

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
CONTROL DE TEMPERATURA EN MOTOR
ELÉCTRICO DEL LABORATORIO DE INGENIERIA
MECANICA Y ELECTRICA - UNJ.**

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

Autor: Bach. Bruno Alfredo Adrianzen Pita

Asesor: Dr. Edwin Carlos Lenin Félix Poicon

Línea de investigación: Automatización y Control Industrial

JAÉN – PERÚ

2025

Bruno Alfredo Adrianzen Pita

PROPUESTA DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROL DE TEMPERATURA EN MOTOR ELÉCTRICO DEL LAB...

 Quick Submit

 Quick Submit

 Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3350153558

66 páginas

Fecha de entrega

24 sep 2025, 9:11 a.m. GMT-5

8393 palabras

Fecha de descarga

24 sep 2025, 9:15 a.m. GMT-5

50.060 caracteres

Nombre del archivo

INFORME_FINAL_DE_TESIS_-_BRUNO_ADRIANZEN.pdf

Tamaño del archivo

1.3 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería




5% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN


Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

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

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 14 de octubre del año 2025, siendo las 16:55 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente: Mtro. Marco Luis Pérez Silva.

Secretario: Mg. Juan Antonio Labrin Romero.

Vocal: Mg. Frans Fuentes Maza.

Para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- () Trabajo de Investigación
- (**X**) Informe Final de Tesis
- () Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **PROPUESTA DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROL DE TEMPERATURA EN MOTOR ELÉCTRICO DEL LABORATORIO DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA - UNJ**, presentado por el bachiller: **Bruno Alfredo Adrianzen Pita**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (**X**) Aprobar () Desaprobar (**X**) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

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

Siendo las 17:41 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Mtro. Ing. Marco Luis Pérez Silva
Presidente

Mg. Ing. Juan Antonio Labrin Romero
Secretario

Mg. Frans Fuentes Maza
Vocal

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

ANEXO N°06:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)


Yo, BRUNO ALFREDO ADRIANZEN PITA, egresado de la carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI: 75160405.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado: “PROPUESTA DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CONTROL DE TEMPERATURA EN MOTOR ELÉCTRICO DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA MECANICA Y ELECTRICA - UNJ.”. Asesorado por Dr. Edwin Carlos Lenin Felix Poicon. El mismo que presento bajo la modalidad de tesis para optar; el Título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Mecánico y Eléctrico. Profesional/Grado Académico de Ingeniero Mecánico y Eléctrico.
2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Jaén, 29 de octubre del 2025



Bruno Alfredo Adrianzen Pita

INDICE

RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
I. INTRODUCCIÓN.....	14
II. MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1. Ubicación del área de estudio	19
2.1.1. Ubicación geográfica	19
2.2. Materiales	20
2.3. Población, muestra y muestreo.....	21
2.3.1. Población.....	21
2.3.2. Muestra	21
2.3.3. Muestreo.....	21
2.4. Método	21
2.4.1. Diseño	21
2.4.2. Alcance de la investigación	22
2.4.3. Técnicas	23
2.5. Procedimiento de la investigación	24
III. RESULTADOS	27
3.1. Determinar los parámetros técnicos y térmicos del motor eléctrico para el diseño del sistema de control automatizado.....	27
3.1.1. Identificación del equipo en estudio.	27

3.1.2.	Parámetros técnicos del motor eléctrico trifásico TYPE Y90S-2.	27
3.1.3.	Parámetros térmicos del motor eléctrico TYPE Y90S-2	28
3.1.4.	Diagnóstico del entorno de operación.....	29
3.1.5.	Selección de componentes del sistema de control de temperatura automatizado.....	30
3.2.	Diseñar la lógica de control y programación del PLC utilizando el software TIA Portal.	31
3.2.1.	Configuración del proyecto	31
3.3.	Simular el funcionamiento del sistema automatizado mediante TIA Portal y WinCC.....	40
3.3.1.	Integración del Dispositivo y Conectividad	41
3.3.2.	Diseño de la Interfaz Gráfica de Usuario.....	45
3.3.3.	Simulación y Validación del Sistema.....	48
3.4.	Evaluación de los costos de inversión	54
IV.	DISCUSIÓN	57
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
	AGRADECIMIENTO	64
	DEDICATORIA.....	65
VII.	ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos Técnicos motor eléctrico trifásico	27
Tabla 2. Umbrales de control térmico.....	29
Tabla 3. Componentes seleccionados para el sistema de control de temperatura automatizado	30
Tabla 4. Costos de inversión.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	20
Figura 2 Sistema de temperatura automatizado.....	26
Figura 3. Creación proyecto en TIA PORTAL.....	31
Figura 4. Agregar PLC S7-1200 al proyecto	32
Figura 5. Vista de PLC S7-1200 en entorno virtual	32
Figura 6. Pantalla HMI KTP 700 Basic	33
Figura 7. Asistente de panel HMI KTP700 - Conectado con PLC S7-1200	34
Figura 8. HMI KTP700 - Formato Imagen.....	34
Figura 9. Interfaz “agregar nuevo bloque”	35
Figura 10. Segmento 1 - Control del Motor (Encendido, Apagado y Enclavamiento) ...	36
Figura 11. Segmento 2 - Conversión de la lectura simulada a grados Celsius	36
Figura 12. Segmento 3 - Lógica de Alarma Intermitente	37
Figura 13. Segmento 4 - Lógica de Parada por Sobre temperatura.	38
Figura 14. Variables del PLC	39
Figura 15. Bloque de Datos del PLC	39
Figura 16. Sistema mediante el PLC SIM	40
Figura 17. Integración del Panel HMI	41
Figura 18. Conexión entre PLC S7 - 1200 Y Panel HMI (KTP700 Basic PN).....	42
Figura 19. PLC sin configurar	42
Figura 20. Conexión entre PC y PLC mediante interfaz PLC SIM.....	43
Figura 21. Carga del bloque del programa al PLC virtual.....	44
Figura 22. Arranque de módulos del PLC	44

Figura 23. Imagen raíz - Interfaz HMI	46
Figura 24. Inicio de simulación en la imagen raíz del HMI	47
Figura 25. PLC configurado modo RUN.....	47
Figura 26. Activación del simulador del PLC SIM	48
Figura 27. SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA - Pantalla HMI.....	49
Figura 28. Inicio de la simulación - Encendido de motor (botón color verde).....	50
Figura 29. Pantalla HMI - Ingreso de valores al Sensor PT 100	51
Figura 30. Alarma critica entre rango de temperatura de 80 y 89°C	52
Figura 31. Parada de motor por sobre temperatura.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones técnicas Motor eléctrico trifásico TYPE Y90S.....	66
Anexo 2. Panel electrónico programable.....	66
Anexo 3. Realización de pruebas.....	67
Anexo 4. Supervisión de asesor de tesis.....	67
Anexo 5. Especificaciones técnicas del PLC S7 - 1200 Siemens.....	68
Anexo 6. Especificaciones técnicas sensor PT100.....	69

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito proponer un sistema automatizado para el control de temperatura en un motor eléctrico del Laboratorio de electricidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén, respondiendo a la necesidad de prevenir fallas por sobrecalentamiento y mejorar la seguridad operativa. Para ello, se determinaron los parámetros técnicos y térmicos del motor TYPE Y90S-2, información que sirvió de base para el diseño del sistema. Así mismo, se desarrolló la lógica de control en el software TIA Portal V16, utilizando programación en lenguaje ladder y el bloque PID_Compact para gestionar alarmas y acciones de protección. El sistema fue validado mediante simulaciones en TIA Portal y WinCC, donde se comprobó la activación de alarmas a 80 °C y el apagado automático a 90 °C, así como la interacción con una interfaz HMI que facilitó el monitoreo en tiempo real. Los resultados evidenciaron que la propuesta es técnicamente viable y aporta un modelo de referencia para fines académicos y formativos. Finalmente, la evaluación de costos indicó que la implementación es accesible en comparación con los beneficios obtenidos en seguridad y operatividad.

Palabras clave: automatización, PLC, control térmico, simulación, motor eléctrico.

ABSTRACT

The purpose of this research was to propose an automated temperature control system for an electric motor in the Electricity Laboratory of the Professional School of Mechanical and Electrical Engineering at the National University of Jaén, responding to the need to prevent failures due to overheating and improve operational safety. To this end, the technical and thermal parameters of the TYPE Y90S-2 motor were determined, and this information served as the basis for the system design. Likewise, the control logic was developed in TIA Portal V16 software, using ladder language programming and the PID_Compact block to manage alarms and protection actions. The system was validated through simulations in TIA Portal and WinCC, where the activation of alarms at 80 °C and automatic shutdown at 90 °C were verified, as well as interaction with an HMI interface that facilitated real-time monitoring. The results showed that the proposal is technically feasible and provides a reference model for academic and training purposes. Finally, the cost assessment indicated that implementation is affordable compared to the benefits obtained in terms of safety and operability.

Keywords: automation, PLC, thermal control, simulation, electric motor.

I. INTRODUCCIÓN

Los motores eléctricos son componentes esenciales en la industria moderna, utilizados en una amplia variedad de aplicaciones, desde maquinaria industrial hasta sistemas de transporte eléctrico. Sin embargo, uno de los problemas más frecuentes que afectan la fiabilidad de estos equipos es el sobrecalentamiento. Según un estudio realizado por Smith (2020), “el sobrecalentamiento de los motores eléctricos es una de las principales causas de fallo prematuro, lo que resulta en altos costos de mantenimiento y tiempos de inactividad no planificados en sectores industriales de todo el mundo”. Los motores eléctricos, cuando no son monitoreados adecuadamente, pueden alcanzar temperaturas peligrosas que afectan su eficiencia y vida útil, provocando fallos costosos. Para mitigar estos riesgos, diversos estudios han recomendado la implementación de sistemas de supervisión de temperatura que permitan detectar el sobrecalentamiento en tiempo real, activando alertas o protecciones antes de que el daño sea irreversible (Zhang, 2019).

En Perú, el uso de motores eléctricos está extendido en sectores clave como la minería, la manufactura, la agroindustria y la generación de energía. A pesar de su importancia, muchos sistemas industriales aún carecen de mecanismos adecuados de monitoreo y control de temperatura. Según un informe de la Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral (Sunafil, 2021), “el 45% de las empresas en Perú que operan con motores eléctricos no implementan sistemas adecuados de monitoreo, lo que incrementa el riesgo de fallos inesperados y sobrecostos operativos”. Esta falta de vigilancia sobre el comportamiento térmico de los motores puede resultar en pérdidas económicas y en la interrupción de procesos industriales. Además, el 30% de las industrias peruanas, especialmente en el sector energético y de manufactura, no aplican tecnologías avanzadas de control debido a limitaciones económicas o falta de infraestructura adecuada (Ramírez, 2020).

En la Provincia de Jaén, al norte de Perú, la Universidad Nacional de Jaén juega un rol importante en la investigación y el desarrollo tecnológico, particularmente en la formación de estudiantes en áreas de la ingeniería mecánica y eléctrica, y control automático. En muchas instituciones de educación superior del país, los sistemas de monitoreo de motores eléctricos son rudimentarios o inexistentes, lo que pone en riesgo tanto el funcionamiento de los equipos como la seguridad de los estudiantes y personal docente.

El laboratorio de electricidad de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén, cuenta con motores eléctricos trifásicos como el modelo TYPE Y90S-2, con características técnicas de 2 HP de potencia (1.5 kw), 380 V de tensión nominal, 2 polos, 60 Hz de frecuencia, y una velocidad asíncrona de 3410 RPM. Estos motores de inducción son importantes y esenciales para practicas académicas y experimentales en áreas de máquinas eléctricas, automatización y control. Sin embargo, actualmente estos motores operan sin un sistema de control y monitoreo de temperatura, lo que representa una deficiencia significativa a nivel técnico y académico.

Durante su funcionamiento, los motores eléctricos están expuestos a condiciones de carga variables y ventilación insuficiente que puedan provocar un incremento de temperatura en los devanados y componentes eléctricos (Osvaldo, 2010). La carencia de un sistema que permita monitorear y controlar la temperatura del motor limita la oportunidad de que los estudiantes desarrollen competencias en el diseño e implementación de sistemas de mantenimiento predictivo y control automatizado, los cuales son fundamentales en el entorno profesional actual de la ingeniería mecánica y eléctrica.

En este contexto, se propuso el diseño de un sistema automatizado para el control y supervisión de temperatura en motor eléctrico del laboratorio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - UNJ. Este

sistema no solo mejoró la eficiencia y prolongo la vida útil del motor, sino también redujo el riesgo de fallos inesperados, optimizando el rendimiento operativo y económico de los recursos. Como indica González y Pérez (2022), “un sistema de monitoreo continuo de temperatura es esencial para detectar anomalías antes de que se conviertan en problemas costosos, especialmente en entornos académicos y de investigación”.

Auqui y Farez (2024). “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo IoT de temperatura y vibración para protección de motores eléctricos”. Su metodología consiste en utilizar un PLC S7 - 1200 para analizar y procesar datos en tiempo real mediante la tecnología IoT. Los resultados que obtuvo fue un sistema de monitoreo de temperatura y vibración que permitió emitir alertas y notificaciones cuando se presente parámetros que podrían dañar a los motores. Las conclusiones fueron que es un sistema eficaz para la detección y prevención de fallas de los motores, mostrando un incremento en la confiabilidad y reducción de costos.

Entre los principales elementos se encuentran un PLC Siemens S7-1200, encargado del análisis y procesamiento de datos en tiempo real; sensores de temperatura y vibración, para la recolección de variables críticas del motor; módulos de entrada analógica, para la integración de señales al PLC. Además, utilizaron una fuente de alimentación adecuada y dispositivos de notificación de alertas, como alarmas o mensajes automáticos, lo que facilitó la detección oportuna de fallas y mejoró la confiabilidad del sistema.

Manzo (2022). “Monitoreo de vibración, temperatura y corriente en motor eléctrico”, su objetivo es monitorear los parámetros mediante e implementar un módulo preventivo. Su metodología consiste en la investigación previa de los elementos para su selección e implementación mediante un acondicionamiento de sensores para una correcta compatibilidad. Sus resultados fueron el desarrollo de una interfaz que permite al usuario monitorear los

parámetros en una ventana mediante la red. Las conclusiones fueron que las vibraciones pueden aumentar en un 25% dependiendo la superficie donde se coloque el motor eléctrico lo que ocasiona una alteración en los demás parámetros.

La propuesta de un sistema automatizado de control y monitoreo de temperatura, basado en el PLC Siemens S7-1200, permitió supervisar las condiciones térmicas del motor eléctrico del laboratorio de la Carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén, contribuyendo a la detección oportuna de sobrecalentamientos y a la prevención de fallas por exceso de temperatura.

Huaranga (2020). “Diseño de un sistema de control para el monitoreo de la temperatura de un motor de bomba de agua de 0.75 kW”, su objetivo es supervisar la temperatura de un motor de bomba de agua empleando un software de control. Su metodología es científica, empleando técnicas, procedimientos e instrumentos de medición para los parámetros. Los resultados fueron que se implementó un sistema de control en lazo cerrado que permite controlar la temperatura además se almacenan los datos creando un historial. Las conclusiones fueron que se seleccionaron actuadores y sensores que permitieron recopilar datos de la temperatura del motor mostrándolos mediante una interfaz.

En ese sentido, es importante proponer estudios que respaldan la necesidad de implementar tecnologías de monitoreo automatizado en motores eléctricos, tanto en entornos industriales como académicos, no solo para prevenir fallas y mejorar la eficiencia operativa, sino también para fortalecer la formación profesional en el uso de tecnologías modernas de supervisión y control.

Los objetivos de la investigación son:

Objetivo general:

Proponer un sistema automatizado para el control de temperatura en un motor eléctrico del Laboratorio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén - UNJ.

Objetivos específicos:

- (i) Determinar los parámetros técnicos y térmicos del motor eléctrico para el diseño del sistema de control automatizado.
- (ii) Diseñar la lógica de control y programación del PLC utilizando el software TIA Portal.
- (iii) Simular el funcionamiento del sistema automatizado mediante TIA Portal y WinCC.

