos incluyen el arranque del motor mediante el método estrella-triángulo, la comunicación y recolección de datos desde el medidor de energía Sentron PAC 4200, la interacción con el variador de frecuencia MicroMaster, y la gestión de frecuencias a través de las plataformas LabVIEW y Ubidots. También se incluye un segmento para manejar el estado de paro del sistema, integrando así múltiples dispositivos y plataformas para el control y monitoreo centralizado del sistema distribuido.

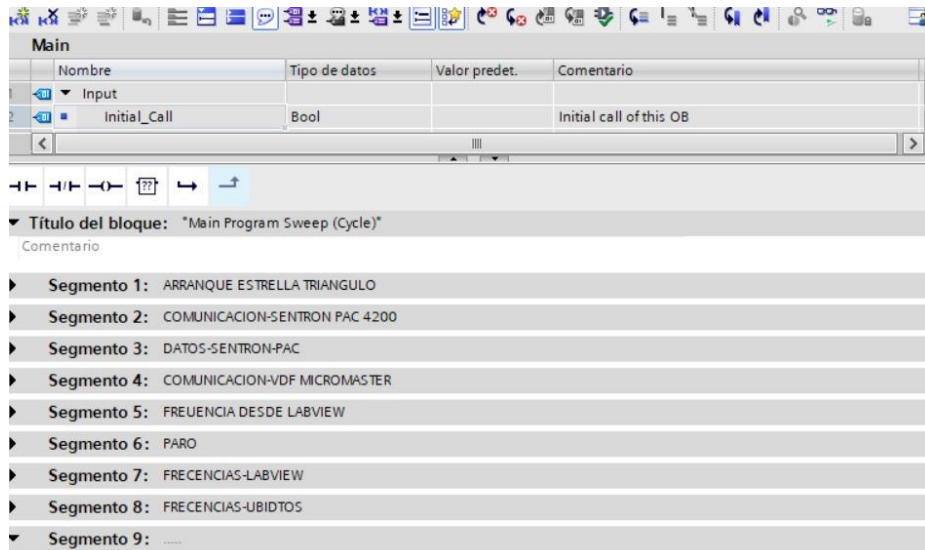


Figura 4.18. Programación general TIA Portal V14

La figura 4.18 muestra una tabla de configuración de datos etiquetada como "DATOS-IOT" en un entorno de programación, donde se listan variables del sistema, como voltajes (VL1-VL2), corriente (I1), factor de potencia (fp), frecuencia (FRECUENCIA), y potencia (POTENCIA), así como variables específicas para la integración con la plataforma IoT Ubidots (FREC_UBIDOTS-1, FREC_UBIDOTS-2). Las variables están definidas principalmente como tipos de datos *Real* e *Int*, con valores de arranque predeterminados en 0.0, y una variable booleana (act-iot) con un valor inicial de (false). Esta configuración refleja cómo se gestionan los datos numéricos precisos y las comunicaciones IoT en el sistema.

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..
Static							
VL1-VL2	Real	0.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
I1	Real	4.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
fp	Real	8.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FRECUENCIA	Real	12.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
POTENCIA	Real	16.0	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FREC_UBIDOTS-1	Int	20.0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
act-iot	Bool	22.0	false		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
FREC_UBIDOTS-2	Int	24.0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4.19. Base de datos para variables IoT

Node-RED por defecto tiene nodos (librerías) básicos, para instalar nodos correspondientes a la comunicación con dispositivos IoT, dirigirse a la parte superior derecha de la Interfaz, dar

clic en el icono de las ‘tres barras’ el cual despliega un menú, posteriormente seleccionar ‘Manage Palette’ donde se digita ‘node-red-contrib-s7’). El mismo procedimiento realizar para instalar ‘nodered-dashboard’; este nodo permite programar con una interfaz gráfica, y contiene varios visualizadores de datos

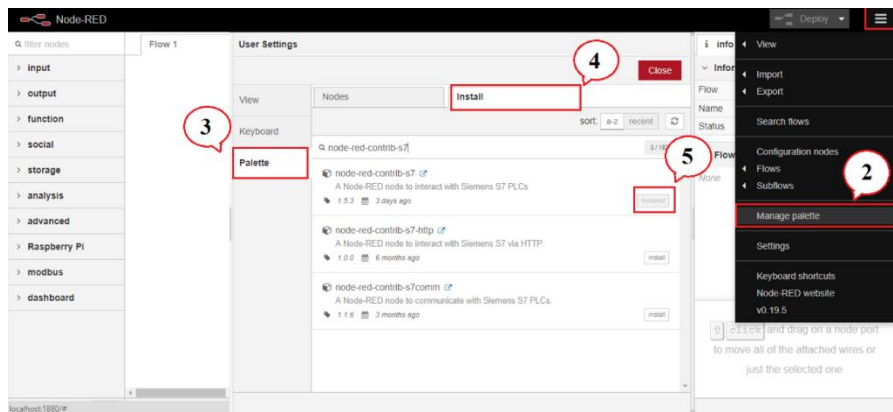


Figura 4.20. Base de datos para variables IoT

Dirigirse al panel izquierdo de la interfaz, y se puede observar que el nodo para conexión con el PLC ya está correctamente instalado, tanto en los nodos de ENTRADA y SALIDA, debido a que permite LEER y ESCRIBIR datos respectivamente



Figura 4.21. Nodo S7 instalado

En esta sección se edita cada parámetro correspondiente al PLC.

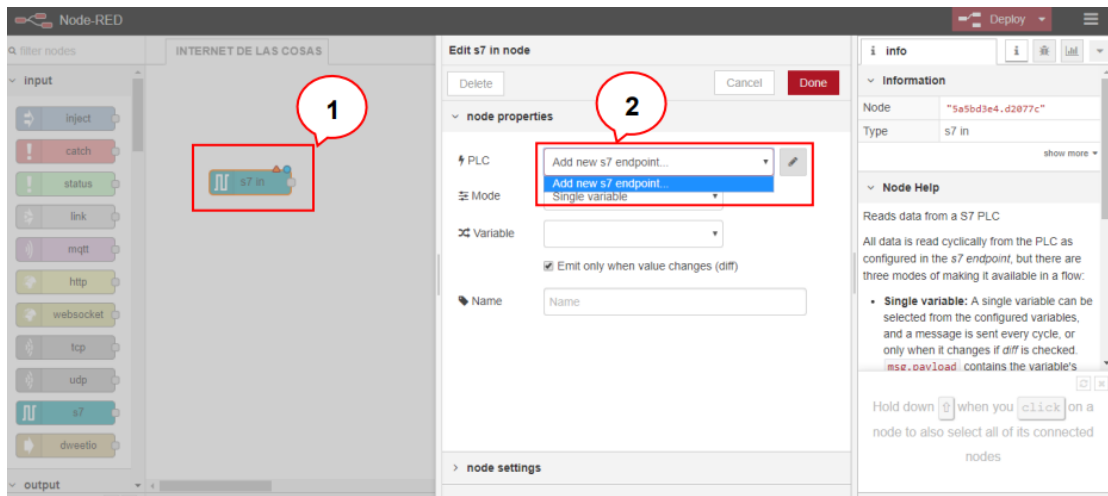


Figura 4.22. Agregar nuevo dispositivo PLC en Node-RED

En el siguiente paso, se configura cada una de las variables del PLC, indistintamente de ENTRADAS y SALIDAS

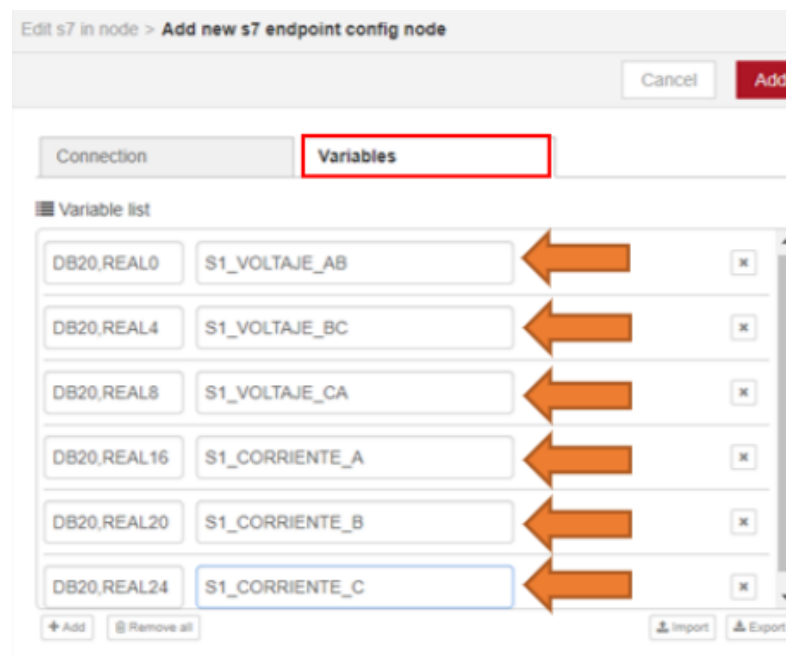


Figura 4.23. Agregar variables de PLC en Node-RED

La figura 4.23 exhiben la interfaz de usuario de una aplicación en Ubidots para controlar y monitorizar un motor. La interfaz incluye un interruptor "encendido/apagado" para activar o desactivar el motor, un control deslizante para ajustar frecuencia del motor, y gráficos de voltaje y corriente que proporcionan un monitoreo en tiempo real de las condiciones eléctricas del motor.

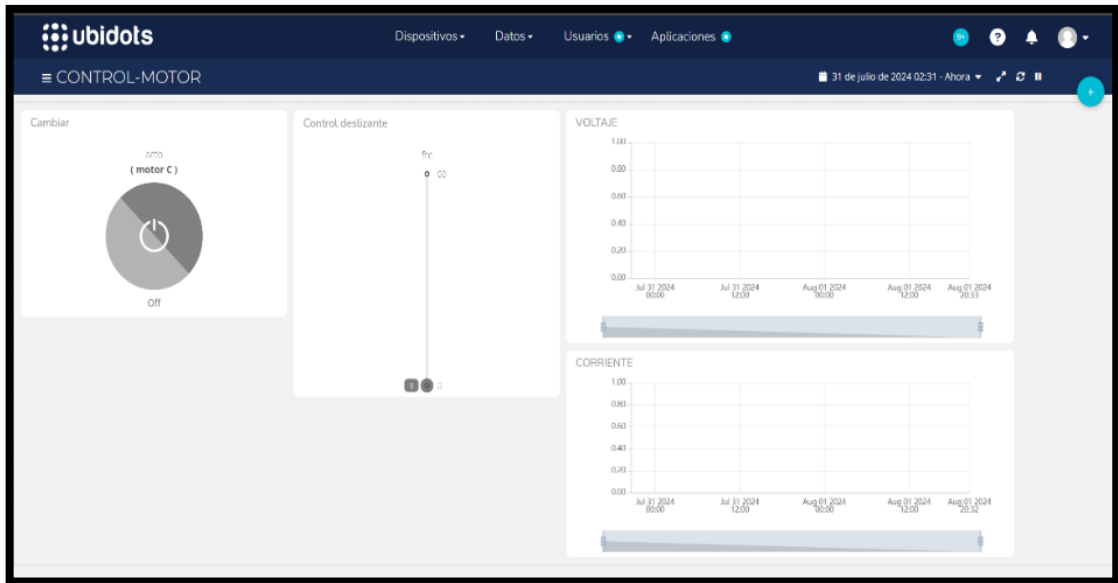


Figura 4.24. Plataforma de Ubidots, Interfaz para el operador

La figura 4.25 y 426 muestra la interfaz de usuario de Ubidots para el monitoreo en tiempo real de parámetros eléctricos del motor, como voltaje, frecuencia, corriente, potencia activa y factor de potencia. Los gráficos, cada uno con su propia escala, se actualizan constantemente, facilitando la supervisión y optimización del rendimiento eléctrico del motor.

