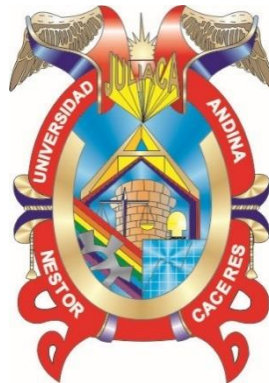




UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



**CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS
TRIFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. WALDIR RAY TITO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECATRÓNICO

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. WALDIR RAY TITO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

PRIMER MIEMBRO

:

M.Sc. ABELARDO LEON MIRANDA

SEGUNDO MIEMBRO

:

Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

ASESOR DE TESIS

:

Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGIA DE LA INSTRUMENTACIÓN - P21



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 457-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-3897 presentado por el (la) Bachiller: **WALDIR RAY TITO MAMANI** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **WALDIR RAY TITO MAMANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRÍFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **1er Miembro** : M.Sc. ABELARDO LEON MIRANDA
- * **2do Miembro** : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

ARTICULO SEGUNDO. – RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI**.

ARTICULO TERCERO . – APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **WALDIR RAY TITO MAMANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRÍFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 19 de junio del 2025
- * **HORA** : 09:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 205 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. **WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA**
DECANO (e)
CIP. 70808



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. **Fritz Willy Mamani Apaza**
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1821-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 18586 por el señor (a): WALDIR RAY TITO MAMANI quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1545- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 015- 2024 del integrante del comité de investigación EPIM de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): WALDIR RAY TITO MAMANI, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRÍFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 015- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRÍFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): WALDIR RAY TITO MAMANI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulado: **CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRÍFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la), Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MALTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraín Pajillo Sgsa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1139-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 12186, presentado el señor (a) **WALDIR RAY TITO MAMANI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO – N° 937 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° **033-2024** del integrante del comité de investigación **EPIM** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **WALDIR RAY TITO MAMANI** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 033-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **WALDIR RAY TITO MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulado: **CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
.....
Dr. Efraim Parillo Bosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

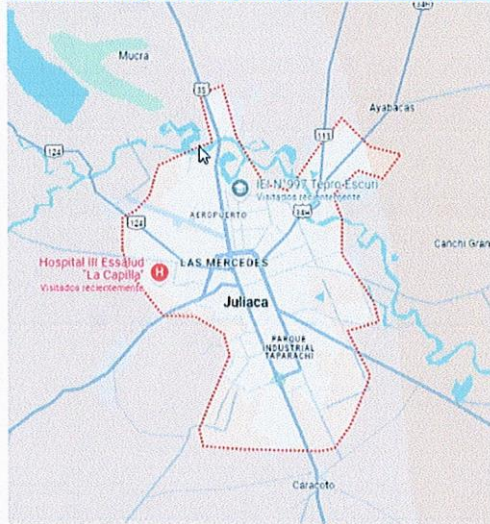
1	pdfcoffee.com Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	2%
3	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	1%
5	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
7	fr.scribd.com Fuente de Internet	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%



Metadatos complementarios - UANCV

TÍTULO DE LA TESIS	
CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Waldir Ray Tito Mamani
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71953436
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-6610-7677
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Ricardo Anibal Maldonado Mamani
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02429806
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-1482-3669
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Salvador Teodoro Valdivia Cardenas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Abelardo Leon Miranda
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40198643
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Adwar ranulfo sanchez carreon
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02063066
Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN P-21
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>Ubicación País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Urbanización: José Bedoya con Jr. Bahua</p> <p>Coordenadas GMS Longitud: 15° 29' 27 S Latitud: 70° 07' 59 o</p> <p>URL maps https://maps.app.goo.gl/mw4Vkk7sSyT8vqYe8</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Septiembre 2024 - Mayo 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería, Tecnología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.00.00</p> <p>Teoría organizacional https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.06.03</p>



UNIVERSIDAD ANDINA "HISTÓRICA PÉRES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

[Handwritten signature]



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo WALDIR RAY TITO MAMANI identificado con DNI Nro. 71953436 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERO MECATRÓNICO

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRÍFASICOS USANDO LA LÓGICA PROGRAMADA

Asesorado por: Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez 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.

Juliaca 20 de Junio del 2025

FIRMA ASESOR

FIRMA TESISISTA



Huella



DEDICATORIA

A mi madre y a mi pareja, cuyo apoyo incondicional e inagotable esfuerzo me permitieron alcanzar esta meta. A mis profesores, por su guía y enseñanzas que forjaron mi camino. A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez por brindar las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional. Esta tesis es un testimonio de su confianza y dedicación.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expreso mi más sincero agradecimiento a mi madre, por su apoyo incondicional, su paciencia inagotable y su constante aliento durante todos estos años de estudio. Sin su apoyo emocional, la culminación de este trabajo no habría sido posible.

Mi gratitud también se extiende a mi Asesor de tesis, por su invaluable guía, sus acertadas sugerencias y su dedicación en la supervisión de este proyecto. Su experiencia y conocimientos fueron fundamentales para el desarrollo y la culminación exitosa de esta investigación.

Finalmente agradezco especialmente el respaldo académico de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, que a través de sus docentes y cursos me permitieron enriquecer mis conocimientos y desarrollar las competencias necesarias para enfrentar este desafío.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO	2
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.6.1. Hipótesis general	5
1.6.2. Hipótesis específicas	5
1.7. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	6
1.8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	6



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 7

 2.1.1. Nivel internacional..... 7

 2.1.2. A nivel nacional..... 9

2.2. BASES TEÓRICAS 12

 2.2.1. Lógica..... 12

 2.2.2. Programación..... 13

 2.2.3. Lógica de programación 13

 2.2.4. Lógica cableada 16

 2.2.5. Esquema cableado 16

 2.2.6. Lógica programada 22

 2.2.7. Ventajas de la lógica programada 24

 2.2.8. Desventajas de lógica programada 25

 2.2.9. Relación entre el autómatas y el resto del automatismo..... 25

 2.2.10. Conexionado eléctrico 26

2.3. CIRCUITOS LÓGICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA 34

 2.3.1. Sistemas y lenguajes de programación de un PLC..... 34

 2.3.2. Control Automático..... 37

 2.3.3. Controlador lógico programable 40

 2.3.4. Módulo de entrada 42

 2.3.5. Módulo de salidas 43

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS..... 65

 2.4.1. Señal analógica..... 65

 2.4.2. Control automático 65



2.4.3. Motores eléctricos trifásicos..... 65

2.4.4. Lógica programada 66

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN..... 67

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN 67

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 67

3.4. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN 68

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA..... 68

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN68

3.7. RECOGIDA DE DATOS 68

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS MEDIANTE LA LÓGICA
CABLEADA Y LÓGICA PROGRAMADA..... 71

 4.1.1. Evaluación de Problemática 71

 4.1.2. Elección del sensor 73

 4.1.3. Especificación de requisitos y comportamiento del sistema 74

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA EN CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS.
..... 74

 4.2.1. Diagrama de flujo de sistema 75

 4.2.2. Pasos para programar un variador de velocidad..... 76

 4.2.3. Programar un PLC S7 1200 CPU 1214- Prueba 1..... 78

 4.2.4. Programar un PLC S7 1200 CPU 1214- control PID..... 85

4.3. PROGRAMACIÓN DE CONTROL PID 86



4.4. PRUEBAS Y RESULTADOS.....	90
4.5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	99
4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	101
4.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.	101
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES.....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXOS	111
Anexo 1: Matriz de consistencia	112
Anexo 2: Instrumentos	114
Anexo 3: Validación de Instrumento	115
Anexo 4 Tratamiento de Datos	116



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	6
Tabla 2 Recogida de datos.....	70
Tabla 3 Entradas y salidas del sistema.....	73
Tabla 4 Configuraciones del motor eléctrico en el variador.....	77
Tabla 5 configuraciones de inversión de giro.....	78
Tabla 6 Descripción de parámetros de descarga en sobrecargas.	99
Tabla 7 Parámetros de Control PID en Sobrecarga	100



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Transformación de un algoritmo en un sistema de datos	15
Figura 2 Diagrama de una lógica cableada.	17
Figura 3 Diagrama de una lógica cableada	17
Figura 4 Diagrama de operación eléctrica	19
Figura 5 Final de carrera (captador mecánico).....	20
Figura 6 Contactor (actuador).	21
Figura 7 Diagrama eléctrico, lógica cableada.....	22
Figura 8 Cableado de un autómata S7-1200 CPU 1212 AC/DC/relé.	24
Figura 9 Sensor de Fococélula.....	26
Figura 10 Bornera de entradas (donde conectamos las señales de entrada...)	27
Figura 11 Entrada activada	27
Figura 12 Ingreso de cableados a la entrada I0.0 PLC.	28
Figura 13 Fuente de egresos de un autómata.....	30
Figura 14 Carga conectada al borne de salida Q0.0.	31
Figura 15 Dirección bit de salida.....	32
Figura 16 Lenguajes de programación de un PLC.	37
Figura 17 Controlador programable S7-1200	45
Figura 18 Modulo de entradas analógicas de siemens.	46
Figura 19 Unidad de salidas analógicas siemens.	47
Figura 20 Paneles de gama Comfort de Simatic HMI. Siemens.	48
Figura 21 Vista trasera de un Panel de la gama Comfort de Simatic HMI.....	49
Figura 22 Software Tía portal V16.	50
Figura 23 La relación establecida entre el área y el sensor se basa en la experiencia.....	52



Figura 24 Sensor de Temperatura Infrarrojo industrial.....	53
Figura 25 Variador de velocidad Sinamics V20	54
Figura 26 Esquema de las 3 fases del motor eléctrico.....	56
Figura 27 Partes de un motor eléctrico trifásico.	58
Figura 28 Técnicas e instrumentos de recogida de información.....	68
Figura 29 Diagrama eléctrico de conexión en el sistema.....	75
Figura 30 Diagrama de flujo de sistema	76
Figura 31 Creación de proyecto en TIA PORTAL	78
Figura 32 Seleccionar el PLC S7 1200 CPU 1214.....	79
Figura 33 Extracción de contactos para arranque directo en Main.....	79
Figura 34 Declaración de variables booleanos.....	80
Figura 35 Agregamos la entrada analógica de 8 entradas.....	80
Figura 36 Configuración de la entrada analógica IW96.	81
Figura 37 Declaración de variables enteros y reales.....	81
Figura 38 Programación de la entrada analógica del sistema.	82
Figura 39 Creación de bloque Generación de pulsos.	83
Figura 40 Programación para liberar la carga de la bomba.	84
Figura 41 Programación de la pantalla HMI TP 700.....	84
Figura 42 Programación de Diagrama de flujos.	86
Figura 43 Creación de bloque de organización del PID.	87
Figura 44 Declaración de variables para PID	87
Figura 45 Programación de control PID.....	88
Figura 46 solucionar el tipo de regulación.	88
Figura 47 Parámetros del control PID.....	89
Figura 48 Simulación en softwares de siemens.	90



Figura 49 Simulación de bomba en dirección correcta.....	91
Figura 50 Simulación de sobrecarga y giro en sentido contrario.	92
Figura 51 La simulación de control PID	93
Figura 52 Simulación de control PID prueba.	93
Figura 53 Forzando el control PID.	94
Figura 54 Diagramas eléctrico de la lógica cableada	94
Figura 55 Pantalla HMI con pruebas de liberación de sobrecarga.....	95
Figura 56 Pantalla HMI con pruebas sin sobre carga.....	96
Figura 57 Control PID referencia menor al sensor.	97
Figura 58 Control PID referencia menor al sensor.	97
Figura 59 Programación y simulación en la computadora.	98
Figura 60 Sistema cableado para el proceso	98
Figura 61 Programación y simulación en la computadora.	102
Figura 62 Sistema cableado para el proceso.	103
Figura 63 Programación simulación de la lógica.....	103
Figura 64 Implementación y cableado del proyecto.	104



RESUMEN

La automatización del control de motores eléctricos trifásicos es clave en los procesos industriales, ya que permite mejorar la eficiencia energética y potenciar el funcionamiento de las máquinas. Este trabajo plantea el diseño de un sistema de control automático para motores eléctricos trifásicos, basado en lógica programada a través del uso de un PLC.

El objetivo fundamental de este estudio es diseñar un sistema que permita supervisar y optimizar eficientemente el desempeño de los motores, regulando las variables del motor eléctrico trifásico mediante un algoritmo de control adaptativo capaz de ajustarse a diversas condiciones de funcionamiento.

Para lograrlo, se propone emplear lógica de control secuencial a través de la programación en PLC, lo cual asegura tanto la confiabilidad como la flexibilidad en la operación de los motores.

La realización de este proyecto se sustenta en el análisis de los principios básicos de los motores eléctricos trifásicos y en el estudio de las metodologías modernas de control automático, asimismo, se considera el análisis de las capacidades del PLC para su implementación en sistemas de control dentro del ámbito industrial. Mediante la puesta en marcha y la evaluación del sistema propuesto, se examinaron los resultados bajo condiciones de funcionamiento reguladas, consiguiendo avances significativos en la eficacia del control y en la reacción ante diversas alteraciones.

Este análisis contribuye a la optimización de los procedimientos industriales al ofrecer una solución automatizada que no solo mejora el desempeño y la estabilidad de los motores eléctricos, sino que también incrementa la seguridad y fomenta la sostenibilidad de los sistemas de automatización industrial.

Palabras clave: Control automático, motores eléctricos trifásicos, lógica programada.



ABSTRACT

The automation of the control of three-phase electric motors is key in industrial processes, as it improves energy efficiency and enhances the performance of machines. This work proposes the design of an automatic control system for three-phase electric motors, based on programmed logic through the use of a PLC.

The primary objective of this study is to design a system that allows for the efficient supervision and optimization of motor performance, by regulating the variables of the three-phase electric motor using an adaptive control algorithm capable of adjusting to different operating conditions.

To achieve this, it is proposed to employ sequential control logic through PLC programming, ensuring both reliability and flexibility in motor operation.

The development of this project is based on the analysis of the fundamental principles of three-phase electric motors and the study of modern automatic control methodologies. Additionally, the analysis of the PLC's capabilities for its implementation in industrial control systems is considered. By implementing and evaluating the proposed system, the results were examined under controlled operating conditions, achieving significant improvements in control efficiency and response to various disturbances.

This analysis contributes to the optimization of industrial processes by providing an automated solution that not only improves the performance and stability of electric motors but also increases safety and promotes the sustainability of industrial automation systems.

Keywords: Automatic control, three-phase electric motors, programmed logic



INTRODUCCIÓN

Actualmente, los motores eléctricos trifásicos son componentes esenciales en un gran número de procesos industriales, dado que utilizan una considerable cantidad de energía asignada a la automatización de sistemas. Es fundamental un manejo apropiado y preciso de estos motores para garantizar el rendimiento adecuado y la mejora de los procesos de producción. En esta situación, el avance de las tecnologías de automatización ha propiciado la implementación de sistemas de control más sofisticados, con la finalidad de incrementar la confiabilidad, la eficacia energética y la adaptabilidad en las operaciones.

La implementación de la lógica programada, particularmente mediante controladores lógicos programables (PLC), se ha establecido como un instrumento esencial para la automatización de procesos industriales, Gracias a su habilidad para manejar, monitorear y modificar la operación de diversos dispositivos, incluyendo los motores eléctricos. Estos sistemas permiten el desarrollo de algoritmos de control sofisticados, que pueden ajustarse a diferentes condiciones de operación, garantizando una respuesta rápida y eficaz ante posibles modificaciones.

El objetivo de esta tesis es el diseño e implementación de un sistema de control automático para motores eléctricos trifásicos, fundamentado en la aplicación de lógica programada. A través de la programación de un PLC, se establecerá un sistema capaz de administrar eficazmente la velocidad, el torque y el sentido de rotación de los motores, teniendo en cuenta diversas condiciones de funcionamiento. Esta táctica no solo potencia el rendimiento de los motores, sino que también aumenta la seguridad y la fiabilidad del sistema en su totalidad.



Este análisis se estructurará en varias partes, comenzando con un estudio de las bases teóricas vinculadas a los motores eléctricos trifásicos y los fundamentos del control automático a continuación, se tratará el uso de los PLC en la gestión de estos sistemas, especificando los procedimientos y algoritmos utilizados durante su puesta en marcha. Finalmente, se presentarán los hallazgos experimentales logrados, que facilitarán la comprobación de la efectividad del sistema sugerido bajo condiciones de operación reales.



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, los motores eléctricos trifásicos son ampliamente utilizados en ambientes industriales debido a su alta eficiencia y fiabilidad. Sin embargo, conseguir un control preciso de estos motores sigue siendo un reto, especialmente al tratar de maximizar la eficiencia energética, optimizar la respuesta dinámica y ajustarse a diversas condiciones de funcionamiento. Históricamente, la gestión de estos motores se ha realizado a través de sistemas tradicionales, tales como la regulación de velocidad y torque a través de variadores de frecuencia o a través de sistemas de arranque directo. Sin embargo, la implementación de tecnologías avanzadas de automatización y control puede potenciar el desempeño de estos sistemas.

Con el progreso de la lógica programada y la automatización, la implementación de controladores lógicos programables (PLC) se ha presentado como una opción factible para mejorar la gestión de motores eléctricos trifásicos, Esto ocurre porque estos aparatos ofrecen flexibilidad, sencillez en la programación y la habilidad para adaptarse a



ambientes industriales cambiantes. Sin, no obstante, para utilizar adecuadamente esta tecnología en la gestión de motores eléctricos, se requiere llevar a cabo un estudio minucioso del comportamiento de los motores en diversas modalidades de funcionamiento, además de una aplicación eficaz de los algoritmos de control.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Como se desarrolla un sistema de control automático para motores eléctricos utilizando lógica programada?

1.2.2. Problemas específicos

PE₁ ¿Como seleccionar los sensores y actuadores requeridos para el sistema de control automatizado?

PE₂ ¿De qué manera se implementa un algoritmo de control automático para motores eléctricos que integre la lógica programada adecuada para el tipo de motor eléctrico trifásico?

PE₃ ¿Como desarrollar la monitorización y ajuste en tiempo real de los parámetros operativos de los motores eléctricos?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE ESTUDIO

Es fundamental un manejo eficiente de los motores eléctricos trifásicos para varias aplicaciones industriales, dado que estos motores son esenciales en sistemas de producción, transporte, automatización, sistemas HVAC, entre otros. No obstante, las técnicas convencionales para la gestión de motores, tales como los reguladores de frecuencia o los sistemas de inicio directo, Se establecen limitaciones en términos de



eficiencia energética, habilidad para adaptarse y exactitud en la gestión de los parámetros operativos. Conforme las industrias aspiran a optimizar sus procesos, resulta imprescindible contar con sistemas que no solo incrementen la eficiencia, sino que también proporcionen mayor adaptabilidad y sencillez en el mantenimiento.