Con el cumplimiento de estos objetivos, se contribuyó al fortalecimiento de las prácticas académicas y al desarrollo de competencias técnicas en automatización y mantenimiento.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del área de estudio

2.1.1. Ubicación geográfica

El proyecto se realizó en el laboratorio de electricidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén, ubicada en el sector Yanuyacu, que pertenece al distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

Límites de la provincia de Jaén:

1. Por el Norte con la Provincia de San Ignacio (Departamento Cajamarca).
2. Por el Este con las provincias de Bagua y Utcubamba (Departamento Amazonas).
3. Por el Sureste y Sur con la Provincia de Cutervo (Departamento Cajamarca).
4. Por el Suroeste con las provincias de Ferreñafe (Departamento Lambayeque).
5. Por el Oeste con la provincia de Huancabamba (Departamento Piura).

Figura 1.

Ubicación del área de estudio



Nota. Adaptado de Google Earth, 2025.

2.2. Materiales

En la investigación se utilizó una laptop, los softwares Tia Portal: Para la programación del sistema automatizado del motor eléctrico, el Software WinCC: para la simulación y control del sistema automatizado, y el Software Microsoft Excel para organizar y calcular los costos de inversión.

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

Conformado por motor eléctrico utilizado en el laboratorio de electricidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén, con énfasis en el modelo Y90S-2.

2.3.2. Muestra

La muestra fue el motor eléctrico trifásico modelo Y90S-2, ubicado en el laboratorio de electricidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén.

2.3.3. Muestreo

Se trató de un muestreo intencional no probabilístico, ya que se seleccionó únicamente el motor Y90S-2 como unidad de análisis.

2.4. Método

El estudio es de tipo aplicada, debido a que busca resolver una problemática específica en el laboratorio de electricidad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén - UNJ, mediante la propuesta de un sistema automatizado para el control de temperatura del motor eléctrico.

2.4.1. Diseño

La metodología utilizada en el diseño del estudio es no experimental, según (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014) .

2.4.2. Alcance de la investigación

La presente investigación tiene un alcance tecnológico-aplicativo, se enfoca en el diseño, simulación y validación funcional de un sistema automatizado para el control de temperatura en un motor eléctrico trifásico del laboratorio de electricidad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén - UNJ. El estudio no contempla la implementación física del sistema, sino que se centra en su desarrollo conceptual y su evaluación mediante herramientas de simulación industrial, como TIA Portal y WinCC.

2.4.2.1. Temporal

La investigación se realizó en el año 2025 en laboratorio de electricidad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén – UNJ.

2.4.2.2. Normativo

La investigación se base en las normas IEC 60085 y NEMA MG1, que establecen límites de temperatura admisibles para motores eléctricos según su clase de aislamiento.

2.4.2.3. Técnico

El proyecto de investigación abarca la caracterización técnica del motor, la programación de la lógica de control en un PLC Siemens S7-1200, la integración de sensores de temperatura (simulados), y el diseño de una interfaz gráfica que permita la visualización del estado térmico del motor. Se limita a un entorno controlado de laboratorio, por lo que sus resultados no se extrapolan directamente a aplicaciones industriales de gran escala, aunque sientan las bases para futuras implementaciones.

2.4.2.4. Metodológico

La presente investigación, aplica un enfoque innovador, usando la tecnología de automatización para la supervisión de temperatura de motor eléctrico del laboratorio de electricidad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén - UNJ.

2.4.3. Técnicas

La técnica que se empleó para el desarrollo de la investigación es:

- a) **Observación:** involucra estar atento al fenómeno, recopilando y registrando información para su posterior análisis. Gran parte de conocimiento que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación (Sanjuán, 2011). Sera aplicada para identificar las condiciones de operación del motor eléctrico.

- b) **Análisis documental:** la cual consistió en la recopilación, revisión y sistematización de documentos técnicos, normativos y académicos relacionados con el funcionamiento térmico de motores eléctricos, diseño de sistemas automatizados, y aplicación de tecnologías de control con PLC.

Esta técnica permitió identificar y seleccionar información clave para fundamentar el diseño del sistema, como:

- Especificaciones técnicas del motor eléctrico TYPE Y90S-2.
- Parámetros térmicos aceptables según la norma IEC 60085 en lo referente a clases de aislamiento y temperaturas máximas admisibles.
- Documentación del fabricante del PLC Siemens S7-1200 y sus módulos de entrada/salida.
- Guías de programación y simulación en el entorno TIA Portal y WinCC.

- Tesis, artículos científicos y estudios previos sobre sistemas de monitoreo térmico en motores eléctricos.

c) Herramientas

Software TIA PORTAL: se utilizó para la programación, configuración y conexión de los dispositivos de automatización.

Software WinCC: se utilizó para supervisión, monitoreo y controlar el sistema de temperatura, visualizando el estado y los datos del sistema en tiempo real.

Excel: se utilizó para realizar los cálculos matemáticos en el presupuesto de la investigación, motor, PLC, sensores, instalación y mano de obra.

Motor eléctrico: se usó motor eléctrico trifásico Y90S-2 como muestra para el diseño y simulación del sistema de control.

2.5. Procedimiento de la investigación

En el desarrollo de la investigación, se siguió un procedimiento estructurado en tres etapas principales. Esta información se utilizó para la toma de decisiones de los objetivos específicos, los cuales se representan a continuación:

Etapas 1: Análisis técnico y determinación de parámetros del motor eléctrico.

- Recopiló información técnica del motor eléctrico TYPE Y90S-2 ubicado en el laboratorio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UNJ, incluyendo potencia, voltaje nominal, tipo de conexión, clase de aislamiento, número de polos, frecuencia nominal y régimen de operación.

- Identificó los parámetros térmicos críticos, tales como temperatura máxima admisible según la norma IEC 60085, condiciones de ventilación y carga térmica.
- Analizo las condiciones operativas del entorno del motor, así como los riesgos potenciales de sobrecalentamiento.
- Reviso documentación técnica y bibliografía especializada, aplicando el análisis documental como técnica de recolección de datos.

Etapa 2: Diseño de la lógica de control y programación del PLC.

- Seleccione el controlador lógico programable Siemens S7-1200.
- Elabore un diagrama de bloques funcional del sistema automatizado, definiendo entradas (sensores), procesamiento (PLC) y salidas (alertas o indicadores).
- Diseñe el programa de control utilizando el entorno de desarrollo TIA Portal, empleando el lenguaje LADDER (diagrama de escalera) para definir las condiciones lógicas de funcionamiento.

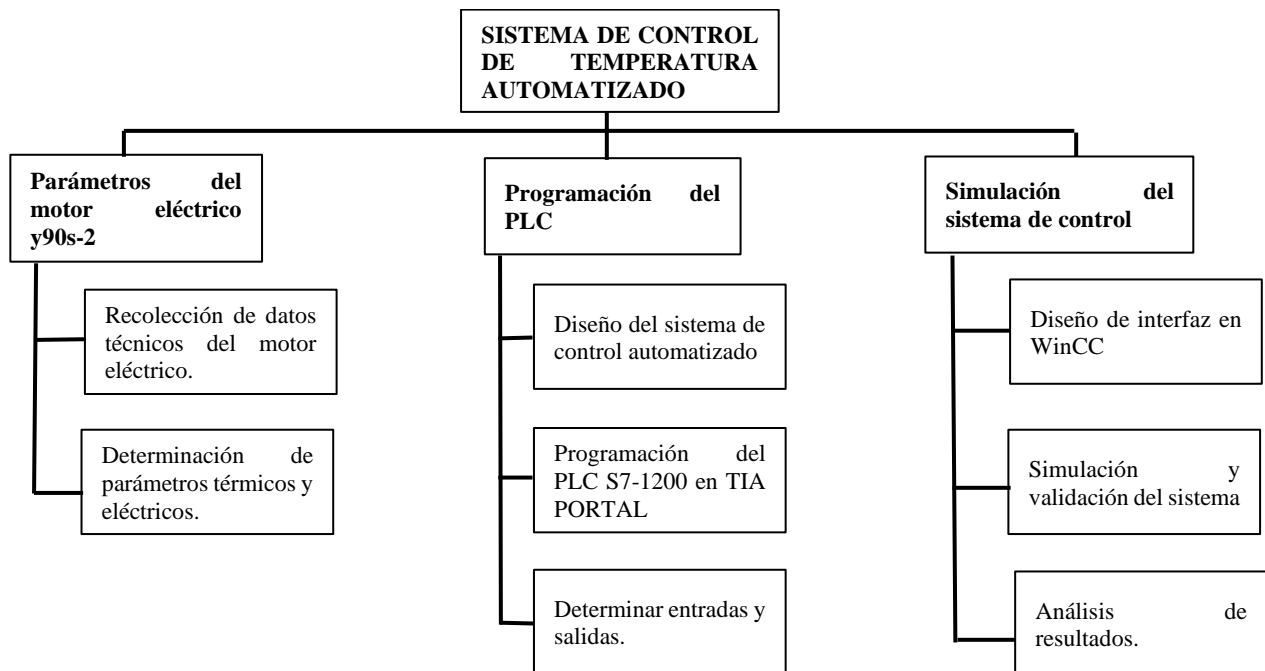
Etapa 3: Simulación del sistema automatizado.

- Implementó una simulación virtual del sistema de control en el entorno TIA Portal, utilizando el simulador del PLC S7-1200.
- Se desarrolló una interfaz gráfica en WinCC, la cual permite visualizar en tiempo real las condiciones térmicas simuladas del motor, así como el estado del sistema (normal, alerta o falla).
- Realizamos pruebas de funcionamiento bajo diferentes condiciones de temperatura, para validar la respuesta del sistema automatizado y verificar que las alertas se activen de manera adecuada.

- Mediante los resultados obtenidos se analizaron en función del comportamiento del sistema ante condiciones críticas.

Figura 2

Sistema de temperatura automatizado.



Nota. Elaboración propia.

III. RESULTADOS

3.1. Determinar los parámetros técnicos y térmicos del motor eléctrico para el diseño del sistema de control automatizado.

3.1.1. Identificación del equipo en estudio.

El motor eléctrico analizado corresponde al modelo TYPE Y90S-2, un motor de inducción trifásico utilizado con fines académicos en el laboratorio de electricidad de la escuela profesional de ingeniería mecánica y eléctrica – UNJ, específicamente en prácticas relacionadas a máquinas eléctricas, automatización y control. La información técnica fue obtenida a partir de la placa de características del equipo, catálogo del fabricante y observación directa.

3.1.2. Parámetros técnicos del motor eléctrico trifásico TYPE Y90S-2.

Tabla 1

Datos Técnicos motor eléctrico trifásico

Parámetros técnicos	Valor
Tipo de motor	Inducción trifásica
Modelo	TYPE Y90S-2
Potencia nominal	2 HP (1.5 KW)
Tensión nominal	380 V
Frecuencia	60 Hz
Numero de polos	2
Velocidad nominal	3410 RPM
Corriente nominal	3.4 A
Tipo de conexión	Y (estrella)
Grado de protección	IP 44
Clase de Aislamiento	B

Nota. La configuración del motor indica que es un motor asíncrono de dos polos, apto para aplicaciones de alta velocidad y bajo par, características que determina una mayor generación térmica interna, especialmente en condiciones de carga máxima o de uso prolongado.

3.1.3. Parámetros térmicos del motor eléctrico TYPE Y90S-2

La clase de aislamiento es un factor crítico en el control térmico de motores eléctricos, la cual define la temperatura máxima admisible para los devanados antes de que se llegue al fallo térmico. En este caso, el motor presenta la clase de aislamiento B, que según la norma (IEC) 60085, permite una temperatura límite de:

$$T_{max} = T_{amb} + \Delta T + \text{margen de seguridad}$$

$$T_{max} = 40\text{ }^{\circ}\text{C} + 80\text{ }^{\circ}\text{C} + 10\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{max} = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Donde:

- $T_{amb} = 40^{\circ}$ es la temperatura ambiente de referencia.
- $\Delta T = 80^{\circ}\text{C}$ es la elevación térmica admisible de la clase B.
- El margen de seguridad de 10°C se considera para condiciones transitorias.

Operar en rangos cercanos a $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ reduce significativamente la vida útil del aislamiento, se establecieron umbrales de control térmico para el sistema propuesto:

Tabla 2.

Umbrales de control térmico.

Umbral	Temperatura (°C)	Acción del sistema
Alerta	$\geq 80^{\circ}\text{C} - 89^{\circ}\text{C}$	Señalización visual y sonora en la HMI
Critico	$= 90^{\circ}\text{C}$	Parada de emergencia del motor mediante PLC

Nota. Elaboración propia. Estas condiciones serán implementadas como criterios de actuación dentro de la lógica del sistema de control automatizado.

3.1.4. Diagnóstico del entorno de operación.

Durante la observación en el laboratorio de electricidad, se identificaron las siguientes condiciones de operación que influyen en la temperatura del motor:

- El motor eléctrico trifásico opera en condiciones de ventilación natural, sin sistema de enfriamiento forzado.
- La carga aplicada varía dependiendo de las practicas desarrolladas, lo que puede provocar picos térmicos.
- No se cuenta con sensores integrados, ni sistemas de protección térmica automática.
- La supervisión del motor eléctrico trifásico depende exclusivamente de la observación visual y táctil por parte del encargado de laboratorio o del docente encargado.

3.1.5. Selección de componentes del sistema de control de temperatura automatizado.

La selección de los componentes que integran el sistema automatizado de control de temperatura se realizó en base a las especificaciones eléctricas, térmicos y operativos del motor eléctrico trifásico modelo TYPE Y90S-2. Se consideraron criterios de compatibilidad y facilidad de integración al software TIA PORTAL. Se detallan los principales componentes:

Tabla 3.

Componentes seleccionados para el sistema de control de temperatura automatizado

N.º	Componente	Modelo / Tipo	Función principal	Características técnicas (simuladas)
1	PLC	Siemens S7-1200	Control y procesamiento de señales de entrada y salida	4 entradas digitales, 2 salidas digitales, 2 entradas analógicas
2	Sensor de temperatura	PT100	Medición de temperatura del motor	Rango de operación: -50 °C a 200 °C, salida analógica simulada de 4-20 mA o resistencia variable
3	Módulo de entrada analógica	SM 1231	Captura de señales analógicas desde sensores como PT100	Resolución: 13 bits, rango: 0-10 V / 4-20 mA, configurable en TIA Portal
4	HMI (Interfaz hombre-máquina)	KTP700 Basic	Visualización de temperatura, alarmas y control manual	Pantalla táctil de 7", integración con WinCC, soporta gráficos y elementos dinámicos
5	Fuente de alimentación	24 VDC (referencial)	Alimentación de módulos PLC y sensores	Tensión estándar en automatización industrial, no implementada físicamente en simulación
6	Relé virtual de protección	Variable booleana simulada	Simula desconexión del motor por sobrecalentamiento	Activado por lógica en PLC al superar umbral térmico definido

7	Alarma	LED	Notificación al operador cuando se detecta sobre temperatura	Activación automática mediante programa lógico del PLC (condiciones configuradas en bloques de alarma)
---	--------	-----	--	--

Nota. Elaboración propia. Esta tabla ha sido elaborada considerando la simulación del sistema en el entorno virtual de programación en TIA PORTAL y WinCC, sin componentes físicos reales.

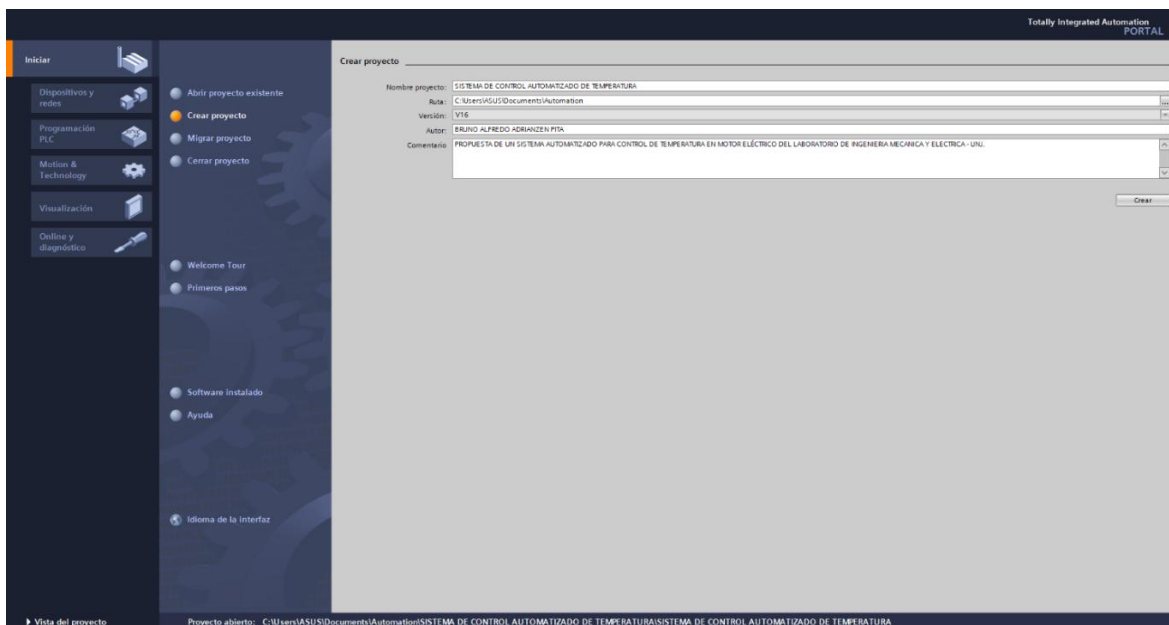
3.2. Diseñar la lógica de control y programación del PLC utilizando el software TIA Portal.