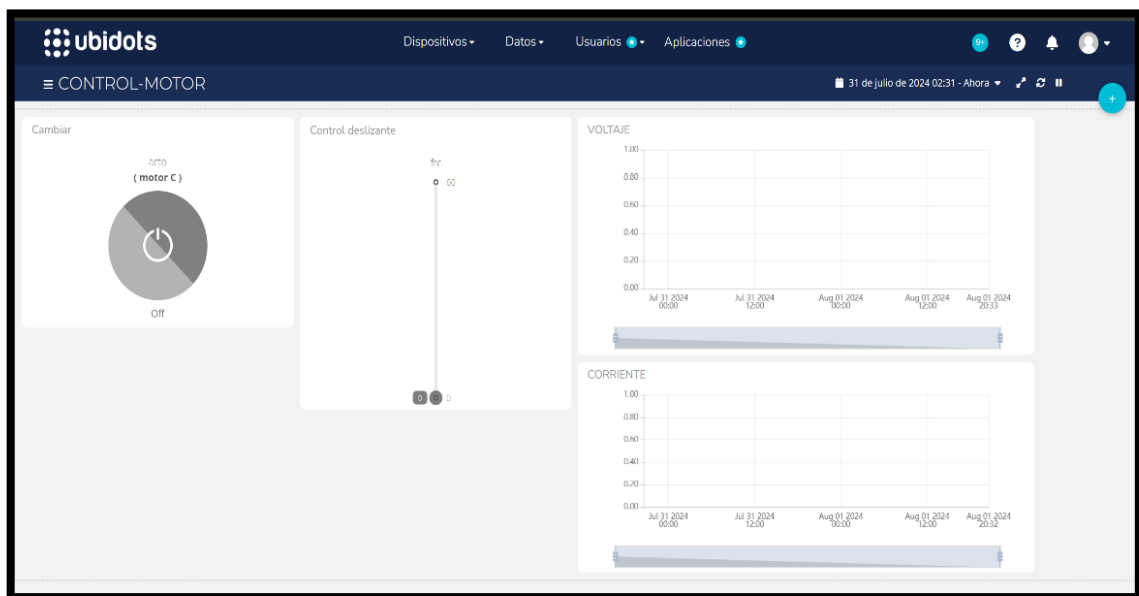


Figura 4.25. Plataforma de Ubidots, Interfaz de manejo

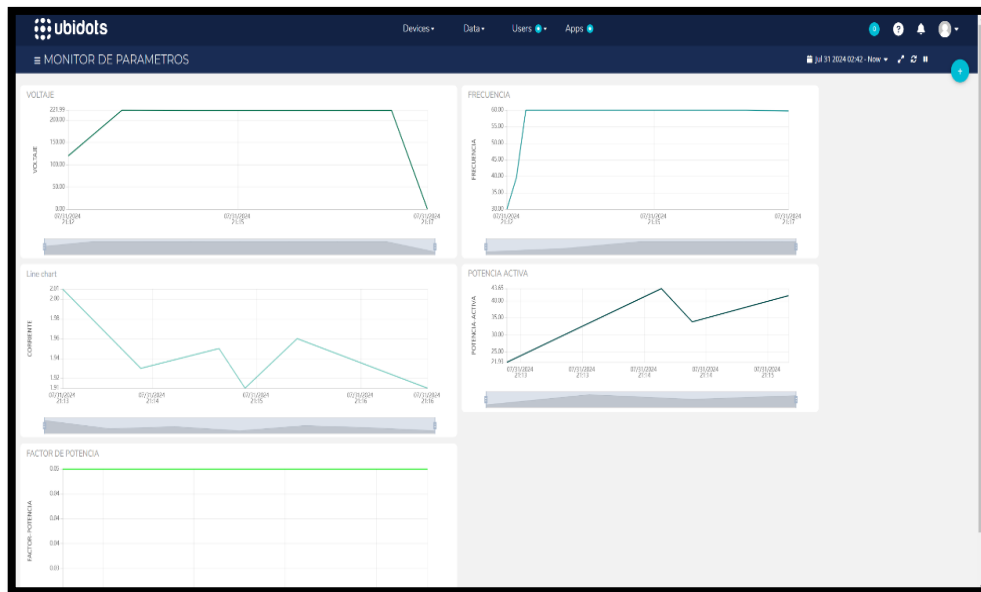


Figura 4.26. Plataforma de Ubidots, Interfaz de manejo

4.5.11. Diagrama unifilar del tablero principal

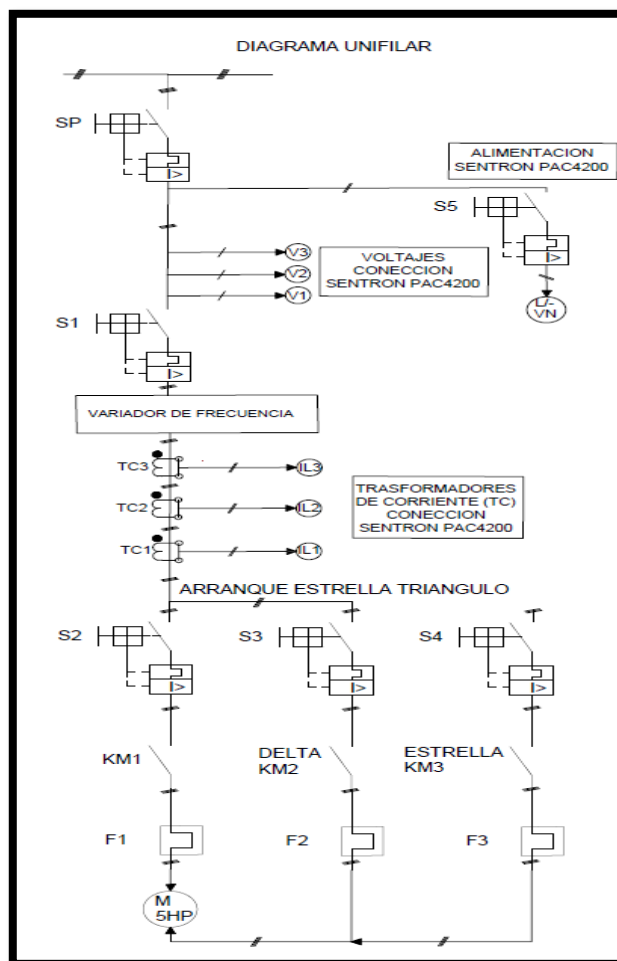


Figura 4.27. Diagrama unifilar del tablero principal

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

La metodología utilizada para analizar los resultados se basó en una combinación de herramientas: LabVIEW para la interfaz visual, TIA Portal para el control del PLC, y configuración IoT para la gestión de los arranques del motor. Las pruebas funcionales se llevaron a cabo desde 10 Hz hasta 60 Hz, utilizando una carga hidráulica compuesta por una bomba de engranes con una válvula que permitía abrir o cerrar el paso del fluido. Es importante destacar que esta carga hidráulica fue implementada previamente por otros tesisistas y fue empleada en este estudio para analizar el rendimiento del motor. Durante las pruebas, se monitorearon parámetros como voltaje, corriente, potencias activa, reactiva y aparente, y el factor de potencia, utilizando el variador de frecuencia Micromaster 420 de Siemens. La recopilación de datos se realizó automáticamente cada 100 milisegundos en un archivo Excel, lo que facilitó el análisis detallado para validar los resultados de cada arranque probado.

5.1.1. Comportamiento del voltaje en arranque estrella sin carga hidráulica a 10HZ.

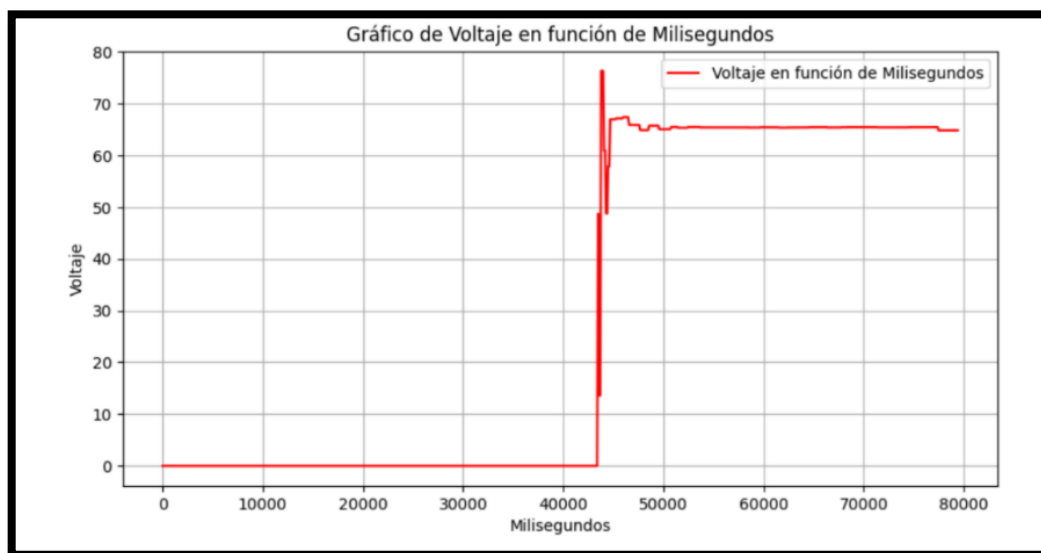


Figura 5.1. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 10HZ

La figura 5.2 se verifica el gráfico que representa la evolución del voltaje en función del tiempo medido en milisegundos, específicamente durante el arranque estrella de un motor con carga hidráulica. Se observa que el voltaje se mantiene constante en un nivel bajo al principio, seguido de un aumento abrupto y significativo, estabilizándose luego en un nivel alto. Este

comportamiento es típico en arranques donde el voltaje se eleva rápidamente para iniciar el movimiento del motor, manteniéndose luego constante para asegurar un funcionamiento.

5.1.2. Comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 20HZ.

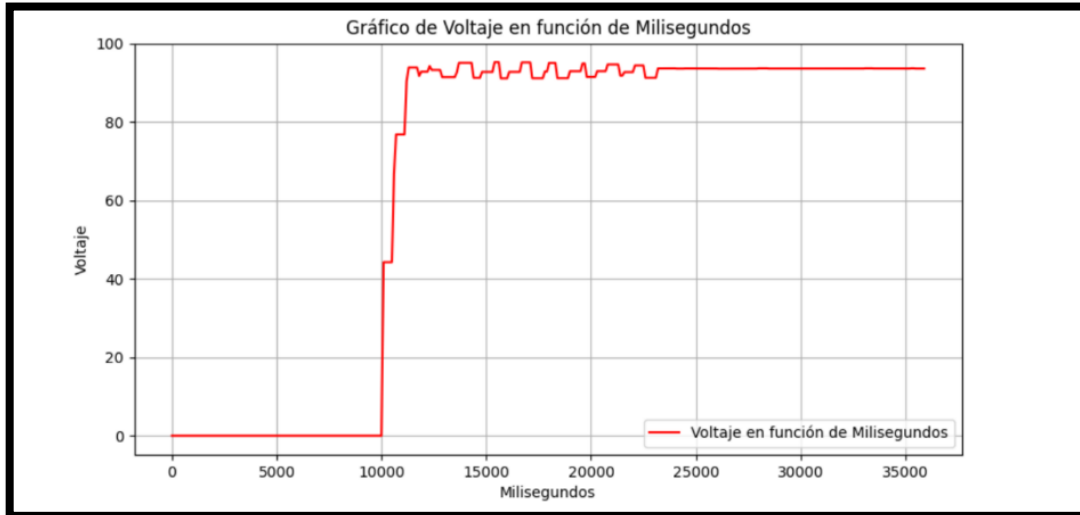


Figura 5.2. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 20HZ

En la figura 5.3 observamos que el voltaje empieza en cero, lo cual es típico en un estado de reposo previo al arranque. Posteriormente, el voltaje asciende rápidamente hasta estabilizarse en superando los 80 voltios, lo cual sucede en menos de 10000 milisegundos (10 segundos). Este pico y posterior estabilización del voltaje refleja la carga que el arranque del motor impone sobre el sistema, especialmente notable en un arranque estrella con carga hidráulica. Este tipo de comportamiento es crucial para evaluar la respuesta del sistema bajo condiciones operativas reales del motor.

5.1.3. Comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 30HZ.

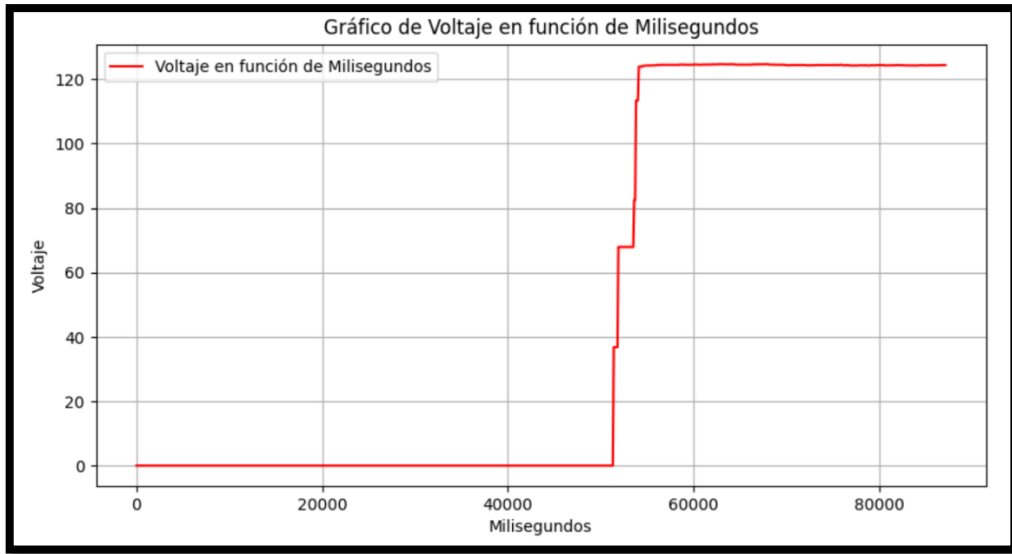


Figura 5.3. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 30HZ

En la figura 5.4 observamos la curva de voltaje durante el arranque del motor a 30 Hz con carga hidráulica, registrada en función del tiempo medido en milisegundos. La curva se mantiene estable en aproximadamente 0 voltios inicialmente, luego experimenta un ascenso abrupto hasta alcanzar un pico que sobrepasa los 120 voltios en alrededor de 40000 milisegundos. Después de esta subida, el voltaje se estabiliza por encima de los 120 voltios hasta el final del intervalo observado, a los 80000 milisegundos, reflejando el comportamiento esperado durante un arranque controlado bajo estas condiciones.

5.1.4. Comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 40HZ.

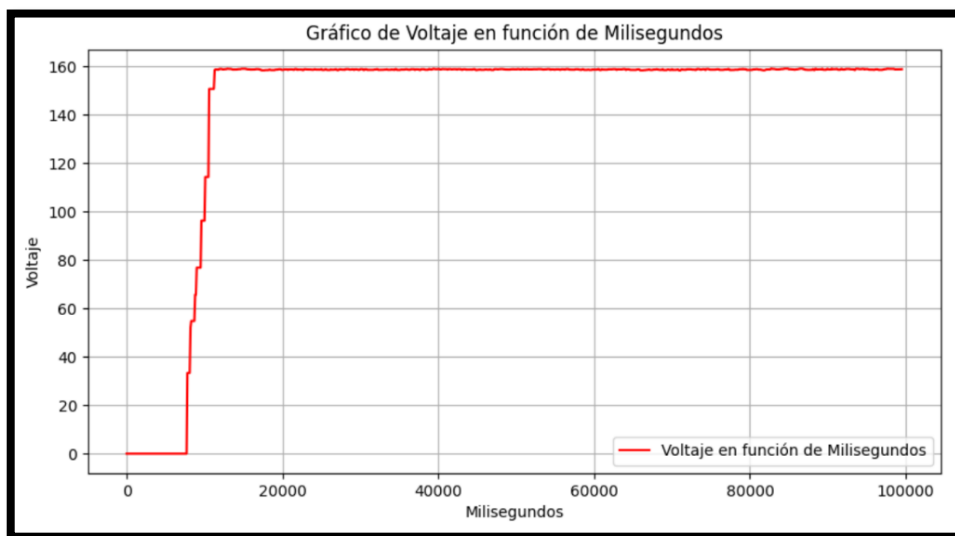


Figura 5.4. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 40HZ

En la figura 5.5 se observa un gráfico que muestra el comportamiento del voltaje en función de los milisegundos durante un arranque estrella con carga a 40 Hz. El voltaje inicia en un nivel cercano a cero y experimenta un ascenso notable alrededor de los 20000 milisegundos, alcanzando un pico que sobrepasa los 175 volts. Luego, el voltaje se estabiliza rápidamente y se mantiene constante hasta aproximadamente los 100000 milisegundos, indicando que el sistema alcanza y mantiene un estado estable tras el inicial aumento abrupto.

5.1.5. Comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 50HZ.

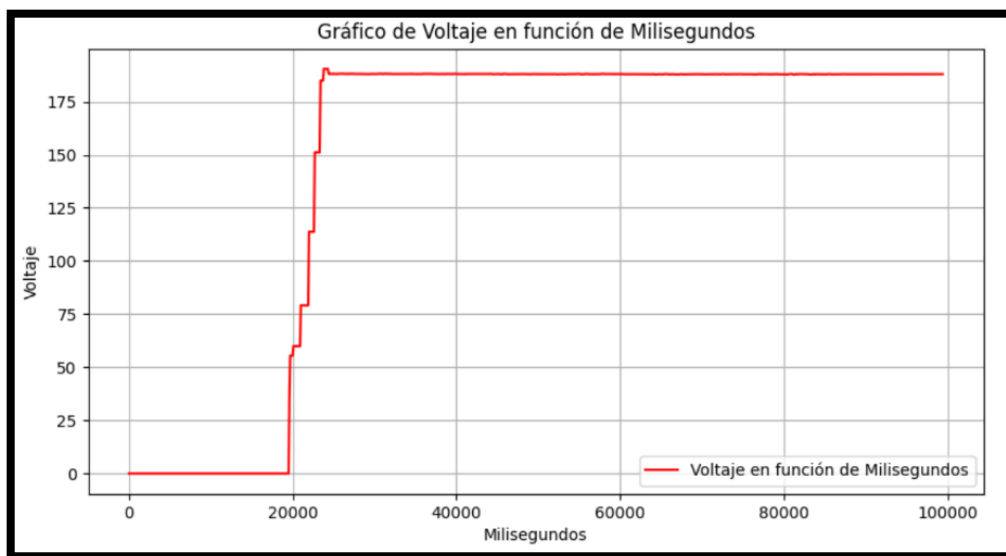


Figura 5.5. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 50HZ

La figura 5.6 exhibe la evolución del voltaje durante un arranque estrella de un motor trifásico a 50 Hz con carga hidráulica, detallando la respuesta del voltaje en función del tiempo medido en milisegundos. Inicialmente, el voltaje se mantiene en un nivel mínimo cercano a 0 voltios. Alrededor de los 20000 milisegundos, experimenta un ascenso abrupto hasta estabilizarse cerca de los 200 voltios, donde permanece constante hasta el final del intervalo observado. Esta estabilización sugiere que el sistema alcanza un estado operativo estable después del arranque inicial.

5.1.6. Comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 60HZ.

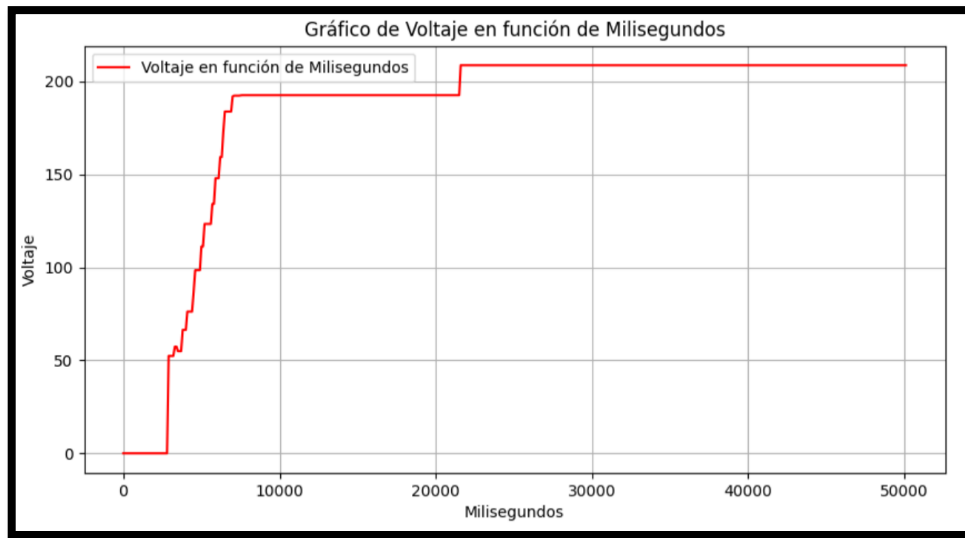


Figura 5.6. Arranque de comportamiento del voltaje en arranque estrella con carga hidráulica a 50HZ

La figura 5.7 muestra el comportamiento del voltaje en función del tiempo, medido en milisegundos, durante el arranque de un motor con carga hidráulica a 60 Hz. El voltaje inicial es de aproximadamente 0 voltios, y observamos un aumento escalonado hasta alcanzar una meseta alrededor de los 220 voltios. Este nivel se estabiliza cerca de los 10000 milisegundos y se mantiene constante hasta el final del periodo registrado, a los 50000 milisegundos. Este patrón indica cómo el voltaje necesario para el arranque del motor se incrementa y luego se estabiliza, ilustrando la respuesta del sistema bajo estas condiciones operativas específicas.