En esta circunstancia, el uso de controladores lógicos programables (PLC) para gestionar los motores eléctricos trifásicos presenta una solución revolucionaria que puede sobrepasar las restricciones de los procedimientos usuales. Los PLCs son aparatos de control de alta gama, muy utilizados en la automatización industrial debido a su habilidad para ser configurados y llevar a cabo varias funciones de control con gran exactitud y eficacia. Su adaptabilidad, habilidad para expandirse y sencillez para ser reprogramados los convierten en perfectos para el manejo de sistemas dinámicos complejos, como los motores eléctricos.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema de control automático para motores eléctricos utilizando lógica programada.

1.4.2. Objetivos específicos

OE₁ Seleccionar el sensor requerido para el sistema de control automatizado.

OE₂ Implementar un algoritmo de control automático para motores eléctricos que integre la lógica programada adecuada para el tipo de motor eléctrico trifásico.



OE₂ Desarrollar la monitorización y ajuste en tiempo real de los parámetros operativos de los motores eléctricos.

1.5. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio del control automático de motores trifásicos eléctricos a través de la lógica programada (PLC) tiene varias restricciones que deben tomarse en cuenta al evaluar los resultados obtenidos. Primero, la evaluación del sistema se llevará a cabo en un ambiente de laboratorio bajo condiciones reguladas, lo que podría no reflejar con precisión las condiciones variables e inciertas de una planta industrial auténtica. Elementos como variaciones de voltaje, interrupciones electromagnéticas o cambios en las cargas pueden influir en la eficiencia del sistema y no se reflejarán totalmente en el ambiente de prueba. Asimismo, el estudio se centrará en motores con características y niveles de potencia determinados, Así pues, los resultados alcanzados no necesariamente serán pertinentes para otros tipos de motores, como los de mayor potencia o diseñados para usos particulares.

Otra restricción significativa radica en la necesidad del hardware y software utilizados en la implementación del control, ya que la investigación se basa en un PLC y en herramientas de programación específicas. Esto restringe la capacidad de implementar los resultados en otras plataformas o dispositivos de control distintos. Además, el estudio no facilitará la evaluación del efecto del sistema en la longevidad de los motores a largo plazo, ni su rentabilidad financiera, tampoco abarcará todos los escenarios operativos complicados que podrían presentarse en un contexto industrial. En conclusión, el estudio no se enfocará en el



cumplimiento de normas de seguridad ni en los estándares industriales, aspectos cruciales para una implementación exitosa en ambientes reales.

1.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Hipótesis general

La implementación de un sistema de control automático para motores eléctricos utilizando lógica programada mejorará significativamente la eficiencia operativa y la precisión en el control de los motores en comparación con los métodos tradicionales, al permitir una gestión más adaptativa y precisa de los parámetros de funcionamiento.

1.6.2. Hipótesis específicas

HE₁ La selección adecuada de sensores y actuadores específicos para el sistema de control automatizado mejorará la precisión y confiabilidad del control del motor eléctrico, optimizando así el desempeño del sistema en función de las características operativas y las necesidades del entorno industrial.

HE₂ La implementación de un algoritmo de control automático adaptado a la lógica programada específica para motores eléctricos trifásicos optimizará el rendimiento del motor en términos de eficiencia energética, precisión en el control de velocidad y estabilidad operativa en comparación con los algoritmos de control convencionales.

HE₃ El desarrollo de un sistema de monitorización y ajuste en tiempo real de los parámetros operativos de los motores



eléctricos permitirá una mayor precisión en el control, reducirá el tiempo de inactividad y mejorará la eficiencia operativa al permitir ajustes rápidos y precisos en respuesta a las variaciones en las condiciones de funcionamiento.

1.7. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Variable Independiente: Lógica Programada

Variable dependiente: Control Automático de Motores Eléctricos

1.8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
Variable Independiente	Lógica Programada	Comprensión de la estructura lógica	Porcentaje de conceptos fundamentales de programación	Porcentaje (%)
Variable Dependiente	Control Automático de Motores Eléctricos.	Desempeño y precisión en el control	Exactitud en el ajuste de la temperatura del motor	Porcentaje de °C



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Nivel internacional

(Cruz, 2019) Un banco didáctico fue desarrollado en el laboratorio de electrónica de la Universidad Católica de Colombia con la finalidad de ensayar motores eléctricos bifásicos y trifásicos. Primero, se recopiló información sobre los motores eléctricos de corriente alterna. Más tarde, se determinó que las áreas de electrónica industrial y control automatizado, que pueden ser tratadas a través del banco de pruebas y el equipamiento de laboratorio a disposición, constituirían el núcleo del plan educativo. Posteriormente, se diseñó un repositorio de exámenes centrado en las materias elegidas y los manuales prácticos asociados. Finalmente, se puso en marcha el banco de pruebas con el objetivo de comprobar la eficacia de las regulaciones prácticas.

(Alvarado y otros, 2015) Este proyecto incluye el diseño, edificación e implementación de un banco de pruebas para sistemas de control industrial programables, con la finalidad de examinar cómo los



diferentes métodos de arranque afectan las propiedades eléctricas, la meta es realizar varios procesos de inicio para motores eléctricos trifásicos asíncronos, teniendo en cuenta factores como corrientes, voltajes, potencias, frecuencia y factor de potencia. Varios componentes electromecánicos forman parte del módulo, como contactores, resguardos para motores, interruptores térmicos e interfaz, disyuntores y cronómetros. Estos elementos colaboran para fusionar diferentes técnicas de potencia y control. Además de las luces piloto, el sistema incluye aparatos de maniobra tales como pulsadores, selectores e interruptores de tipo ojo de cangrejo, que facilitan la alteración de las señales en los circuitos de control.

Los circuitos de control alteran sus señales mediante aparatos de interrupción, como pulsadores, selectores e interruptores de tipo ojo de cangrejo. Las luces piloto además se usan para señalar los estados de operación. Los instrumentos de automatización del sistema, tales como el PLC y el LOGO, facilitan la creación de programas de control lógicos. También se cuenta con medidores de energía para monitorear diversos parámetros eléctricos. Adicionalmente, el sistema cuenta con una entrada de 24 V DC y una entrada de voltaje variable que varía entre 0 y 220 V AC. Finalmente, se incorporan variadores de frecuencia para llevar a cabo varias funciones relacionadas con el inicio de motores eléctricos trifásicos.

(Diaz & Rincon, 2010) Los electricistas presentan ciertas complicaciones en la administración de motores eléctricos, a causa



de los continuos progresos tecnológicos y las evaluaciones fundamentadas en habilidades de los expertos en ingeniería. El propósito de este trabajo de grado es potenciar el entendimiento de los alumnos de ingeniería mecánica en relación a los sistemas de funcionamiento de motores eléctricos, a través de la edificación de tres mesas de laboratorio. Dos se fabrican para propulsar motores eléctricos con una potencia de dos y diez caballos de fuerza, mientras que el tercero emplea un diseño modular.

Este método facilita la aplicación de diferentes conceptos de lógica, ya sea cableada o programada. Para ejecutar la lógica programada, se utilizan controladores Siemens S7-200 programables, y se incluyó un módulo Ethernet para permitir la conexión con redes industriales. Cada banco dispone de elementos de conexión que promueven el progreso del alumno durante su periodo de práctica y ayudan a extender la durabilidad del equipo, lo cual potencia la mejora de sus competencias profesionales. Para respaldar el progreso de la práctica laboral del alumno, cada banco proporciona un respaldo documental que incluye un manual de práctica, un manual de conceptos y un manual de comunicación para el módulo Ethernet.

2.1.2. A nivel nacional

(Quirita, 2024) El IIoT (Internet Industrial de las Cosas) permite ajustar la utilización de Internet para vincular diferentes áreas y grados de producción, simplificando el intercambio de datos mediante protocolos tecnológicos e industriales, el progreso de la



Industria 4.0 se está fomentando a través de Internet y tecnologías en auge como Big Data, Machine Learning y las Redes Neuronales, a través del uso de herramientas de desarrollo de código libre, Este análisis propone una opción de prototipado para sistemas industriales de automatización basados en la arquitectura IIoT, con la finalidad de mejorar los recursos y procesos en el contexto industrial. Para administrar y monitorear las variables de un motor trifásico en un módulo de cinta transportadora del laboratorio de control de EPIE, es imprescindible poner en marcha un prototipo de sistema basado en la arquitectura IIoT.

Un PLC gestiona el motor a través del protocolo Modbus RTU, y el proceso está vinculado a una pasarela IIoT que establece una conexión con un servidor de internet. El sistema funciona de tres formas diferentes: de manera manual, local y remota. El modo manual se administra desde un panel de control en el laboratorio; el modo local, a través de una interfaz HMI; y el modo remoto se realiza mediante una aplicación web creada para monitorear y administrar variables, visualizar tablas y gráficos, además de producir informes sobre el rendimiento del sistema de transportación de cintas.

(Huamán, 2020) La investigación se basa en un método experimental de carácter práctico o empírico, con una orientación causal y un grado de análisis explicativo. Se deduce que los arranques directos de motores asíncronos trifásicos son perjudiciales para la eficiencia energética y la longevidad del motor.



La meta principal consiste en descubrir el método de arranque más apropiado para motores asíncronos que promueva la optimización de costos. Por lo tanto, se toman en cuenta elementos como la economía, el par motor, el ahorro de energía eléctrica y la clase de carga a acoplar, como ventiladores, bombas de líquidos, compresores de pistón, tornillos, prensas, entre otras cosas se tomarán en cuenta al elegir los arrancadores, de acuerdo a su uso en el proceso de producción.

Las simulaciones utilizadas en esta investigación facilitan la comparación de diferentes técnicas de inicio del motor, como los variadores de velocidad, arrancadores suaves, arranques directos y configuraciones en triángulo de estrella. Los hallazgos de estos estudios permiten elegir el método de arranque más apropiado para los motores eléctricos trifásicos asíncronos, de acuerdo a su uso en el sector industrial.

(Hoyos & Ortiz, 2018) La gestión electrónica de los motores rotativos necesita aparatos que puedan llevar a cabo operaciones de control a través de una arquitectura versátil y flexible, que pueda ajustarse, procesar y satisfacer las demandas del proceso que se está supervisando. Los controladores programables se utilizan frecuentemente en sistemas de automatización por su sencillez y sencillez de ajuste para satisfacer las demandas de los actuadores que los administran. Estos aparatos deben ser sumamente fiables y tener la capacidad de ser modificados a gran escala de acuerdo



a las exigencias del procedimiento en pequeñas y medianas empresas.

Se sugiere la utilización de autómatas programables, denominados PLC (Controladores Lógicos Programables), para el diseño, ejecución y funcionamiento de los componentes de conexión y aparatos de control, con el objetivo de crear módulos de formación para el control electrónico de maquinaria eléctrica. Estos se pondrán en funcionamiento en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Lógica

Para iniciar el análisis de la lógica de programación, es esencial responder a la siguiente interrogante: ¿En qué consiste la lógica? Para lograrlo, he utilizado Internet, que es el medio que facilita el acceso rápido a la información (2019): "La lógica es una disciplina formal que engloba la filosofía y las matemáticas, enfocada en el análisis de los fundamentos de la demostración, la inferencia válida, las falacias, las paradojas y el concepto de la verdad".

No estoy satisfecho con esta definición, por lo que he optado por buscar en otra fuente, el Diccionario de la Lengua Española (2019): "Conducta y pensamiento sensato, de sentido común".

Ambas definiciones brindan pistas sobre el significado de la palabra lógica. Sin embargo, al investigar más a fondo, encontré una definición mucho más detallada (Buriticá, 1999, p 12): "Es la manera más sencilla y rápida de realizar algo". Después de un estudio



minucioso en la web y en libros, hallé esta definición clara y comprensible, perfecta para aquellos que están iniciando en el intrigante universo de la programación. Sugiero mantener siempre presente esta definición más reciente.

2.2.2. Programación

La programación es una idea mucho más fácil de comprender (Buriticá, 1999, p 10): “La programación implica el manejo de técnicas e instrucciones de un lenguaje específico, lo que posibilita que el ordenador ejecute tareas y produzca resultados mucho más veloces que un individuo”. En la actualidad, la programación se vincula con la creación de programas o aplicaciones de computación destinados a resolver problemas concretos, empleando para ello varios lenguajes de programación, como, por ejemplo, Java, C#, PHP, etc., utilizando plataformas denominadas Entornos de Desarrollo Integrado (IDE, en inglés), como NetBeans, Eclipse, Visual Studio, entre otras, se pueden emplear estas plataformas.

2.2.3. Lógica de programación

Al comprender por separado los conceptos de lógica y programación, se hace más fácil asimilar la siguiente definición (Buriticá, 1999, p 10): “La lógica de programación engloba, de manera técnica y organizada, los principios requeridos para diseñar soluciones globales a problemas que luego pueden ser aplicadas a través de un ordenador”. Por lo tanto, la lógica de programación es una fase anterior al desarrollo de un programa informático; su



objetivo es hallar una solución global al problema, en contraposición a la programación en sí, que se centra en desarrollar el programa basándose en esa lógica previamente definida.

- Algoritmo

Un algoritmo se compone de un conjunto de etapas organizadas y secuenciales que se realizan para lograr una meta. Todos los algoritmos se inician y concluyen en lugares establecidos.

Si al desarrollar un algoritmo experimenta sensaciones de seguridad o pérdida, no se preocupe, eso solo señala que el propósito no era tan evidente como creía.

- Tipos de algoritmos

Existen dos tipos de algoritmos: informales e informáticos. Los algoritmos informales son aquellos que usualmente ejecutan los humanos, como besar, cocinar u obtener un libro. Aunque hoy en día las máquinas también pueden realizar algunos de estos procesos, se siguen considerando informales cuando son mayormente ejecutados por personas.

Los algoritmos informáticos son los que se ponen en práctica principalmente en un ordenador, utilizando su capacidad de procesamiento rápido, como, por ejemplo, producir los primeros 100 números primos. En este libro, profundizaremos en el estudio de este tipo de algoritmos.

- Características de los algoritmos

Las siguientes son las propiedades de un algoritmo:

- Es exacto y determina el orden en que cada paso debe realizarse.
- Se define: al llevar a cabo un algoritmo varias veces, siempre se debe conseguir el mismo resultado.
- Es limitado: al acatar un algoritmo, debe llegar a un punto específico. Debe contar con un número restringido de etapas y ser organizado como un sistema de datos.

Figura 1

Transformación de un algoritmo en un sistema de datos



Entrada. Como menciona (Regino, p 45):

Los datos de entrada son la información que un algoritmo recibe para procesar y generar resultados. Un algoritmo puede tener uno, varios o ningún dato de entrada, y estos valores pueden proporcionarse directamente o generarse mediante instrucciones internas. Los datos de entrada son esenciales, ya que permiten al algoritmo alcanzar su objetivo.

Proceso. Citando a (Regino, p 46), "El procedimiento implica los 'cálculos necesarios para obtener los resultados, basándose en un dato de entrada". Por lo cual, el proceso se caracteriza como la serie de acciones u operaciones ejecutadas, ya sea con o sin los datos de entrada, para lograr la meta y conseguir los resultados previstos.

Salida. Refiriéndose a (Regino, p 46), La salida hace referencia a los ' resultados definitivos o transformaciones que sufre la



información de entrada durante el proceso'. En resumen, se refiere al resultado o meta obtenida como resultado de la realización del proceso.

2.2.4. Lógica cableada

(Garcia, 2000) Antes de ahondar en la lógica de cables, estableceremos algunos conceptos fundamentales en un sistema automático que nos facilitarán la comprensión de esta parte.

- **Automatismo:** Un sistema que pueda llevar a cabo acciones predefinidas sin la necesidad de la intervención directa del ser humano.
- **Automatización:** efecto o acción de automatizar.
- **Automatizar:** Establecer la automatización en un procedimiento, instalación o dispositivo.

El fundamento del automatismo se fundamenta en la gestión y realización de acciones de forma automática, evitando la intervención humana o con la mínima participación posible.

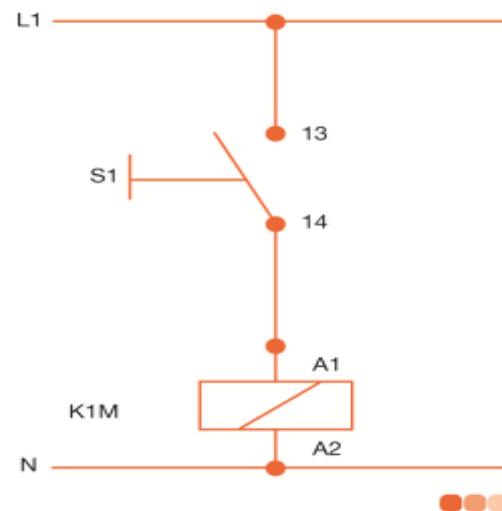
2.2.5. Esquema cableado

(Garcia, 2000) La lógica cableada hace referencia a la tecnología donde el automatismo se realiza a través de módulos interconectados, cuya operación se basa en el cableado que los une.

No olvidemos cómo opera el sistema de control más elemental, llevado a cabo mediante lógica de cables.

Figura 2

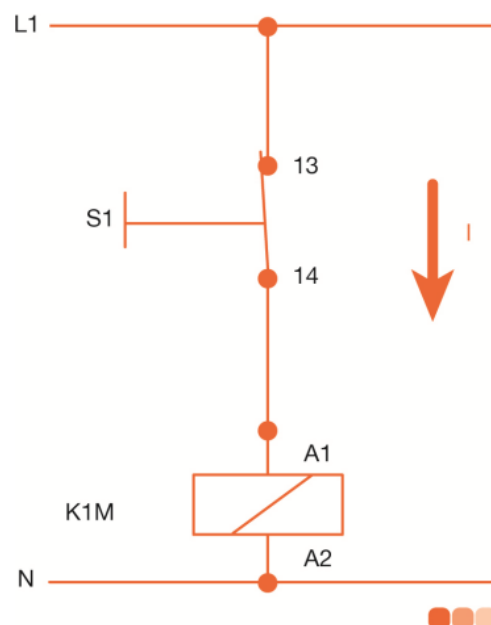
Diagrama de una lógica cableada.



Nota. No olvidemos cómo opera el sistema de control más elemental, llevado a cabo mediante lógica de cables. Fuente: (García, 2000).