Se realizó el diseño de la lógica de control automatizada utilizando el entorno de programación TIA Portal. Este procedimiento se llevó a cabo en una simulación virtual, garantizando un ambiente seguro y replicable para analizar el rendimiento del sistema de control térmico del motor eléctrico.

3.2.1. Configuración del proyecto

Figura 3.

Creación proyecto en TIA PORTAL



Se seleccionó el PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Rly, el cual cuenta con suficientes entradas / salidas digitales y posibilidad de ampliación para entradas analógicas.

Figura 4.

Agregar PLC S7-1200 al proyecto

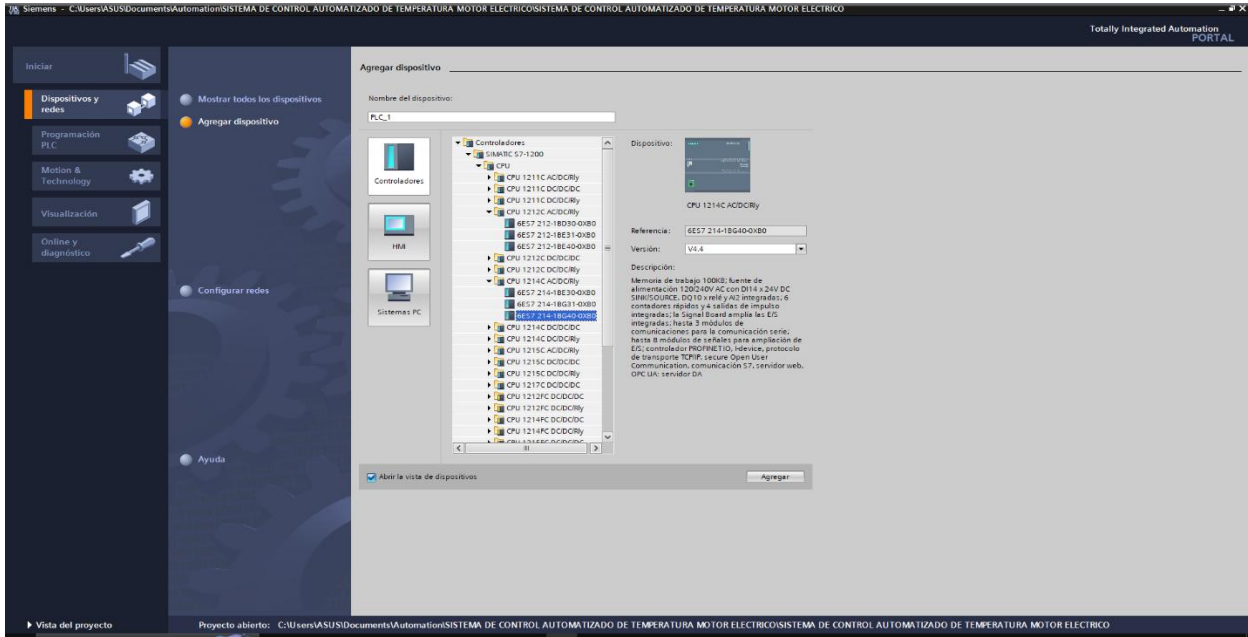
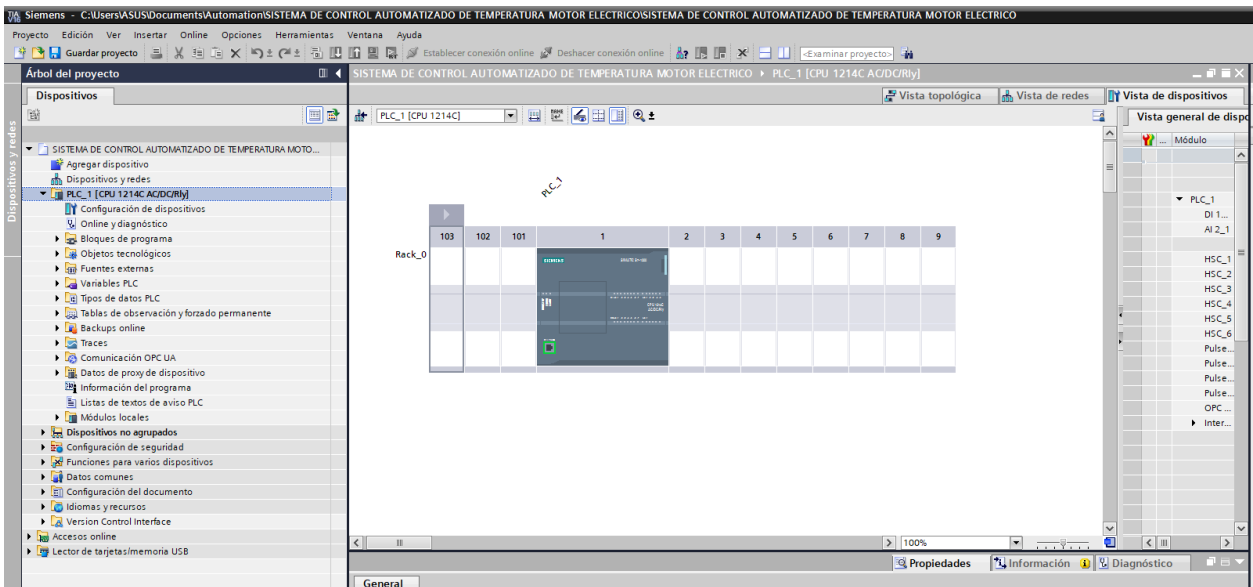


Figura 5.

Vista de PLC S7-1200 en entorno virtual



En lista de agregar dispositivos se integra el diseño de interfaz HMI (hombre - maquina) al proyecto, donde se obtendrá un campo de visualización.

Figura 6.

Pantalla HMI KTP 700 Basic

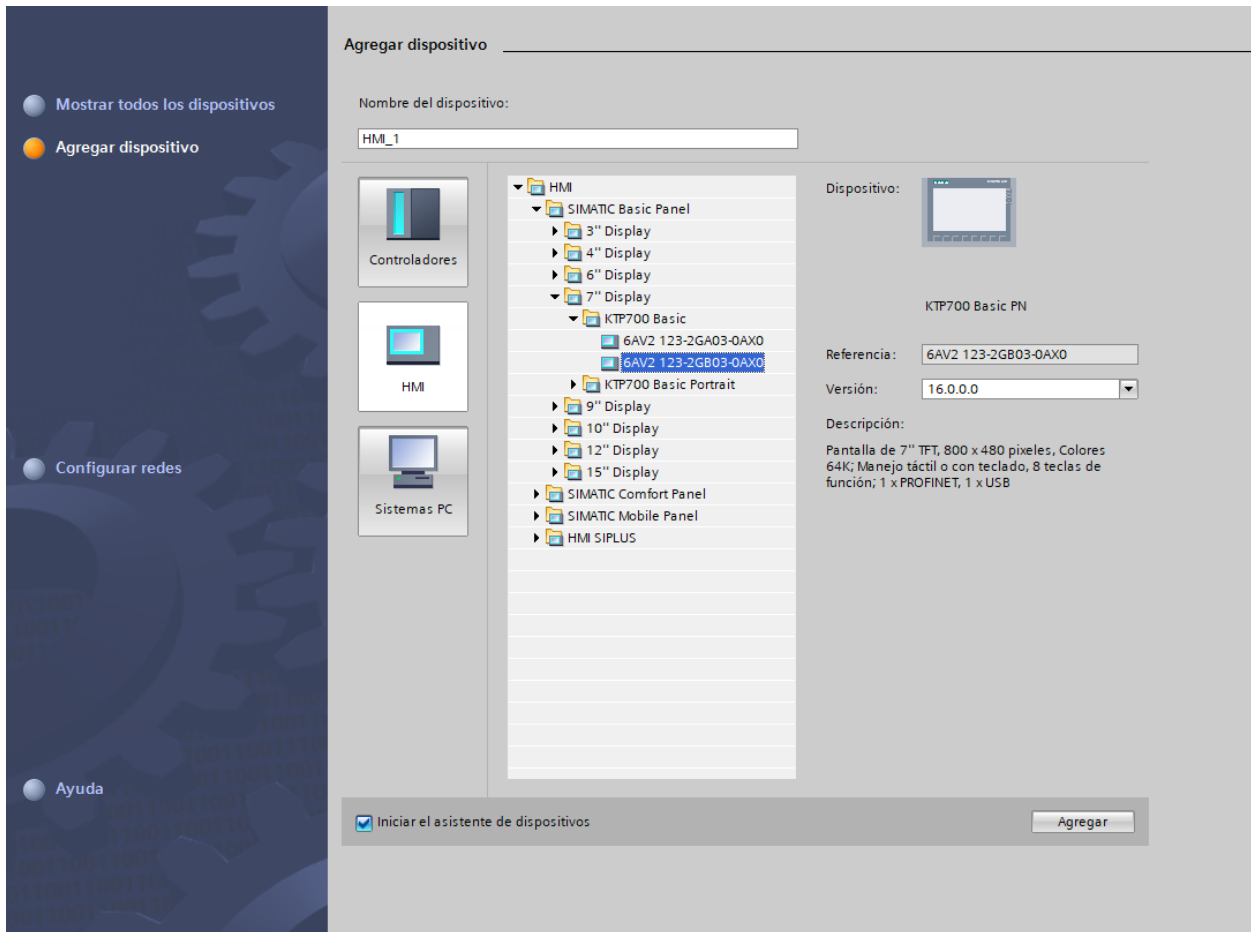


Figura 7.

Asistente de panel HMI KTP700 - Conectado con PLC S7-1200

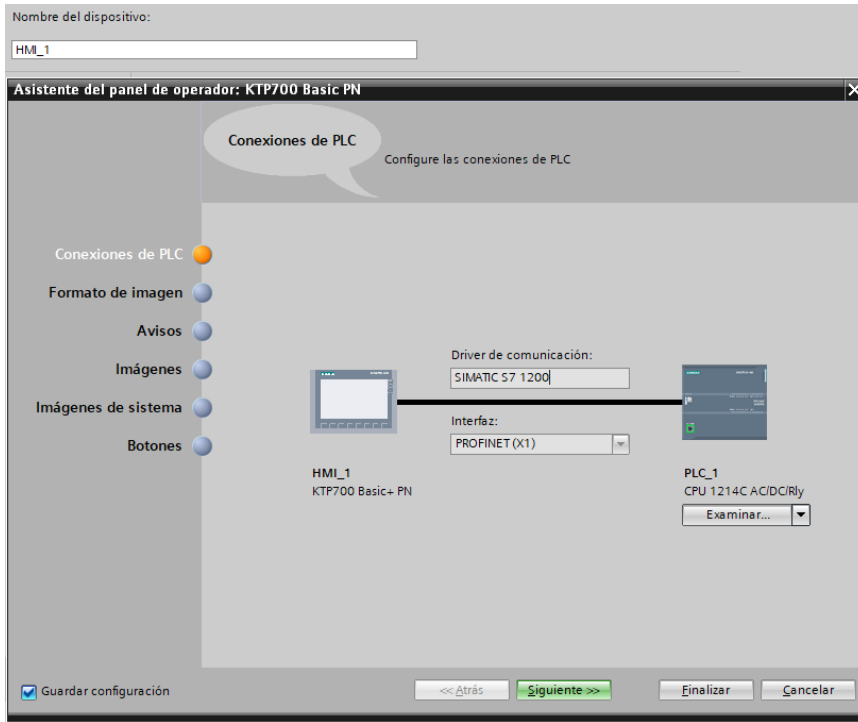


Figura 8.

HMI KTP700 - Formato Imagen

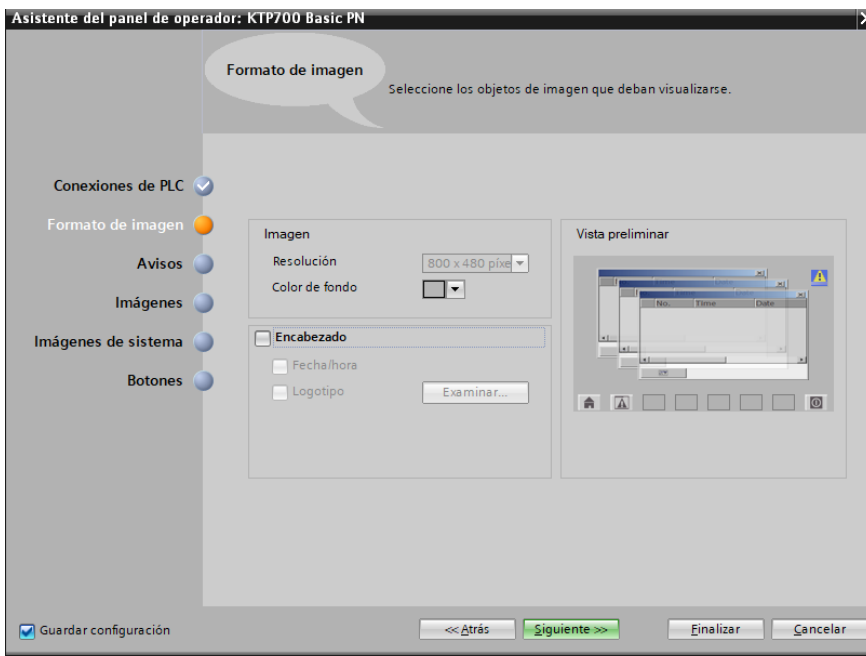
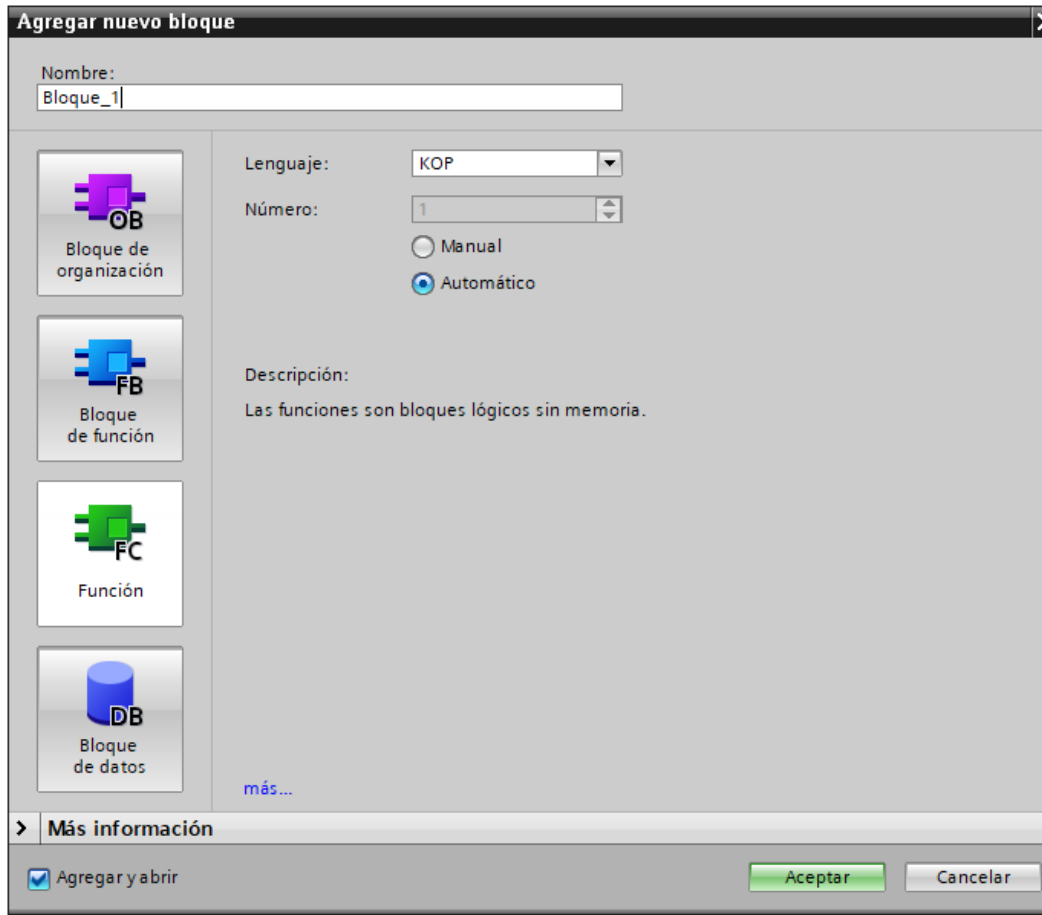


Figura 9.