5.1.7. Arranque de comportamiento de corriente en estrella con carga hidráulica



Figura 5.7. Arranque de comportamiento de corriente en arranque estrella con carga hidráulica.

La figura 5.8 muestra la curva de amperios en función de los milisegundos durante un arranque de motor en configuración estrella. Inicialmente, se observa un pico elevado que supera levemente los 50 amperios, lo que corresponde al arranque inicial del motor. Este pico es una característica común en el arranque de motores, donde la corriente inicial es significativamente más alta para vencer la inercia del motor en reposo. Posteriormente, la corriente disminuye drásticamente y se estabiliza en un nivel mucho más bajo, alrededor de los 10 amperios, lo cual es indicativo de una operación normal bajo carga establecida. Este comportamiento es típico de los arranques con variador, donde la corriente se regula para minimizar el impacto en el sistema eléctrico y aumentar la eficiencia del motor.

5.1.8. Comportamiento de la corriente en el arranque triángulo directo con carga hidráulica.

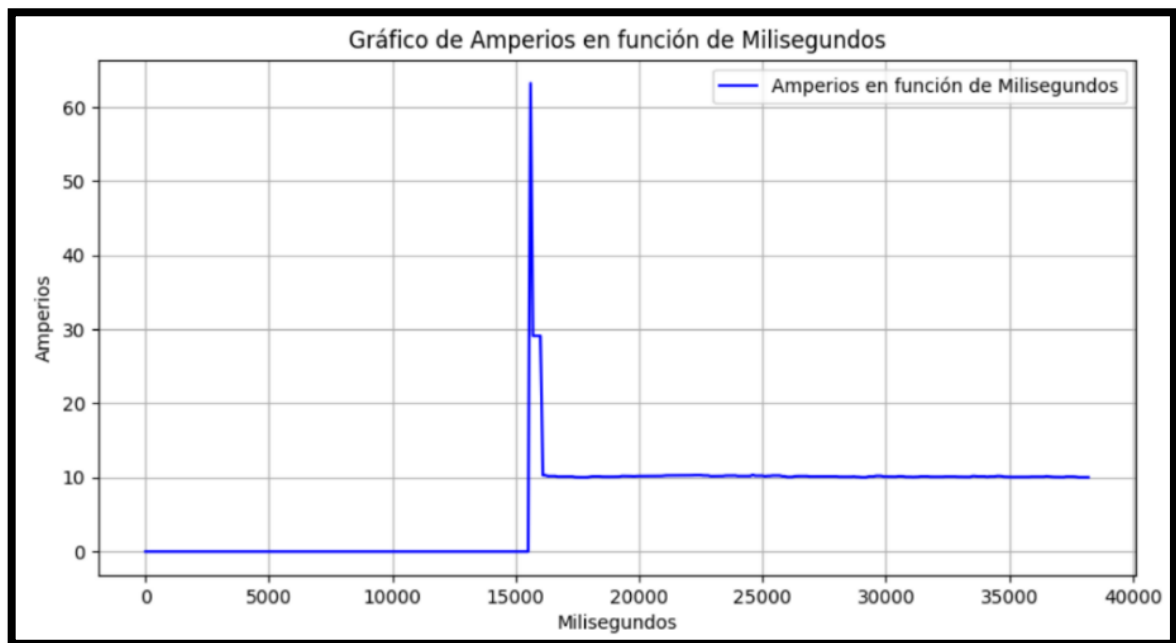


Figura 5.8. Arranque de comportamiento de corriente en arranque triángulo directo con carga hidráulica.

La figura 5.9 representa la curva de amperaje en un arranque directo de un motor sin uso de variador de frecuencia, mostrando un pico inicial pronunciado de corriente que supera los 60 amperios en los primeros milisegundos, lo cual es típico en arranques directos por la ausencia de un control suave de arranque. Tras el pico inicial, la corriente cae drásticamente y se estabiliza alrededor de los 10 amperios, indicativo de la operación normal del motor en condiciones estables, subrayando la demanda intensiva inicial que estos arranques imponen al sistema eléctrico. Este comportamiento subraya la importancia de considerar alternativas de

arranque que mitiguen estos picos para preservar la integridad de los componentes eléctricos y mejorar la eficiencia energética.

5.1.9. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella – triángulo con carga hidráulica.

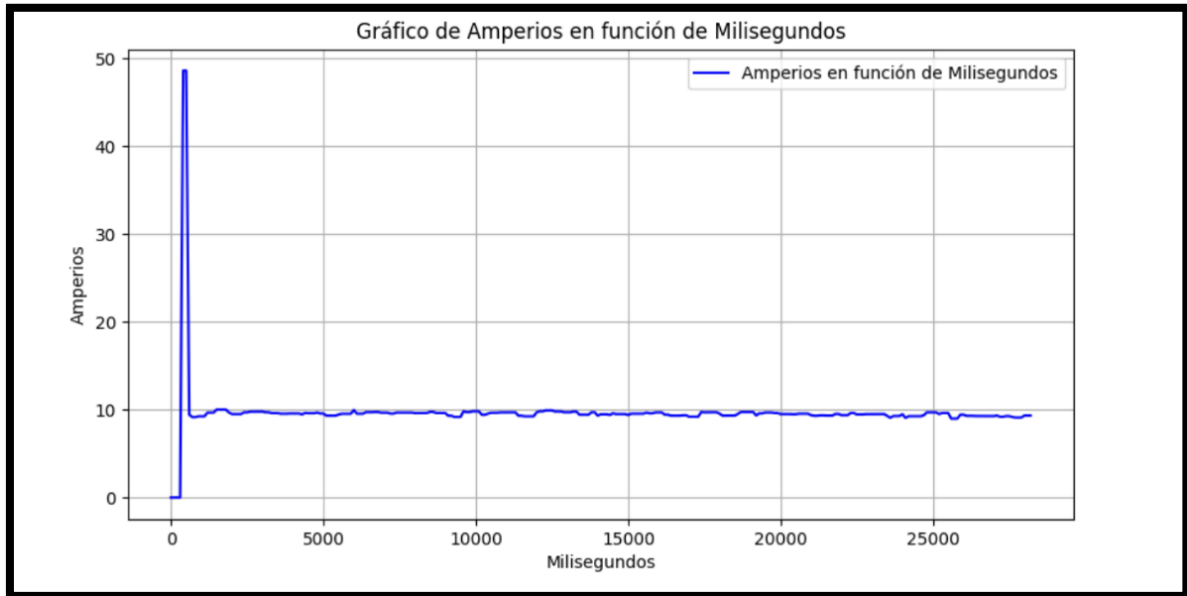


Figura 5.9. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella – triángulo con carga hidráulica

La figura 5.10 muestra el comportamiento de la corriente durante un arranque estrella-triángulo, caracterizado por un pico inicial alto de corriente que luego desciende rápidamente. Al inicio, se observa un pico que alcanza aproximadamente 50 amperios, lo que indica el arranque bajo la configuración estrella, típico en este tipo de arranques para reducir la corriente inicial. Tras el cambio a configuración triángulo, la corriente estabiliza cerca de los 10 amperios, demostrando la reducción de carga eléctrica tras la conmutación, permitiendo una operación más suave y con menor impacto térmico sobre el motor.

5.1.10. Comportamiento de la corriente durante el arranque en estrella a 10 Hz con carga hidráulica.

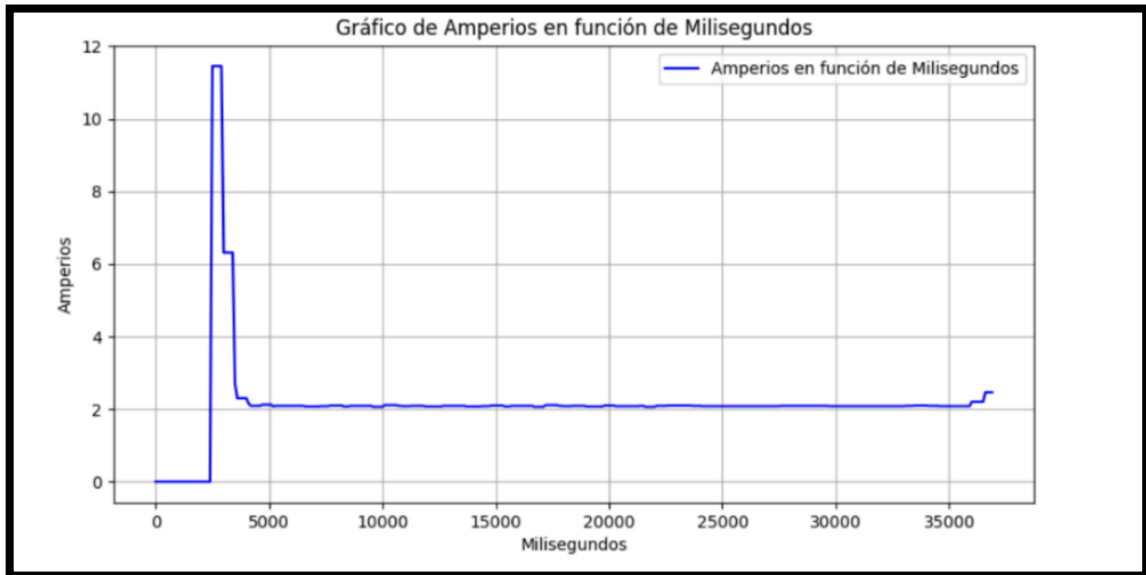


Figura 5.10. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 10Hz con carga hidráulica

En esta gráfica 5.11, observamos la característica de un arranque de motor utilizando un variador de frecuencia Micromaster 420 de Siemens a 10 Hz, con una carga hidráulica aplicada a un motor de 5 Hp. La curva muestra un incremento inicial en los amperios, alcanzando un pico notable antes de estabilizarse rápidamente. Este pico representa el alto consumo de corriente durante el arranque, que es típicamente más alto en arranques directos. El uso del variador permite una escalada controlada y gradual del amperaje, minimizando así el estrés eléctrico y mecánico en el motor, lo que es crucial para prolongar la vida útil del equipo y mejorar la eficiencia energética general del sistema.

5.1.11. Comportamiento del arranque con variador de frecuencia a 20 Hz con carga hidráulica.

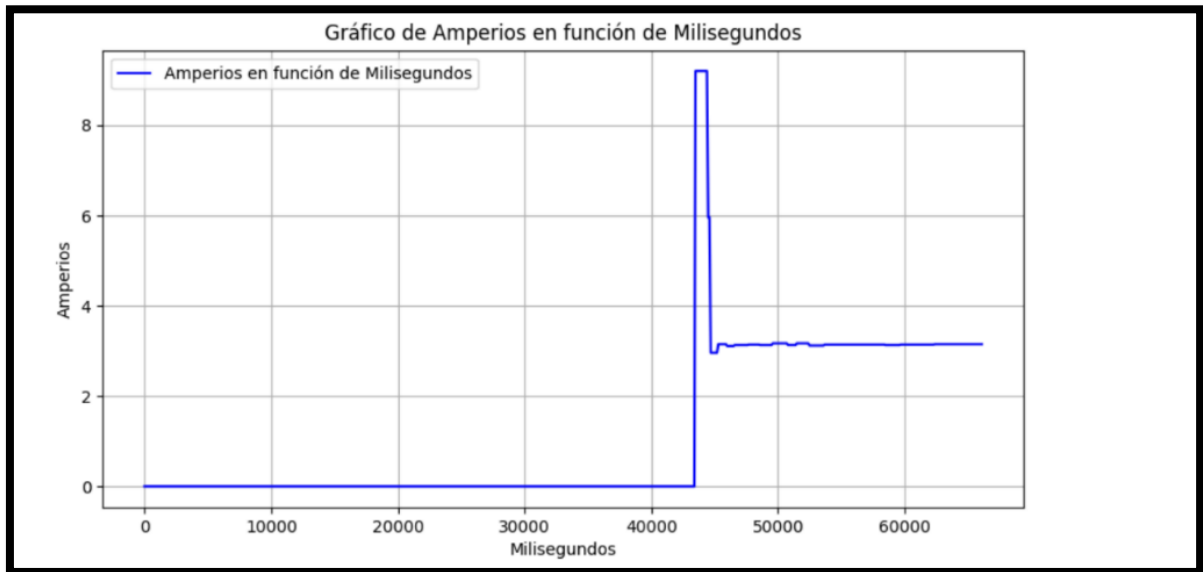


Figura 5.11. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 20Hz con carga hidráulica

La gráfica 5.12 muestra el comportamiento de la corriente durante un arranque estrella a 20 Hz con una carga hidráulica, usando el variador de frecuencia Siemens Micromaster 420 en un motor de 5 Hp. El pico inicial alcanza aproximadamente 10 amperios y ocurre en los primeros 5000 milisegundos, lo que indica una demanda de corriente elevada durante el arranque. Tras este pico, la corriente disminuye drásticamente y se estabiliza cerca de 4 amperios para el resto del periodo observado, evidenciando la eficacia del variador de frecuencia en mitigar la corriente de arranque y estabilizarla en un nivel considerablemente más bajo, lo cual es crucial para proteger el motor y optimizar el consumo energético. Este perfil muestra cómo la implementación adecuada del variador puede influir positivamente en la operación del sistema bajo cargas variables.

5.1.12. Diagrama del comportamiento de arranque con variador de frecuencia a 30 Hz con carga hidráulica.

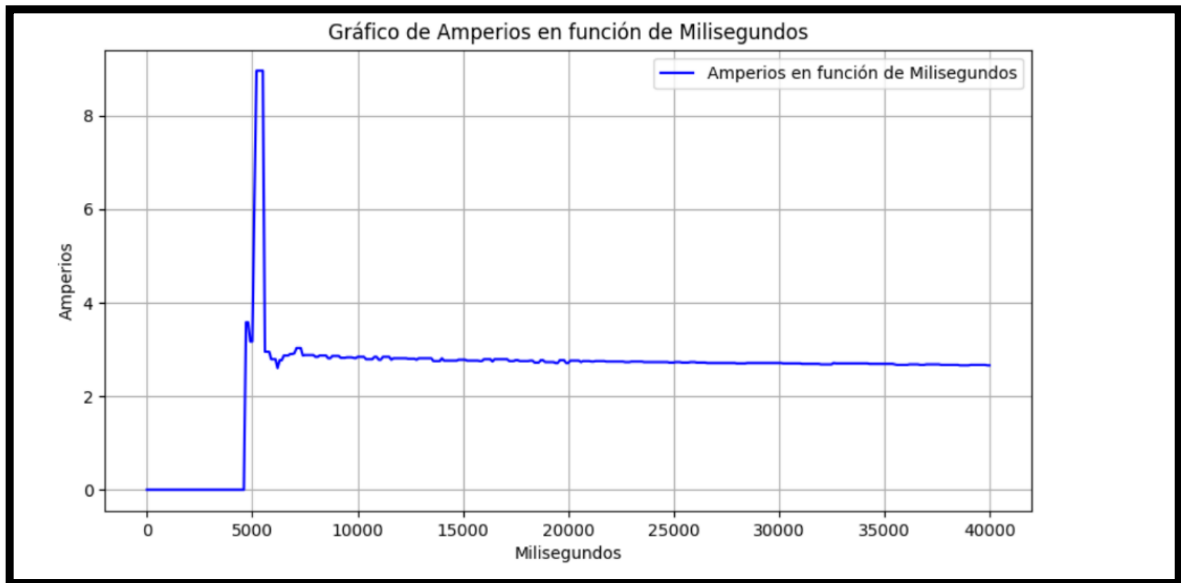


Figura 5.12. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 30Hz con carga hidráulica

La gráfica 5.13 exhibe la evolución de la corriente en milisegundos durante un arranque en estrella a 30 Hz utilizando un variador de frecuencia Micromaster 420 de Siemens, con una carga hidráulica en un motor de 5 Hp. Observamos un pico inicial pronunciado que asciende a aproximadamente 7 amperios, antes de descender abruptamente y estabilizarse cerca de 2 amperios. Este patrón sugiere que el variador de frecuencia es efectivo en moderar los picos de corriente asociados con el arranque del motor, facilitando así un arranque más suave y potencialmente reduciendo el estrés

5.1.13. Diagrama del comportamiento de arranque con variador de frecuencia a 40 Hz con carga hidráulica.



Figura 5.13. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 40Hz con carga hidráulica

En esta gráfica 5.14, se observa el comportamiento de la corriente en función de los milisegundos durante un arranque tipo estrella a 40 Hz usando un variador de frecuencia Siemens Micromaster 420, con carga hidráulica aplicada a un motor de 5 Hp. Inicialmente, la corriente alcanza un pico elevado, que corresponde al arranque inicial del motor, después de lo cual la corriente disminuye drásticamente a medida que el variador ajusta la frecuencia para estabilizar la operación del motor. Este comportamiento es esencial para entender cómo el uso de variadores de frecuencia puede mitigar los picos de corriente.