Figura 3

Diagrama de una lógica cableada





Nota. El pulsador se encuentra en marcha. Circuito encapsulado, existe corriente. Fuente: (García, 2000)

- Funcionamiento

El circuito eléctrico se completa al pulsar el pulsador S1, lo que causa la excitación de la bobina del contactor K1M y, por ende, su activación.

Este contactor, en su funcionamiento, posee la habilidad de proveer energía a las bobinas de un motor, facilitando de esta manera su conexión o desconexión.

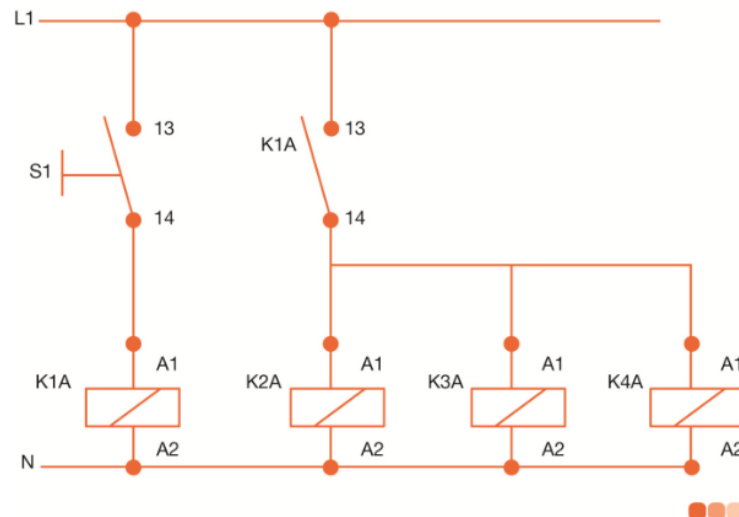
Hemos conseguido un automatismo: con una simple acción como pulsar un botón, se ha puesto en marcha un motor, independientemente de su localización.

Para llevar a cabo la instalación eléctrica de este automatismo fundamental, es imprescindible que el pulsador S1 posea, al menos, un contacto normalmente abierto (NA).

No obstante, como se indicó previamente, este caso es bastante sencillo. Imaginemos ahora que al pulsar S1 no solo se pone en marcha el motor, sino que también se estimula otro aparato adicional. El modelo apropiado sería el siguiente:

Figura 4

Diagrama de operación eléctrica



Nota. esquema que permite la puesta en marcha de varios dispositivos simultáneamente. Fuente: (Garcia, 2000)

Se emplea un contactor auxiliar K1A, que, a través de uno de sus contactos asociados, activa el contactor K1M y otros dos contactos auxiliares adicionales, los cuales pueden ser utilizados para alimentar distintos dispositivos.

Este mínimo ajuste en la operación conlleva la alteración del diseño del esquema eléctrico. Es imprescindible reconectar los cables entre el pulsador y los relés o contactores existentes, así como de incluir los nuevos componentes.

- Alteraciones:

Ahora imaginemos que la activación de los relés K2A, K3A y K1M se vea influenciada por otros elementos, como la identificación de una posición a través de un final de carrera, o valores concretos de temperatura, presión, entre otros.

Sería imprescindible establecer las distintas condiciones de operación a través de la mezcla de circuitos eléctricos en serie y paralelo, empleando los contactos asociados a los sensores y actuadores esenciales para lograr un funcionamiento automático. En resumen, iríamos a reestructurar la lógica de cableado.

Captador: se refiere a cualquier aparato que nos brinde datos acerca de una condición o ubicación dentro del proceso automatizado. Pueden ser sensores o aparatos de comunicación entre hombre y máquina.

Figura 5

Final de carrera (captador mecánico)



Nota: Captador mecánico. Fuente: (García, 2000)

Actuador: se refiere a cualquier aparato que se pone en marcha como resultado de la lógica del sistema automatizado. Igualmente, su estado de activación puede utilizarse como un elemento adicional en esa lógica. Por ejemplo, al poner en marcha un contactor, un contacto vinculado a este podría ser incorporado igualmente como una condición en la lógica del sistema automatizado.

Figura 6

Contactador (actuador).



Nota: Actuador contactor. Fuente: (Garcia, 2000).

Cada vez que arrancamos un motor al pulsar un interruptor, lo que verdaderamente estamos realizando es poner en marcha un contactor, que 'opera' proporcionando energía a las terminales del motor.

Este rediseño necesita la utilización de relés auxiliares para mostrar la condición de los captadores, cuyo significado puede fluctuar dependiendo de la secuencia o la condición del automatismo. Adicionalmente, se requerirán más relés auxiliares para relés, contactores y disyuntores.



- Salida: es una señal eléctrica que simboliza el producto de las combinaciones lógicas que el autómata procesa, de acuerdo con las relaciones previamente definidas en su programación.
- Lógica cableada: en este tipo de lógica, la función de cada dispositivo de control establece su localización, los componentes que lo conforman y la manera en que se enlaza dentro del circuito eléctrico.
- Lógica programada: esta modalidad de pensamiento sugiere una estructura totalmente distinta al método tradicional:
 - Reconoce los aparatos de entrada.
 - Operaciones de control hombre-máquina.
 - Sensores.
 - Indicadores que señalan la condición de funcionamiento y provienen de aparatos como relés, contactores, reguladores de velocidad y reguladores de temperatura.

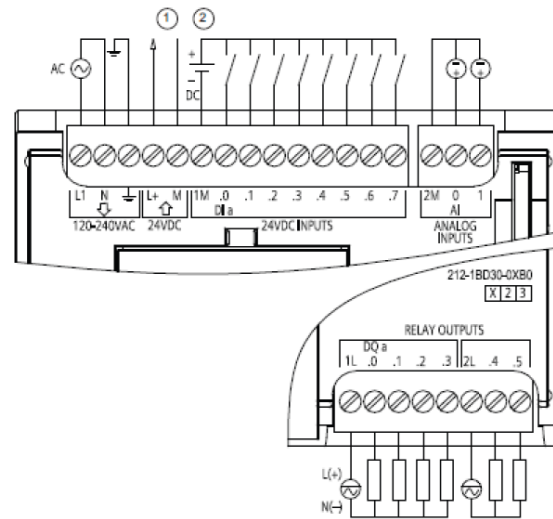
Reconoce los aparatos de salida.

- Relés, contactores.
- Dispositivos electrónicos como reguladores de frecuencia.
- Dispositivos de señalización.
- Electroválvulas.

El autómata recibe una señal eléctrica de cada componente de entrada y transmite una señal eléctrica a cada uno de los aparatos de salida.

Figura 8

Cableado de un autómata S7-1200 CPU 1212 AC/DC/relé.



2.2.7. Ventajas de la lógica programada

El tipo de cableado no se define por la función específica de cada aparato.

- El cableado resulta más veloz y sencillo de comprender.
- Se necesita menos dispositivos de control auxiliares.
- Para incorporar nuevos modos de operación, es suficiente con cambiar el programa sin requerir la recableación.
- Para definir nuevas condiciones de funcionamiento, solo se deben poner en práctica en el programa y, en caso de ser necesario, añadir nuevos dispositivos al autómata sin modificar el cableado de los dispositivos actuales.
- Si se altera completamente el funcionamiento, solo es necesario desarrollar un nuevo software y agregar o suprimir componentes, sin la necesidad de reconfigurar todo el sistema.
- El autómata ya posee funciones previamente desarrolladas, tales como temporizadores y contadores, que en un sistema de



lógica cableada necesitarían la incorporación y cableado de nuevos aparatos para incorporar dichas funciones.

- Adicionalmente, el autómata expande las alternativas de control mediante el manejo de señales complejas como las analógicas, el control PID, sistemas de comunicación, el control SCADA, paneles de control, entre otros, aspectos que resultarían inimaginables en un sistema de lógica cableada.

2.2.8. Desventajas de lógica programada

Un aspecto crucial a tener en cuenta es el costo inicial, que puede representar un obstáculo o no, dependiendo de las particularidades del automatismo en cuestión, dado que el PLC es un PLC El PLC tiene un espacio valioso entre la lógica de corriente alterna y el microprocesador, por lo que resulta imprescindible que el diseñador conozca tanto sus beneficios como sus restricciones, así pues, al seleccionar uno u otro sistema, se debe tener en cuenta el costo inicial; es aconsejable evaluar todos los demás factores para tomar una decisión fundamentada y garantizar que satisfaga nuestras expectativas.

2.2.9. Relación entre el autómata y el resto del automatismo

Hemos presenciado cómo, mediante el uso de autómatas, se altera la forma de gestionar las señales de los distintos aparatos que conforman el automatismo.

Entradas

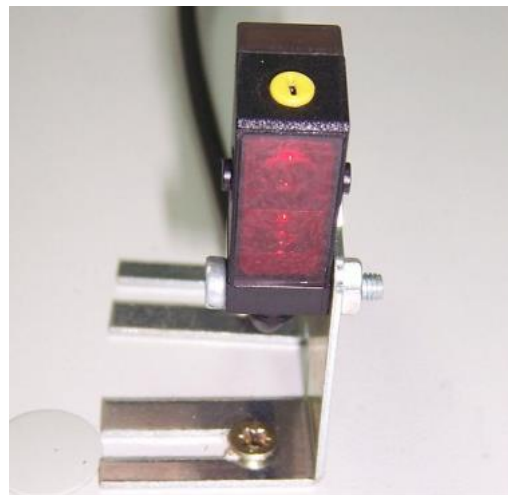
Todos los captadores, ya sean sensores o componentes de control entre hombre y máquina, actúan como dispositivos de entrada,

dado que nos brindan datos acerca de la situación o el estado del proceso en el sistema automático.

Todos los captadores, ya sean sensores o componentes de control entre hombre y máquina, actúan como dispositivos de entrada, dado que nos brindan datos acerca de la situación o el estado del proceso en el sistema automático.

Figura 9

Sensor de Fococélula



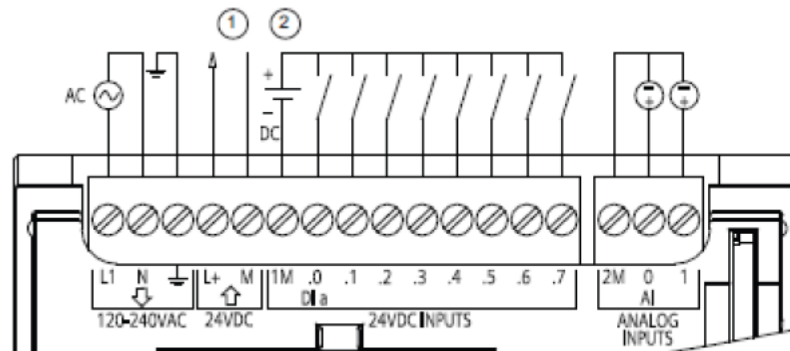
Nota: captador que funciona como señal de entrada para el autómata captado).

2.2.10. Conexión eléctrico

Los dispositivos o enchufes se conectan eléctricamente al módulo de entradas del PLC (programable de manera autónoma).

Figura 10

Bornero de entradas (donde conectamos las señales de entrada)

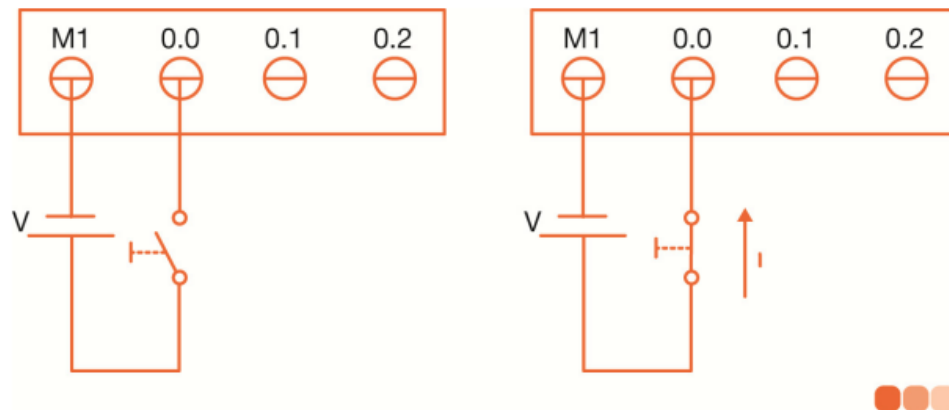


Funcionamiento

Cada vez que un aparato de entrada completa el circuito eléctrico hacia el ingreso del autómata, se produce una corriente eléctrica que llega al borne designado para dicha entrada.

Figura 11

Entrada activada



Nota: la forma de realizar las conexiones en el PLC S7 1200.

Cuando la señal eléctrica llega al lugar específico, se transforma en un dato binario o bit, cuyos estados o valores potenciales son 0 o 1 (falso-verdadero).

De forma que:

Tensión		bit
0 V	_____	0
L+		1

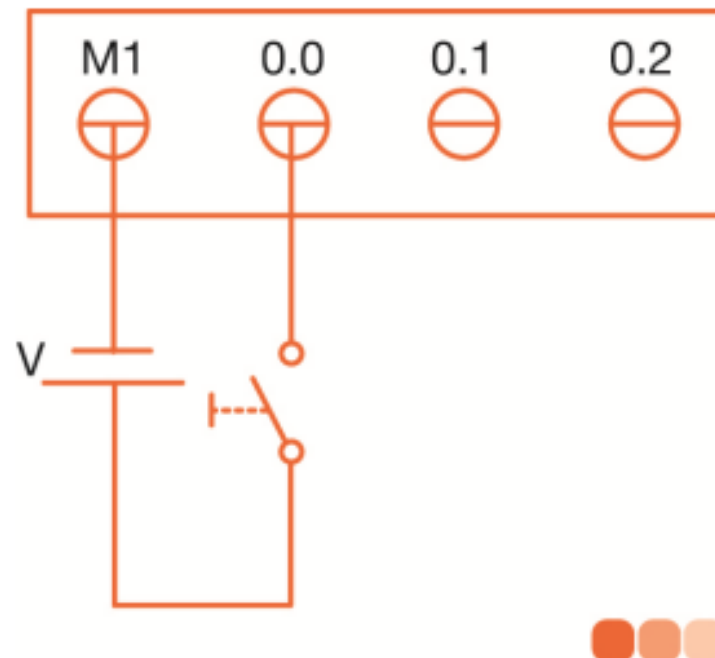
Por lo tanto, utilizando la corriente eléctrica como medio, transformamos la condición de un dispositivo en un dato dentro del autómata.

¿Dónde se guarda esa información?

Cada terminal del bloque de entradas está vinculado a una dirección de bit concreta dentro del autómata, situada en un área de memoria destinada a la anotación del estado de los ingresos.

Figura 12

Ingreso de cableados a la entrada I0.0 PLC.



Nota: la forma de realizar las conexiones en el PLC S7 1200

La dirección de bit asignada a cada terminal está indicada junto a este.

Cuando el tornillo recibe corriente, el bit asignado modifica su valor



lógico de 0 a 1. Igualmente, al interrumpirse la corriente, ese bit retorna de 1 a 0.

- Dirección de bit de entradas

Ahora observemos cómo se identifica un bit de entradas:

- (1) Identificador de entrada (input).
- (2) Número de byte al que corresponde al bit.
- (3) Cantidad de bits ordenados dentro del byte.

Este bit se denomina bit de entrada 1.0 o sencillamente entrada 1.0. Si existe corriente en su correspondiente terminal, la entrada I1.0 mostrará un valor de 1 (real). Si el terminal carece de tensión, la entrada I1.0 se situará en 0 (falso).

Por lo cual, notamos que cada terminal de ingreso está asociado a un bit de ingreso, y cada dispositivo de ingreso se vincula, mediante el cableado, a un tornillo de entrada. Así, podemos inferir lo siguiente:

Todo periférico de entrada, se vincula a un bit de entrada

La condición de cada equipo se evidencia en su de entrada correspondiente bit de entrada.

Por lo tanto, conseguimos que un elemento interno del autómata (bit de entrada) altere su estado en función de un elemento externo al mismo (dispositivo de entrada).

Los dispositivos de entrada incluyen los elementos de control hombre-máquina, así como los sensores y contactos provenientes de otros equipos.

Una vez que se han introducido los datos lógicos en el autómata, se pueden fusionar mediante lógica programada, lo que permite que el sistema opere de manera automática.

Salidas

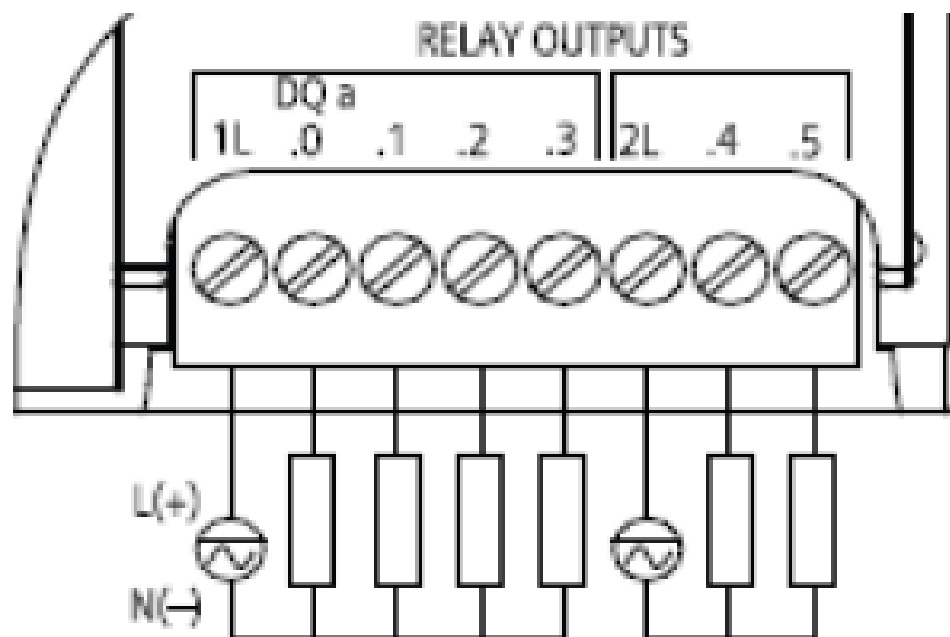
Los aparatos de salida son componentes que ejecutan acciones como resultado de la lógica programada en un sistema. Incluyen elementos como bobinas para contactores y relés, electroválvulas, dispositivos de señalización y contactos electrónicos que responden a señales eléctricas de entrada.

Conexión eléctrico

Los aparatos de emisión se conectan eléctricamente al terminal de emisión del autómata.

Figura 13

Fuente de egresos de un autómata.