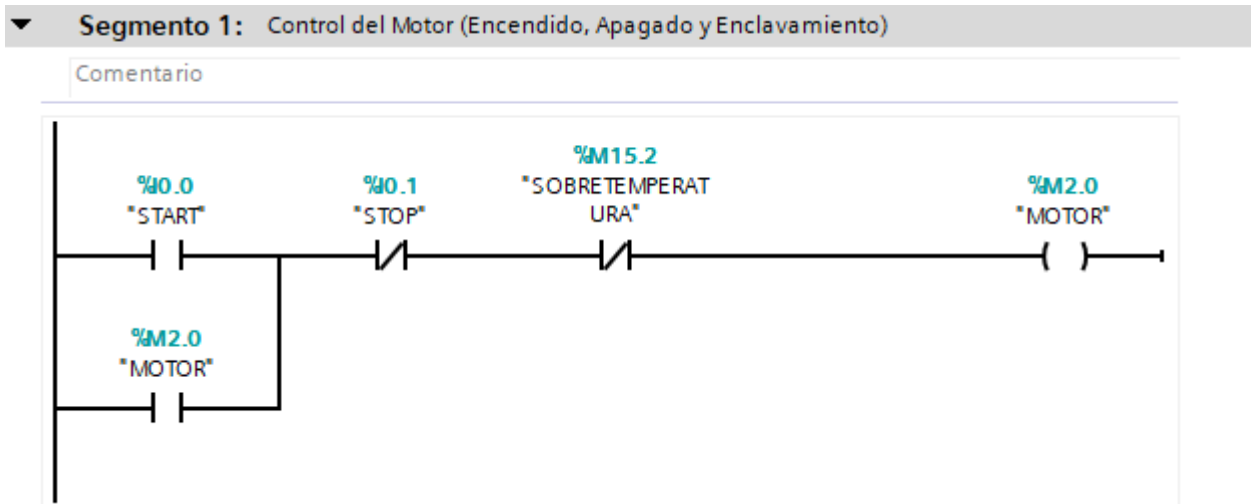
Interfaz “agregar nuevo bloque”



Finalizado este paso, se procedió con la programación del sistema de control en Lenguaje LADDER que consta de 4 segmentos debidamente resumidos y definidos como se muestran desde la figura 10 a la 13.

Figura 10.

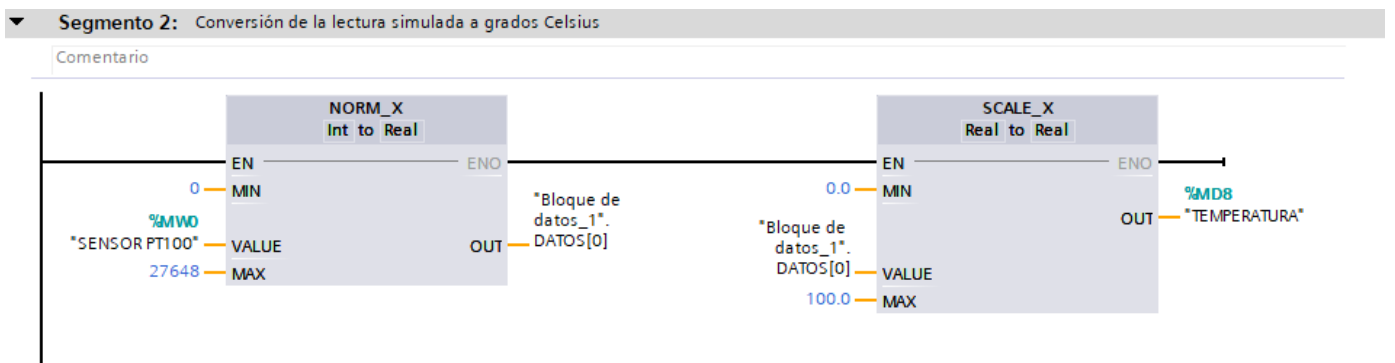
Segmento 1 - Control del Motor (Encendido, Apagado y Enclavamiento)



Este segmento es el centro del control del motor. El motor se encenderá con el botón de START y se mantendrá encendido con un enclavamiento, a menos que se presione el botón de STOP o se active la condición de SOBRETEMPERATURA.

Figura 11.

Segmento 2 - Conversión de la lectura simulada a grados Celsius



Este segmento es fundamental para que la simulación fuera realista. Como no se tiene un sensor real, se usó una variable de memoria (%MW0) para simular la lectura del sensor de temperatura PT100 y lograr la conversión a Grados Celsius donde se visualizó en la variable (%MD8 Temperatura).

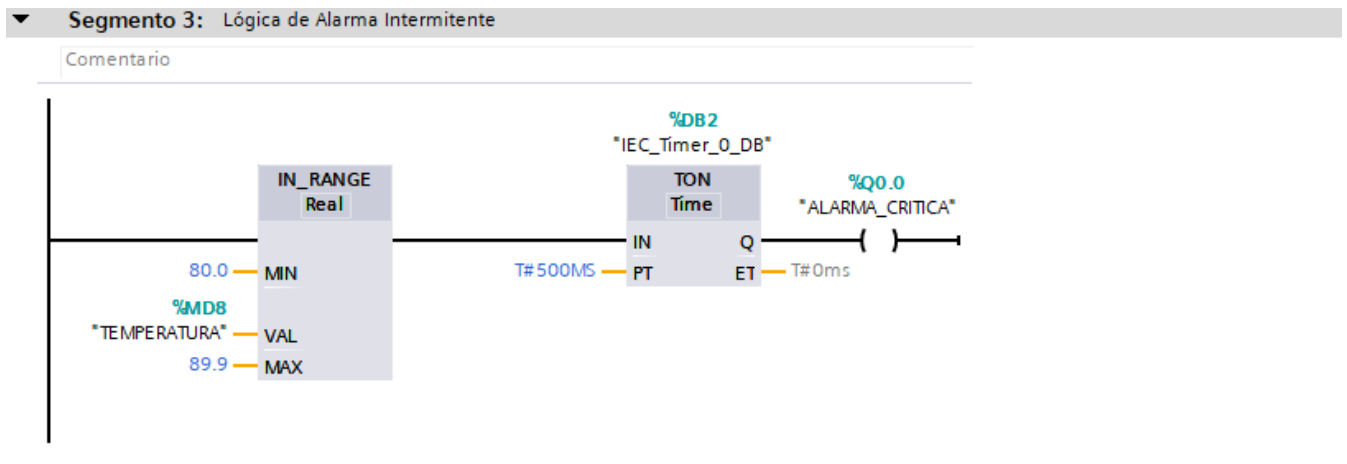
Instrucciones: se usó las instrucciones NORM_X y SCALE_X.

NORM_X: Convierte el valor de entrada (Señal del sensor de temperatura PT100, rango 0 a 27648) a un valor normalizado de 0.0 a 1.0.

SCALE_X: Convierte el valor normalizado a tu rango de salida real (0.0 a 100.0 °C).

Figura 12.

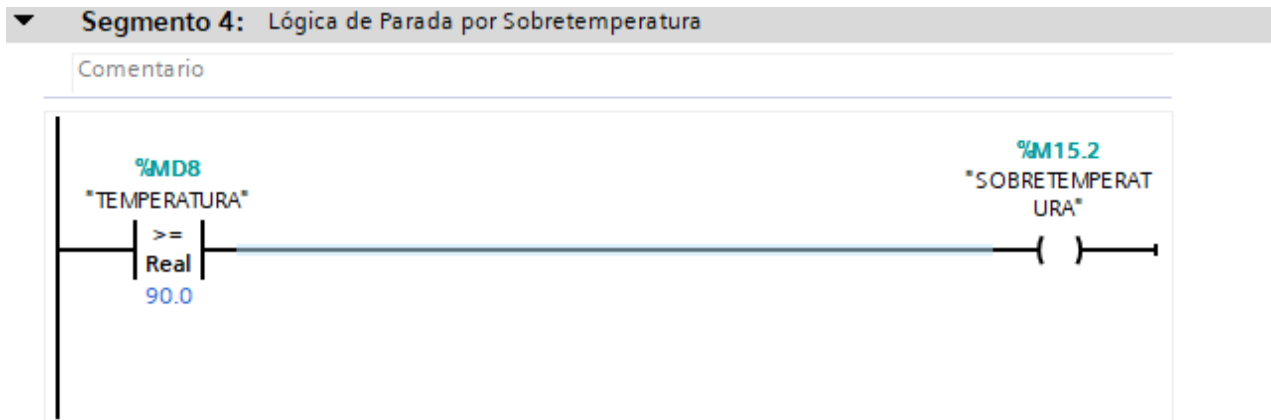
Segmento 3 - Lógica de Alarma Intermitente



Este segmento activa una señal de alarma cuando el motor está en un rango de temperatura elevado. Se usó un comparador IN_RANGE para verificar si la temperatura está entre 80°C y 89°C. Si es así, se activa la bobina Alarma_Critical y un temporizador TON para hacerla parpadear.

Figura 13.

Segmento 4 - Lógica de Parada por Sobre temperatura.



Este segmento es el de seguridad máxima. Se uso un comparador CMP para verificar si la temperatura ha alcanzado o superado los 90°C. Si la condición se cumple, se activa la bobina Sobre temperatura que detendrá el motor en el Segmento 2.

A continuación, se muestra las tablas de variables del PLC en el apartado de tabla de variables. Estas variables simularán las entradas y salidas del sistema de control automatizado de temperatura del motor eléctrico.

Figura 14.

Variables del PLC

Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	SENSOR PT100	Tabla de variabl... Int	%MWO	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	TEMPERATURA	Tabla de variables e. Real	%MD8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	START	Tabla de variables e. Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	STOP	Tabla de variables e. Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	SOBRETEMPERATURA	Tabla de variables e. Bool	%M15.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	ALARMA_CRITICA	Tabla de variables e. Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	MOTOR	Tabla de variables e. Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	<Agregar>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 15.

Bloque de Datos del PLC

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...	Comentario
1	Static		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	DATOS	Array[0..3] of Real	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	DATOS[0]	Real 0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	DATOS[1]	Real 0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	DATOS[2]	Real 0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	DATOS[3]	Real 0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	MOTOR	Array[0..3] o...	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	MOTOR[0]	Bool false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	MOTOR[1]	Bool false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	MOTOR[2]	Bool false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	MOTOR[3]	Bool false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	<Agregar>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

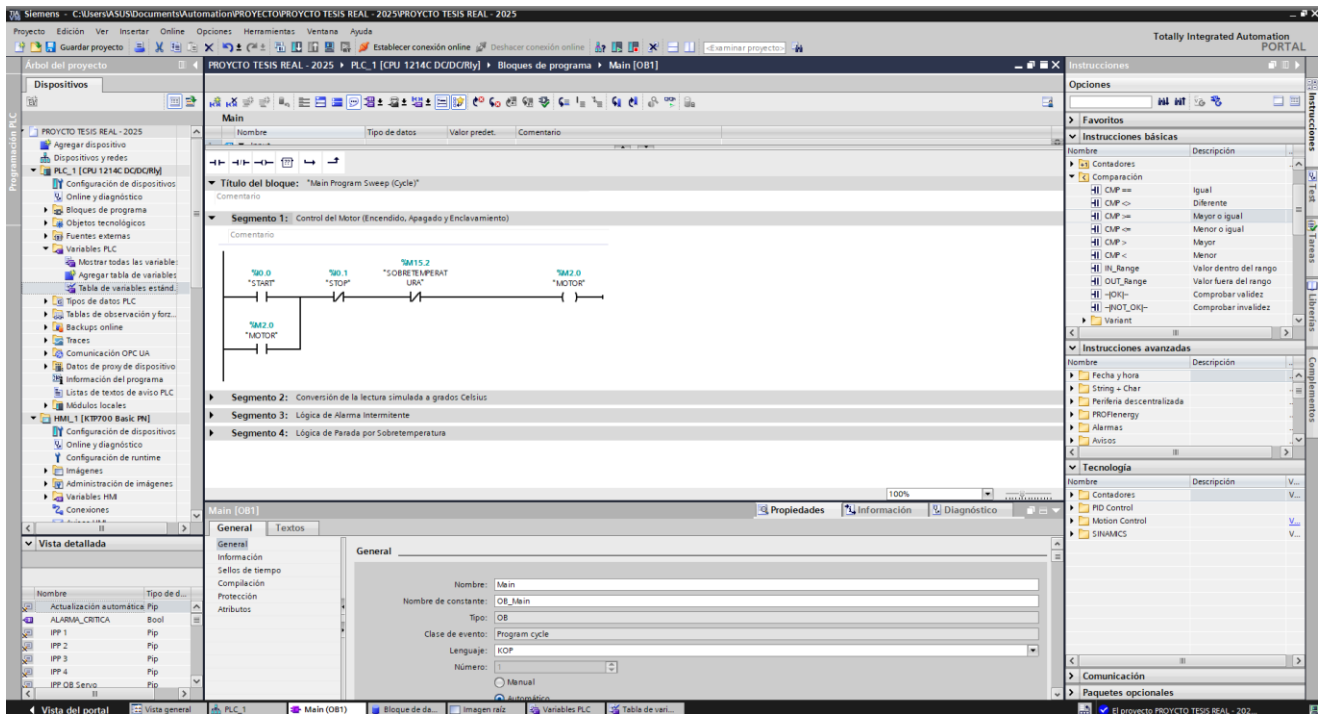
Estas variables y bloques de datos del PLC S7 - 1200 permitieron nombrar, organizar y direccionar los datos y estados del sistema de control de una manera que es fácil de entender y manipular, haciendo que el programa sea legible y escalable. Sin ellas, sería imposible que el PLC, los botones y la HMI se entendieran entre sí.

3.3. Simular el funcionamiento del sistema automatizado mediante TIA Portal y WinCC.

Para el siguiente objetivo se centra en la **interfaz hombre-máquina (HMI)**, un componente esencial para la supervisión y el control del sistema automatizado de temperatura del motor eléctrico del laboratorio de electricidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica – UNJ de forma intuitiva. La implementación de la HMI se llevó a cabo en tres fases técnicas: la integración del dispositivo, el diseño de la interfaz gráfica y la validación mediante simulación.

Figura 16.