5.1.14. Diagrama del comportamiento de arranque con variador de frecuencia a 50 Hz con carga hidráulica.



Figura 5.14. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 50Hz con carga hidráulica

La figura 5.15 muestra un análisis detallado de la corriente durante un arranque estrella a 50Hz, utilizando un variador de frecuencia Siemens Micromaster 420, aplicado a un motor trifásico de 5 Hp con carga hidráulica. El pico inicial de amperios alcanza casi 8 amperios, evidenciando el impacto inicial del arranque, pero rápidamente desciende y se estabiliza cerca de los 2 amperios. Este comportamiento ilustra la eficacia del variador de frecuencia en suavizar la demanda de corriente, lo que resulta crítico para proteger el motor y mejorar la eficiencia operativa. La capacidad del variador para mitigar los picos de corriente y mantener un nivel más constante subraya su importancia en aplicaciones industriales que requieren arranques frecuentes o cargas variables.

5.1.15. Diagrama del comportamiento de arranque con variador de frecuencia a 60 Hz con carga hidráulica.

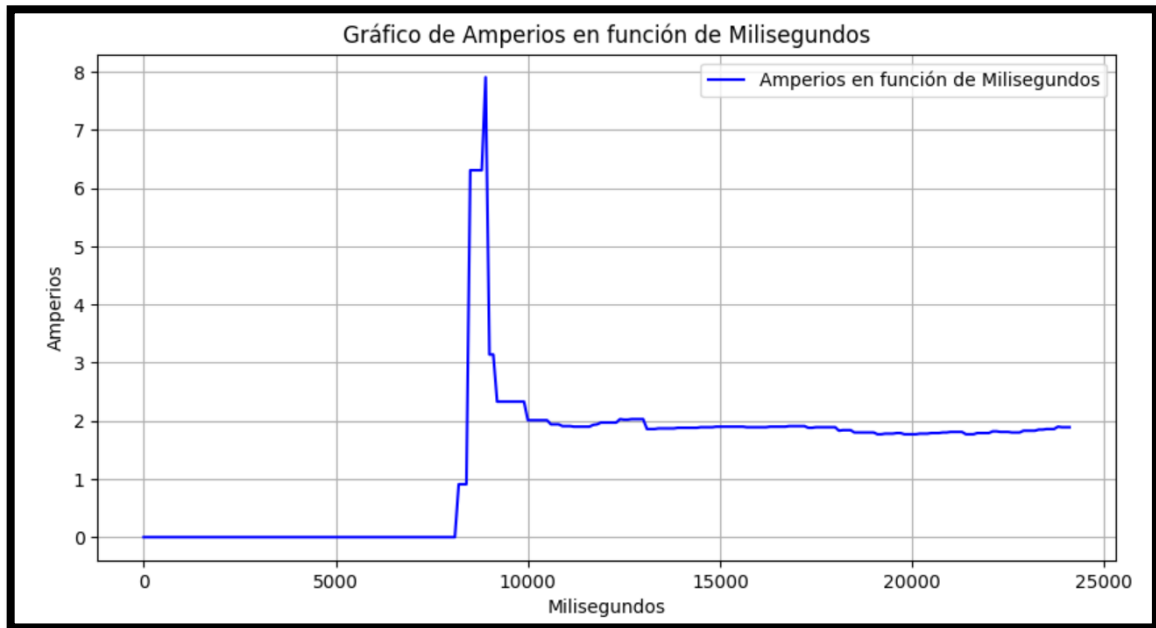


Figura 5.15. Comportamiento de la corriente durante el arranque estrella a 60Hz con carga hidráulica

En la figura 5.16 proporcionada, se observó el comportamiento de la corriente durante un arranque estrella a 60Hz, utilizando un variador de frecuencia Siemens Micromaster 420, aplicado a un motor de 5 Hp con carga hidráulica. El pico inicial de amperaje asciende bruscamente hasta aproximadamente 8 amperios en los primeros milisegundos, lo cual es típico en los arranques debido a la inercia inicial del motor. Posteriormente, el amperaje desciende significativamente y se estabiliza alrededor de los 2 amperios para el resto del período observado, demostrando la efectividad del variador de frecuencia en moderar la corriente de arranque y estabilizarla rápidamente.

La tabla 5.1 muestra la relación entre la frecuencia y diversas variables eléctricas en un motor operado con un variador de frecuencia Micromaster 420 Siemens. Los datos incluyen frecuencia (Hz), corriente (Amp), voltaje (Volt), potencia activa (Watts), potencia reactiva (Vars), potencia aparente (VA) y factor de potencia. Se observa un aumento en el factor de potencia a medida que la frecuencia aumenta de 10 Hz a 60 Hz, mostrando una mejora en la eficiencia energética del motor a frecuencias más altas.

Tabla 5.1. Resumen de análisis a diferentes frecuencias aplicadas

Frecuencia (Hz)	Corriente (Amp)	Voltajes (Votl)	Potencia Activa (W)	Potencia Reactiva (VAR)	Potencia Aparente (VA)	Factor de Potencia (FP)
10	11.8	76.31	310.20	309.12	437.79	0.11
20	9.2	95.27	479.10	432.43	645.50	0.28
30	8.8	124.65	568.38	503.32	759.21	0.38
40	8.2	159.09	631.55	603.11	87.27	0.41
50	8.1	190.42	892,14	806.18	1202.51	0.56
60	7.9	208.74	1002.54	1001.12	1416.81	0.62

Para calcular la potencia aparente a partir de los datos de potencia activa y potencia reactiva, se utilizó la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3)$$

Donde:

- **S:** es la potencia aparente en volt-amperios (VA).
- **P:** es la potencia activa en Watts (W).
- **Q:** es la potencia reactiva en volt-amperios reactivos (VAR).

Cálculo de potencia aparente a 10Hz:

$$P: 310.20 \text{ W}$$

$$Q: 309.12 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{(310.20)^2 + (309.12)^2} \approx 437.8 \text{ VA}$$

Cálculo de potencia aparente a 20Hz

$$P = 479.10 \text{ W}$$

$$Q = 432.43 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{(479.10)^2 + (432.43)^2} = 645.50 \text{ VA}$$

Cálculo de potencia aparente a 30Hz:

$$P = 568.38 \text{ W}$$

$$Q = 503.32 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{(568.38)^2 + (503.32)^2} = 759.21 \text{ VA}$$

Cálculo de potencia aparente a 40Hz:

$$P = 631.55 \text{ W}$$

$$Q = 603.11 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{(631.55)^2 + (603.11)^2} = 872.27 \text{ VA}$$

Cálculo de potencia aparente a 50Hz:

$$P = 892.14 \text{ W}$$

$$Q = 806.18 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{(892.14)^2 + (806.18)^2} = 1202.51 \text{ VA}$$

Cálculo de potencia aparente a 60Hz:

$$P = 1002.54 \text{ W}$$

$$Q = 1001.12 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{(1002.54)^2 + (1001.12)^2} = 1416.81 \text{ VA}$$

5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

Tabla 5.2. Presupuesto tecnológico

PRESUPUESTO TECNÓLOGICO				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Logo Siemens S7 1200	1	470	470
2	Breaker CHNT 3x80 trifásico 32amp	3	7.90	23.70
3	Switch ethernet de 5 entradas	1	19.80	19.80
4	Siemens Signal Board Plc S7 1200 Módulo Digital Y Analógico	1	240	240
5	Cable rojo flexible # 12 [m]	30	0.60	18
6	Cable blanco flexible # 12 [m]	30	0.60	18
7	Cable negro flexible # 12 [m]	30	0.60	18
8	Cable rojo flexible #18	30	0.40	12
9	Cable blanco flexible #18 [m]	30	0.40	12
10	Cable negro flexible #18 [m]	30	0.40	12
11	Riel din	5	1.50	7.50
12	Canaletas ranuradas	4	7.50	30
13	Borneras 6 puntas	1	1.80	1.80
Total			\$882,80	

El presupuesto tecnológico detalla la compra de varios componentes para el presente proyecto de titulación, incluyendo un Logo Siemens S7 1200, un módulo digital y analógico Siemens Plc S7 1200, cables de diferentes tipos, un switch ethernet, y otros elementos como canaletas y borneras. El costo total de los ítems es de \$882.80.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se investigaron diversos sistemas IoT integrados para la monitorización y control de variadores de frecuencia en contextos industriales, la misma que determinó el uso de la plataforma Ubidots para el desarrollo del presente trabajo de investigación. Se confirmó la compatibilidad con los protocolos de comunicación estándar de la industria, como Modbus sobre RS-485, lo que facilita la integración con variadores de frecuencia Siemens Micromaster 420 y otros dispositivos industriales.
- Se desarrolló una interfaz para el control de las frecuencias y monitoreo en tiempo real de variables críticas tales como velocidad, corriente, tensión, potencia y factor de potencia, durante el arranque y operación de un motor trifásico de 5 Hp. Esta interfaz está integrada mediante el uso de un variador de frecuencia Siemens Micromaster 420. Así como la implementación de un tablero físico, construido de acuerdo con los planos previamente establecidos.
- Se determinaron varias pruebas con tipos de arranque tradicionales como arranque directo y arranque estrella triángulo, obteniendo así corrientes pico de más de 50 amperios, para arranques con el variador de frecuencia se estimaron varias frecuencias concluyendo que un arranque a 60 Hz se obtuvieron corrientes de arranque de 7,9 amperios, tensión de 208 Voltios, potencia activa de 1002,54 Watts y factor de potencia de 0,62.

6.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar y comparar diferentes marcas y modelos de variadores de frecuencia para determinar cuál se adapta mejor a las necesidades específicas de cada aplicación. Esto podría incluir la consideración de variadores que ofrezcan características avanzadas como mayor eficiencia energética, mejor interfaz de usuario o integración más simplificada con sistemas IoT.
- Se recomienda continuar explorando nuevas tecnologías y protocolos IoT emergentes que puedan ofrecer mejores capacidades de integración y comunicación. La experimentación con diferentes topologías de red y configuraciones de seguridad podría proporcionar mejoras adicionales sobre cómo maximizar la eficiencia y la seguridad en la monitorización y control de sistemas industriales automatizados.

- Considera la posibilidad de integrar diferentes modelos de PLCs que puedan ofrecer mayores capacidades de procesamiento, más entradas/salidas o mejor compatibilidad con tecnologías emergentes. Por ejemplo, evaluar la serie Siemens S7-1500 en lugar de la S7-1200 podría proporcionar un mayor rendimiento y capacidad de expansión para aplicaciones más complejas.

7. REFERENCIAS

- [1] J. Doe, "Monitoreo en Tiempo Real y su Impacto en la Eficiencia de Variadores de Frecuencia," en *Avances en Internet de las Cosas y Control de Motores Eléctricos*, 1ra ed., vol. 1, Ciudad, País: Editorial, 2020, pp. 112-130.
- [2] H. Pérez y M. González, "Desarrollo de un sistema IoT para la optimización del arranque de motores mediante variadores de frecuencia," *Journal of Advanced Industrial Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 112-128, marzo 2023.
- [3] A. Fernández y B. Martínez, "Integración de IoT en la gestión de edificios para seguridad y eficiencia," en *Actas de la Conferencia Internacional sobre Redes Inteligentes y Sistemas de Edificios*, Madrid, España, pp. 123-132, junio 2023.
- [4] C. López y D. Rivera, "Aplicaciones de IoT en la automatización industrial: Control y optimización de motores eléctricos mediante variadores de frecuencia," en *Revista de Tecnología Avanzada en Automatización Industrial*, vol. 34, no. 2, pp. 245-259, abril 2023.
- [5] L. Gahona y M. Gavilema, "Diseño y simulación de redes IoT para la seguridad y control en edificios inteligentes," presentado en la Univ. Politécnica Salesiana, 2020.
- [6] R. Hernández, "Optimización del control de motores eléctricos en entornos industriales mediante sistemas IoT y variadores de frecuencia," en *Actas de la Conferencia Internacional sobre Industria 4.0 y Automatización*, pp. 157-165, 2023.
- [7] K. Ashton, "That 'Internet of Things' Thing," en *RFID Journal*, julio 1999.
- [8] A. García, "Evolución y expansión del Internet de las Cosas: De los prototipos a la práctica global," en *Journal of Modern Computing and Networking*, vol. 22, no. 2, pp. 98-112, marzo 2023.
- [9] J. Martínez, "Componentes fundamentales del IoT: Dispositivos, Conectividad, Procesamiento de datos e Interfaces de usuario," en *Revista de Tecnología Avanzada de IoT*, vol. 10, no. 1, pp. 34-45, enero 2023.
- [10] Viego Felipe, P. R., Gómez Sarduy, J. R., & Quispe Oqueña, E. C. (2015). Motores sincrónicos de reluctancia controlados con variadores de frecuencia: una aplicación para ahorrar energía. *Ingeniería Energética*, 36, 72-8.

- [11] Kanakaraja, P., Sundar, P. S., Vaishnavi, N., Reddy, S. G. K., & Manikanta, G. S. (2021). IoT enabled advanced forest fire detecting and monitoring on Ubidots platform. *Materials Today: Proceedings*, 46, 3907-3914.
- [12] Muñoz, O. Q. (2019). *Internet de las cosas (Iot)*. Ibukku LLC.
- [13] Gómez, J. E., Castaño, S., Mercado, T., Fernandez, A., & Garcia, J. (2017). Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos. *Ingeniería e innovación*, 5.
- [14] H. Sánchez y R. Ortiz, "El protocolo OPC como estándar en la comunicación industrial: Interoperabilidad y eficiencia en tiempo real," en *Journal of Industrial Automation and Control*, vol. 27, no. 4, pp. 456-472, octubre 2023.
- [15] A. Rodríguez y C. López, "LabVIEW: Un entorno gráfico para la automatización y adquisición de datos," en *Revista de Ingeniería y Tecnología de Automatización*, vol. 39, no. 2, pp. 310-325, marzo 2024.
- [16] J. Martínez y E. Navarro, "TIA Portal: Una solución integrada para la automatización de procesos industriales," en *Journal of Advanced Industrial Automation*, vol. 33, no. 1, pp. 78-94, enero 2024.
- [17] F. Álvarez y S. Prieto, "Node-RED: Facilitando el desarrollo de aplicaciones IoT mediante programación visual," en *Revista Internacional de Tecnologías de Programación y Automatización*, vol. 26, no. 3, pp. 142-158, mayo 2024.
- [18] G. Torres y L. Ramírez, "Aplicaciones del módulo de comunicación RS-485 en entornos industriales," en *Journal of Industrial Communication Systems*, vol. 40, no. 4, pp. 200-215, agosto 2024.
- [19] National Fire Protection Association, "National Electrical Code (NEC), NFPA 70," 2020 ed., Quincy, MA: NFPA, 2020, sec. 430.
- [20] J. Pérez y A. Gómez, "Integración de Node-RED y RS-485 en sistemas de control y monitoreo de motores mediante la plataforma IoT Ubidots," en *Journal of Industrial IoT Applications*, vol. 21, no. 3, pp. 289-305, junio 2024.