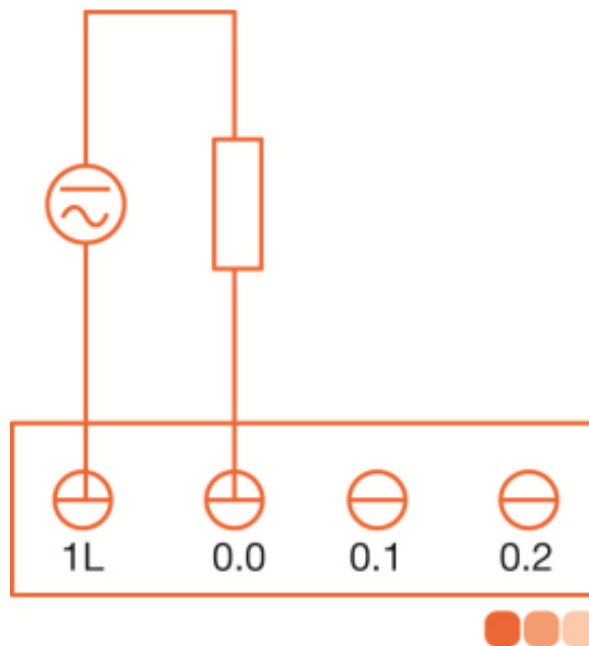
Nota: generalmente en autómatas con salida a relé

Funcionamiento

Cuando se ejecuta el programa y se activa una salida, el terminal relevante recibe electricidad.

Figura 14

Carga conectada al borne de salida Q0.0.



Nota: generalmente en autómatas con salida a relé

El funcionamiento del software causa la activación de una salida, produciendo un dato binario (bit) que altera su estado de 0 (falso) a 1 (verdadero). El autómata lo convierte en la apertura o cierre de un contacto eléctrico en el terminal de salida.

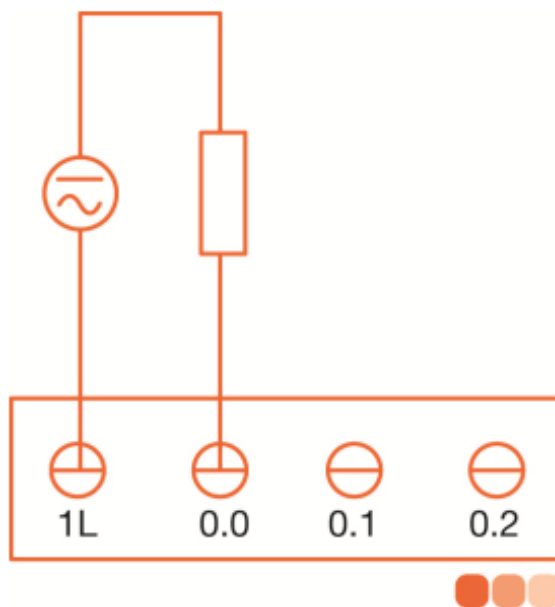
De forma que:

bit	-----	Tensión (contacto)
0	-----	0 V (abierto)
1	-----	L V (cerrado)

La condición de un bit de salida se manifiesta en la condición de un contacto eléctrico, permitiendo así la activación de los dispositivos de salida. Pero, ¿cómo vinculamos la salida física con la salida programada? Cada terminal del puerto de salida se conecta a una dirección de bit de salida en el puerto automático, en un área de memoria asignada al estado de las salidas.

Figura 15

Dirección bit de salida



El destino del bit asignado a cada terminal se muestra junto a dicho terminal. La condición del bit de salida (0-1) se manifiesta en la condición de la salida del terminal, que puede estar en posición desconectada o conectada.

- Dirección de bit de salidas

Veamos ahora cómo se identifican un bit de salidas:

- (1) Identificador de salida (out).
- (2) Número de byte al que pertenece el bit.



2.3. CIRCUITOS LÓGICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA

En relación al tipo de control que utilizan, los sistemas de lógica cableada exhiben una estructura estricta. En resumen, incluso un cambio mínimo en una función de control requiere modificar el cableado del circuito, lo que usualmente conlleva la interrupción del proceso. Como esto es inadmisibles en contextos industriales, se han instaurado circuitos de control con lógica programada como respuesta a esta restricción.

El sistema de control puede ajustarse a la lógica a través de un PLC, evitando la necesidad de desconectar o recablear los conductores. El programa de control puede ser modificado desde el teclado de un ordenador o mediante un programador portátil. De acuerdo con el tipo de PLC, se pueden hacer estos cambios incluso mientras se encuentra en modo RUN, lo que facilita la realización de cambios sin interrumpir el proceso. Esta ventaja significativa, junto con otras mencionadas en el Tema II, ha permitido que los PLC sustituyan en gran medida a los sistemas de control convencionales que se fundamentan en relés o lógica cableada. Como se indicó en el Primer Tema, los esquemas de escalera constituyen uno de los métodos más habituales y fácilmente obtenibles para la programación de PLC.

2.3.1. Sistemas y lenguajes de programación de un PLC.

Todo lenguaje de programación para PLC debe ser fácil de entender e intuitivo, para que pueda implementarse de manera eficaz en cualquier ambiente de control. Esto significa que los comandos deben parecerse lo más posible a las acciones requeridas por el diseñador o ingeniero de control, evitando



simultáneamente la complejidad y la extensa curva de aprendizaje propia de los lenguajes avanzados utilizados en sistemas de computación.

Las funciones internas de un PLC le proporcionan la habilidad de realizar tareas como abrir y cerrar contactos, activar y desactivar salidas, gestionar temporizadores y contadores, realizar combinaciones funcionales, mover registros, además de operaciones matemáticas y lógicas. Estas funciones están incorporadas de forma predeterminada en todos los PLC, incluso en los de menor tamaño. Los PLC de nivel medio y alto también poseen funciones complementarias, como el control proporcional, integral y derivativo (PID), junto con capacidades de comunicación. Por lo tanto, un PLC es idóneo incluso para su uso en sistemas de control de alta complejidad.

En la programación de PLC, principalmente se utilizan dos clases de lenguajes, conocidos como lenguajes PLC:

- Lenguajes de bajo nivel
- Lenguaje de alto nivel

Al codificar un PLC con un lenguaje de nivel básico, se pueden emplear dos técnicas habituales conocidas como lenguajes de programación:

- Gráfico
- lista de instrucciones (L.I.) o mnemotécnicas.

Un lenguaje de programación gráfico funciona al diseñar y almacenar en la memoria del PLC el esquema de conexiones



pertinente. Se fundamenta en esquemas escalonados o de contacto. Normalmente, el programa se registra inicialmente en una computadora y posteriormente se traslada al PLC a través de los datos apropiados. Si el aparato portátil soporta la codificación gráfica, también se puede realizar a través de un programador de mano (HHP). Las compañías productoras de PLC están actualizadas sobre los progresos más recientes en el sector.

Es esencial ser extremadamente exacto al elegir un PLC, teniendo en cuenta, entre otros aspectos, la compañía que brinde el mejor soporte técnico en este campo. Los proveedores de PLC proporcionan el software necesario para codificar el PLC a través de la programación visual. Dentro de todos los lenguajes de programación de nivel básico, la programación visual es la más empleada.

Las definiciones del álgebra de Boole son esenciales para un lenguaje de programación que se fundamenta en la mnemotecnia o en un conjunto de comandos.

Esto sugiere que un idioma, similar al gráfico, se proporciona a través de la utilización simbólica de operadores booleanos (y, o, no, nand, ni). Tras el lenguaje visual, este método de programación PLC fundamentado en mnemotecnia se posiciona como el segundo más empleado entre los lenguajes de nivel bajo.

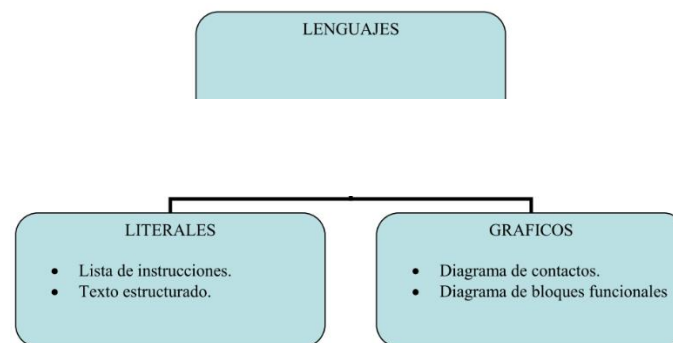
- Lenguajes de programación de alto nivel.

Tanto los lenguajes de programación estructurados (como los dialectos BASIC y otros) como los diagramas de bloques

funcionales (FBD) son métodos frecuentemente empleados en la programación de PLC, y se clasifican como lenguajes de alto nivel. Esto clase de lenguaje únicamente es adecuado para PLCs de nivel medio y alto. Los lenguajes de alto nivel generalmente se emplean en tareas de control de gran complejidad, dado que proporcionan una mayor adaptabilidad y potencia en comparación con los lenguajes de bajo nivel. La imagen ilustra cómo se puede ilustrar de manera visual todo lo expuesto previamente.

Figura 16

Lenguajes de programación de un PLC.



2.3.2. Control Automático

El control automático implica mantener un valor deseado dentro de un rango o situación determinada, midiendo el valor presente, contrastándolo con el valor meta y empleando la diferencia para disminuirla. Por lo tanto, el control automático, ya sea con o sin un lazo cerrado de acción y reacción, opera sin la necesidad de intervención humana. El elemento esencial de cualquier sistema automático de control es el lazo de gestión reemplazado elemental.



La idea de compensación no es reciente; James Watt utilizó por primera vez la realimentación en 1774 para controlar la velocidad de las máquinas de vapor.

Actualmente, los vínculos de control son esenciales para una producción eficaz y lucrativa de casi cualquier tipo de producto, desde el acero hasta los alimentos. No obstante, este vínculo de control, tan vital para la industria, se basa en principios sencillos y de fácil entendimiento. Este artículo aborda el lazo de control, sus componentes fundamentales y los principios esenciales para su aplicación.

- Componentes Fundamentales de un Sistema de Control Automático.

El sensor, el controlador y el actuador son los elementos fundamentales que permiten el funcionamiento de un Sistema de Control.

- Sensores

Los valores de las variables que se miden en el sistema permiten reconocerlos. Un sensor es un aparato creado para identificar cantidades físicas o químicas, denominadas variables de instrumentación, y convertirlas en impulsos eléctricos. Estas señales pueden ser representadas a través de diversas magnitudes eléctricas, tales como resistencia, capacitancia, voltaje, corriente, y más.

- Controlador



Basándose en los datos suministrados por los sensores y los resultados esperados, establece la acción requerida para modificar las variables de control de acuerdo a una estrategia determinada. El controlador tiene la tarea de lograr las metas fijadas para el sistema, lo que usualmente significa disminuir los fallos de control hasta su eliminación. La creación de un controlador se relaciona con los requerimientos y el tipo de sistema que se pretende gestionar.

- Actuador

Se refiere al elemento que realiza la acción establecida por el controlador y modifica las variables de control. Un actuador es un componente que transforma energía hidráulica, neumática o eléctrica en una acción que posibilita el inicio de un procedimiento, con la finalidad de afectar el funcionamiento de un sistema automatizado. Este aparato recibe instrucciones de un regulador o controlador y, basándose en estas, emite la señal necesaria a fin de accionar un dispositivo último de control.

- Cualidades de un Sistema de Control Automático

1. Señal de Recepción: Es el estímulo que se inyecta en un sistema desde una fuente de energía externa, con la finalidad de provocar una reacción específica del sistema.
2. Señal de Egreso: Es la reacción producida por el sistema, que puede tener o no una relación directa con el estímulo suministrado en la entrada.
3. Variabilidad Controlada: Es el componente al que se le altera su dimensión, con el fin de obtener la respuesta esperada.



4. **Variable Controlada:** Es el parámetro que se busca regular dentro del sistema. Puede considerarse como el resultado generado por el controlador.
5. Cambio de señales: Mediante receptores, se identifican y modifican los cambios que suceden en la variable del sistema.
6. Cambios Externos: Son factores externos que inciden en el sistema, lo que provoca la necesidad de implementar una medida correctiva.
7. Fuente Energética: Es el elemento que proporciona la energía necesaria para llevar a cabo cualquier funcionamiento dentro del sistema.
8. Comentarios: Es un componente esencial en los sistemas de control de circuito cerrado, donde se presenta una serie de causas y efectos que conectan los distintos elementos del sistema. De acuerdo con la acción correctiva que el sistema implemente, este puede apoyar o oponerse a una decisión. Si el sistema produce una reacción que opone la acción inicial, se le denomina retroalimentación negativa; por otro lado, si fortalece la decisión adoptada, se le llama evaluación favorable.

2.3.3. Controlador lógico programable

El PLC (Controlador Lógico Programable) es un sistema industrial de control que emplea una computadora y un conjunto de instrucciones programadas para tomar decisiones sobre el encendido y apagado de aparatos, suprimiendo la necesidad de efectuar conexiones lógicas físicas a través de relés.



Los controladores realizan tareas de supervisión en procesos industriales secuenciales en tiempo real. Su gestión y programación pueden ser realizadas por personal experto en electricidad o electrónica, sin requerir habilidades en computación. Asimismo, desempeñan tareas lógicas como series, paralelismos, cronologías y conteo.

Los controladores lógicos programados llevan a cabo cálculos, normativas y otras funciones. Poseen terminales de entrada (o captadores) que permiten la conexión de aparatos como pulsadores, finales de carrera, fotocélulas y detectores. Además, cuentan con terminales de salida (también llamados actuadores), en los que se vinculan componentes como bobinas de contactor, electroválvulas y luces. El funcionamiento de estos actuadores se basa en las señales de entrada activas en ese instante, conforme al programa guardado.

Los controladores lógicos programados satisfacen las necesidades de tecnologías persistentes y intermitentes. Controla parámetros tales como presiones, temperaturas, niveles y flujos, además de llevar a cabo funciones relacionadas con la temporización, el conteo y la lógica. Además, incorpora una tarjeta de comunicación extra, transformando al PLC en un eficaz elemento dentro de una red de control distribuida.

- Estructura Interna de un Controlador Programable Lógico



Como se indicó anteriormente, el PLC es un dispositivo que lleva a cabo operaciones lógicas y de computación. La Figura 1 presenta una representación del dispositivo, que se describirá a posteriormente:

- Unidad Central de Procesos (CPU)

Es responsable de recibir las directrices del operario mediante la consola de programación y el módulo de entradas. Después, maneja estas instrucciones y transmite las respuestas pertinentes al módulo de egresos. El software responsable de gestionar el proceso se guarda en su memoria.

El CPU alberga tanto la Unidad Central o de Proceso como la Unidad Central o de Proceso. Contadores y cronómetros.

- Memoria de programa

En esta zona se encuentra la información recogida por el controlador, y hay tres clases de memorias disponibles:

- Memoria de datos
- Memoria imagen de entrada
- Memoria de salida.

2.3.4. Módulo de entrada

Es el enlace para los captadores (tales como interruptores, finalistas de carrera, pulsadores, entre otros). A menudo, la condición de las entradas se traslada a la memoria que guarda la imagen de registro. El CPU envía la información obtenida en esta zona para su procesamiento de acuerdo a la programación preestablecida. Se



pueden vincular dos clases de captadores al módulo de ingresos: los pasivos y los activos.

Los captadores pasivos son aquellos que alteran su estado lógico (activado o desactivado) a través de una acción mecánica. Entre ellos se encuentran los interruptores, pulsadores, finales de carrera, entre otros.

Los captadores activos son aparatos electrónicos que suministran una corriente al autómeta, que se basa en una variable determinada.

2.3.5. Módulo de salidas

Es el responsable de encender y apagar los actuadores, tales como bobinas de contacto, iluminación, motores de pequeña escala, entre otros. Tras ser procesada por el CPU, los datos obtenidos de las entradas son enviados a las memorias de imagen de salida, desde donde se envían a la interfaz de salida para activar los actuadores que están conectados a estos.

Según el tipo de procedimiento que el autómeta necesite supervisar, se pueden utilizar diferentes módulos de salida. Hay tres clases de estos módulos:

- Relés: Según el tipo de procedimiento que el autómeta necesite supervisar, se pueden utilizar diferentes módulos de salida. Hay tres clases de estos módulos.
- Triacs: Se emplean en conexiones de alimentación continua y alterna que necesitan efectuar operaciones de computación de gran velocidad.



- Transistores de abertura de colector: Se emplean en circuitos que necesitan maniobras extremadamente veloces de conexión y desconexión. Este modelo de módulo solo se utiliza en circuitos de corriente continua.

2.3.6. Controlador lógico programable (PLC) S7-1200

(Siemens, 2012) Ofrece la adaptabilidad y habilidad para manejar una extensa variedad de dispositivos en distintas actividades de automatización. El S71200, por su diseño reducido, configuración flexible y amplio conjunto de instrucciones, resulta ideal para administrar una amplia gama de aplicaciones.

La CPU combina un microprocesador, una fuente de energía y los circuitos de entrada y salida en un formato compacto, dando lugar a un PLC de alto rendimiento.

Una vez que el programa se ha cargado en la CPU, esta posee la lógica requerida para supervisar y manejar los dispositivos de la app. La CPU monitorea las entradas y altera la condición de las salidas de acuerdo con la lógica establecida en el software del usuario. Este software puede incorporar operaciones booleanas, comandos para conteo y tiempo, funciones matemáticas sofisticadas y conexión con demás aparatos inteligentes.

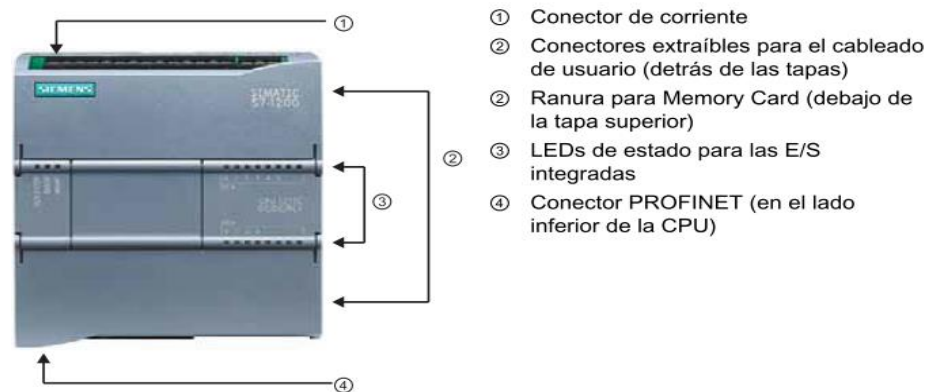
Varios mecanismos de protección protegen el acceso tanto a la CPU como al software de control.:

- Cada CPU posee un sistema de seguridad por contraseña, que facilita la regulación del acceso a sus funciones.