Sistema mediante el PLC SIM



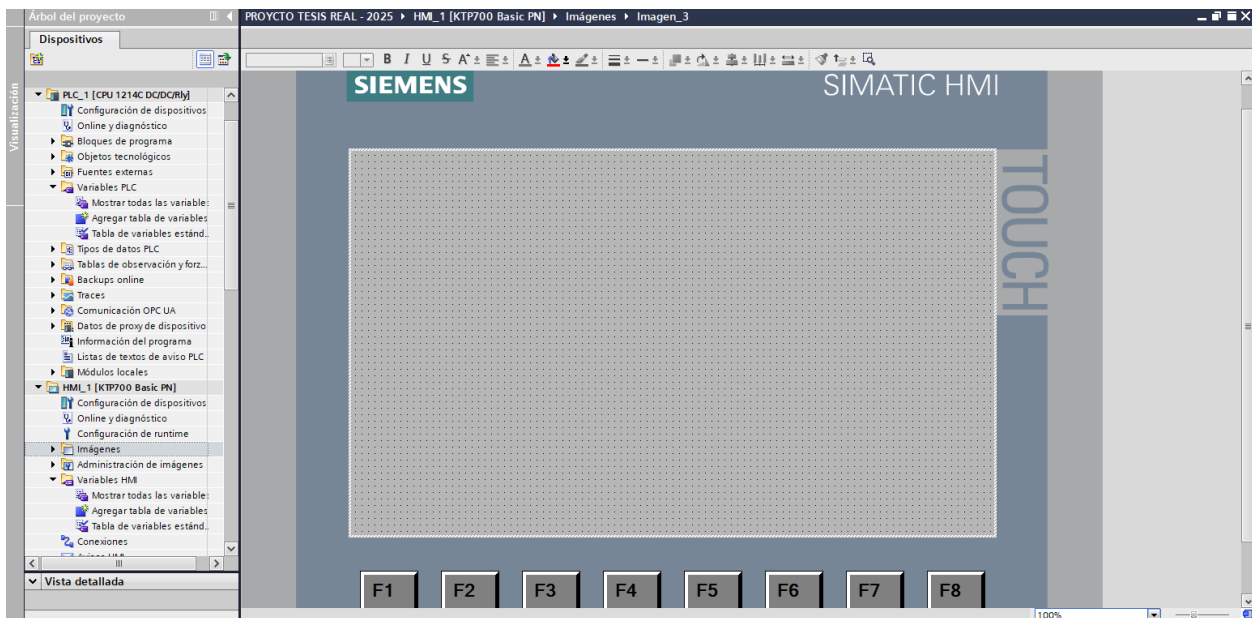
3.3.1. Integración del Dispositivo y Conectividad

3.3.1.1. Incorporación del panel HMI

Se añadió un dispositivo desde el catálogo de hardware del proyecto. Para esta aplicación, se seleccionó un Panel Básico SIMATIC (KTP700 Basic), el cual provee las funcionalidades de visualización necesarias y es compatible con el entorno de simulación.

Figura 17.

Integración del Panel HMI



3.3.1.2. Establecimiento de conexión

Mediante el asistente de configuración, se estableció una conexión directa entre el panel HMI y la CPU del PLC. Esta vinculación permitió el intercambio de datos entre las variables de proceso del PLC y los objetos de la interfaz gráfica de la HMI.

Figura 18.

Conexión entre PLC S7 - 1200 Y Panel HMI (KTP700 Basic PN)

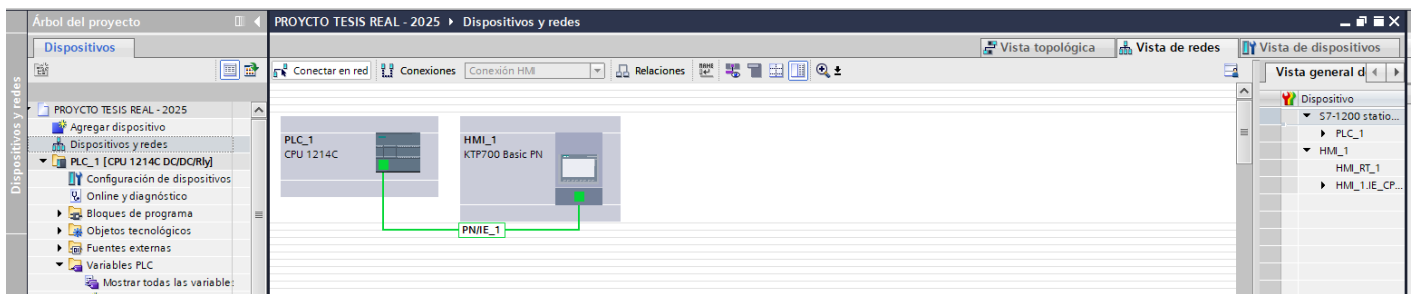


Figura 19.

PLC sin configurar

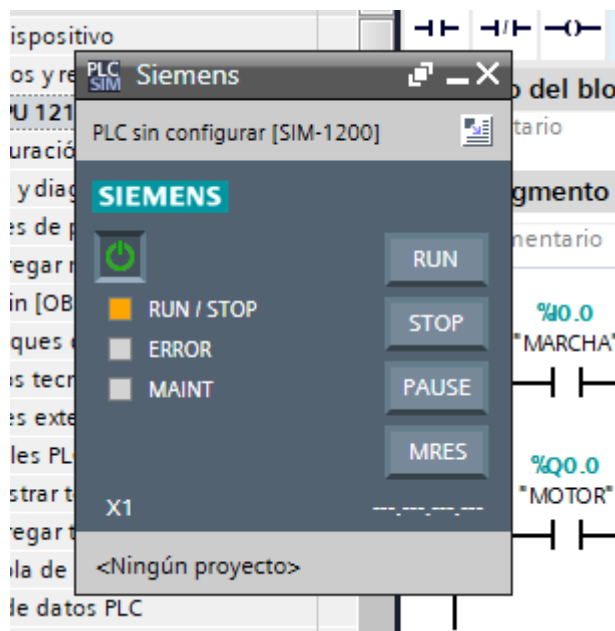


Figura 20.

Conexión entre PC y PLC mediante interfaz PLC SIM

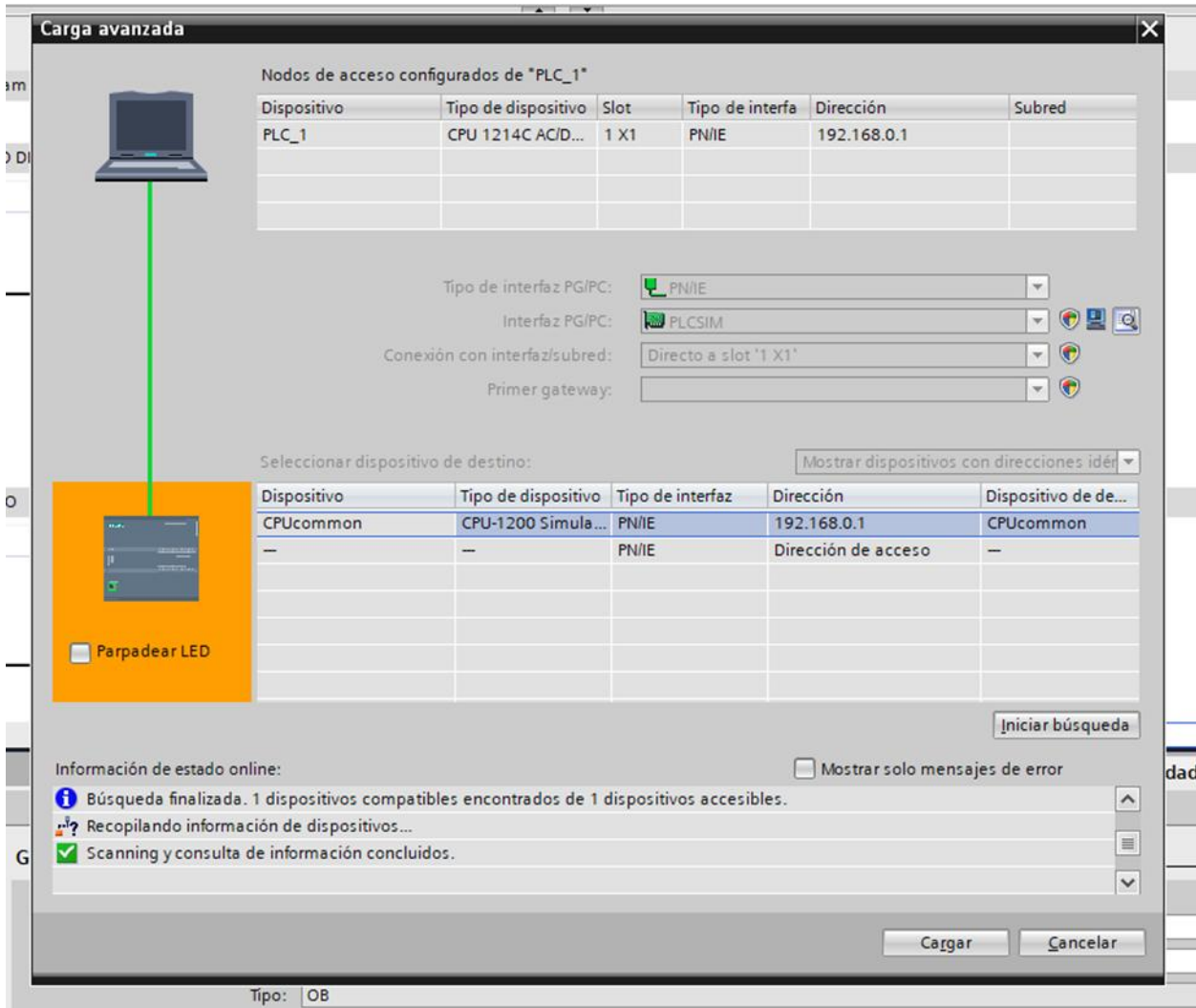


Figura 21.

Carga del bloque del programa al PLC virtual

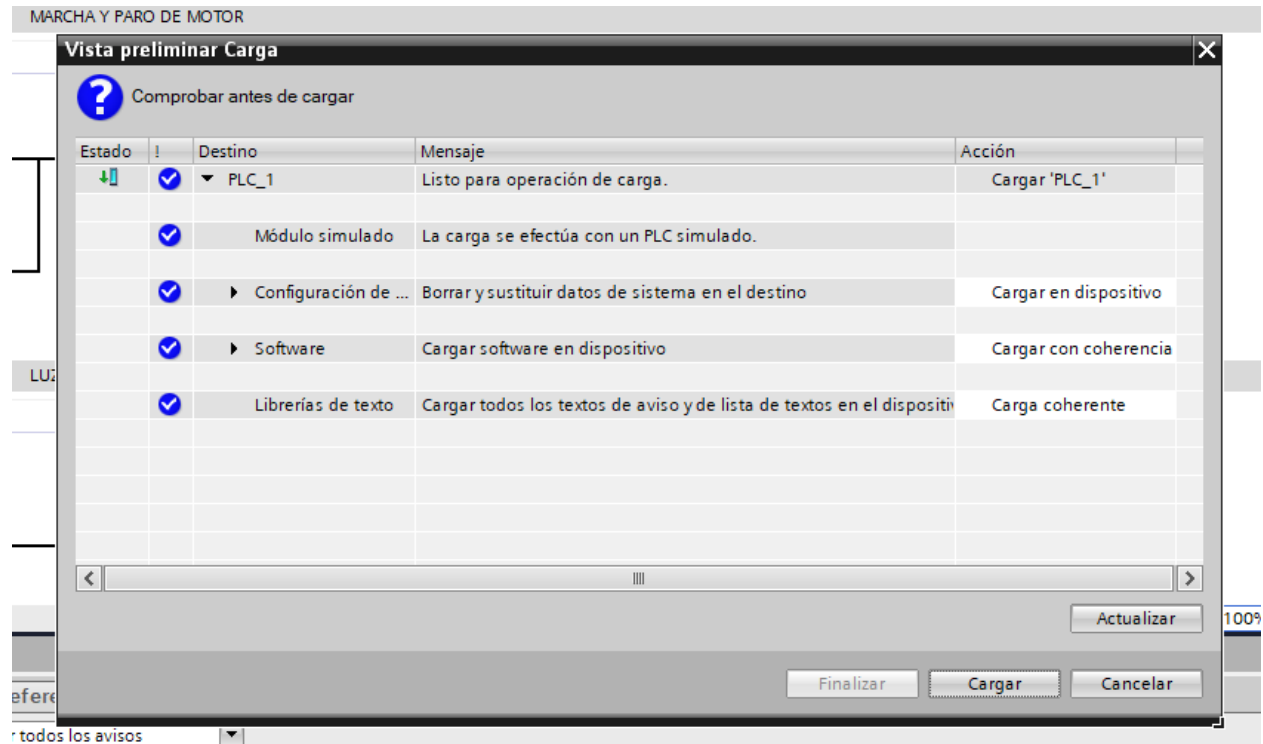
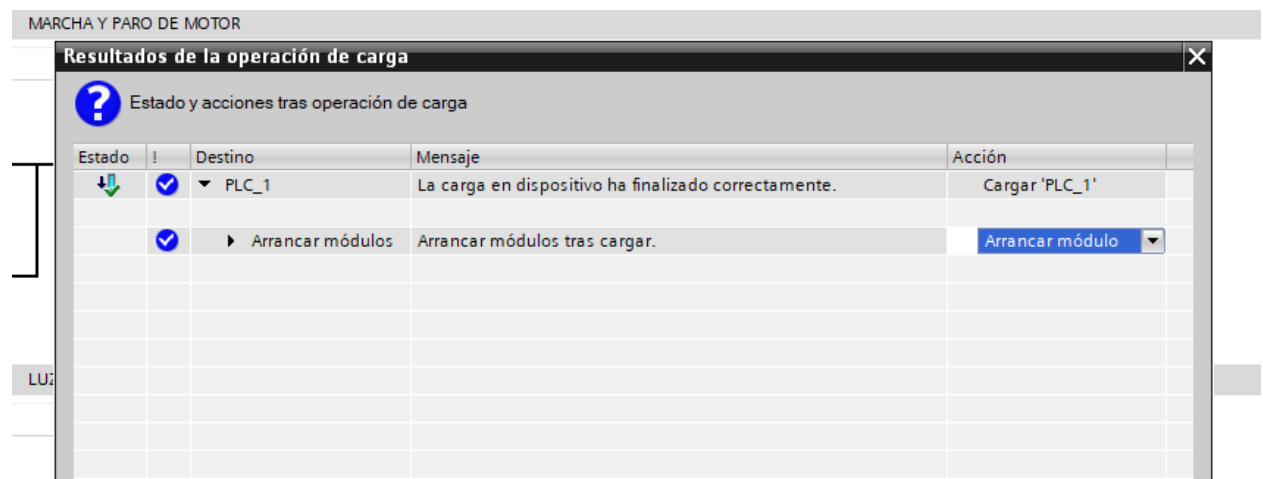


Figura 22.

Arranque de módulos del PLC



3.3.2. Diseño de la Interfaz Gráfica de Usuario

En este punto se enfoca en la claridad operativa, permitiendo al usuario monitorear el estado del motor y las variables de proceso.

3.3.2.1. Elementos de Control

Se implemento los botones de control en la pantalla de inicio. El botón de START se configura con la función vinculada a la variable, mientras que el botón de STOP utiliza la función en la variable.

3.3.2.2. Visualización de Datos

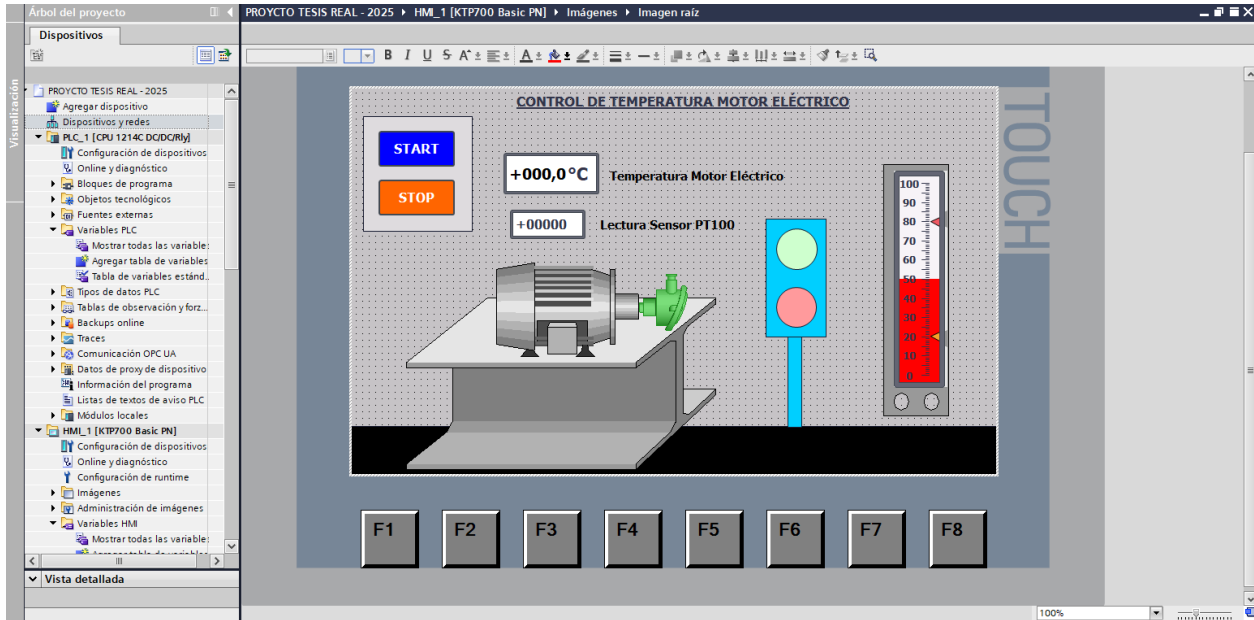
Se insertaron campos de E/S, para la visualización y manipulación de las variables de temperatura. Un campo se asocia a la variable Temperatura real °C para mostrar la temperatura ya escalada y otro, en modo de entrada, se vincula a la variable Sensor Temperatura PT100 para la simulación manual de la señal del sensor.