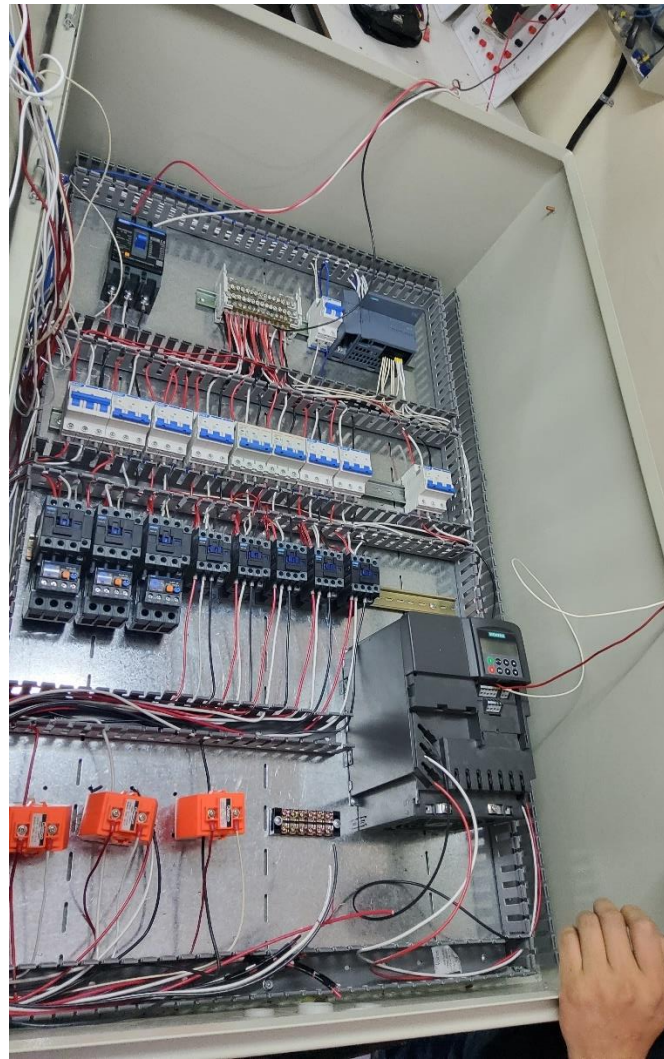
ANEXOS

ANEXO A

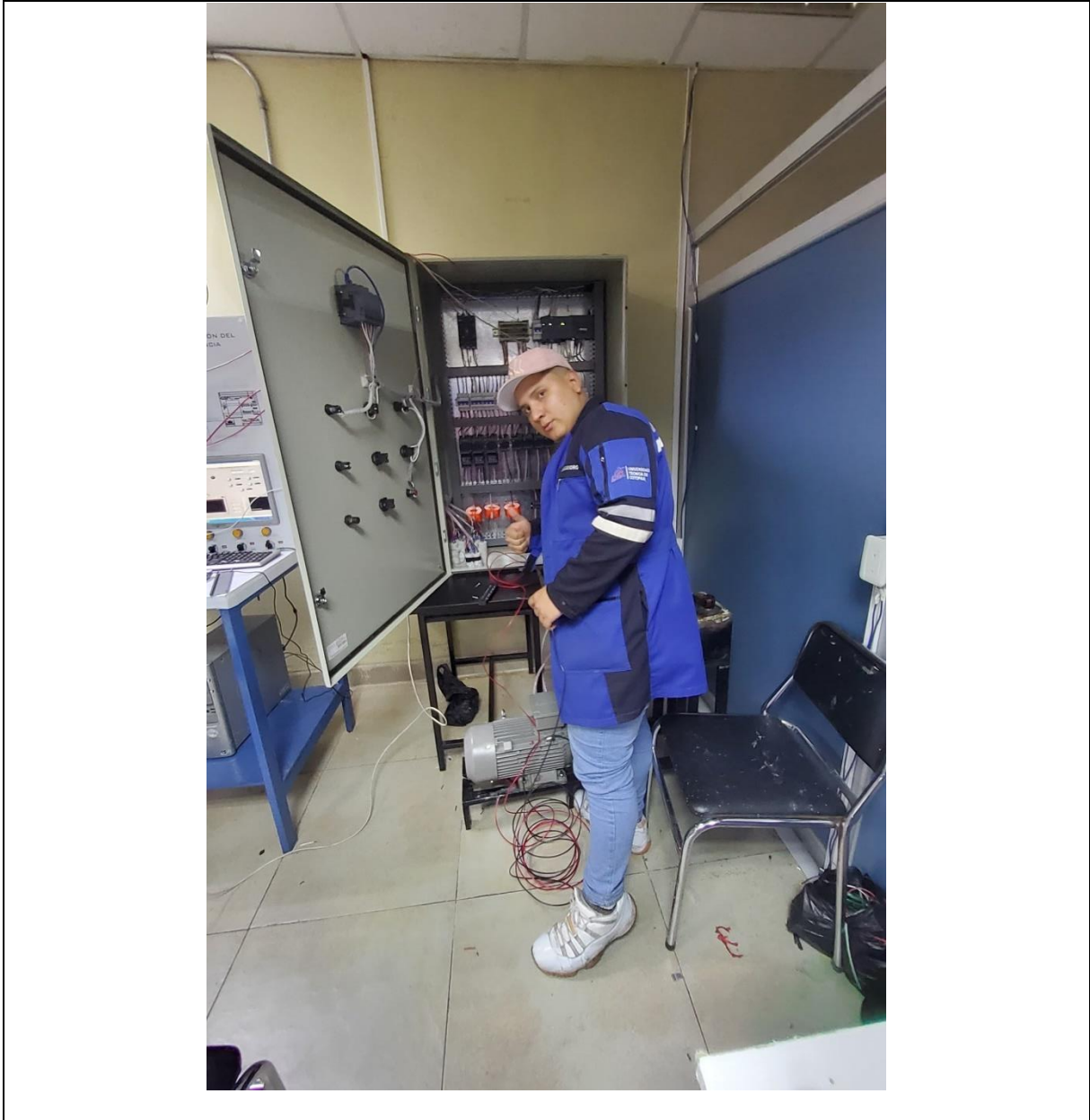
Sistema de monitoreo de progresos 1/11





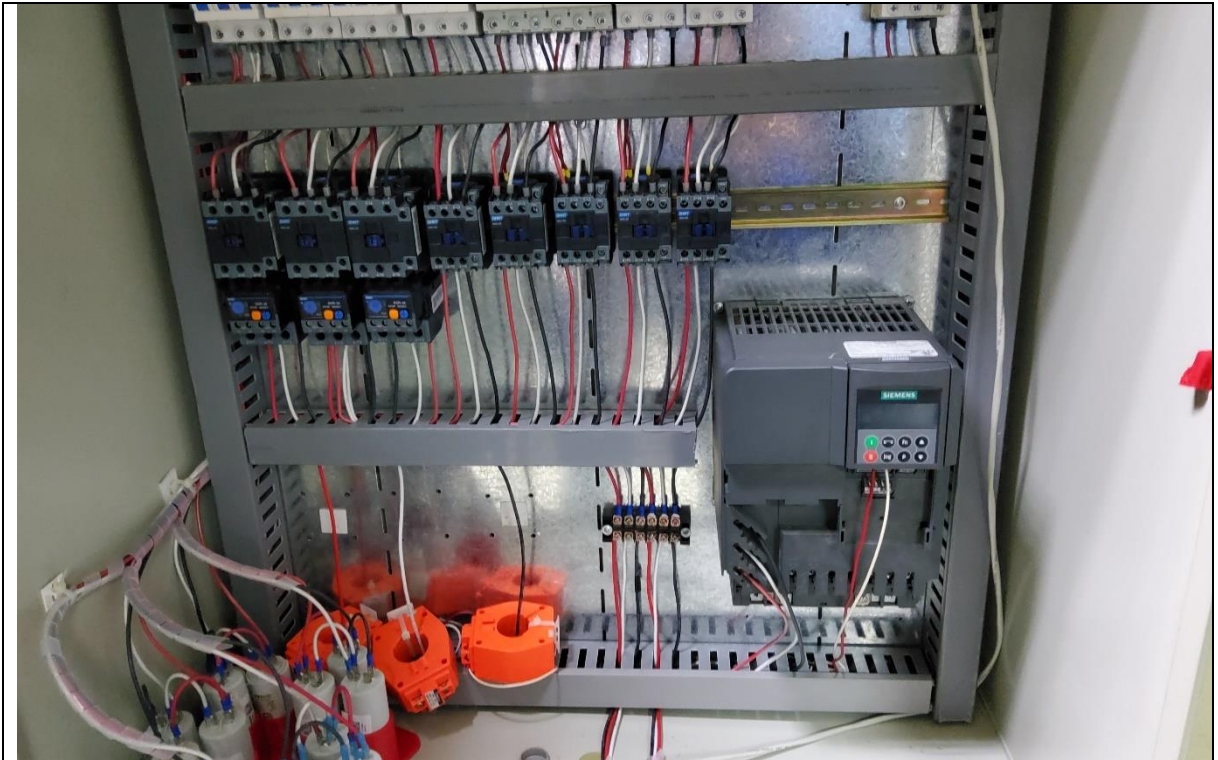


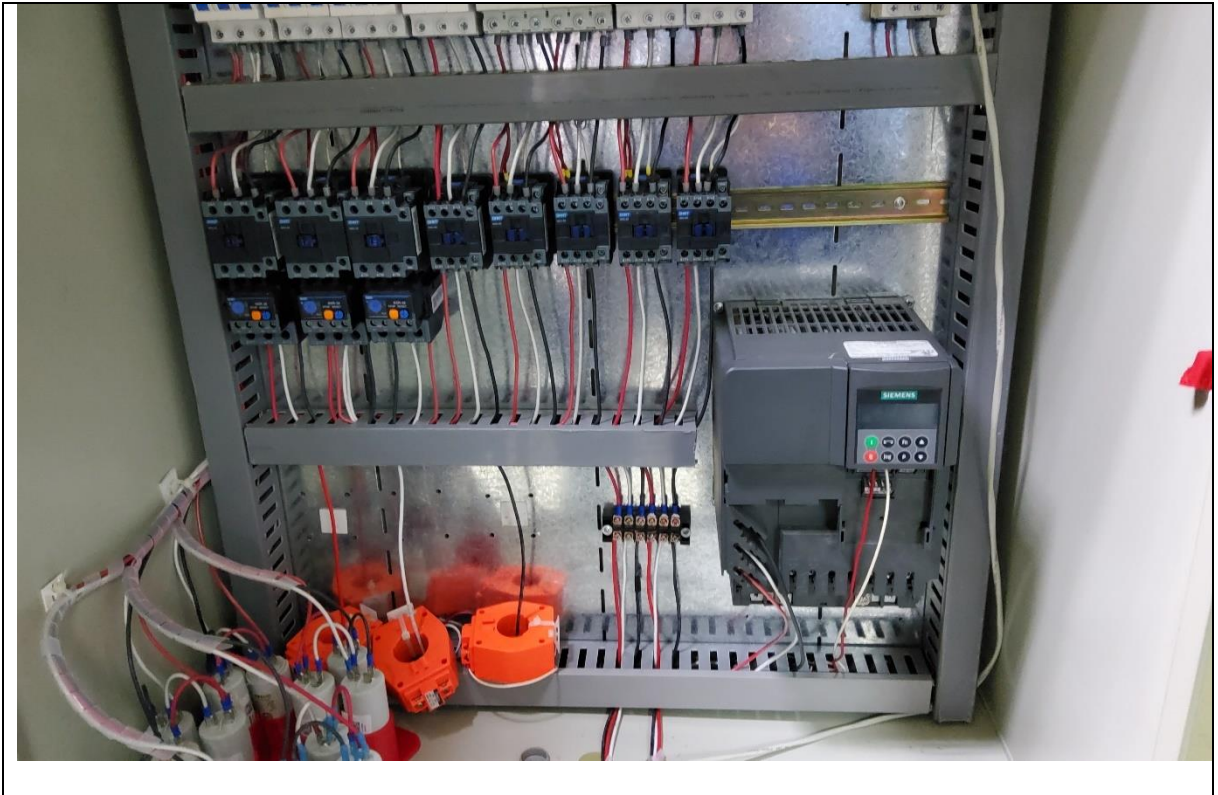












ANEXO B	Código Python realizado en Google Colaboratory para graficar las curvas de los análisis de resultado
---------	--

```

# Importar las librerías necesarias
import pandas as pd

import matplotlib.pyplot as plt

from google.colab import files

# Subir el archivo desde tu computadora
uploaded = files.upload()

# Asegúrate de cambiar '20HS.xlsx' por el nombre real de tu archivo si es diferente
filename
= next(iter(uploaded)) # Esto toma el nombre del primer archivo cargado

# Cargar el archivo Excel
try:

    # Asumimos que las columnas se llaman 'Milisegundos' y 'Amperios'
    df = pd.read_excel(filename)

# Verificar si las columnas 'Milisegundos' y 'Amperios' están en el DataFrame
if 'Milisegundos' in df.columns and 'Amperios' in df.columns:

    # Graficar Amperios en función de Milisegundos con una línea continua
    plt.figure(figsize = (10,5))

```

```

plt.plot(df['Milisegundos'],df['Amperios'],label
         = 'Amperios en función de Milisegundos',linestyle = ' - ',color
         = 'blue')

plt.title('Gráfico de Amperios en función de Milisegundos')

plt.xlabel('Milisegundos')

plt.ylabel('Amperios')

plt.legend()

plt.grid(True)

plt.show()

else:

    print(Error: Las columnas 'Milisegundos' y 'Amperios' no están presentes en el arch
except Exception as e:

    print(f"Se produjo un error al leer el archivo: {e}")

```

ANEXO C	Descripción del código para la generación de gráficos en Colcap
1. Importar Librerías:	<ul style="list-style-type: none"> • import pandas as pd: Importa Pandas, una librería fundamental para la manipulación de datos en Python. • import matplotlib.pyplot as plt: Importa Pyplot de Matplotlib, utilizada para realizar gráficos. • from google.colab import files: Importa la función files de Google Colab que permite subir archivos desde tu dispositivo local.
2. Subida de Archivos:	<ul style="list-style-type: none"> • uploaded = files.upload(): Abre un cuadro de diálogo para que el usuario suba un archivo desde su ordenador, almacenando el archivo subido en la variable uploaded
3. Cargar Archivo Excel:	<ul style="list-style-type: none"> • filename = next(iter(uploaded)): Obtiene el nombre del primer archivo subido. Es crucial que el archivo

	<p>subido sea el correcto y esté bien nombrado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <code>df = pd.read_excel(filename)</code>: Utiliza Pandas para cargar el archivo Excel en un DataFrame. Aquí se asume que el archivo contiene al menos las dos columnas
<p>4. Verificación de Columnas y Gráficos:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La condición <code>if 'Milisegundos' in df.columns and 'Amperios' in df.columns</code>: Verifica que las columnas 'Milisegundos' y 'Amperios' existan en el DataFrame. • Si las columnas existen, el código procede a graficar: • <code>plt.figure(figsize=(10, 5))</code>: Define el tamaño de la figura del gráfico. • <code>plt.plot(...)</code>: Dibuja el gráfico lineal con 'Milisegundos' en el eje X y 'Amperios' en el eje Y. • <code>plt.title</code>, <code>plt.xlabel</code>, <code>plt.ylabel</code>, <code>plt.legend</code>, y <code>plt.grid</code>: Configuran el título, etiquetas de los ejes, leyenda y la cuadrícula del gráfico. • <code>plt.show()</code>: Muestra el gráfico. • Si no, imprime un error que las columnas requeridas no están presentes.
<p>5. Manejo de Excepciones:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <code>except Exception as e</code>: Captura cualquier excepción que ocurra durante la ejecución del bloque try y imprime el error, lo que ayuda a diagnosticar problemas como archivos corruptos o problemas de lectura.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema.	Acces.	Escrib.	Visibl.	Comentario
Tag_22	Tabla de variables e. Bool	NQ1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux_1	Tabla de variables e. Real	NM0400		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FRECUENCIA	Tabla de variables e. Dword	NM0340		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FRECUENCIA-1	Tabla de variables e. int	NM0300		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ABRANQ_LABVIEW	Tabla de variables e. Bool	NM6.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_23	Tabla de variables e. Bool	NM6.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
DATO_FREQ_UBIT	Tabla de variables e. Real	NM0360		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux_2	Tabla de variables e. int	NM0500		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux_2	Tabla de variables e. Real	NM0440		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_3	Tabla de variables e. Bool	NM1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FRECUENCIA	Tabla de variables e. Real	NM0140		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FRE_LABVIEW	Tabla de variables e. int	NM0008		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux_3	Tabla de variables e. Bool	NM7.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FRECUENCIA-2	Tabla de variables e. int	NM0004		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux_4	Tabla de variables e. Bool	NM7.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
M7.5	Tabla de variables e. Bool	NM7.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_6	Tabla de variables e. Bool	NM7.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_7	Tabla de variables e. Bool	NM7.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FRECS	Tabla de variables e. int	NM0140		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
-agregar-				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema.	Acces.	Escrib.	Visibl.	Comentario
I1	Tabla de variables e. Real	NM0112		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
I2	Tabla de variables e. Real	NM0116		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
I3	Tabla de variables e. Real	NM0120		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
POTENCIA ACTIVA	Tabla de variables e. Real	NM0124		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
POTENCIA APARENTE	Tabla de variables e. Real	NM0128		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
POTENCIA REACTIVA	Tabla de variables e. Real	NM0132		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FACTOR DE POTENCIA	Tabla de variables e. Real	NM0136		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
amarrque_2R	Tabla de variables e. Bool	NM6.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_4	Tabla de variables e. Bool	NM6.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
APAGAR	Tabla de variables e. Bool	NM10.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
LAB_UBIT	Tabla de variables e. Bool	NM6.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_8	Tabla de variables e. Bool	N11.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
RUNG	Tabla de variables e. Bool	NM6.4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_13	Tabla de variables e. Real	NM0200		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_14	Tabla de variables e. Bool	NM10.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_15	Tabla de variables e. Real	NM0220		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ABRANQ_1OT	Tabla de variables e. Bool	NM6.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_17	Tabla de variables e. Bool	NM6.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_18	Tabla de variables e. Bool	NM6.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FL_LAB	Tabla de variables e. Real	NM0300		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_20	Tabla de variables e. Dword	NM0360		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_21	Tabla de variables e. Bool	NQ1.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_22	Tabla de variables e. Bool	NQ1.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
aux_1	Tabla de variables e. Real	NM0400		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FRECUENCIA	Tabla de variables e. Dword	NM0340		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
FRECUENCIA-1	Tabla de variables e. int	NM0300		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ABRANQ_LABVIEW	Tabla de variables e. Bool	NM6.6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Tag_23	Tabla de variables e. Bool	NM6.5		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
DATO_FREQ_UBIT	Tabla de variables e. Real	NM0360		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Siemens - C:\Users\JOSEI\Desktop\TESS_FINAL_2\TESS_FINAL_2 - Totally Integrated Automation PORTAL