La CPU cuenta con un puerto PROFINET para realizar conexiones dentro de una red PROFINET. Además, se pueden adquirir módulos de comunicación para la conexión en redes RS485 o RS232.

Figura 17

Controlador programable S7-1200



Nota. Controlador programable lógico de diseño compacto, valorado como una herramienta eficaz en el campo de la automatización. Fuente: (Siemens, 2012)

Entradas analógicas

Los canales analógicos de entrada facilitan el procesamiento del PLC de señales analógicas, tales como temperatura, presión o volumen. Estas magnitudes físicas son convertidas por la CPU en valores numéricos que se guardan en las variables internas del controlador. En esencia, el PLC efectúa una transformación analógica-digital (A/D), dado que solo puede funcionar con señales digitales. Esta conversión se lleva a cabo con una resolución concreta (definida por la cantidad de bits) y en periodos de tiempo

regulares (periodo de muestreo). Las frecuentes medidas analógicas son 4–20 mA, 0–5 V, 0–10 V y -10–10 V.

Figura 18

Modulo de entradas analógicas de siemens.



Salidas analógicas

Las salidas analógicas modifican la señal de salida de acuerdo a las normas necesarias para los actuadores analógicos que se vinculan a sus terminales. Es esencial utilizar un cable apantallado para vincular los módulos analógicos con sus actuadores, pues contribuye a evitar interferencias y cambios en las señales transmitidas. Esta acción asegura un correcto funcionamiento del sistema automatizado. (Martín & García, 2009, P. 263).

Figura 19

Unidad de salidas analógicas siemens.



2.3.7. Paneles comfort

El sobresaliente desempeño de las pantallas de la serie SIMATIC HMI Comfort garantiza una alta frecuencia de renovación visual. La mayoría de los equipos cuentan con documentos y diversos visualizadores para consultar la documentación de instalación y las páginas web, sin importar el tamaño de la pantalla. Un aspecto revolucionario son las habilidades de evaluación del sistema, que se vinculan directamente con los controladores SIMATIC. En resumen, el Comfort Panel proporciona los datos de diagnóstico de forma inmediata, sin la necesidad de que un programador los obtenga. (Siemens, 2017)

Cada panel de comodidad de SIMATIC HMI incorpora funciones innovadoras en toda la gama. Dado que se pueden manejar a través de tacto o teclado e incorporan pantallas de alta resolución

y panorámicas que oscilan entre 4" y 22", son perfectas para una diversidad de usos.

Figura 20

Paneles de gama Comfort de Simatic HMI. Siemens.

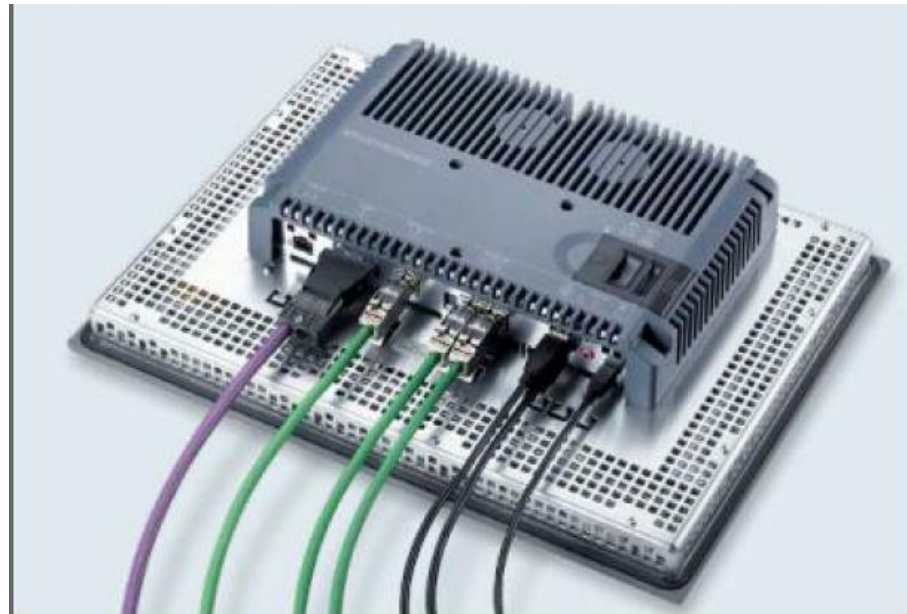


Los paneles Comfort poseen la habilidad de guardar la energía necesaria para completar adecuadamente todos los archivos abiertos y generar una copia de seguridad RDB de sus datos en caso de una interrupción de energía. Esto garantiza que toda la información del archivo permanecerá intacta sin la necesidad de procedimientos de mantenimiento estrictos. (Siemens, 2017)

Si se producen interrupciones en el suministro de energía, los paneles Comfort tienen la capacidad de guardar suficiente energía para concluir correctamente todos los archivos abiertos y crear una copia de seguridad RDB de su información. Esto garantiza la preservación de todos los datos del archivo sin requerir procedimientos de preservación rigurosos. (Siemens, 2017).

Figura 21

Vista trasera de un Panel de la gama Comfort de Simatic HMI.



Los paneles de la serie SIMATIC HMI Comfort cuentan con una interfaz USB y son fácilmente integrables a redes PROFINET y PROFIBUS. Los paneles de 15" o mayores incluyen una interfaz PROFINET Gigabit, mientras que los paneles de 7" o más están equipados con un conmutador Ethernet de 2 puertos.

2.3.8. Tía portal V16

El STEP 7 Professional es la herramienta técnica más sofisticada para la configuración y programación de los reguladores SIMATIC. Este programa de Siemens cuenta con diversas funciones, como, por ejemplo:

- Programación de PLC: configuración y programación de controladores SIMATIC S7-1200, S7-1500, S7-300 y S7-400.
- Establecimiento de redes y aparatos: para cada elemento del sistema de control automático.

- Identificación en tiempo real: Durante toda la ejecución del proyecto.
- Tecnología e innovación: se incorporan las funciones de PID y desarrollo.
- Visualización: El panel SIMATIC Basic incorpora SIMATIC WinCC Basic para usos sencillos de visualización.

Figura 22

Software Tía portal V16.



Estos son algunos beneficios de utilizar esta plataforma:

- Gracias a los progresos en la interfaz visual para el usuario, las funciones integradas y el procesamiento de voz en la ingeniería, se emplea menos tiempo.
- Implementación rápida debido a que el diagnóstico integrado del sistema y la supervisión en tiempo real facilitan la detección eficaz de los problemas.



- Disminución del tiempo de parada, dado que se pueden efectuar diagnósticos a través del servidor web, además de proporcionar teleservicio y mantenimiento a distancia.
- Salvaguarda de la inversión, posible gracias a la compatibilidad del sistema, la utilización de bibliotecas y el reaprovechamiento de componentes.

Facilita la gestión de tareas de ingeniería de forma intuitiva y eficaz. En inglés, llamado Portal de Automatización Totalmente Integrada, se destaca en todas las etapas de trabajo y programación por su claridad, su asistencia al usuario optimizada y sus operaciones simplificadas.

Facilita la solución de problemas técnicos de forma rápida e intuitiva. El Portal de Automatización Totalmente Integrado, sobresale en cada etapa laboral y de programación por su precisión, su asistencia al usuario mejorada y sus procedimientos simplificados. (Siemens, sf)

2.3.9. Medición de temperatura

Según Creus (2010) No es posiblemente medir directamente la temperatura, sin embargo, se puede identificar mediante sus impactos en otras variables físicas que la dependen, como la resistencia eléctrica, la expansión volumétrica de líquidos o gases, la presión de vapor, o las características del espectro, entre otras.

La mejora constante de los procedimientos de medición de temperatura se lleva a cabo con el propósito de conseguir resultados veloces, exactos y repetibles durante extensos lapsos de tiempo.

- Elección de un sensor de temperatura

Según Creus (2010) Varios elementos, tales como la temperatura ambiente, la exactitud necesaria, la rapidez de respuesta, la facilidad para acceder al punto de medición, el entorno operativo y el costo, inciden en la selección del sensor. A pesar de que cierto tipo de sensor se emplea frecuentemente en una aplicación determinada, esto no asegura que sea la opción más apropiada.

La selección del sensor se basará en diversos factores, incluyendo la temperatura, la exactitud, la velocidad de respuesta, la sencillez para acceder al punto de interés, el contexto de uso y la relación entre costo y beneficio. A pesar de que cierto tipo de sensor se utiliza extensamente en un área específica, esto no necesariamente lo hace la elección más apropiada.

Figura 23

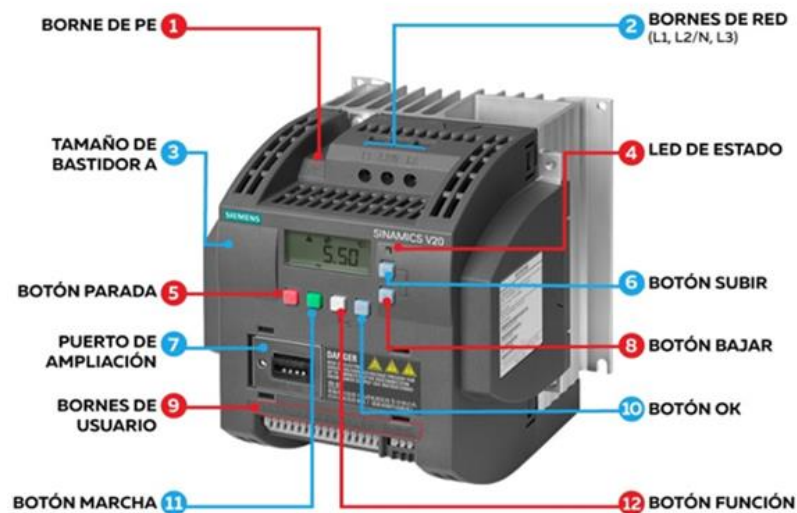
La relación establecida entre el área y el sensor se basa en la experiencia.

Campo	Sensores Tradicionales
Investigación Agrícola	Termistor, Termopar Tipo T, Semiconductor
Automóvil	Termistor, Pt100, Bimetálico
Procesos Químicos y de los Materiales	Pt100, Termopar
Criogénicos	Resistencia de Óxido de Metal
Investigación Ambiental	Termistor, Termopar Tipo T, Pt100, Semiconductor
Industria General	Pt100
Educación, Pasatiempos	Semiconductor, Termistor, Termopar Tipo T, Pintura
Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado	Ni1000, Termistor, Pt100, Pintura
En Productos Manufacturados	Semiconductor, Termistor, Pt100
Metalúrgica	Termopar Tipo K o N

Dispone de modelos que oscilan entre 0,12 kW y 15 kW, y es compatible con redes de monofásica y trifásica, su diseño compacto lo hace una elección perfecta para diversas aplicaciones. El SINAMICS V20 se presenta como una alternativa ideal para la automatización de labores sencillas bajo condiciones variables, lo que ha impulsado a un incremento en el número de productores de maquinaria e instalaciones a elegir este sistema como su alternativa predilecta.

Figura 25

Variador de velocidad Sinamics V20



2.3.12. Motores de corriente alterna

Dentro de los motores rotativos eléctricos, el motor de inducción se destaca como el más empleado. Esto se atribuye a motivos justificados como su coste reducido, sencillez en el manejo mecánico, gran resistencia y poca demanda de mantenimiento. Además, su rendimiento puede ajustarse a una extensa gama de circunstancias operativas a través de modificaciones de



diseño bastante sencillas. Generalmente, la máquina de inducción posee un devanado en su estator que recibe energía de una fuente externa de corriente alterna. Por lo general, su rotor se compone de una estructura laminado con ranuras inclinadas donde se halla un material conductor fundido, lo que da como resultado un rotor sólido y de forma cilíndrica.

Este motor se distingue por funcionar a una velocidad casi invariable. La máquina solo posee un devanado amortiguador y el voltaje en el rotor, que produce la corriente y el campo magnético inducido en dicho devanado, evitando la necesidad de conexiones físicas a través de conductores. Un beneficio significativo es que no necesita de una fuente de corriente continua para su excitación. Cuando se comparan diversos motores, la potencia no es el elemento más significativo, al igual que la frecuencia, la tensión o la velocidad, dado que estos factores son establecidos por el circuito de alimentación o las necesidades operativas. Es posible conseguir pares altos a expensas del factor de potencia y la eficiencia, gracias a un par inicial reducido y una corriente de arranque elevada.

2.3.13. Principio de funcionamiento de los motores de inducción trifásica

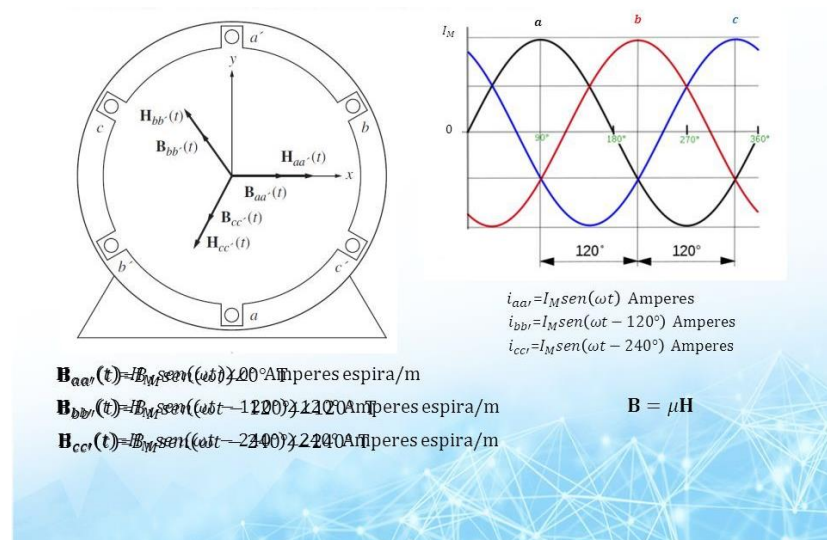
La operación básica de estas máquinas se fundamenta principalmente en la generación de un campo magnético rotativo en el estator del propulsor. La operación básica de estas máquinas se fundamenta principalmente en la generación de un campo

magnético rotativo en el estator del motor, Si tomamos en cuenta que la corriente que sobrepasa el eje cero es positiva y, si se dirige hacia el interior, se la considera entrante, simbolizada con una cruz; en cambio, la corriente negativa que se dirige al observador (saliente), se simboliza con un punto en su centro.

En este escenario, para formas de onda senoidales sencillas, las bobinas de 2 polos poseen 6 ranuras por cada fase. Se reconocen como A, B y C las entradas de corriente de estas tres etapas. Durante el instante 0, la curva de corriente en la fase A es cero, lo que señala la ausencia de corriente en dicha fase. Por otro lado, la fase B alcanza casi su máximo valor en ese mismo momento.

Figura 26

Esquema de las 3 fases del motor eléctrico.



El principio de la mano derecha dicta que, al utilizar esta norma en un conductor que lleva corriente, el dedo pulgar debe dirigirse en la dirección de dicha corriente. Los otros dedos señalarán la orientación



del flujo magnético. Este principio también es relevante cuando existen múltiples cables que transmiten corriente en la misma dirección.

- Motor de inducción.

Tanto los núcleos magnéticos del rotor como del estator se componen de tiras de acero de gran grosor. Estas láminas se recortan a los tamaños requeridos y se perforan con orificios que, al unirse, crean las ranuras del núcleo. Las láminas se unen de forma compacta y se conservan en esa posición a través de placas de empalme situadas en el borde exterior, que se encuentran perpendiculares al plano de laminación (únicamente en el estator), lo que simplifica el aislamiento. Con las laminaciones aisladas, no hay un circuito que permita que la corriente fluya a través del núcleo, dado que los voltajes inducidos son reducidos. Generalmente, se consigue el aislamiento de las laminaciones a través de un óxido generado a través de un tratamiento térmico. El acero magnético empleado en los núcleos motores es un material de excelente calidad, creado para alcanzar una densidad magnética máxima, disminuir el calentamiento y disminuir las caídas en el núcleo. Estas características facilitan la adquisición de un núcleo más reducido para una potencia específica o, en cambio, un motor más eficaz. En esta oportunidad, hablaremos sobre el motor de jaula de ardilla con armazón N.E.M.A.

- Rotor

Los rotores se producen a través de la fundición. El circuito eléctrico del rotor se establece en un único procedimiento, depositando una aleación de aluminio fundido en el conjunto de laminado. Así, se crean las barras

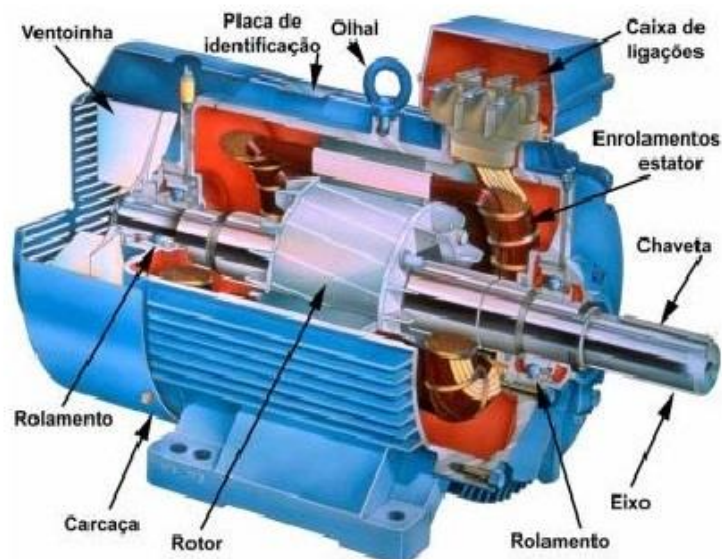
en los canales del núcleo, acompañadas de los anillos extremos que las vinculan. En un rotor fundido, las dimensiones y resistencia de los conductores son homogéneas, evitando la necesidad de soldaduras.

- Estator

El estator de forma de jaula de ardilla puede ser diseñado para motores de una sola fase o de tres fases. En los motores de inducción, la configuración más básica es la de trifásicos con jaula de ardilla. Estos motores no tienen componentes que circulen con corriente de línea. Para un motor trifásico de una única tensión y velocidad, únicamente se requieren tres terminales de energía. Las bobinas del estator se estructuran en función del número de etapas y la cantidad de polos magnéticos. Adicionalmente, el motor de inducción no presenta polos estructurales perceptibles a la vista. En un estator trifásico, la cantidad mínima de bobinas se compara con el triple de la cantidad de polos. Es habitual que los estatores trifásicos se enrolen para funcionar con voltaje doble, usualmente entre 220 y 440 voltios.