3.3.2.3. Indicadores de Estado

Se emplearon objetos gráficos (Circulo verde) cuyas propiedades de animación se vinculan a las variables de estado. El estado de Motor_Run se visualiza con un cambio de color, mientras que las condiciones de alerta (Alarma_Critical) y falla (Sobretemperatura) se comunican mediante animaciones de parpadeo y cambios de color distintivos (amarillo y rojo, respectivamente), proporcionando una alerta visual clara al operador.

Figura 23.

Imagen raíz - Interfaz HMI



Nota. Elaboración propia. Se puede visualizar todos los elementos de control, datos y estado, correctamente configurado y en sincronización con el PLC S7 – 1200 virtual.

Figura 24.

Inicio de simulación en la imagen raíz del HMI

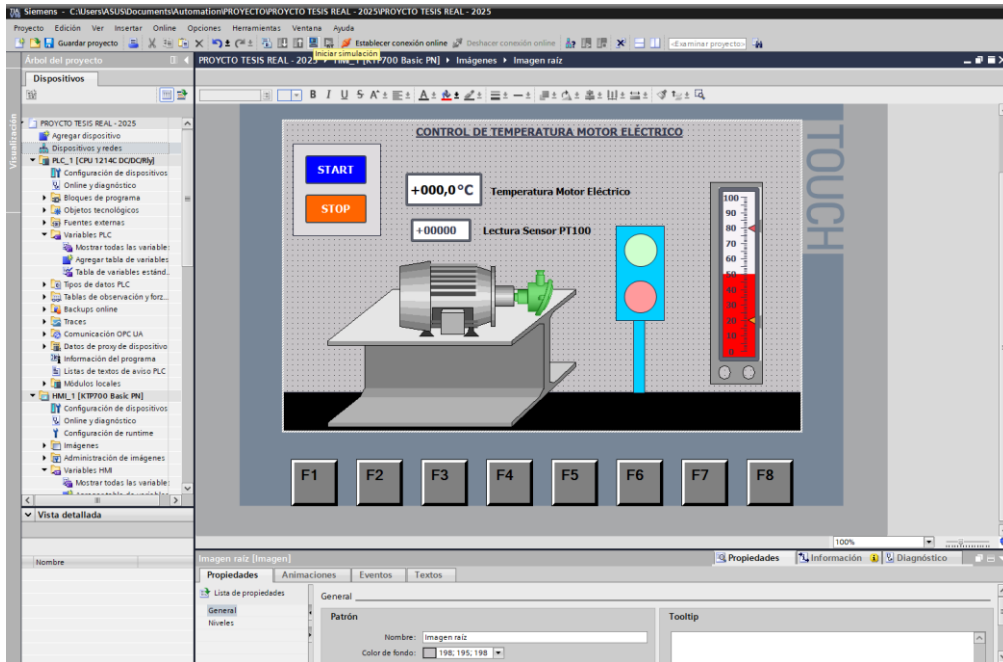
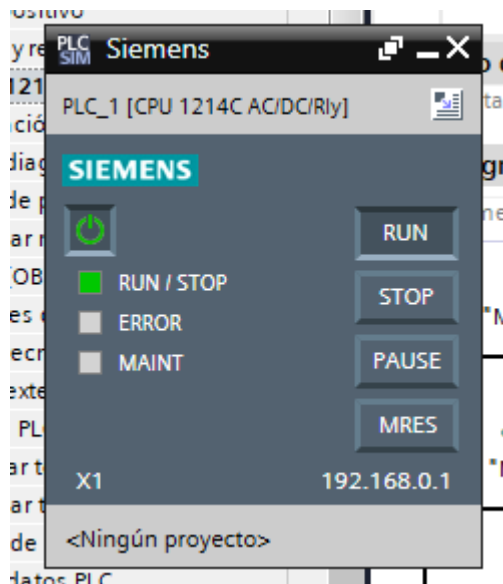


Figura 25.

PLC configurado modo RUN



3.3.3. Simulación y Validación del Sistema

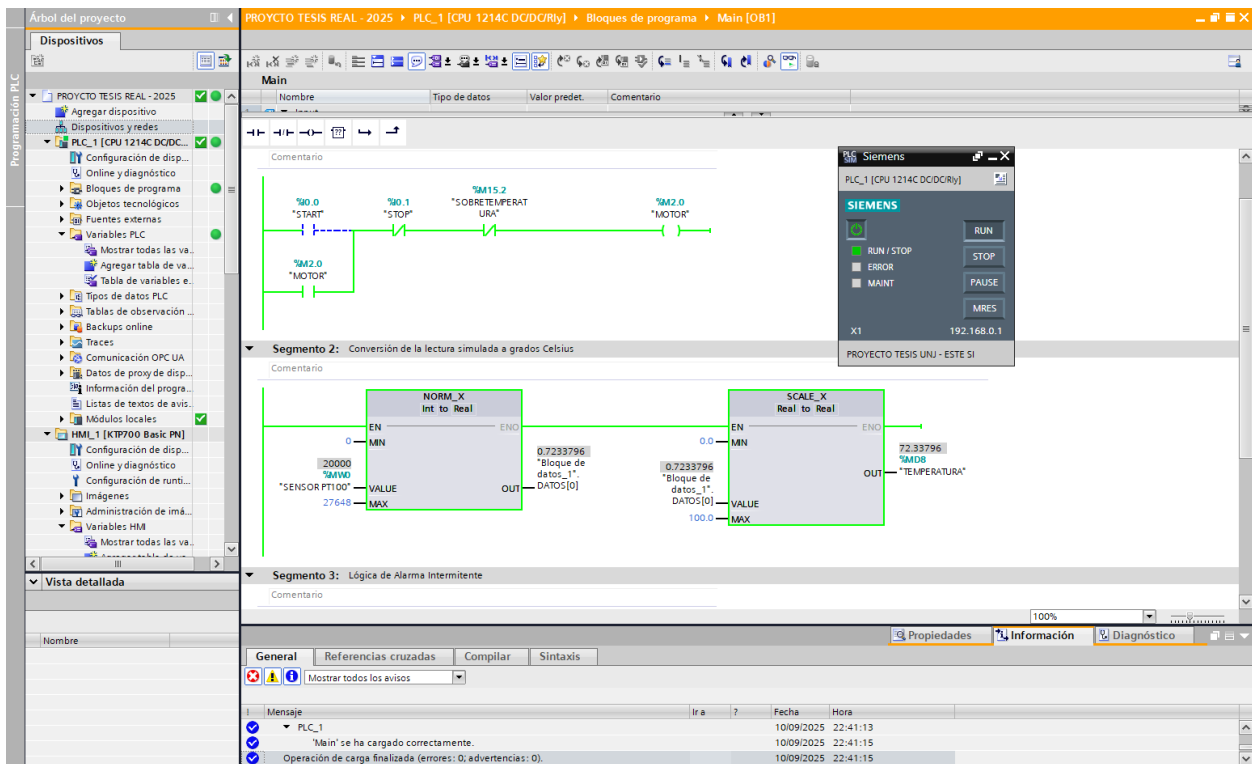
En este paso se validó el comportamiento integrado del sistema PLC y HMI en el entorno virtual.

3.3.3.1. Lanzamiento de la Simulación Integrada

La simulación se inicia de manera secuencial, primero activando el simulador de PLC (PLCSIM).

Figura 26.

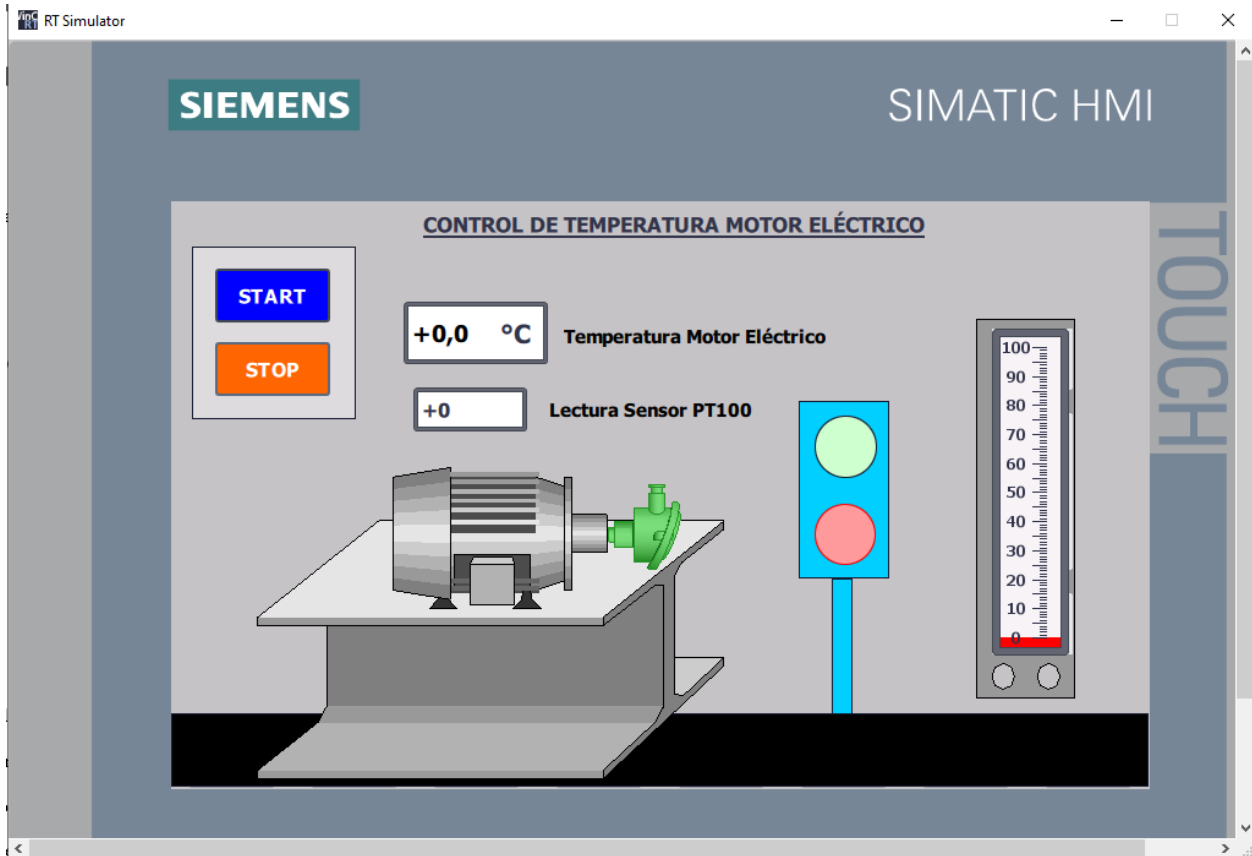
Activación del simulador del PLC SIM



Luego el simulador de la HMI. Esta acción establece la comunicación entre ambos entornos virtuales, reflejando el comportamiento de un sistema físico real.

Figura 27.

SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA - Pantalla HMI

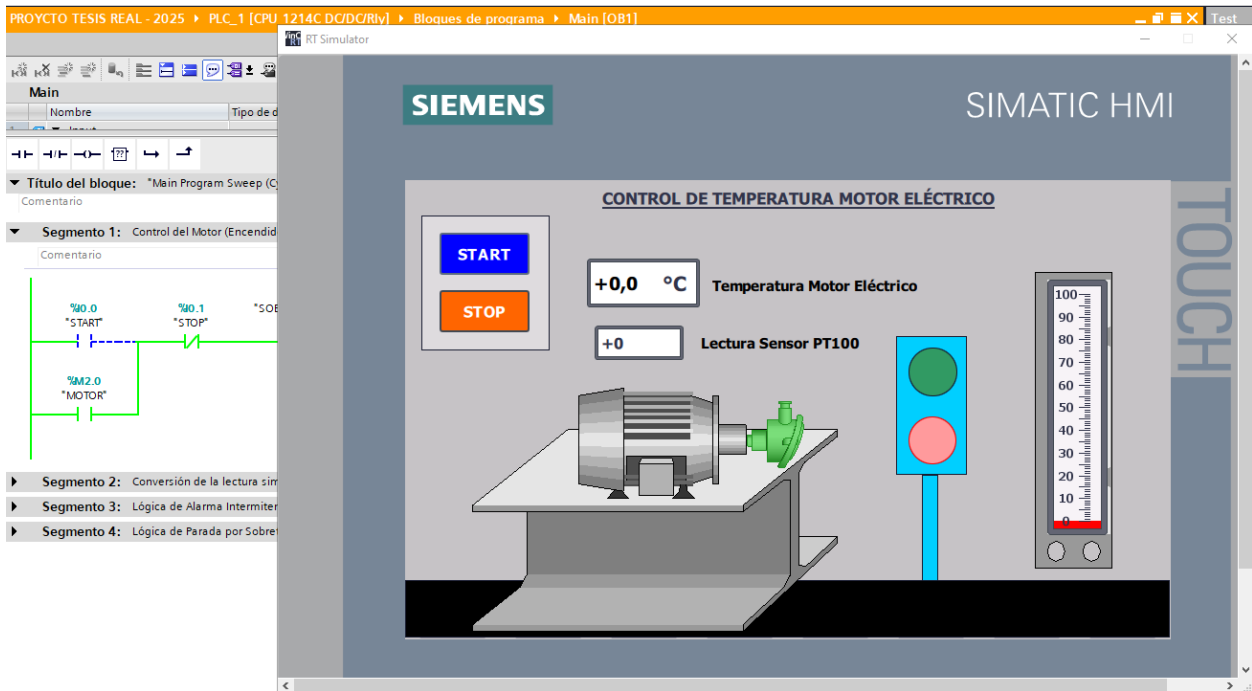


3.3.3.2. Validación Funcional

A través de la interfaz de la HMI, se manipulo las variables de entrada para probar la lógica de control. Se ajustaron los valores de Sensor PT 100 para simular incrementos de temperatura, verificando que el sistema activa las alarmas y detiene el motor automáticamente al alcanzar los umbrales predefinidos. Esto confirmo que el sistema cumple con las especificaciones de diseño y seguridad.

Figura 28.