Proyecto: TESS_FINAL_2 - PLC_1 [CRU 1214C AC/DC/Rly] - Variables PLC

Dispositivos: TESS_FINAL_2 > PLC_1 [CRU 1214C AC/DC/Rly] > Variables PLC

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema.	Acces.	Escrib.	Visibl.	Comentario
81	Tag_22	Tabla de variables e. Bool					
82	aux1	Tabla de variables e. Real	NM01				
83	FRECUENCIA_F	Tabla de variables e. Divid	NM03				
84	FRECUENCIA-1	Tabla de variables e. int	NM0300				
85	ARRANQ_LABVIEW	Tabla de variables e. Bool	NM06				
86	Tag_23	Tabla de variables e. Real	NM05				
87	DATO_FREQ_UBIT	Tabla de variables e. Real	NM0500				
88	aux2	Tabla de variables e. int	NM0400				
89	aux1	Tabla de variables e. Real	NM11				
90	Tag_3	Tabla de variables e. Bool	NM110				
91	FRECUENCIA	Tabla de variables e. Real	NM140				
92	FRE_LABVIEW	Tabla de variables e. int	NM0008				
93	aux3	Tabla de variables e. Bool	NM07				
94	FRECUENCIA-2	Tabla de variables e. int	NM0004				
95	aux4	Tabla de variables e. Bool	NM07				
96	MP5	Tabla de variables e. Bool	NM04				
97	Tag_6	Tabla de variables e. Bool	NM07				
98	Tag_7	Tabla de variables e. Bool	NM07				
99	FRECS	Tabla de variables e. int	NM0140				
100	-	Tabla de variables e. int					

Siemens - C:\Users\JOSEI\Desktop\TESS_FINAL_2\TESS_FINAL_2 - Totally Integrated Automation PORTAL

Proyecto: TESS_FINAL_2 - PLC_1 [CRU 1214C AC/DC/Rly]

Dispositivos: TESS_FINAL_2 > PLC_1 [CRU 1214C AC/DC/Rly]

Vista general de dispositivos: Rack_0

Modulo: CM 1241 (R...)

- PLC_1
 - DI 140...
 - AI 2,3
 - HSC_1
 - HSC_2
 - HSC_3
 - HSC_4
 - HSC_5
 - HSC_6
 - Pulse_1
 - Pulse_2
 - Pulse_3
 - Pulse_4
 - interfaz...

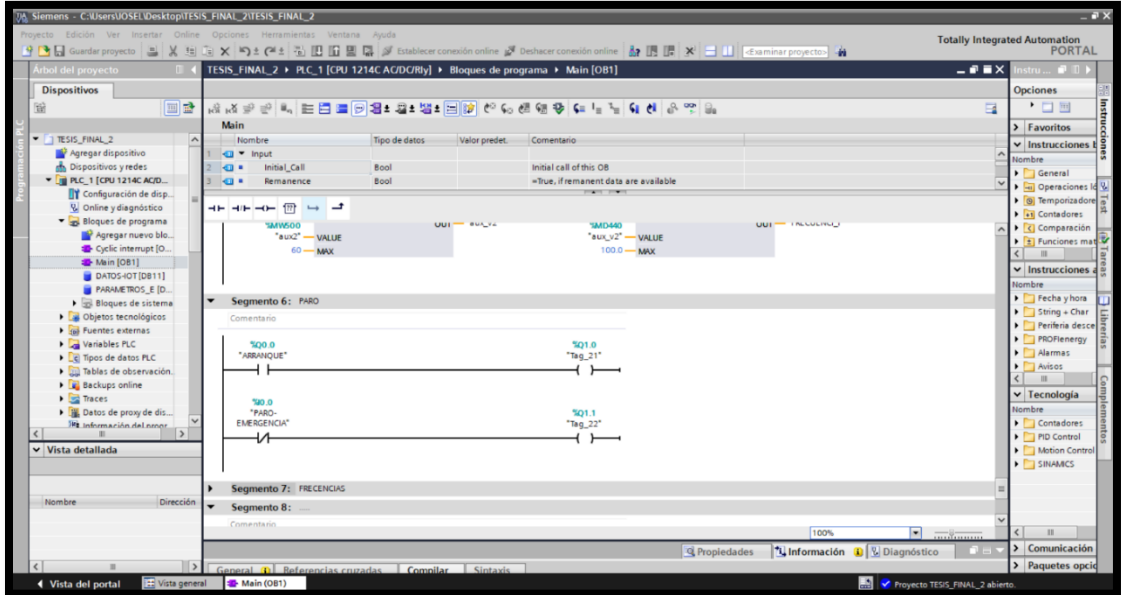
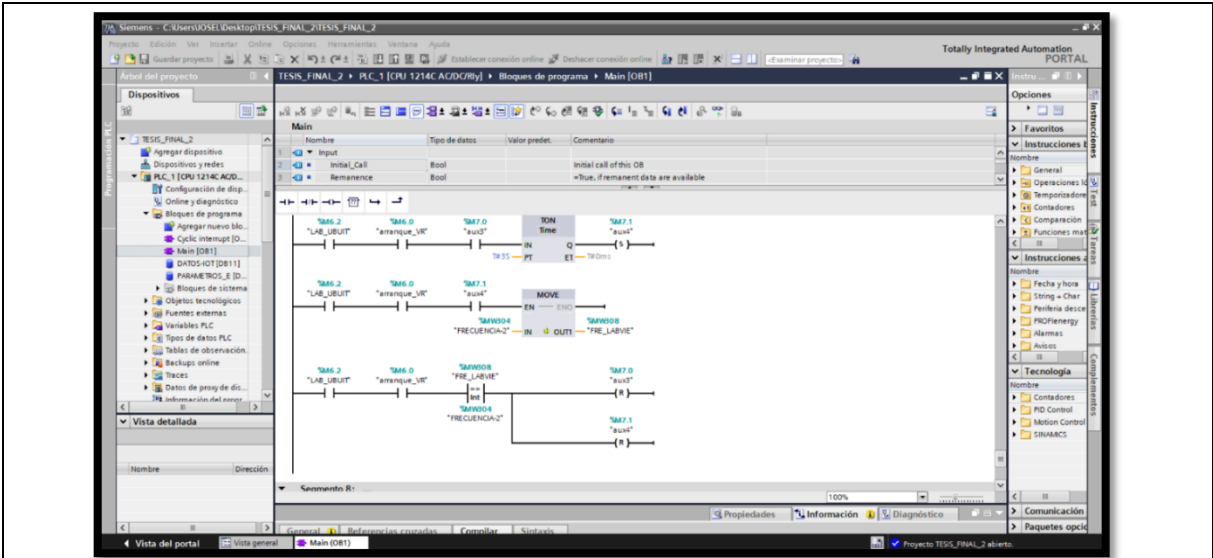
Siemens - C:\Users\JOSEI\Desktop\TESS_FINAL_2\TESS_FINAL_2 - Totally Integrated Automation PORTAL

Proyecto: TESS_FINAL_2 - PLC_1 [CRU 1214C AC/DC/Rly] - Bloques de programa > Main [OB1]

Dispositivos: TESS_FINAL_2 > PLC_1 [CRU 1214C AC/DC/Rly] > Bloques de programa > Main [OB1]

Segmento 7: FRECUENCIAS

Comentario: ...



Siemens - C:\Users\JOSEL\Desktop\TESS_FINAL_2\TESS_FINAL_2

Totally Integrated Automation PORTAL

Árbol del proyecto: TESS_FINAL_2 > PLC_1 [CPU 1214C AGD/0By] > Bloques de programa > Main [OB1]

Dispositivos: TESS_FINAL_2 > PLC_1 [CPU 1214C AGD/0By] > Bloques de programa > Main [OB1]

Tabla de variables:

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available

Diagrama de bloques:

- Inicio con interruptor de borde de subida (SMD360) conectado a "LAB_ULUT".
- Sección "CONV Real to Int": Entrada "LAB_ULUT" (EN) produce salida "aui_V2" (OUT) en "aui_V2".
- Sección "NORM_X Int to Real": Entrada "LAB_ULUT" (EN) produce salida "aui_V2" (OUT) en "aui_V2".
- Sección "SCALE_X Real to Real": Entrada "LAB_ULUT" (EN) produce salida "FRECUENCL_F" (OUT) en "MD340".
- Sección "MOVE": Entrada "LAB_ULUT" (EN) produce salida "aui_V1" (OUT) en "aui_V1".
- Sección "CONV Real to Int": Entrada "LAB_ULUT" (EN) produce salida "aui_V2" (OUT) en "aui_V2".

Segmentos: Segmento 6: PARO; Segmento 7: FRECUENCIAS; Segmento 8: ...

Vista del portal: Vista general > Main [OB1]

Siemens - C:\Users\JOSEL\Desktop\TESS_FINAL_2\TESS_FINAL_2

Totally Integrated Automation PORTAL

Árbol del proyecto: TESS_FINAL_2 > PLC_1 [CPU 1214C AGD/0By] > Bloques de programa > Main [OB1]

Dispositivos: TESS_FINAL_2 > PLC_1 [CPU 1214C AGD/0By] > Bloques de programa > Main [OB1]

Tabla de variables:

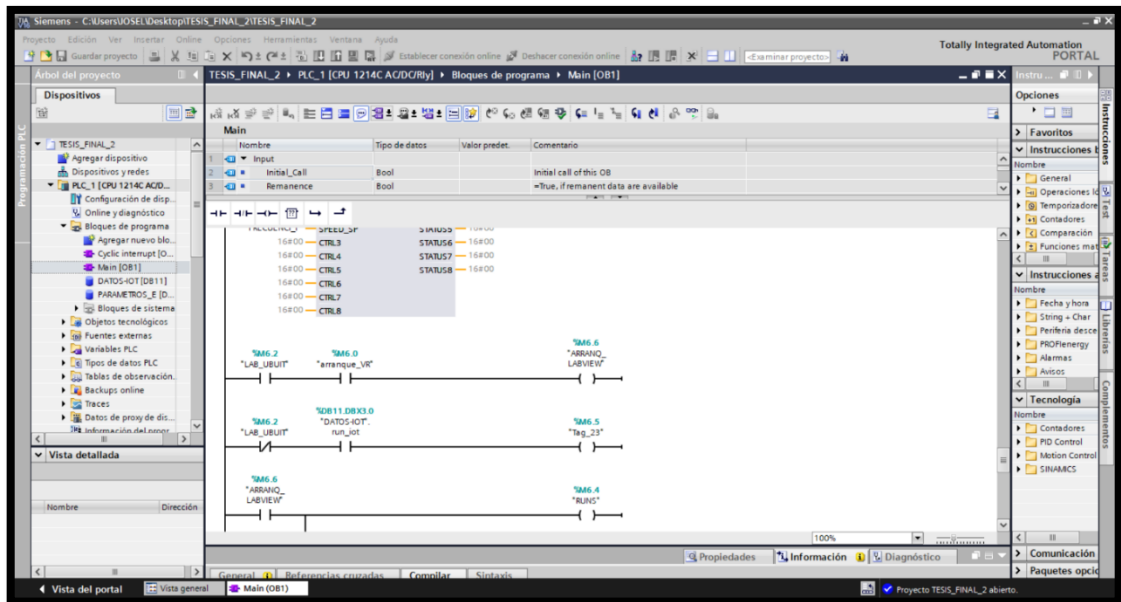
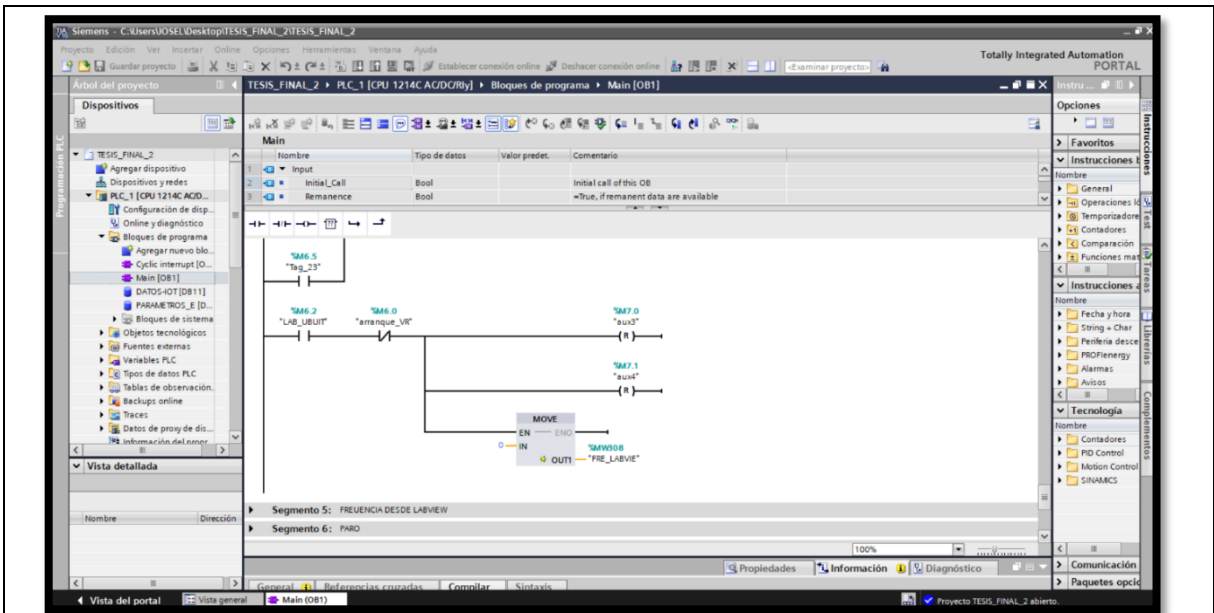
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available