Figura 27

Partes de un motor eléctrico trifásico.





- El funcionamiento del motor de inducción

Cada conductor que lleva corriente produce líneas de fuerza magnética alrededor de él. Estas líneas generan un campo magnético con una intensidad determinada, que se basa tanto en el valor de la corriente que fluye como en las propiedades del circuito magnético. La polaridad del campo magnético se define por la dirección de la corriente. Por lo tanto, la intensidad del campo magnético se ve afectada tanto por la corriente que fluye por el conductor como por las características del circuito magnético que lo envuelve, particularmente cuando se refiere a una corriente alterna, parafrasear: que varía en intensidad y dirección, y se ajusta a la frecuencia de la línea, desde un máximo en una dirección hasta un máximo en la dirección contraria. Los conductores, correctamente dispuestos y situados en las ranuras internas de un anillo de acero laminado (estator), al ser conectados a una fuente de voltaje trifásica, producen el fenómeno denominado 'campo magnético rotativo'.

- Aspectos operativos del motor de jaula de ardilla.

El propulsor de la jaula de ardilla funciona a una velocidad prácticamente invariable. El rotor tiene un cierto nivel de deslizamiento; en circunstancias de vacío, este deslizamiento es mínimo, pero al aplicar carga al rotor, es necesario aumentar la densidad de corriente que fluye por él para producir el par requerido para resistir el incremento de carga. El campo magnético rotativo tiene que pasar por los conductores del rotor a una velocidad superior para producir el aumento de corriente requerido. Esto conlleva a un incremento en el deslizamiento y a una disminución en la rapidez del rotor. En motores de 50 HP o más, el deslizamiento se sitúa entre el 1 y



el 2% a plena carga; en los de menor potencia puede alcanzar el 8 o 10 % a plena carga; en los de menor potencia puede alcanzar el 8 o 10 % a carga plena.

El componente de fuerza se incrementa conforme la carga se eleva, llegando a su máximo valor cuando la carga se aproxima al valor del régimen. No obstante, con incrementos extra de carga, el factor de potencia suele reducirse.

En vacío, el motor absorbe una corriente principalmente originada por la imantación, aunque también posee un componente energético mínimo diseñado para alimentar las pérdidas en vacío. El coeficiente de potencia en vacío ($\cos \emptyset$) presenta valores reducidos, variando entre 0.15 y 0.15. La eficiencia del motor se conserva prácticamente inalterable tanto en estado de vacío como a carga completa. Por ende, el flujo se mantiene prácticamente inalterable, tal como ocurre en un transformador, de manera que la corriente de imanación solo se modifica levemente entre el vacío y la carga completa. Cuando se impone carga al motor, se requiere una corriente de intensidad I' , prácticamente en la misma etapa que la tensión V en los bornes, aunque un poco retrasada, para balancear la carga. Cuando se une esta corriente a I_0 , se genera la corriente total I_1 , donde el factor de potencia resultante es ($\cos \emptyset$). Conforme la carga se incrementa, se necesita una intensidad I_2 más alta, resultando en una corriente total I_1 , con un factor de potencia ($\cos \emptyset$). Es perceptible que el ángulo del factor de potencia se reduce, lo que causa un incremento en su coseno a medida que la carga en el motor se incrementa. El aumento de las caídas de tensión provocadas por la reacción en el estator y el rotor,



provocadas por el incremento de la carga, suele disminuir el factor de potencia. Cuando la carga excede un valor específico, esta disminución en el factor de potencia puede ser aún más marcada.

En un principio, el rendimiento se incrementa rápidamente y llega a su máximo nivel por las mismas causas que suceden en otros aparatos eléctricos. Las pérdidas son constantes en todas las cargas, tanto las producidas en el núcleo como las provocadas por las resistencias pasivas. Igualmente, se producen pérdidas a causa de la carga $I^2 R$ que se incrementan de forma proporcional. Así pues, en cargas livianas, el desempeño es bajo ya que las pérdidas constantes son considerables en relación con la potencia absorbida. Conforme la carga se incrementa, el rendimiento se eleva hasta llegar a un nivel máximo, instante en el que se equilibran las pérdidas fijas y variables. Las pérdidas $I^2 R$ adquieren mayor importancia y causan una reducción en el desempeño. A continuación, se detallan las cualidades sobresalientes:

- 1) Velocidad casi constante. La velocidad disminuye aproximadamente un 3% desde la carga nula hasta la carga completa.
- 2) Mayor fiabilidad. No necesita la sustitución de escobillas ni interruptores centrífugos en el interior del motor. La única conexión física entre el eje rotatorio y el resto del motor se encuentra en los rodamientos.
- 3) Conveniente reversibilidad. Este motor tiene la capacidad de invertirse solo al cambiar dos de sus tres conexiones de línea. El cambio de dirección puede llevarse a cabo tanto en estado de reposo como en



movimiento, aunque las inversiones constantes pueden provocar un sobrecalentamiento en el motor.

- 4) Velocidad Determinada. Los motores, al girar 60 c/s, alcanzan 1725 R.P.M. Los diseñados para 50 y 25 c/s lo hacen a 1425 R.P.M.

Alta carga inicial. Estos motores tienen la capacidad de producir un par de arranque que varía del 2% al 3% del par nominal a plena carga, dependiendo del tamaño del motor.

El motor polifásico de inducción con rotor de jaula de ardilla es uno de los más simples y se utiliza extensamente en aplicaciones de gran envergadura. Gran parte de sus beneficios también se utilizan en modelos de menor tamaño, por lo que, siempre que sea factible el uso de corriente multifásica, usualmente se opta por los motores monofásicos en lugar de los monofásicos.

Además, ofrece la máxima potencia posible para un tamaño de armazón, peso y velocidad determinados. Su potencia nominal supera a la de un motor monofásico con el mismo tamaño de carcasa. El par de arranque también es superior y se conserva inalterable independientemente de la ubicación del rotor. En el proceso de operación, el par se mantiene casi constante y no muestra las oscilaciones habituales en los motores monofásicos. En consecuencia, el motor polifásico produce escasa vibración. En contraste con los motores de fase partida, los motores con rotor de jaula de ardilla no necesitan altas corrientes de arranque, lo que los convierte en perfectos para aplicaciones que requieren un elevado par de arranque con una demanda reducida de corriente al iniciar.



Aplicaciones del motor de inducción

Los motores de jaula de ardilla son dispositivos de alta confiabilidad y son aptos para operar cualquier máquina que funcione a velocidad constante, siempre que se disponga de corriente alterna. Normalmente se emplean en aparatos industriales y solo en situaciones excepcionales en aparatos domésticos, dado que usualmente estos últimos operan con una corriente monofásica de 110 a 120 voltios.

Normalmente, los motores de este tipo se diseñan con devanados para funcionar a 220 V, aunque en algunas áreas urbanas se encuentran redes de corriente alterna con ese voltaje, y en estas situaciones, los motores suelen ser producidos bajo pedido específico. A pesar de que la norma es producir motores trifásicos, se podrán proporcionar motores de otra categoría. Los motores polifásicos de Jaula de Ardilla tienen una amplia variedad de potencias de loa. Usualmente, no se pueden proporcionar motores con velocidades más bajas, dado que el estator no habría suficientes espacios para alojar el desplazado.

- Arranque de los motores de inducción

Los motores de inducción tienen la capacidad de funcionar al conectarlos directamente a la red eléctrica. Sin embargo, existen razones por las cuales esta práctica no siempre es aconsejable. Uno de los factores es que, durante el inicio, el motor puede requerir una corriente alta que genere una disminución de la tensión en el sistema de alimentación, lo que puede resultar inconveniente para el arranque directo desde la red. En los motores con rotor devanado, el inicio puede llevarse a cabo con corrientes moderadas mediante la inclusión de



resistencias externas en el circuito rotor. Esta medida no solo disminuye la corriente inicial, sino que también potencia el par inicial. En los motores de inducción de tipo Jaula de Ardilla, las corrientes iniciales pueden tener una considerable variabilidad, que se basa principalmente en la potencia nominal del motor y en la resistencia efectiva del rotor al inicio del arranque. La letra de código presente en la placa de datos de los motores de jaula de ardilla especifica la cantidad de corriente que el motor puede recibir de la red eléctrica al iniciar su funcionamiento.

Estos valores se señalan basándose en la potencia aparente que el motor necesita al inicio, en comparación con su potencia nominal de salida, expresada en caballos de potencia. La siguiente tabla muestra los valores en kilo voltamperios por caballo de fuerza asignados a cada letra del código.

Beneficios de los motores de inducción

El motor de inducción, debido a sus características, precio y durabilidad, es el más seleccionado en la mayoría de los sistemas de operación. Es crucial destacar que el motor de inducción óptimo funciona a una velocidad de 900 a 1800 R.P.M., con potencias que no excedan unos miles de kilovatios. Por su importancia, los motores de inducción, junto con los actuales convertidores electrónicos de tensión y frecuencia variables, están adoptando un rol casi único en los sistemas de operación eléctrica.



2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

2.4.1. Señal analógica

Similar a variables naturales como la luz, el sonido, la temperatura y el tiempo, una señal analógica se encuentra en una constante transformación. Dado que el impulso eléctrico puede tomar una cantidad infinita de valores en un lapso de tiempo, también puede llegar a valores ilimitados durante ese intervalo de tiempo.

Estas señales tienen varios valores inmediatos en cada fracción del período tomado en cuenta. En conclusión, el peso físico que representa una señal eléctrica analógica se reflejará en ella. (alcalde, 2014)

2.4.2. Control automático

(Carrillo, 2011) Los avances en la teoría y la implementación del control automático ofrecen los fundamentos fundamentales para alcanzar un desempeño ideal en los sistemas dinámicos, La meta de perfeccionar u optimizar los procesos es conseguir resultados superiores y facilitar las labores manuales cotidianas, además de otras tareas. El objetivo de la ingeniería es entender y dominar las fuerzas naturales en beneficio de la humanidad.

2.4.3. Motores eléctricos trifásicos

(Farina, 2018) Los motores eléctricos transforman la energía eléctrica en energía mecánica y se emplean para operar varios aparatos, vinculados a las instalaciones eléctricas mediante los componentes apropiados y requeridos.



2.4.4. Lógica programada

(Salazar, 2022) Involucra de forma técnica y organizada los conceptos que nos facilitan la creación, en términos generales, soluciones a problemas que pueden ser aplicadas a través del uso de una computadora.

2.4.5. Lógica cableada

Se trata de la creación de sistemas automatizados a través de circuitos de corriente, utilizando contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, contadores, válvulas oleo hidráulicas y neumáticas, entre otros elementos acorde a las demandas del cliente. Estos circuitos abarcan funciones de control, advertencia, prevención y fuerza.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se utilizará el enfoque cuantitativo, pues el objetivo es medir, examinar y examinar la reacción del motor trifásico frente a diferentes lógicas de programación. Además, se utilizará un método experimental, ya que se manejan variables (como el tipo de control lógico programado) para examinar las repercusiones en el sistema.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se trata de una investigación aplicada, cuyo propósito es solucionar un problema práctico: perfeccionar o automatizar la gestión de motores trifásicos en ambientes industriales mediante la programación lógica utilizando un controlador lógico programable.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto es preexperimental, dado que se empleará un sistema particular (el motor trifásico y el circuito de control programado), y se realizarán ensayos tanto previos como posteriores a la implementación del control automático, para valorar el desempeño logrado.



un motor eléctrico trifásico que funciona bajo un sistema de control automático con lógica programada. Este proceso se realizó en un entorno controlado, específicamente en un laboratorio de automatización, garantizando así la precisión y garantizabilidad de los datos recabados.

Primero se empleó la observación directa controlada, lo que facilitó el examen detallado de las condiciones de operación del motor previo y posterior a la implementación del sistema de control automático. Durante estas observaciones, se registraron elementos cualitativos, tales como la estabilidad al encender y apagar, además de la respuesta del sistema ante distintas cargas.

Igualmente, se realizaron mediciones técnicas utilizando herramientas de gran exactitud, como multímetros digitales, amperímetros, voltímetros y pinzas de medida amperimétrica. Estos aparatos simplificaron la recolección de datos medibles acerca de variables eléctricas esenciales, tales como el voltaje de entrada, la corriente absorbida, la frecuencia de funcionamiento y la potencia activa. Estas mediciones fueron esenciales para valorar y contrastar el rendimiento del motor en su modo de funcionamiento tradicional y en comparación con su operación bajo un sistema de control fundamentado en lógica programada.

Además, se puso en marcha un sistema de instrumento digital vinculado al controlador lógico programable (PLC) utilizado en el proyecto. Este sistema incluyó sensores que recogieron información en tiempo real, la cual se registró y examinó mediante un software de seguimiento compatible con el PLC. Por medio de esto, se consiguió un monitoreo



constante y exacto del comportamiento del motor durante todo el proceso de evaluación.

Seguidamente, se efectuaron pruebas eficientes y de rendimiento, donde se aplicaron diversos niveles de carga al motor con el objetivo de evaluar su rendimiento. Estas evaluaciones simplificaron la valoración del impacto de la lógica programada en factores como el tiempo de respuesta, la eficacia en el uso de energía y la estabilidad en las operaciones del sistema. Todos los hallazgos logrados se registraron de forma organizada en hojas de observación y se complementaron con pruebas fotográficas, las cuales respaldaron el progreso del procedimiento experimental.

Tabla 2

Recogida de datos.

Variable	Instrumento	Frecuencia de recogida	Método
Lógica programada	Controlador Lógico Programable (PLC)	Tiempo de respuesta: milisegundos	Registro automático
Control Automático de Motores Eléctricos	Temperatura de calentamiento del motor trifásico	Medición constante de temperatura del motor eléctrico trifásico	Registro automático



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS MEDIANTE LA LÓGICA CABLEADA Y LÓGICA PROGRAMADA.

En esta parte se realizará la programación del PLC, tratando los problemas habituales en las instalaciones industriales. Se llevará a cabo un estudio centrado en la disminución y mejora de recursos en la gestión de procesos. Para alcanzar este objetivo, se implementan acciones organizadas que posibilitan tratar el problema de manera óptima y eficaz, garantizando una solución que se alinee lo más posible con lo necesario.

4.1.1. Evaluación de Problemática

Desarrollar un software para administrar eficazmente el motor eléctrico, de manera que, en caso de sobrecarga, el sistema pueda resolverlo y continuar funcionando. El procedimiento particular implica una bomba de lodo, en la que se genera una carga que supera la corriente de operación.

- Reconocimiento de entradas y salidas

Se efectuó el estudio del problema con el objetivo de detectar las entradas. En el sistema, las entradas potenciales pueden abarcar:

- Sensores:



- Sensor de corriente del motor eléctrico
- Sensor presión de bomba
- Sensor de temperatura
- Sensor de nivel de lodo
- Equipos de protección
 - Relé térmico
 - Pulsador de emergencia.
- Equipos de mando
 - Pulsadores de inicio
 - Pantallas HMI

Se realiza la comprensión de la problemática para poder identificar las salidas. en sistema se puede tener salidas como:

- Actuadores de salida
 - Control de prendido de motor eléctrico
 - Válvulas de drenaje
 - Señalización.
 - Alarma sobre carga
 - Reste relé de sobrecarga
 - Indicadores de estado de motor.

Tras reconocer las opciones y las salidas, se selecciona la alternativa más sencilla y eficaz para implementar, lo que conduce a la elaboración de una tabla de entradas y salidas.

Tabla 3

Entradas y salidas del sistema.

ENTRADAS	SALIDAS	EQUIPOS
Sensor de temperatura	Motores eléctricos	PLC
Relé térmico	Alarma de sobre carga	Variador de frecuencia
Pulsadores de inicio	Indicadores de estado de motor	
Pantallas HMI		

Nota: Entradas y salidas del sistema

4.1.2. Elección del sensor

El sensor de temperatura infrarroja tiene la capacidad de establecer la temperatura superficial de un objeto al registrar la fuerza de la radiación infrarroja que emite, evitando así el contacto directo. El mayor beneficio de los termómetros infrarrojos radica en su habilidad de registrar la temperatura sin necesidad de contacto, lo que simplifica la medición de objetos de acceso complicado o en movimiento.

Características del Sensor RS-WD-HW-I20

El RS-WD-HW-I20 es un sensor infrarrojo de temperatura diseñado para llevar a cabo mediciones sin necesidad de contacto en entornos industriales. Sus atributos más sobresalientes son:

- Rango de Medición: desde -20 °C hasta 500 °C.
- Salida Analógica: señal de 4 a 20 mA, proporcional a la temperatura registrada.

Comunicación: Interfaz RS-485 utilizando el protocolo Modbus RTU.



- Alimentación: Funciona con 12 a 24 VDC.
- Resolución: El sensor ofrece una precisión de 0.1°C , permitiendo detectar mínimas variaciones de temperatura.
- Tiempo de Respuesta: Varía según el modelo, el tiempo de respuesta puede variar; es recomendable consultar la hoja de datos específica.
- Aislamiento Eléctrico: Es importante asegurar que el sensor disponga de aislamiento galvánico para evitar daños por sobretensiones o interferencias eléctricas.

4.1.3. Especificación de requisitos y comportamiento del sistema

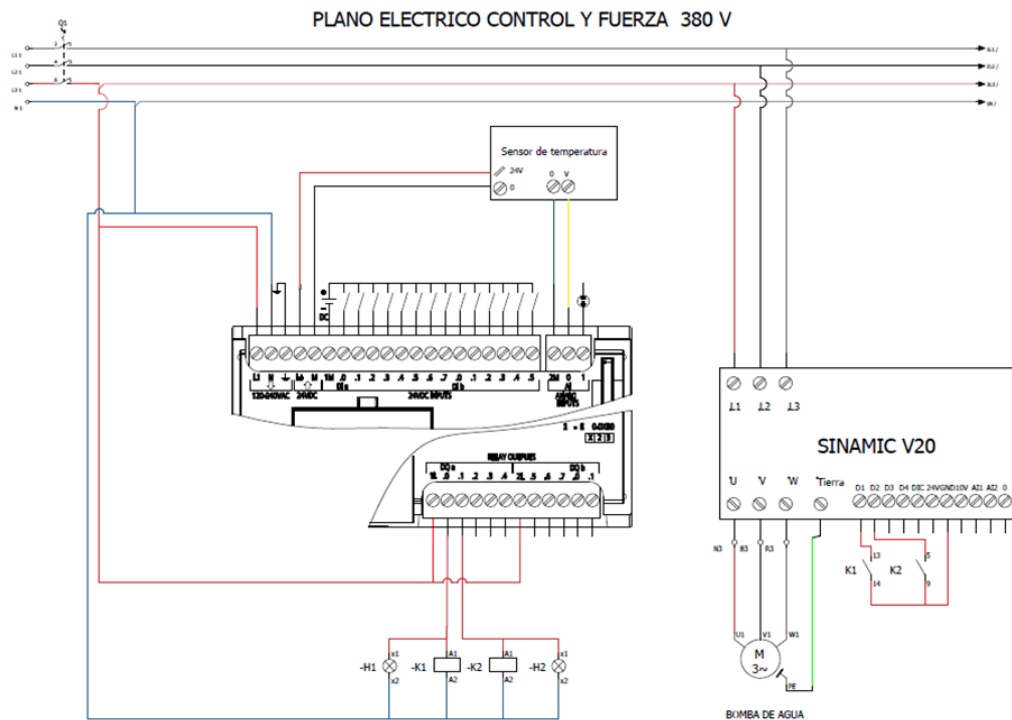
Para implementar la solución, se inicia con la puesta en marcha de un motor eléctrico mediante una pantalla HMI vinculada a un controlador lógico programable (PLC). Para identificar una potencial sobrecarga, se utilizará un sensor de temperatura que transmitirá señales de manera constante. El motor, por otro lado, se administrará a través de un variador de velocidad.