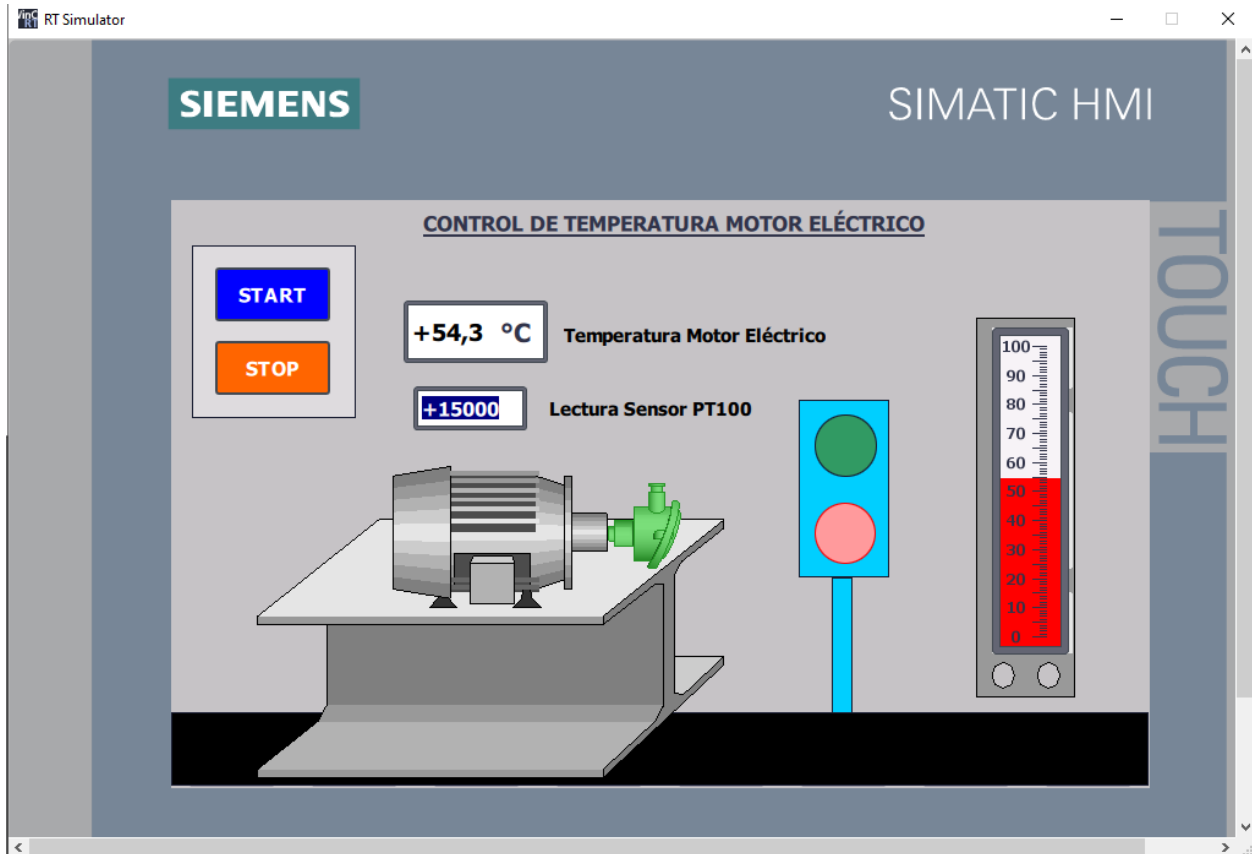
Inicio de la simulación - Encendido de motor (botón color verde)



Después de hacer toda la configuración del PLC y dejarlo en estado RUN, se puso en marcha al sistema en el botón "START". Se observó cómo dio arranque el motor y se pudo visualizar el botón de color verde. Una vez que el motor encendió, se agrega los valores al Sensor PT 100 para dar en tiempo real la temperatura del motor.

Figura 29.

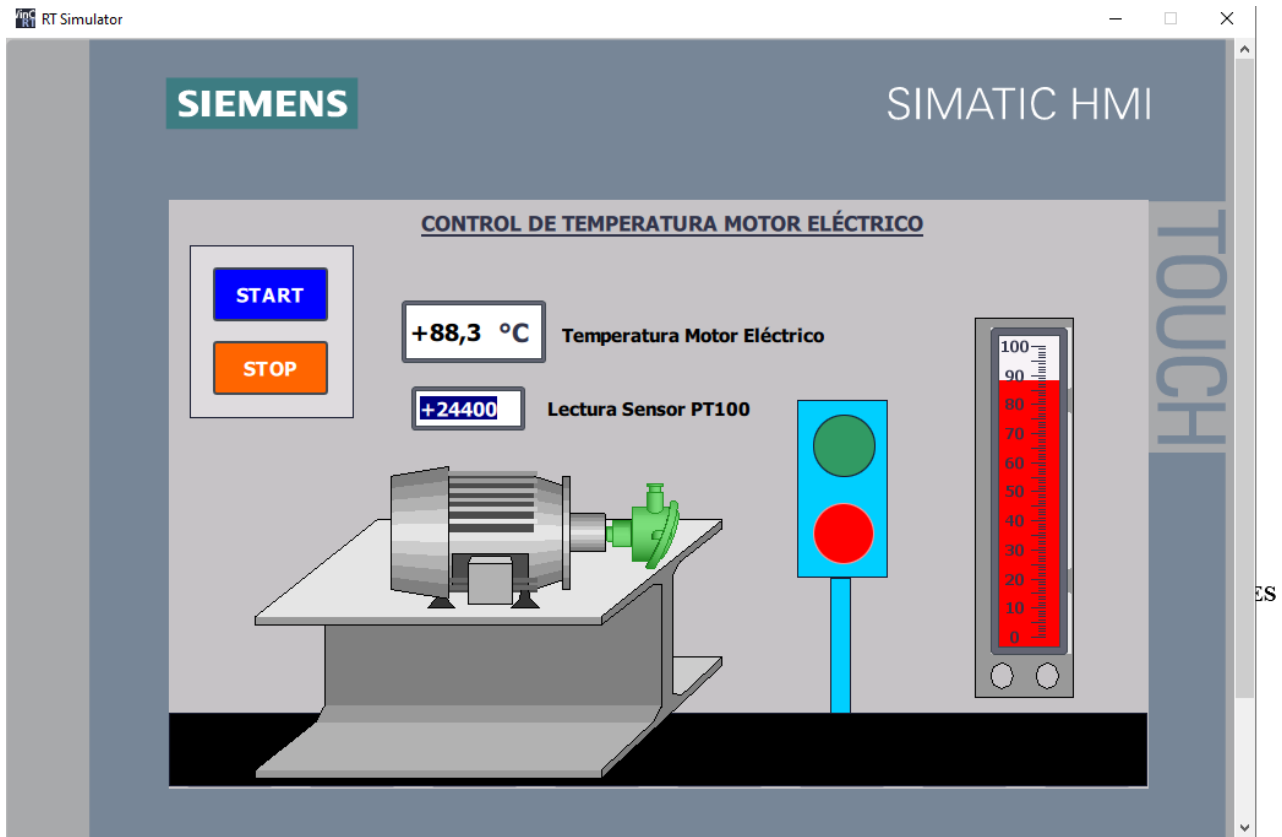
Pantalla HMI - Ingreso de valores al Sensor PT 100



Observamos en la figura 29 que al dar un valor de 15000 en la lectura del sensor PT100 al convertirlo con el lenguaje Ladder de Norm_x y Scale_x otorga una temperatura real del motor de 54.3 °C, lo que se logró entender que el motor está trabajando bajo condiciones normales.

Figura 30.

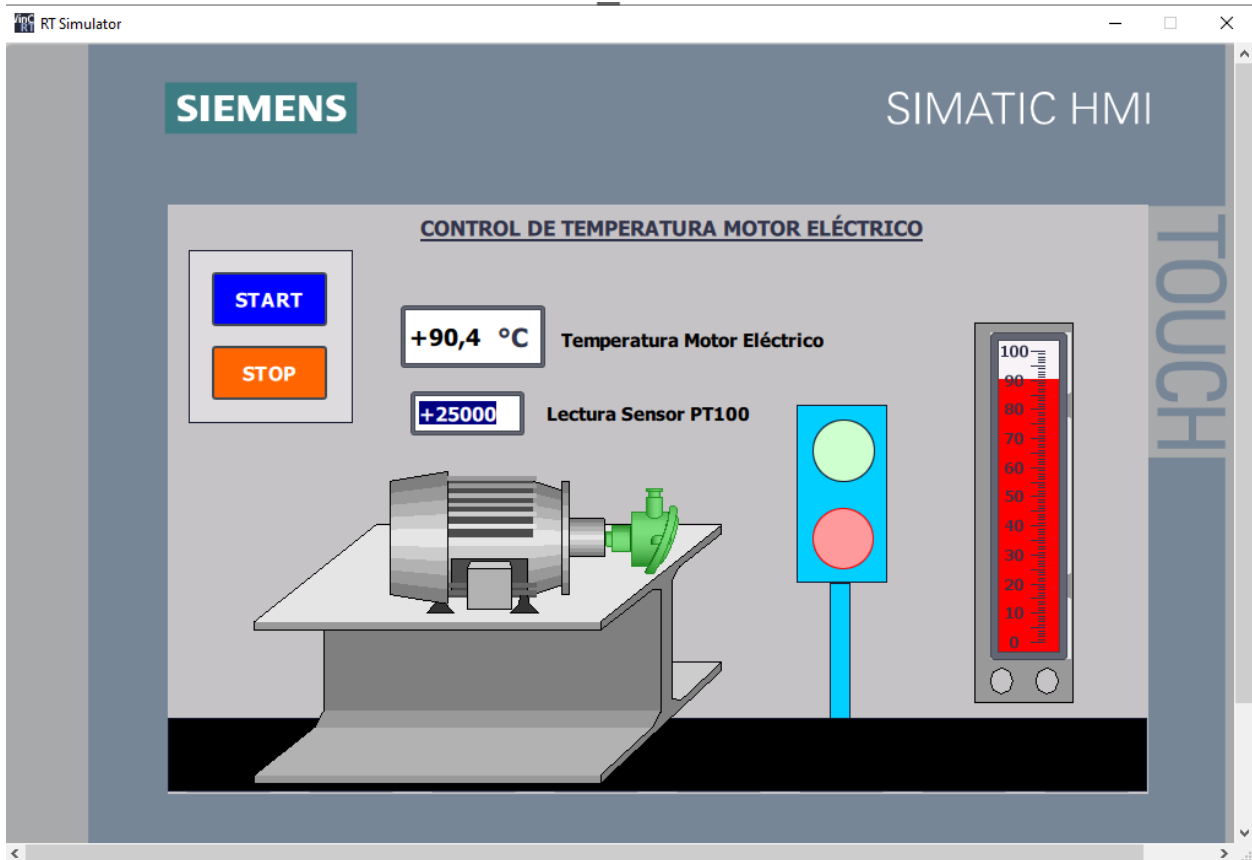
Alarma critica entre rango de temperatura de 80 y 89°C



Al ingresar un valor de 24400 a la entrada analógica del sensor PT100 observamos que la temperatura se elevó a 88.3°C, lo que activó la alarma crítica (botón luz roja) haciéndola parpadear. Esta alarma está programada en los rangos de 80 y 89°C, estos parámetros son netamente del motor para prevenir sobre calentamiento y que el motor falle.

Figura 31.

Parada de motor por sobre temperatura



Podemos observar que cuando la temperatura del motor eléctrico llega a los 90°C, este se desactiva para evitar fallos por sobre temperatura. De esta forma alargamos la vida útil del motor eléctrico del laboratorio de electricidad de EPIME – UNJ.

3.4. Evaluación de los costos de inversión

Llevar a cabo la ejecución de este proyecto para futura implementación, se estimó los costos de inversión teniendo en cuenta los diferentes componentes del sistema automatizado de control de temperatura del motor eléctrico del laboratorio de electricidad de EPIME – UNJ.

Tabla 4.

Costos de inversión

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	PLC S7 - 1200	1	UND	S/. 1,100.00	S/. 1,100.00
1. Componentes del Sistema de Control y Automatización	Modulo SM 1223 s7-1200 8 entradas dc/ 8 salidas rele siemens	1	UND	S/. 600.00	S/. 600.00
	Fuente de Alimentación 24V DC - ABB	1	UND	S/. 918.00	S/. 918.00
	SUB TOTAL 1				S/. 2,618.00
	Motor Eléctrico Trifásico TYPE Y90S-2	1	UND	S/. 800.00	S/. 800.00
2. Componentes de Campo	Sensor de Temperatura Pt100	1	UND	S/. 70.00	S/. 70.00
	Guardamotor 6 a 10 Amp - Schneider	1	UND	S/. 127.00	S/. 127.00
	Contactador trifásico	1	UND	S/. 99.00	S/. 99.00

SUB TOTAL 2					S/. 1,096.00
3. Dispositivos de Interfaz y Señalización	Panel HMI 7"	1	UND	S/. 3,074.00	S/. 3,074.00
	Botón de Arranque	1	UND	S/. 32.00	S/. 32.00
	Botón de Parada	1	UND	S/. 32.00	S/. 32.00
	Luz Estrobo	1	UND	S/. 56.00	S/. 56.00
	Alarma Sonora	1	UND	S/. 45.00	S/. 45.00
	SUB TOTAL 3				
4. Materiales Auxiliares	Cable eléctrico 2.5 mm ² (motor)	30	METROS	S/. 2.05	S/. 61.50
	Cable eléctrico 1.5 mm ² (señales de control)	50	METROS	S/. 1.60	S/. 80.00
	Gabinete Industrial (NEMA 12)	1	UND	S/. 130.00	S/. 130.00
	Riel DIN	2	UND	S/. 20.00	S/. 40.00
	Canaletas	1	UND	S/. 9.90	S/. 9.90
	Bornes de Conexión	4	UND	S/. 1.70	S/. 6.80
	SUB TOTAL 4				
5. Mano de obra	Instalación del PLC	1	UND	S/. 2,000.00	S/. 2,000.00
	Instalación eléctrica del sistema	1	UND	S/. 800.00	S/. 800.00
	Personal encargado	1	UND	S/. 1,130.00	S/. 1,130.00
SUB TOTAL 5					S/. 3,930.00

TOTAL	S/. 11,211.00
IMPREVISTOS (10% del total)	S/. 1,121.10
TOTAL + IMPREVISTOS	S/. 12,332.10

Nota. Elaboración propia. En los costos indicados consideran el impuesto general a las ventas y

los gastos de transporte desde los puntos de compra al destino Universidad Nacional de Jaén.

IV. DISCUSIÓN

La propuesta de un sistema de control de temperatura de motor eléctrico para laboratorio de electricidad de EPÍME – UNJ, ha identificado una falta de control y seguimiento adecuado del motor eléctrico, lo que impide realizar un uso adecuado de este componente por fallas de sobre temperatura. Se determinó que, al ser un motor de inducción trifásico de 2 HP y dos polos, presenta condiciones de operación que emite una mayor generación de calor, especialmente en cargas máximas o prolongadas. A partir de la clase de aislamiento B se definió un límite térmico de 130 °C calculado con base en la norma IEC 60085, lo que permitió fijar umbrales de alerta (≥ 80 °C) y de parada crítica ($= 90$ °C), implementados en la lógica de control del PLC, lo cual constituye un aporte práctico para la lógica de programación en el PLC.

En condiciones nominales, el motor opera de manera estable a una velocidad de 3410 rpm. Sin embargo, el análisis del comportamiento térmico muestra que, al carecer de un sistema de enfriamiento forzado, la temperatura interna aumenta de forma progresiva en función de la carga y el tiempo de uso. Bajo cargas variables en el laboratorio de electricidad, donde el motor se emplea en prácticas de automatización y control, se generan picos térmicos que pueden acercarse al límite de su aislamiento, con el riesgo de degradación acelerada cuando se superan los 90 °C.

Los resultados coinciden con lo reportado por (Huaranga 2020), quien diseñó un sistema de control de temperatura en motores de bombeo, determinando rangos de operación a partir de los límites del aislamiento eléctrico. De igual manera, (Solís 2019), señala que la identificación de los parámetros térmicos es indispensable para configurar adecuadamente un sistema PID de control de temperatura. En ambos casos, la delimitación de los umbrales de seguridad fue un factor clave para garantizar la protección del motor, lo que se alinea directamente con lo desarrollado en esta investigación.

El diseño de la lógica de control en TIA Portal demostró que es posible programar un sistema automatizado capaz de responder de manera escalonada ante condiciones de sobrecalentamiento del motor eléctrico. La programación en lenguaje LADDER permitió integrar funciones de encendido, conversión de señales simuladas, activación de alarmas y parada de emergencia, asegurando un control seguro y replicable en un entorno virtual. La inclusión del HMI KTP700 mejoró la interacción operador-sistema, facilitando la supervisión de variables críticas. En la investigación (Auqui y Farez 2024), quienes también resaltaron la relevancia del PLC S7-1200 como núcleo de procesamiento para el monitoreo de condiciones críticas en motores eléctricos. Además, en (Huacho 2022) también destacan el control basado en PLC para proteger equipos frente a riesgos térmicos. Sin embargo, la presente investigación introduce un aporte innovador al establecer umbrales diferenciados (alarma y parada crítica), lo que mejora la capacidad preventiva del sistema.

Los resultados obtenidos en este proceso de simulación, que demostraron la capacidad del sistema para responder adecuadamente a cambios de temperatura, se alinean con los hallazgos de (Solís 2019), cuya investigación también se centró en el control de la temperatura de un motor eléctrico, obteniendo como resultado una interfaz que permitió la visualización en tiempo real de la temperatura para asegurar un funcionamiento óptimo. Los estudios concuerdan en que la visualización de datos es esencial para validar la funcionalidad del sistema y asegurar que los objetivos de control sean cumplidos con eficiencia y precisión.