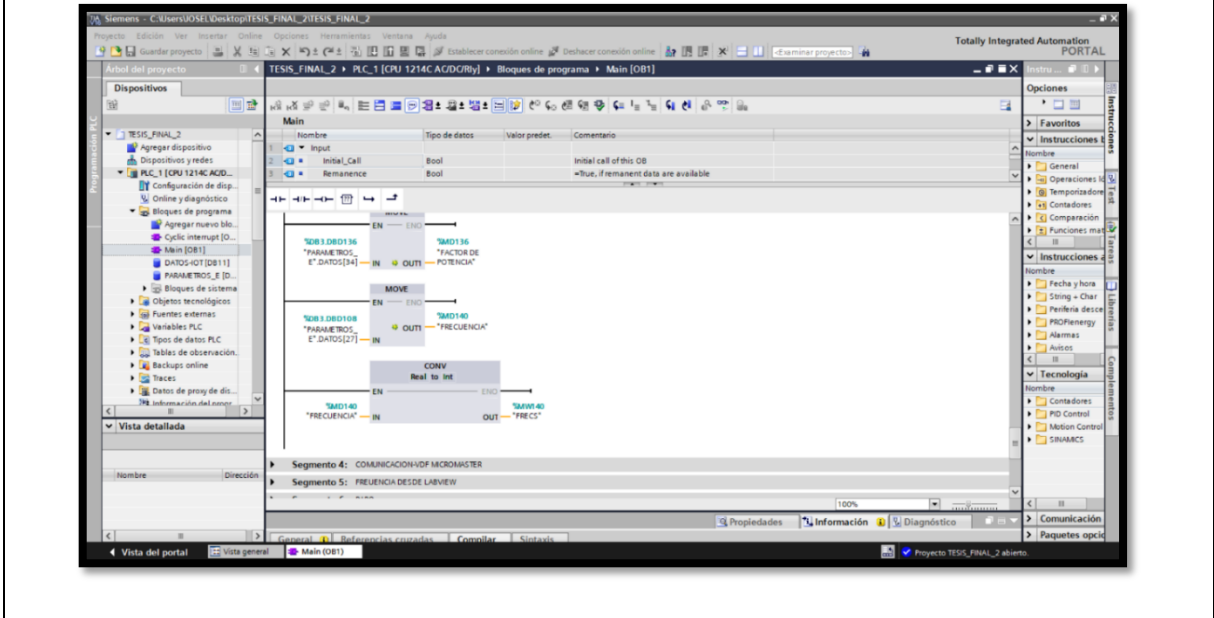
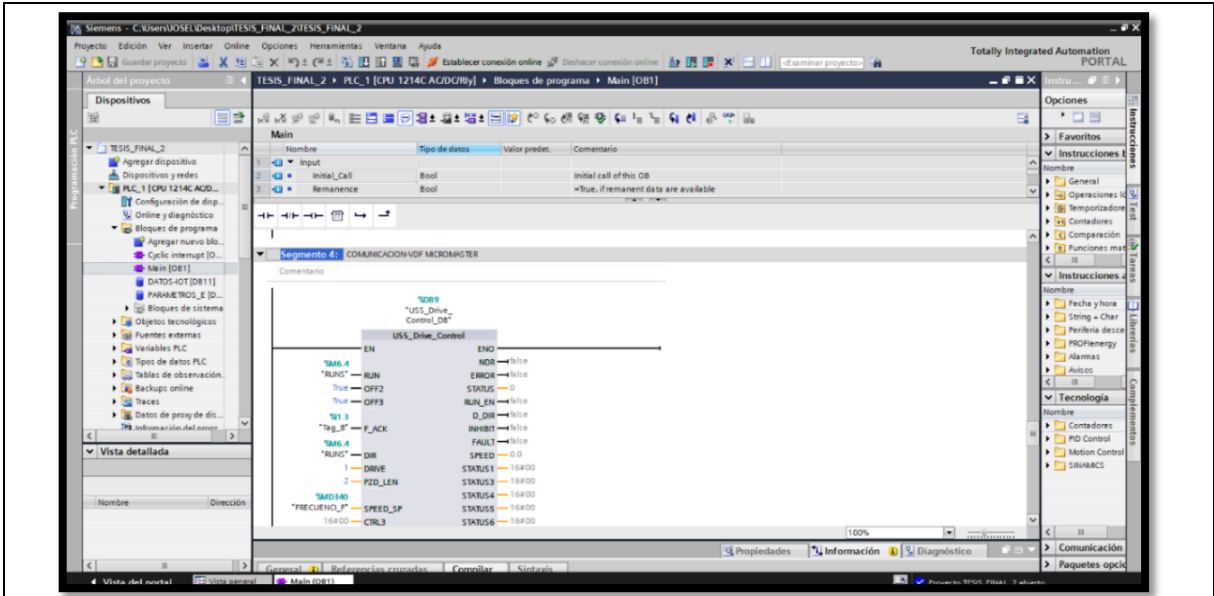
Diagrama de bloques:

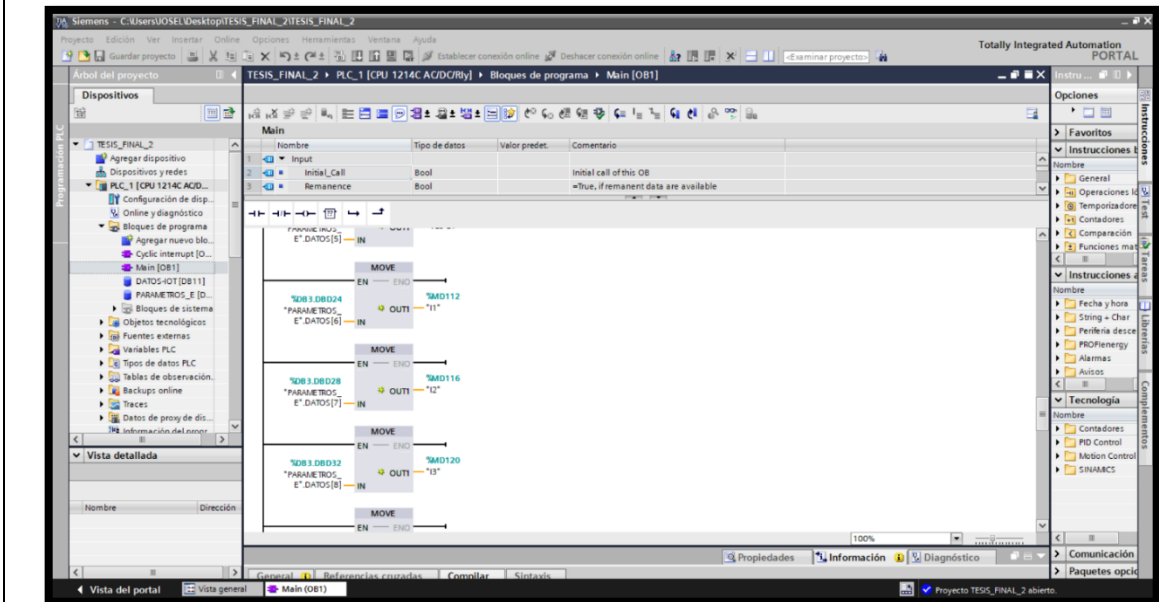
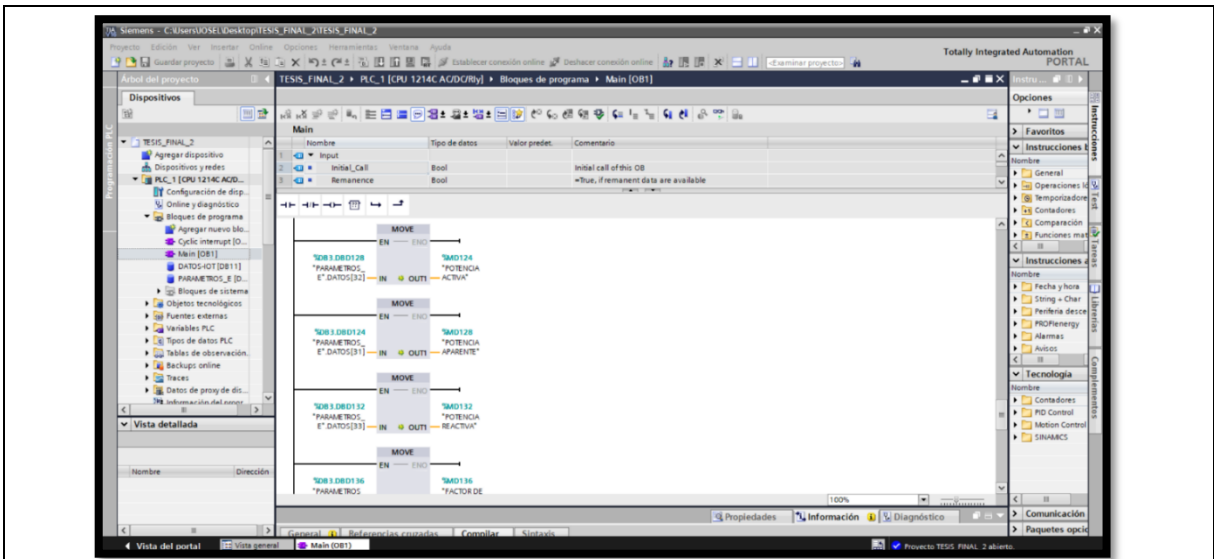
- Inicio con interruptor de borde de subida (SMD360) conectado a "LAB_ULUT".
- Sección "NORM_X Int to Real": Entrada "LAB_ULUT" (EN) produce salida "aui_V1" (OUT) en "aui_V1".
- Sección "SCALE_X Real to Real": Entrada "LAB_ULUT" (EN) produce salida "FRECUENCL_F" (OUT) en "MD340".
- Sección "MOVE": Entrada "LAB_ULUT" (EN) produce salida "aui_V1" (OUT) en "aui_V1".
- Sección "CONV Real to Int": Entrada "LAB_ULUT" (EN) produce salida "aui_V2" (OUT) en "aui_V2".

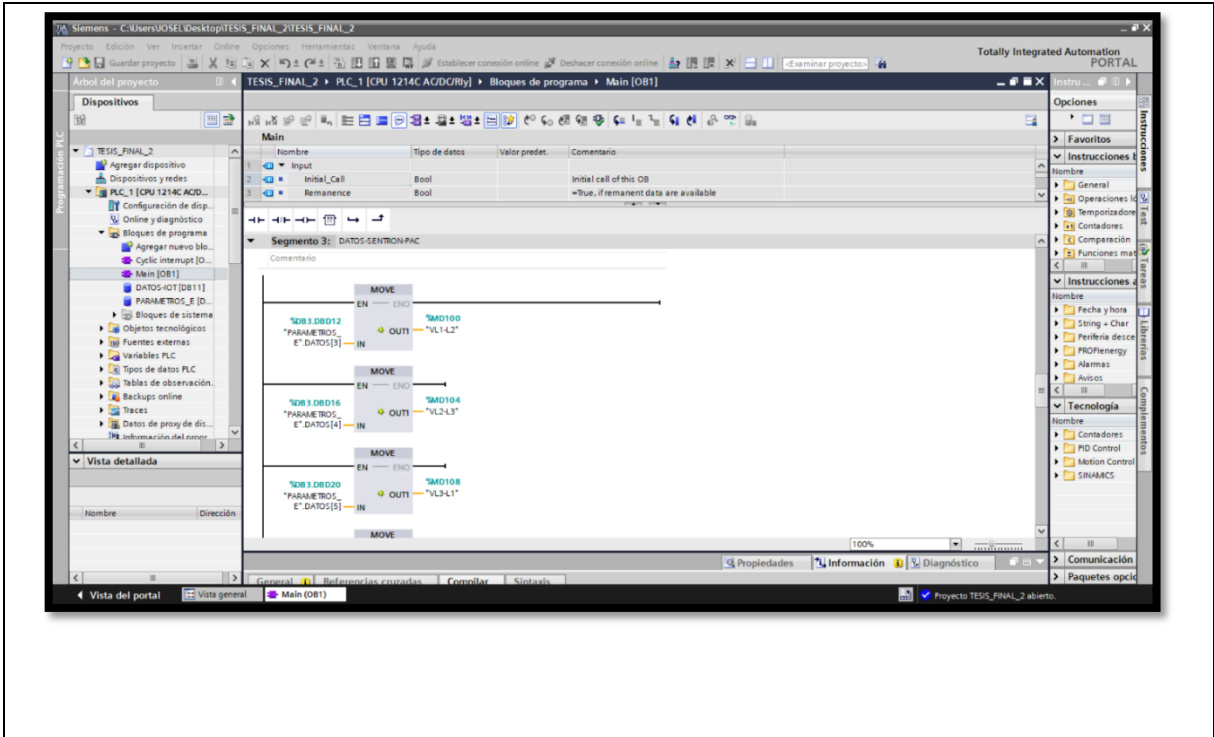
Segmento 5: FRECUENCIA DESDE LABVIEW

Vista del portal: Vista general > Main [OB1]