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA EN CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS

Para la implementación del sistema, es imprescindible diseñar tanto el esquema de conexiones como el esquema de flujo, los cuales especifican cómo se realizará la instrumentación, las acciones que realizará el sistema y la manera en que se tratarán y rectificarán los eventuales fallos que puedan presentarse.

Figura 29

Diagrama eléctrico de conexión en el sistema



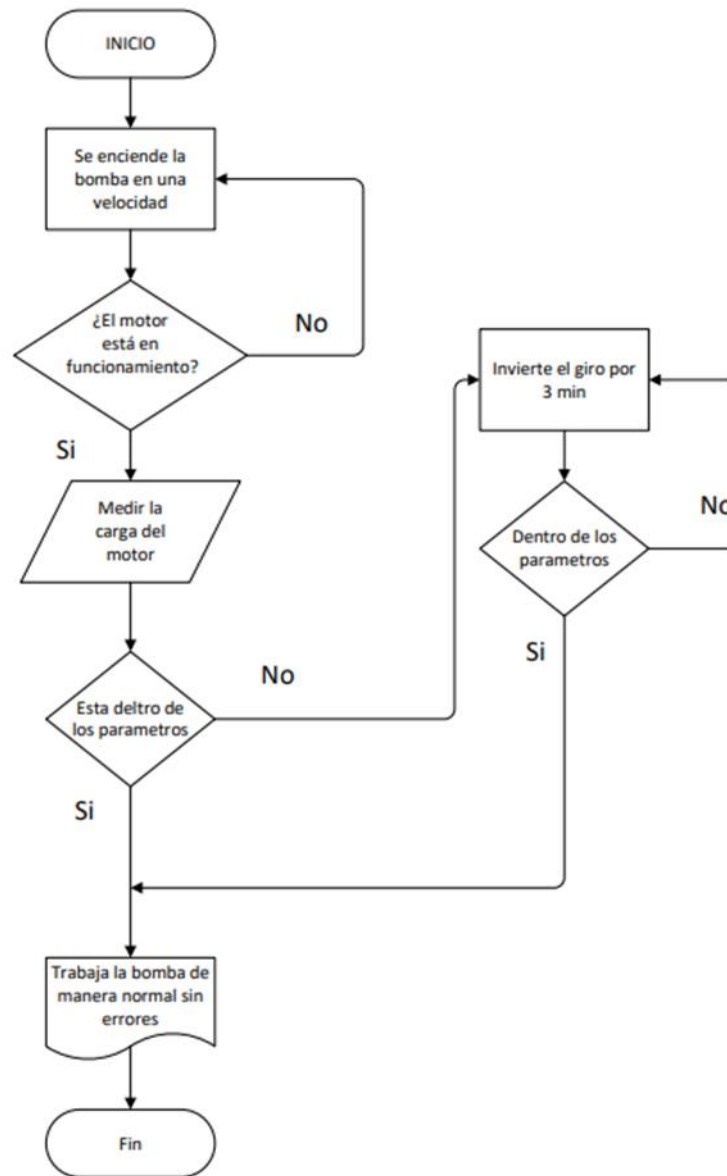
Nota: Conexión de PLC y actuadores del sistema

4.2.1. Diagrama de flujo de sistema

Para elaborar el diagrama de flujo, es esencial comprender de manera precisa qué se necesita realizar, pues esto facilitará la identificación del tipo de control más adecuado. Este esquema será elaborado empleando un programa especializado.

Figura 30

Diagrama de flujo de sistema



Nota: Diseñado en software de Microsoft vicio.

4.2.2. Pasos para programar un variador de velocidad

Para comenzar, es necesario verificar los requisitos del sistema; una vez completada esta revisión, se procede a efectuar las conexiones físicas. Posteriormente, se accede al menú de

configuraciones para ajustar los parámetros de acuerdo con las especificaciones requeridas.

Tabla 4

Configuraciones del motor eléctrico en el variador.

parámetro	Configuración	características
P0003	1	Nivel de configuración
P0010	1	Puesta en marcha rápida
P0100	1	Norteamérica [hp], frecuencia básica del motor de 60 Hz.
P0304	230v	Tensión Nominal del motor
P0305	4.5A	Corriente nominal del motor

Nota: manual de configuración de SINAMIC v20.

Para establecer el control a través de una entrada digital, se procede de la siguiente forma:

Tabla 5

configuraciones de inversión de giro.

Parámetro	Configuración	características
P0700	2	Panel de mando por borne
P0701	1	ON/OFF
P0702		Inversión
P1000	1	Consigna de frecuencia MOP. Local.
P1080	5	Frecuencia mínima
P1082	60	Frecuencia máxima

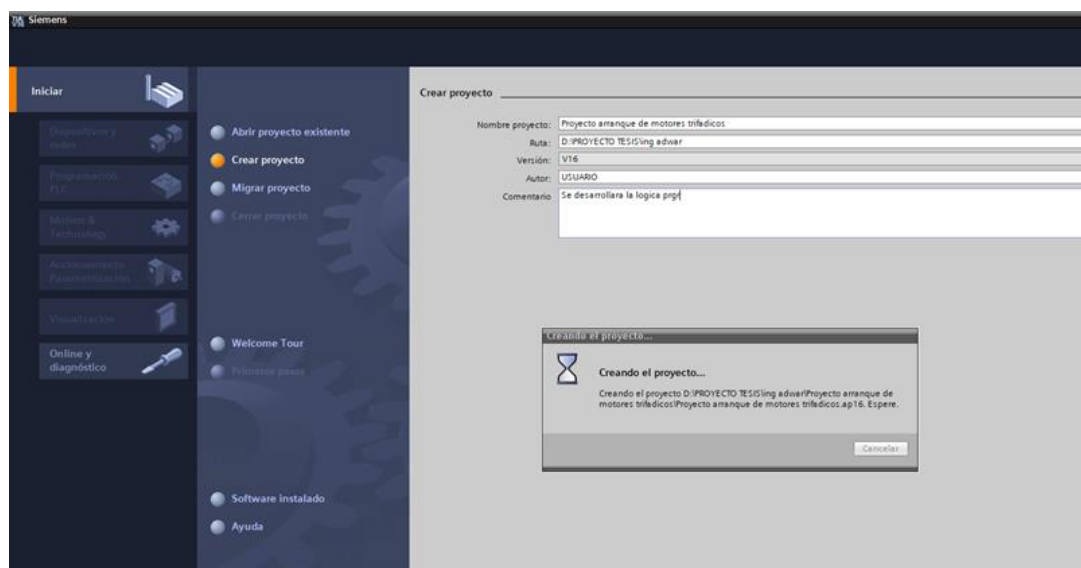
Nota: manual de configuración de SINAMIC v20.

4.2.3. Programar un PLC S7 1200 CPU 1214- Prueba 1

Para comenzar la programación del PLC S7 1200 CPU 12114, primero es necesario crear un proyecto y establecer el lugar donde se guardará el archivo.

Figura 31

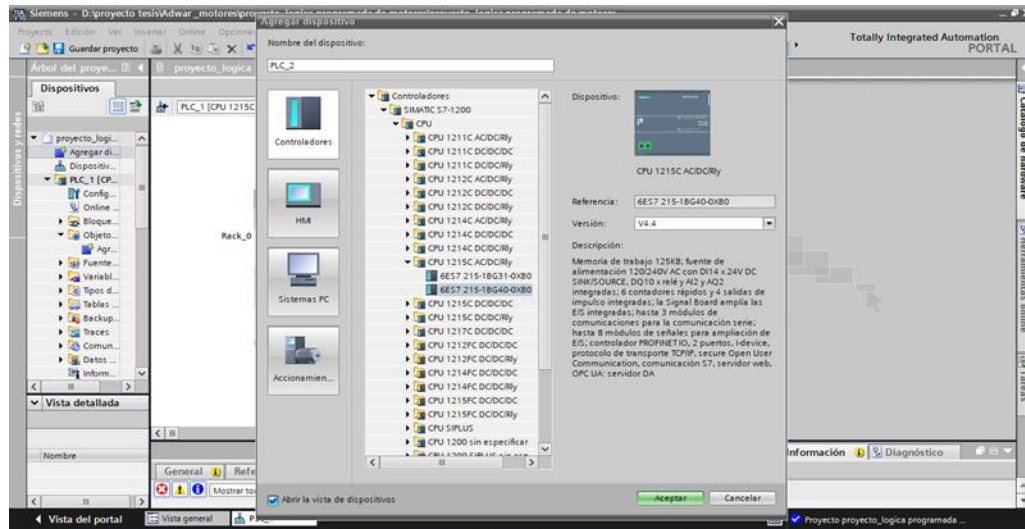
Creación de proyecto en TIA PORTAL



Nota: configuración en TIA PORTAL v16.

Figura 32

Selección del PLC S7 1200 CPU 1214

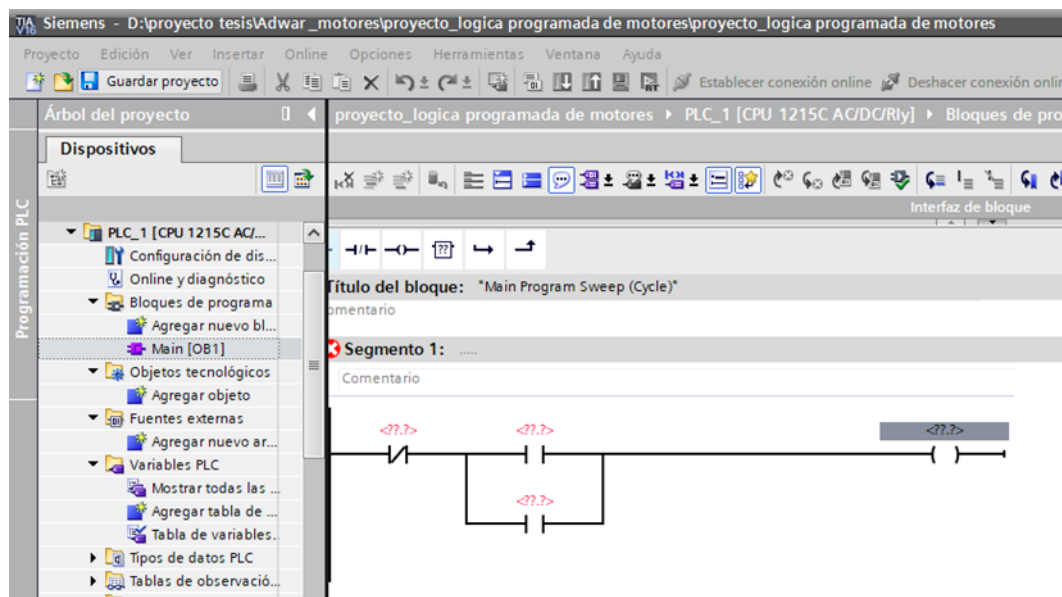


Nota: configuración en TÍA PORTAL v16

Para iniciar la programación, se requiere ingresar al bloque *Main*, desde el cual se pueden tomar los contactos que se quieren configurar, tal como se muestra en la figura adecuada.

Figura 33

Extracción de contactos para arranque directo en Main.

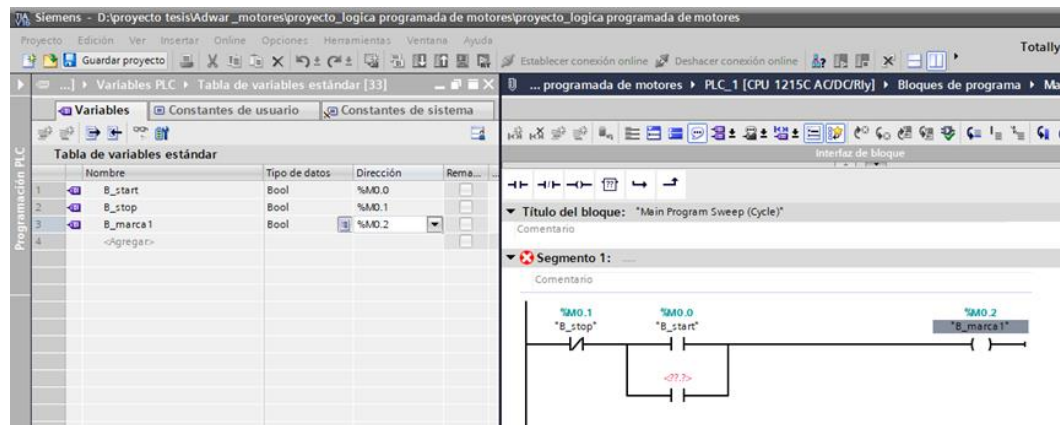


Nota: Programación en TÍA PORTAL v16_ main.

A continuación, se procede a la declaración de variables, como en el caso de los pulsadores de la HMI, los cuales se definirán como variables booleanas (por ejemplo, M0.0 hasta M0.6), tal como se observa en la figura.

Figura 34

Declaración de variables booleanas

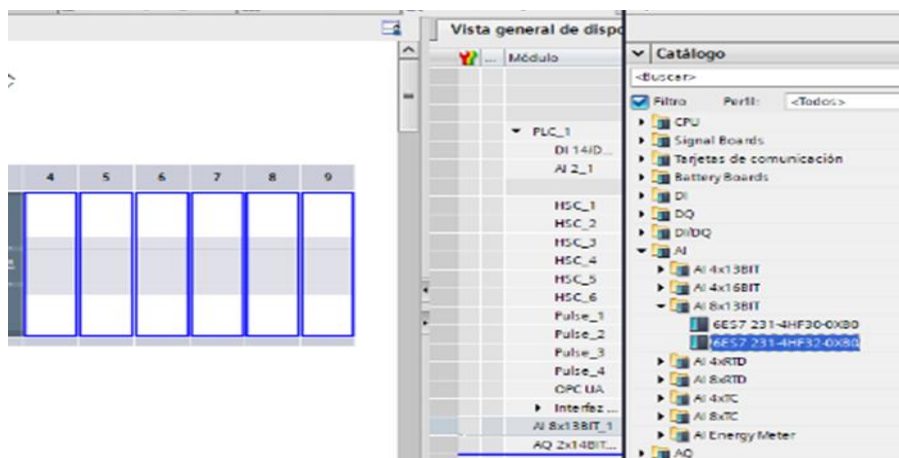


Nota: creación de variables de Programación en TIA PORTAL v16.

A continuación, se realiza la configuración de la entrada analógica (sensor infrarrojo de temperatura). Es imprescindible emplear el módulo de entrada analógica 6ES7 231-4HF32-0XB0 para tal fin.

Figura 35

Agregamos la entrada analógica de 8 entradas.

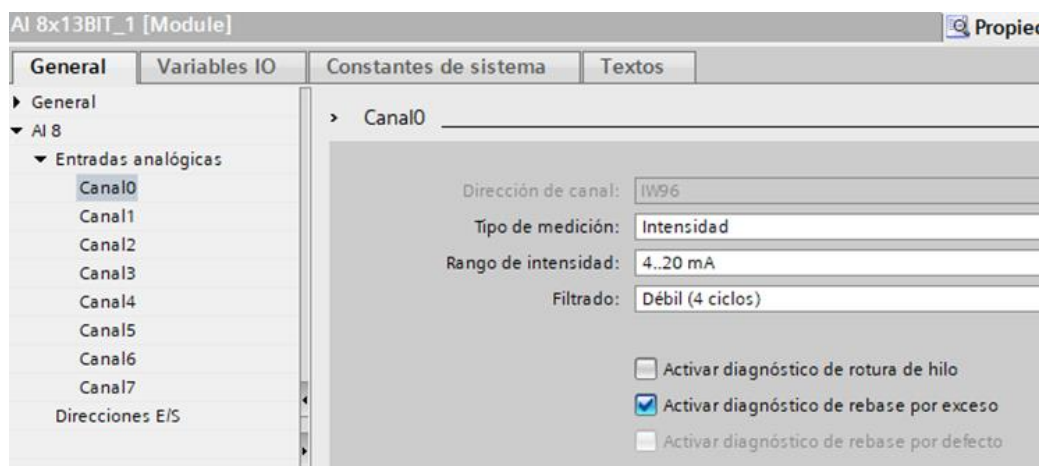


Nota: Agregamos un módulo de entradas de 0 a10 y 4 a 20 mA.

Posteriormente, se llevará a cabo la modificación de las entradas analógicas, estableciendo una entrada con una intensidad de 0 a 20 mA, garantizando que se efectúe esta configuración antes de conectar el programa al PLC.

Figura 36

Configuración de la entrada analógica IW96.



Nota: Agregamos un módulo de entradas de 0 a 10 y 4 a 20 mA.

Una vez finalizada la configuración, se llevará a cabo la creación del software para la medición de la temperatura. Para ello, es necesario utilizar la alternativa de conversión para obtener dos archivos: uno destinado a la normalización y otro para el escalado.

Figura 37

Declaración de variables enteros y reales.