Estos antecedentes muestran que la adopción de un sistema de control de temperatura brinda respaldo, es una estrategia efectiva para alargarla vida útil del motor eléctrico del laboratorio de electricidad de EPIME - UNJ, con beneficios de operatividad del motor eléctrico.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se identificó los parámetros técnicos y térmicos del motor eléctrico TYPE Y90S-2 permitió establecer criterios de control de temperatura que sustentan el diseño de un sistema automatizado de protección térmica en entornos de simulación. Este enfoque constituye un aporte relevante al demostrar que, aun sin componentes físicos, es posible anticipar escenarios de sobrecalentamiento y diseñar respuestas lógicas mediante PLC, lo que fortalece la seguridad y confiabilidad operativa del equipo. Para la industria, esta propuesta implica una alternativa de bajo costo y alta replicabilidad y en la mejora de procesos donde el monitoreo de temperatura resulta crítico para prolongar la vida útil de motores y reducir costos de mantenimiento.
- Se realizó la implementación de la lógica de control en TIA Portal, esto evidenció que el uso de un PLC Siemens S7-1200, programado en lenguaje ladder y estructurado de forma modular, es una alternativa eficiente para el monitoreo y protección térmica de motores eléctricos. La inclusión de comparadores, enclavamientos y bloques de regulación garantizó una respuesta confiable ante variaciones de temperatura y condiciones críticas de operación.
- La simulación del sistema automatizado en un entorno virtual confirmó la viabilidad del diseño propuesto. El uso de PLCSIM y WinCC permitió validar la lógica de control, optimizar el proceso de depuración y mejorar la experiencia de visualización a través de la interfaz HMI, lo que incrementa el valor didáctico del proyecto en contextos académicos y formativos.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un proceso de calibración del sensor Pt100 y verificar periódicamente su exactitud frente a un patrón de referencia, ya que una lectura imprecisa puede comprometer la eficacia del sistema de control y la activación de alarmas.
- Además de la lógica programada en el PLC, se recomienda integrar protecciones físicas externas (como relés térmicos o disyuntores electrónicos) para aumentar la seguridad del sistema y evitar fallas en caso de error del software TIA Portal.
- Se sugiere ajustar los parámetros de ganancia proporcional, integral y derivativa del bloque PID_Compact en TIA Portal mediante pruebas controladas, con el fin de mejorar la estabilidad de la respuesta térmica y evitar oscilaciones o retardos innecesarios en la regulación.
- Se recomienda expandir el sistema de monitoreo para incluir la medición de variables adicionales, como la vibración y la corriente eléctrica. La correlación de estos datos con la temperatura podría proporcionar un diagnóstico predictivo más completo, permitiendo la detección de fallas mecánicas o eléctricas.
- Se recomienda que en investigaciones futuras se realice una validación experimental del sistema en condiciones reales de operación, a fin de contrastar la efectividad del modelo propuesto y ampliar su aplicabilidad práctica.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arispe, C., Yangali, J., Guerrero, M., Lozada, O., Acuña, L., & Arellano, C. (2020). La investigación científica. Universidad Internacional del Ecuador.
- Auqui, C., & Farez C. (2024). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo IOT de temperatura y vibración para protección de motores eléctricos* [Tesis de Titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional . Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/29087>
- Edipesa. (2025, marzo 15). Motor eléctrico 2HP 3600RPM. <https://www.edipesa.com.pe/tienda/motores/motor-electrico-2hp-3600rpm-detalle>
- Farina, A. (2018). *Motores eléctricos trifásicos: Usos, componentes y funcionamiento*. Ingeniería Eléctrica.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación (6.ª ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Huacho, W. (2022). *Diseño de un módulo de control basado en plataforma IOT para el monitoreo remoto de motores de inducción de baja potencia. Huancayo – 2022* [Tesis de titulación, Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12585>
- Huaranga, R. (2020). *Diseño de un sistema de control para el monitoreo de la temperatura de un motor de bomba de agua de 0.75 kW* [Tesis de Titulación, Universidad Continental]. Repositorio Institucional. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7328/3/IV_FIN_109_TE_Huaranga_Camargo_2020.pdf

- IEC, 6. (2007). STANDARS, INTERNATIONAL. *Geneva: International electrotechnical commission.*
- Llanque, J. (2023). *Diseño de un sistema de control de temperatura y humedad en la zona de extrusión del proceso de la línea Anderson-Naltech S.A.C* [Tesis de titulación, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/8431>
- Manzo, A. (2022). *Monitoreo de vibración, temperatura y corriente en motor eléctrico* [Tesis de Titulación, Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/5346>
- Manzo, A. (2022). *Monitoreo de vibración, temperatura y corriente en motor eléctrico* [Tesis de titulación, Instituto Tecnológico Superior del Sur de Guanajuato]. Repositorio Institucional. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/5346>
- Oswaldo, C. (2010). *Prevención de las fallas de los motores trifásicos de inducción mediante una adecuada selección.* Tecnología en Marcha, 23(3), 78–93.
- Pincolini, E. (2021). *Recomendaciones para el ahorro de energía en motores eléctricos.* ABB Motion Services.
- Quirós, A. (2023). *Sistema de monitoreo inteligente para motores completamente operativos.* Tecnología en Marcha, 36(1), 29–34.
- Sanjuán, D. (2011). *La observación, método clínico.* UNAM.
- Sanjuán, L. (2011). *La observacion, método clinico .* Ciudad de Mexico: UNAM.

Solís, C. (2019). *Diseño de un sistema de control de temperatura de un horno, utilizado para el secado de barniz aislante* [Tesis de titulación, Universidad Tecnológica del Perú].

<https://hdl.handle.net/20.500.12867/2398>

Stephen, M. (2022, octubre 12). *Investigación en extensión de vida de motores eléctricos controlando el impacto del medio ambiente a través del empleo del efecto Peltier*.

Energies, 15(2076). <https://doi.org/10.3390/en15207659>

Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral (Sunafil). (2021). *Informe sobre la situación de los motores eléctricos en la industria peruana*. Gobierno del Perú.

Whitelegg. (2023). *Sobrecalentamiento de motores eléctricos: Una causa raíz de fallo de aislamiento*. [https://www.whitelegg.com/case-studies/overheating-electric-motors-one](https://www.whitelegg.com/case-studies/overheating-electric-motors-one-root-cause-of-insulation-failure)

[root-cause-of-insulation-failure](https://www.whitelegg.com/case-studies/overheating-electric-motors-one-root-cause-of-insulation-failure)

AGRADECIMIENTO

Mi infinita gratitud con Dios, que, con su infinito amor y bendiciones me ha sido de fortaleza para poder seguir adelante en esta etapa universitaria.

A mi asesor de tesis, por su valiosa orientación, paciencia y dedicación en cada etapa del desarrollo de este trabajo. Sus aportes académicos, correcciones y sugerencias han sido fundamentales para alcanzar los objetivos planteados, así como para enriquecer mi formación profesional.

Extiendo mi gratitud a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén, quienes a lo largo de estos años compartieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo a mi crecimiento académico y personal. Cada curso, cada consejo y cada exigencia fueron pilares que me impulsaron a dar lo mejor de mí en este proceso formativo.

De manera especial, agradezco a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, no solo por brindarme la oportunidad de formarme como profesional, sino también por proporcionarme los espacios, recursos y apoyo necesarios para llevar a cabo esta investigación.

DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento y amor, dedico este trabajo a quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza a lo largo de este camino.

A mis padres, Hipolito y Yensi, por su sacrificio incondicional, su ejemplo de esfuerzo y perseverancia, y por haberme enseñado que la educación es la llave para abrir las puertas del futuro. Gracias por estar presentes en cada etapa de mi vida, por alentarme a seguir adelante aun en los momentos de mayor dificultad, y por confiar en mis capacidades incluso cuando yo dudaba de mí mismo. Este logro es también suyo, pues sin su apoyo y guía constante no habría sido posible.

A mis abuelos, Noly y José, que hoy me acompañan desde el cielo, les dedico cada página de esta tesis como un homenaje a su memoria y a las enseñanzas que dejaron en mi vida. Aunque ya no estén físicamente, siento su presencia en cada paso que doy, recordándome la importancia de la humildad, la fe y la esperanza.

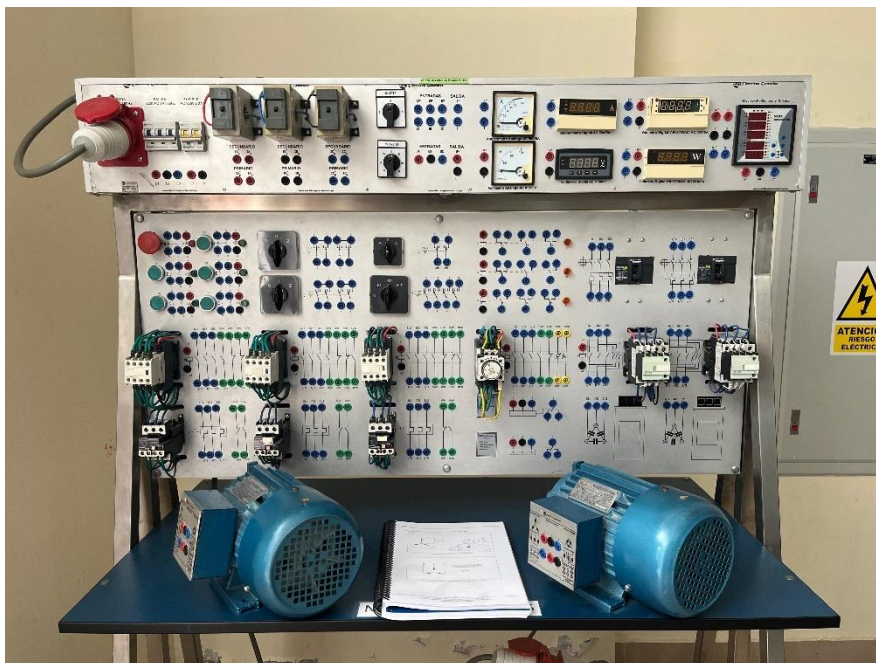
A ustedes, que han sido mi raíz y mi motivación, les ofrezco este trabajo con la convicción de que sus esfuerzos y sacrificios se ven reflejados en este logro académico.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones técnicas Motor eléctrico trifásico TYPE Y90S.



Anexo 2. Panel electrónico programable



Anexo 3. Realización de pruebas



Anexo 4. Supervisión de asesor de tesis



Anexo 5. Especificaciones técnicas del PLC S7 - 1200 Siemens

SIEMENS

Hoja de datos

6ES7212-1AE40-0XB0



Figura similar

SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, CPU compacta, DC/DC/DC, I/O integrada: 8 DI DC 24V; 6 DO 24V DC; 2 AI 0-10V DC, alimentación: DC 20,4-28,8V DC, Memoria de programas/datos 75 KB

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1212C DC/DC/DC
Versión de firmware	V4.5
Ingeniería con	
<ul style="list-style-type: none"> Paquete de programación 	STEP 7 V17 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
<ul style="list-style-type: none"> 24 V DC 	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Protección contra inversión de polaridad	Sí
Tensión de carga L+	
<ul style="list-style-type: none"> Valor nominal (DC) Rango admisible, límite inferior (DC) Rango admisible, límite superior (DC) 	24 V 20,4 V 28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	400 mA; Solo CPU
Consumo, máx.	1 200 mA; CPU con todos los módulos de ampliación
Intensidad de cierre, máx.	12 A; con 28,8 V DC
I ² t	0,5 A ² ·s
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 000 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
<ul style="list-style-type: none"> 24 V 	L+ menos 4 V DC mín.
Pérdidas	
Pérdidas, tp.	9 W
Memoria	
Memoria de trabajo	
<ul style="list-style-type: none"> integrada 	75 kbyte
Memoria de carga	
<ul style="list-style-type: none"> integrada enchufable (SIMATIC Memory Card), máx. 	2 Mbyte con SIMATIC Memory Card
Respaldo	
<ul style="list-style-type: none"> existente libre de mantenimiento sin pila 	Sí Sí Sí
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones de bits, tp.	0,08 µs; /instrucción

Anexo 6. Especificaciones técnicas sensor PT100



Sensor de Temperatura PT 100 | PT 500 | PT 1000



Temperatura

Sensor de Temperatura Resistivo PT100/RTD

Características Especiales

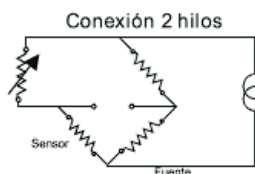
- Vástagos en acero inoxidable
- Exactitud Clase A Norma EN 60 751
- Temperaturas de -200 a 600 °C
- Sensores especiales en PT-500, Níquel, Cobre
- Transmisor 4-20 mA opcional

Aplicaciones y Uso

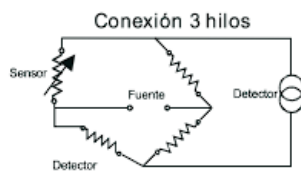
- Ideales para Altas y Bajas Temperaturas
- Industria de Alimentos en General.
- Industria Petroquímica.
- Industria de Cerámica.
- Hornos, calderas, secado.
- Procesos donde exista largas distancias Para el operador.

Configuraciones

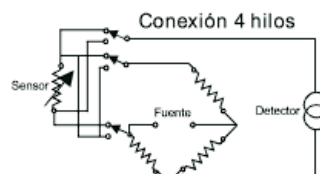
Normalmente se utilizan tres tipos de configuraciones distintas. Cada tipo de conexión da como resultado una mayor o menor precisión en la medición de acuerdo a las compensaciones de resistencia de cables de conexión y variaciones en temperatura que se logren.



PT-100: Es la construcción más simple y se limita su uso a distancias menores a 10 mts. entre sensor e instrumento, ya que en este rango la resistencia del cable puede ser considerada una constante aditiva y el cambio de resistencia debido a variaciones en la temperatura ambiente puede ser ignorado.



PT-100: Es la configuración más utilizada y se conecta con instrumentos diseñados para recibir una entrada de tres hilos. Se obtiene una compensación de la resistencia del cable y los efectos de variación de temperatura sobre ella.



PT-100: Esta conexión emplea dos hilos en cada extremo sensor. Es utilizada en mediciones de alta precisión como por ejemplo medidas de laboratorio.

WSZ_TPT100

Jaén, 14 de julio del 2025

SR.

DR. DEIBI ERIC GARCIA CAMPOS

Responsable Departamento Académico de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Universidad Nacional de Jaén

Presente.-

ASUNTO : AUTORIZACION DE ACCESO AL LABORATORIO DE ELECTRICIDAD DE EPIME PARA
DESARROLLO DE PROYECTO DE TESIS

REF : OFICIO N° 169-2025/UNJ/FI/DAIME
: RESOLUCIÓN N°401-2025-UNJ/FI

Yo, **Bruno Alfredo Adrianzen Pita**, identificado con DNI: N° 75160405, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica – UNJ, me dirijo a usted con el fin de dar respuesta al Oficio N° 169-2025/UNJ/FI/DAIME, emitido el 04 de julio de 2025, referente a mi solicitud de uso del Laboratorio de Electricidad y el préstamo del motor eléctrico tipo Y90S-2, para el desarrollo de mi tesis titulada: “Propuesta de un sistema automatizado para control de temperatura en motor eléctrico del laboratorio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica – UNJ”, según RESOLUCIÓN N°401-2025-UNJ/FI de fecha 26 de mayo de 2025.

En atención a los requerimientos indicados, presento lo siguiente:

1. Procedimientos a realizar sobre el equipo:
 - Verificación del estado inicial del motor eléctrico (inspección externa).
 - Verificación de los datos técnicos del motor eléctrico.
 - Pruebas de funcionamiento bajo diferentes condiciones de carga.
 - Registro y análisis de datos térmicos.

Todos estos procedimientos se realizarán sin desarmar el motor y se ejecutarán únicamente dentro del Laboratorio de Electricidad, bajo la supervisión directa de mi asesor de tesis, el **Dr. Edwin Carlos Lenin Felix Poicon**.

2. Documentos adjuntos:
 - RESOLUCIÓN N°401-2025-UNJ/FI
 - Compromiso de cuidado y uso adecuado del equipo, firmado por mi asesor de tesis y el profesional responsable del laboratorio.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para renovarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,



Bach. Bruno Alfredo Adrianzen Pita
Correo: bruno.adrianzen@est.unj.edu.pe
Teléfono: 923701701

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

REGISTRO
15/07/25
VISTO PASE A Jefe de Laboratorio de Electr.
PARA su atención





Dr. Edwin Carlos Lenin Felix Poicon
Asesor de Tesis

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

15 JUL 2025

REG. N° _____ FOLIOS: 4
HORA: 11:52 FIRMA: 