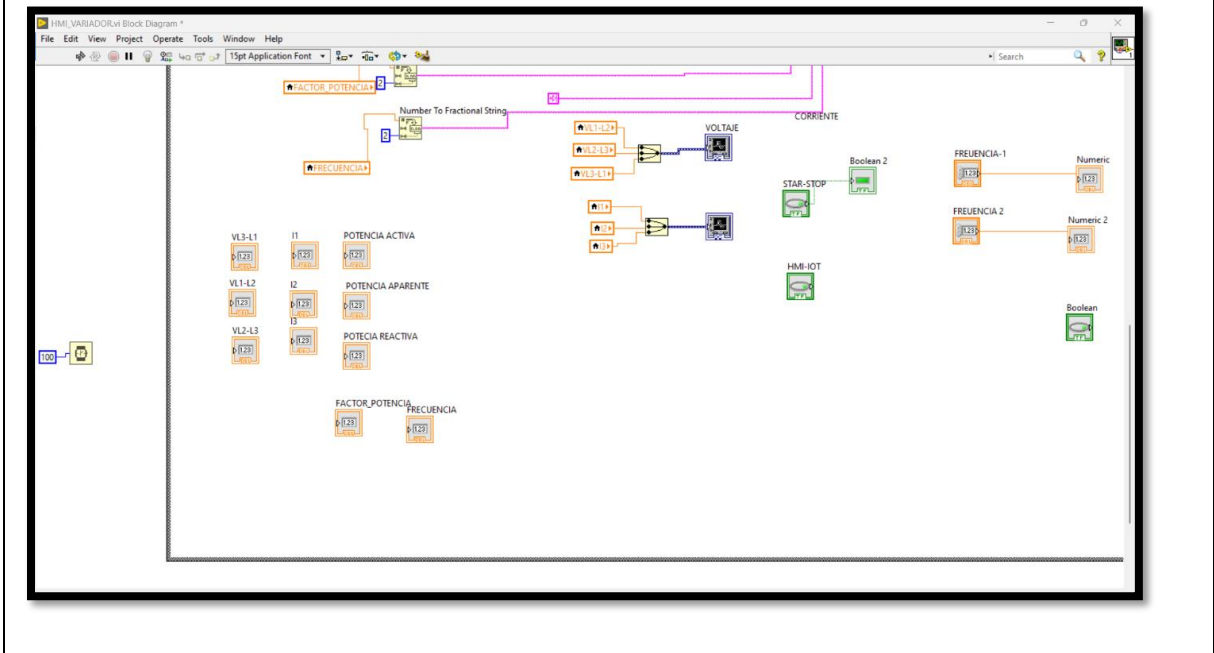


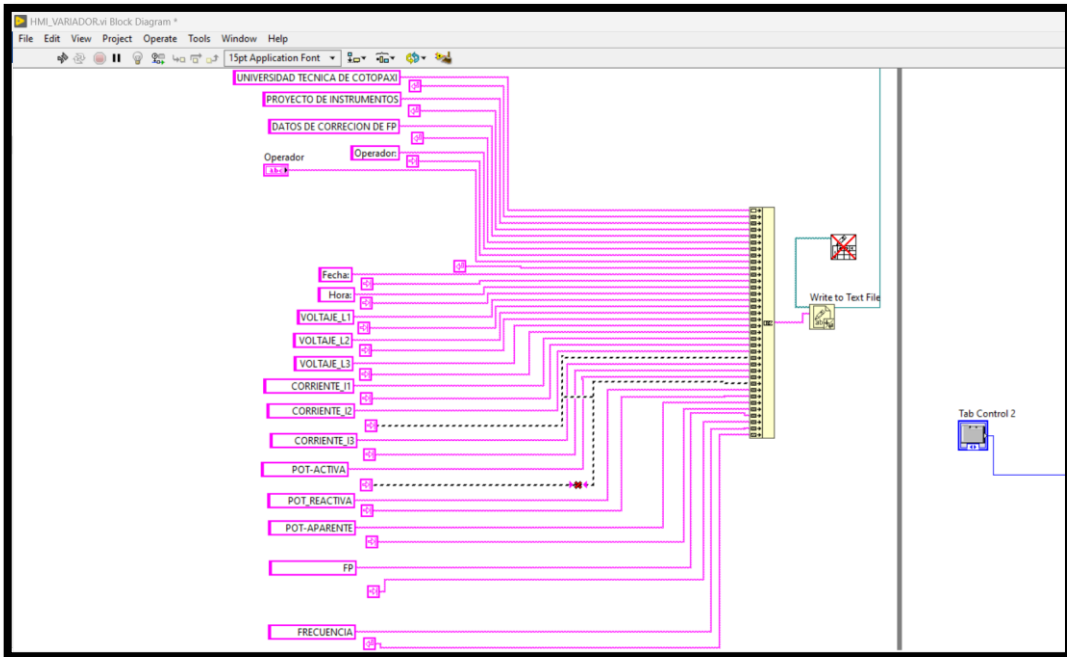
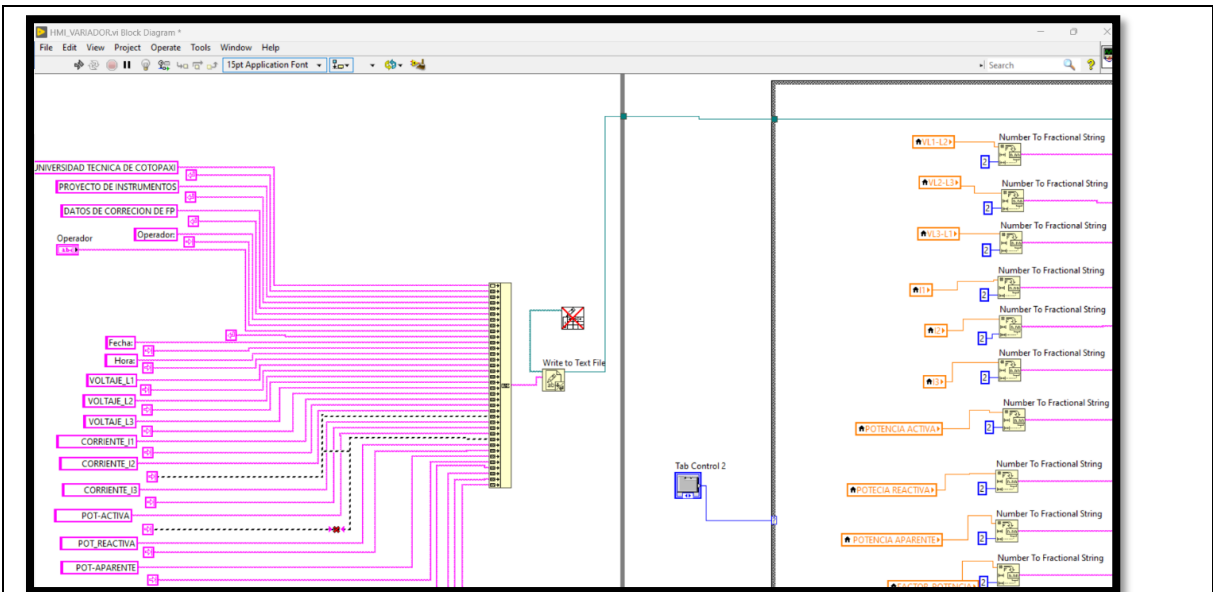


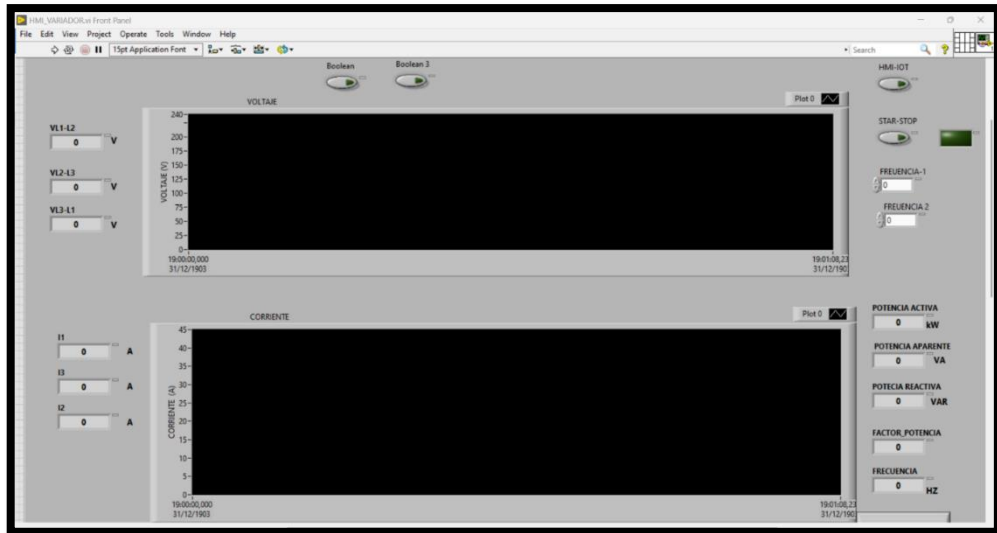
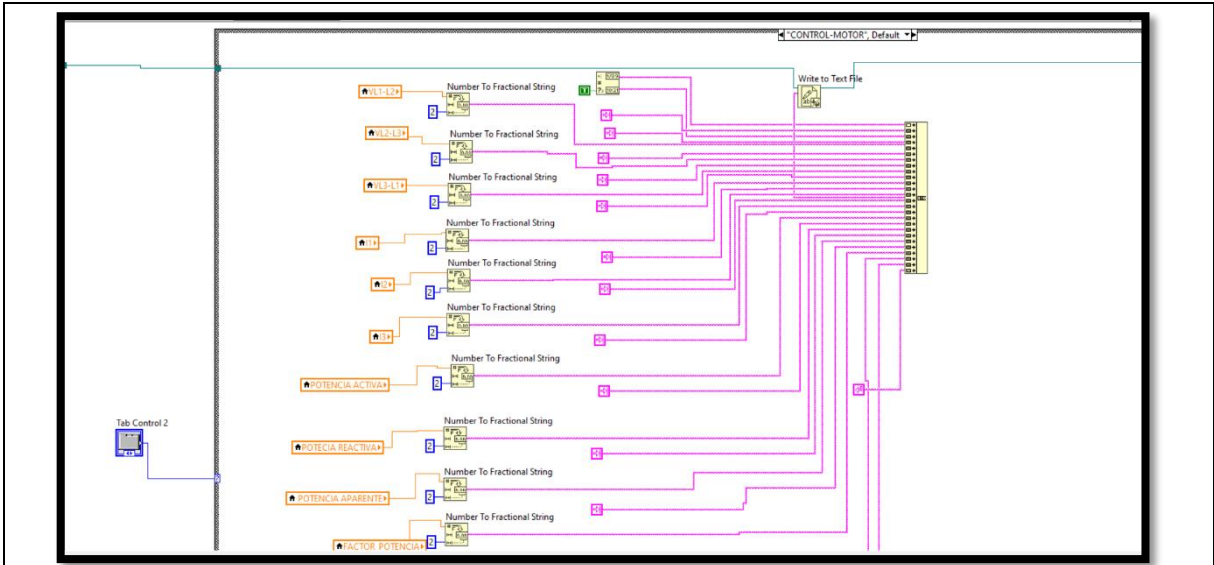


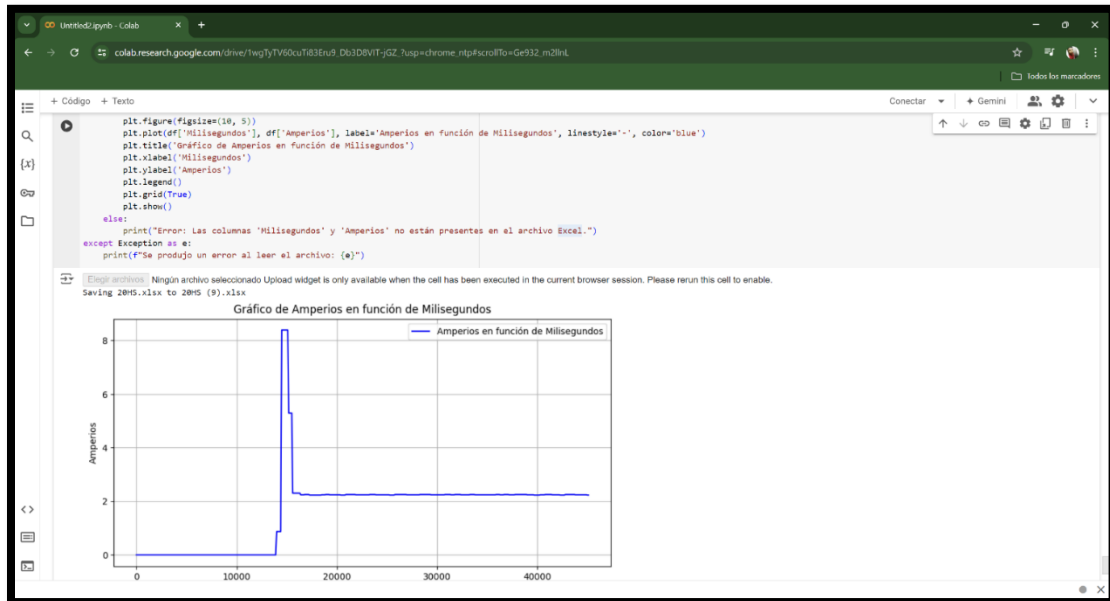


ANEXO E Programación visual en LabVIEW









```
# Importar las librerías necesarias
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from google.colab import files

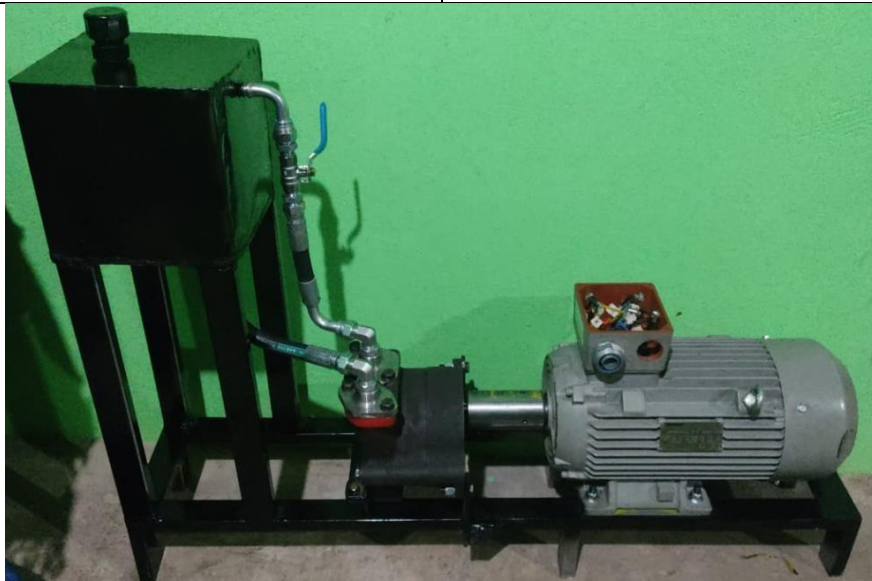
# Subir el archivo desde tu computadora
uploaded = files.upload()

# Asegúrate de cambiar '20HS.xlsx' por el nombre real de tu archivo si es diferente
filename = next(iter(uploaded)) # Esto toma el nombre del primer archivo cargado

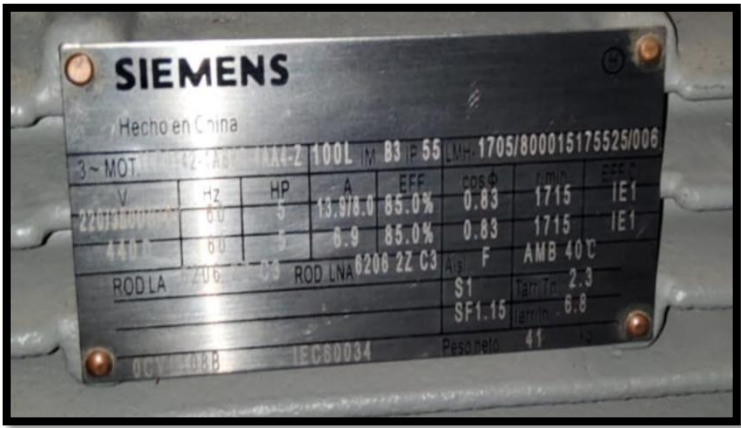
# Cargar el archivo Excel
try:
    # Asumimos que las columnas se llaman 'Milisegundos' y 'Amperios'
    df = pd.read_excel(filename)


    # Verificar si las columnas 'Milisegundos' y 'Amperios' están en el DataFrame
    if 'Milisegundos' in df.columns and 'Amperios' in df.columns:
        # Graficar Amperios en función de Milisegundos con una línea continua
        plt.figure(figsize=(10, 5))
        plt.plot(df['Milisegundos'], df['Amperios'], label='Amperios en función de Milisegundos', linestyle='-', color='blue')
        plt.title('Gráfico de Amperios en función de Milisegundos')
        plt.xlabel('Milisegundos')
        plt.ylabel('Amperios')
        plt.legend()
        plt.grid(True)
        plt.show()
    else:
        print("Error: Las columnas 'Milisegundos' y 'Amperios' no están presentes en el archivo Excel.")
except Exception as e:
    print(f"Se produjo un error al leer el archivo: {e}")
```


Elegir archivos Ningún archivo seleccionado Upload widget is only available when the cell has been executed in the current browser session. Please rerun this cell to enable.
Saving 20HS.xlsx to 20HS (9).xlsx



La carga que se visualiza en la imagen fue realizada en trabajo de titulación por los señores Elvis Chicaiza y Adrian Guato con el tema “Desarrollo de un sistema automático de banco de capacitores para motor de inducción”

ANEXO H	Datos de placo del motor de 5 Hp
Placa de motor 5 Hp	Datos nominales del motor
 <p>The image shows a Siemens motor nameplate with the following visible text: 'SIEMENS', 'Hecho en China', '3~MOT', '100L', 'B3', '55', '1705/800015175525/006'. It contains a table with columns for V, Hz, HP, A, EFF, cos φ, and rpm. The table shows two rows of data: 220/380V, 50/60 Hz, 5 HP, 13.9/8.0 A, 85.0% EFF, 0.83 cos φ, 1715 rpm. Other specifications include RODLA, ROD LNA, S1, SF1.15, IEC60034, and a weight of 4.1 kg.</p>	<p>Voltaje: 220/380 V</p> <p>Frecuencia: 60 Hz</p> <p>Potencia: 5 Hp → 3.73</p> <p>kW Intensidad: 13.9A / 8.0</p> <p>A Eficiencia: 85 % → 0,85</p> <p>Potencia Nominal: 0,83</p> <p>Peso neto: 4.1 kg</p>

ANEXO I	Ficha técnica PLC Siemens S7-1200
PLC Siemens S7-1200 Modelo 1214C	Descripción General
 <p>The image shows a Siemens SIMATIC S7-1200 CPU 1214C PLC. It is a grey, rack-mountable unit with a terminal block on top and a front panel with status LEDs and labels. The front panel includes labels for 'RUN/STOP', 'MAINT', 'CPU 1214C', and 'DC/DC/DC'. It also shows digital input (DI) and output (DO) indicators with their respective bit positions.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo: Siemens S7-1200 1214C • Tipo: Controlador Lógico Programable (PLC) • Uso: Automatización industrial de pequeña y mediana escala • CPU: Integrada con capacidades de procesamiento central • Memoria de Trabajo: 100 KB para programas y 1 MB para datos • Entradas Digitales: 14 entradas • Salidas Digitales: 10 salidas • Entradas/Salidas Analógicas: Opcional, según módulo de expansión • Capacidad de Expansión: Admite módulos de expansión para aumentar E/S digitales y

ANAXO J	Ficha técnica modulo RS-485
Modulo RS-485	Descripción General
	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad Multi - punto: Permite hasta 32 dispositivos en la misma línea de comunicación, lo que puede extenderse con repetidores. • Largas Distancias: Capaz de transmitir datos hasta 1200 metros (4000 pies). • Alta Velocidad de Transmisión: Puede alcanzar velocidades de hasta 10 Mbps a distancias cortas. • Resistencia a Interferencias: Diseñado para entornos industriales con altos niveles de ruido electromagnético. • Configuración de Cableado: Utiliza un par trenzado diferencial que ayuda a reducir la susceptibilidad al ruido.

ANEXO K		Factor de servicio del motor
Motor (Hp)	Factor de servicio	Sobre carga Max
Siemens 5 Hp	1.15	5.75

ANEXO L	Planos Eléctricos
----------------	--------------------------