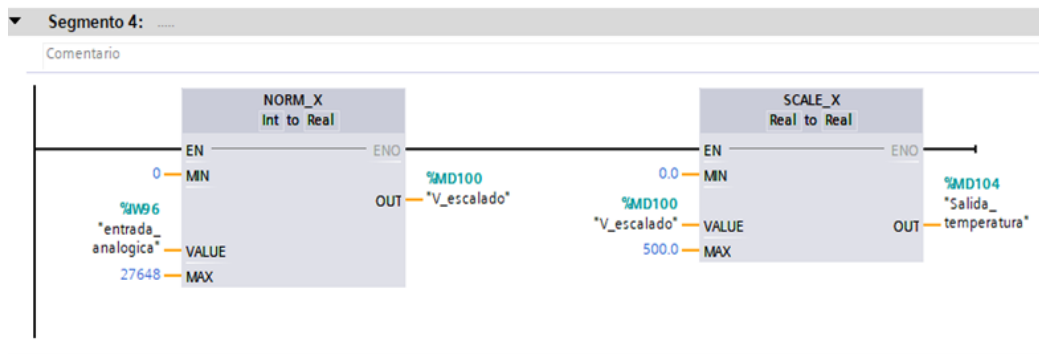
entrada_analogica	Int	%IW96
V_escalado	Real	%MD100
Salida_temperatura	Real	%MD104

Nota: Parámetros de configuración de variables analógicas.

Una vez establecidas las variables, es necesario entrar al "Main", donde se distribuirán estas variables a los bloques de normalización y escalado. Se define la entrada analógica como un valor entero, y dado que la entrada opera con 12 bits, la lectura comprenderá desde 0 hasta 27648 parámetros. Se ajustará la escala del sensor para registrar temperaturas en el intervalo de 0 a 500 grados Celsius.

Figura 38

Programación de la entrada analógica del sistema.



Nota: lectura de la variable analógica temperatura.

Así, con el fin de conseguir la intermitencia de retorno, se requiere configurar un nuevo bloque de función. En este bloque, se lleva a cabo la configuración adecuada y se genera el generador de pulsos.

Figura 39

Creación de bloque Generación de pulsos.

The screenshot displays the Siemens SIMATIC Manager interface. On the left, the 'Dispositivos' tree shows the project structure, including 'proyecto_motores electricos3' and 'PLC_1 [CPU 1214C DC/DC]'. The main window shows the configuration for the 'Generador de pulsos' block. A table lists the block's parameters:

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	Accesible d...
1 -> Input				
2 -> habilitar	Bool	false	No rem...	<input checked="" type="checkbox"/>
3 -> Duracion_IN	Dint	0	No remane...	<input checked="" type="checkbox"/>
4 -> Duracion_OFF	Dint	0	No remane...	<input checked="" type="checkbox"/>
5 -> Output				
6 -> pulsos	Bool	false	No remane...	<input checked="" type="checkbox"/>
7 -> InOut				
8 -> <Agregar>				
9 -> Static				
10 -> tiempo_ON	TON_TIME		No remane...	<input checked="" type="checkbox"/>
11 -> tiempo_OFF	TON_TIME		No remane...	<input checked="" type="checkbox"/>

Below the table, two ladder logic segments are shown. Segment 1 shows a normally open contact labeled '#tiempo_ON.IN' leading to a coil labeled '#pulsos'. Segment 2 shows a normally open contact labeled '#habilitar' leading to a coil labeled '#tiempo_ON.Q'. This coil is connected to a TON timer block with 'IN' and 'Q' terminals. The timer block has 'PT' (preset time) and 'ET' (elapsed time) terminals. A second coil labeled '#tiempo_OFF.Q' is connected to another TON timer block, which is also connected to the 'Q' terminal of the first timer block. The 'PT' terminal of the second timer is labeled '#Duracion_OFF' and the 'ET' terminal is labeled 'T#0ms'.

Nota: Elaboración de bloques de funciones en main.

Se ingresa a la página principal de programación (main), donde se establece el tiempo necesario para que el sistema pueda reiniciar y efectuar el giro en sentido contrario, con la finalidad de liberar la carga.

Figura 40

Programación para liberar la carga de la bomba.

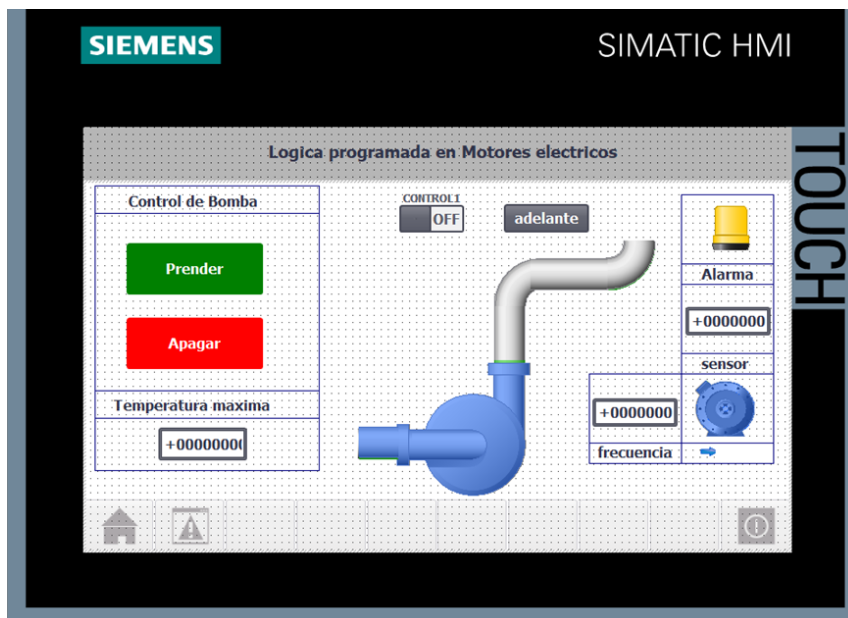


Nota: Desarrollo e incorporación de bloques de regulación de sobrecarga

La pantalla de programación en el sistema HMI TP 700 de Siemens se muestra a continuación.

Figura 41

Programación de la pantalla HMI TP 700.



Nota: Elaboración e aplicación de bloques para la regulación de la sobrecarga.

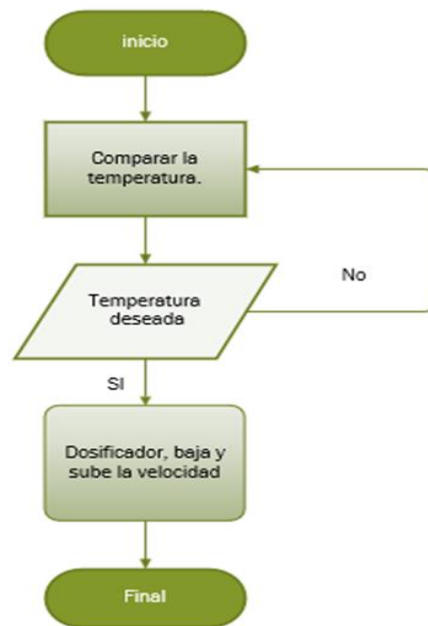


En esta parte, se aplica gráficamente el control de arranque y la configuración de parámetros, lo que posibilita la elección de la temperatura nominal autorizada para los motores. Si la temperatura supera el límite fijado, el motor cambiará su rotación para deshacerse de la carga. Una vez que se establezca la temperatura, el motor seguirá operando en su dirección habitual.

4.2.4. Programar un PLC S7 1200 CPU 1214- control PID.

En esta parte, se realizará la programación utilizando el control PID, simulando un sistema donde se determina un punto de referencia (set point), y la salida cambia dependiendo de la entrada analógica. La función del control PID es controlar la temperatura del motor; si se produce una sobrecarga, la velocidad se reducirá, mientras que, si el motor se conserva frío, la velocidad se incrementará. Es importante destacar que el esquema de conexiones es constante, sin embargo, la lógica de control cambia en la programación.

Figura 42
Programación de Diagrama de flujos.



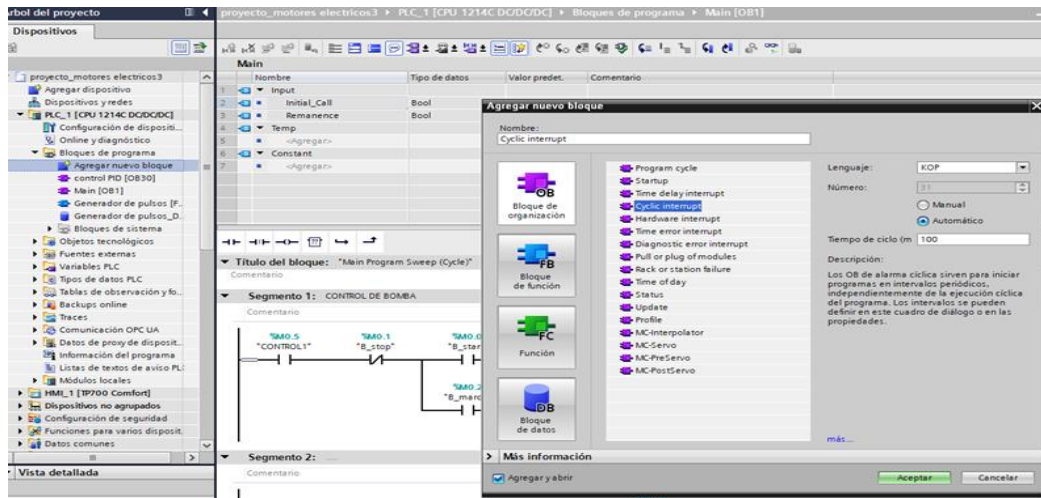
Nota: Desarrollo e incorporación de bloques de regulación de sobrecarga. Es importante destacar que todos los equipos son idénticos, solo se modifican la programación y la lógica. Por lo tanto, la programación se realiza en TIA Portal.

4.3. PROGRAMACIÓN DE CONTROL PID

Se establece un nuevo bloque organizativo en "Cyclic Interrupt", con un ciclo de 100, con la finalidad de establecer los parámetros de control PID.

Figura 43

Creación de bloque de organización del PID.



Nota: Generación de bloques de control PID.

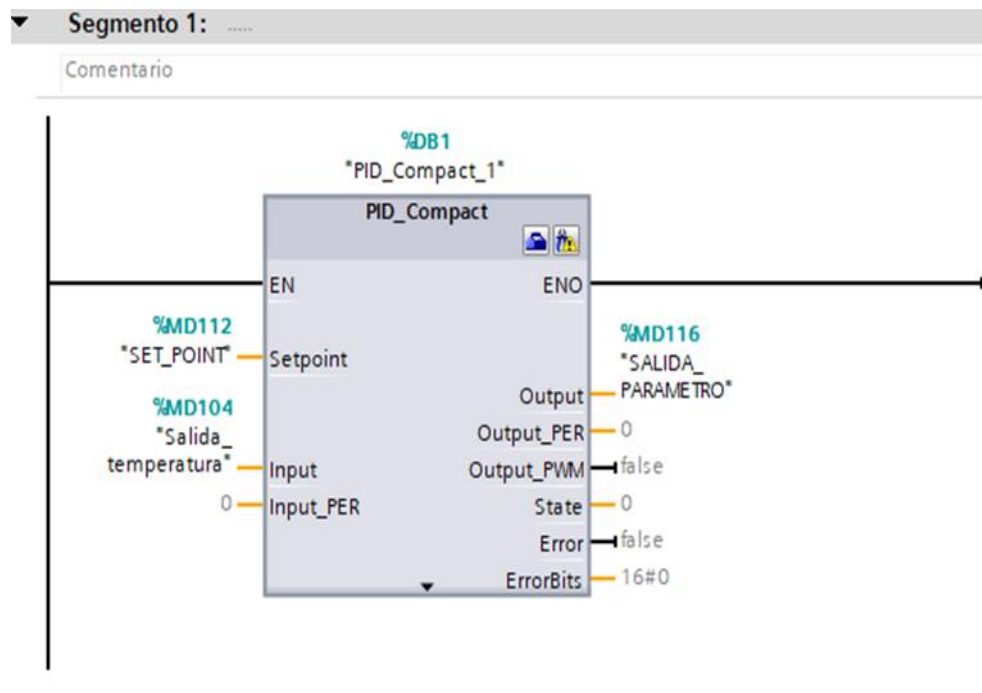
Figura 44

Declaración de variables para PID

	CONTROL1	Bool	%M0.5
	START_PID	Bool	%M0.6
	STOP_PID	Bool	%M0.7
	MARCA_PID	Bool	%M1.0
	SET_POINT	Real	%MD112
	SALIDA_PARAMETRO	Real	%MD116
	SALIDA_ANALOGICA	Int	%QW112

Nota: Generación de bloques de control PID

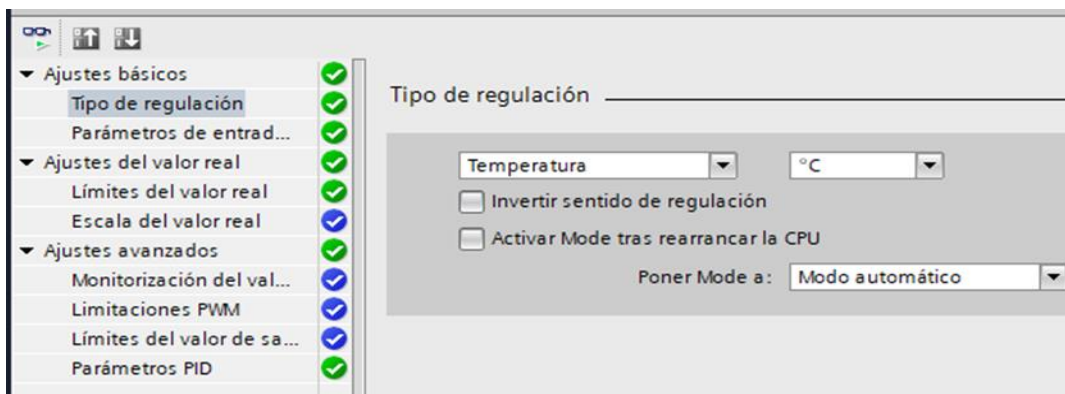
Figura 45
Programación de control PID



Nora: Creación de bloques de control PID.

Durante la configuración del control PID, se elige la clase de regulación como la temperatura, se activa de manera automática y se establecen los parámetros de entrada.

Figura 46
solucionar el tipo de regulación.

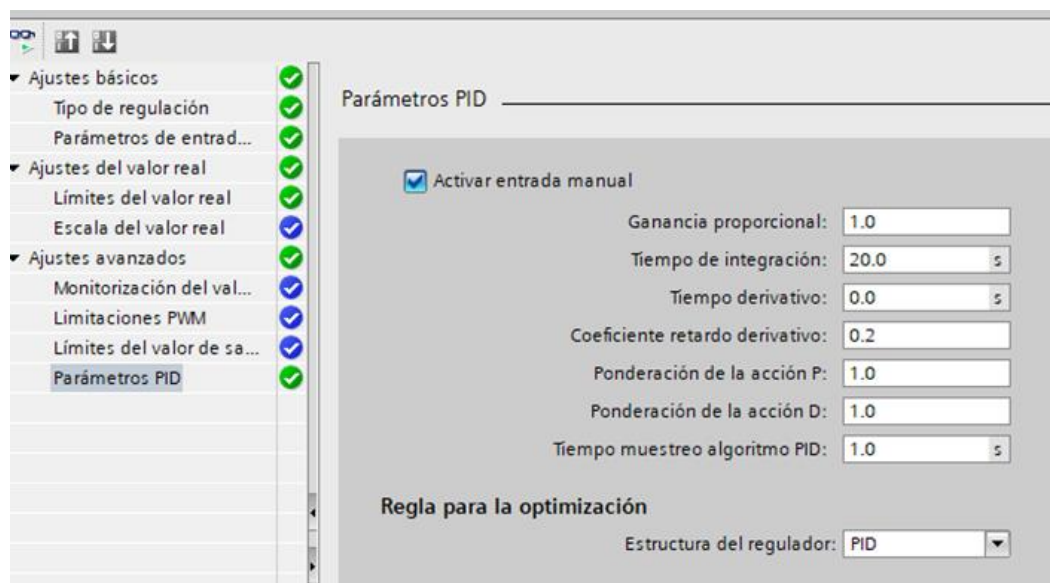


Nota: Generación de bloques de control PID

Por lo tanto, se establece el regulador PID modificando los límites de las entradas y salidas con la finalidad de mejorar su rendimiento. Para la sintonización, es necesaria una planta; sin embargo, en esta situación, simplemente se forzarán las entradas y se observará la reacción de las salidas.

Figura 47

Parámetros del control PID.



Nota: Generación de bloques de control PID.

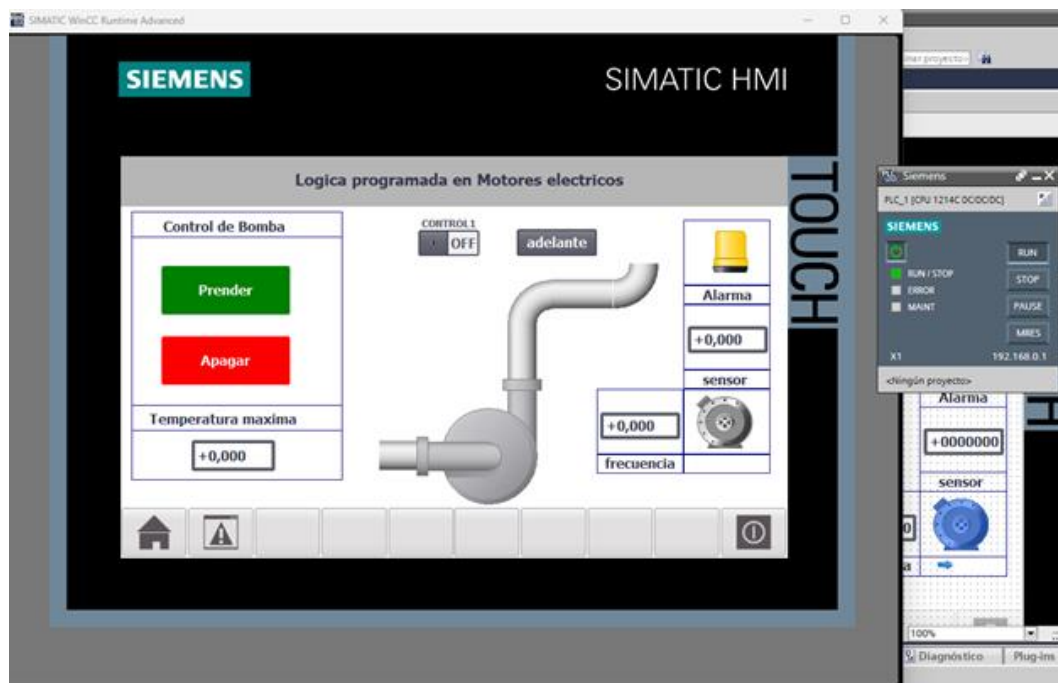
4.4. PRUEBAS Y RESULTADOS

Pruebas y simulaciones de la lógica programada.

Simulación de proceso 1: se emplean el PLC SIM y WIN CC de TIA PORTAL para este fin.

Figura 48

Simulación en softwares de siemens.

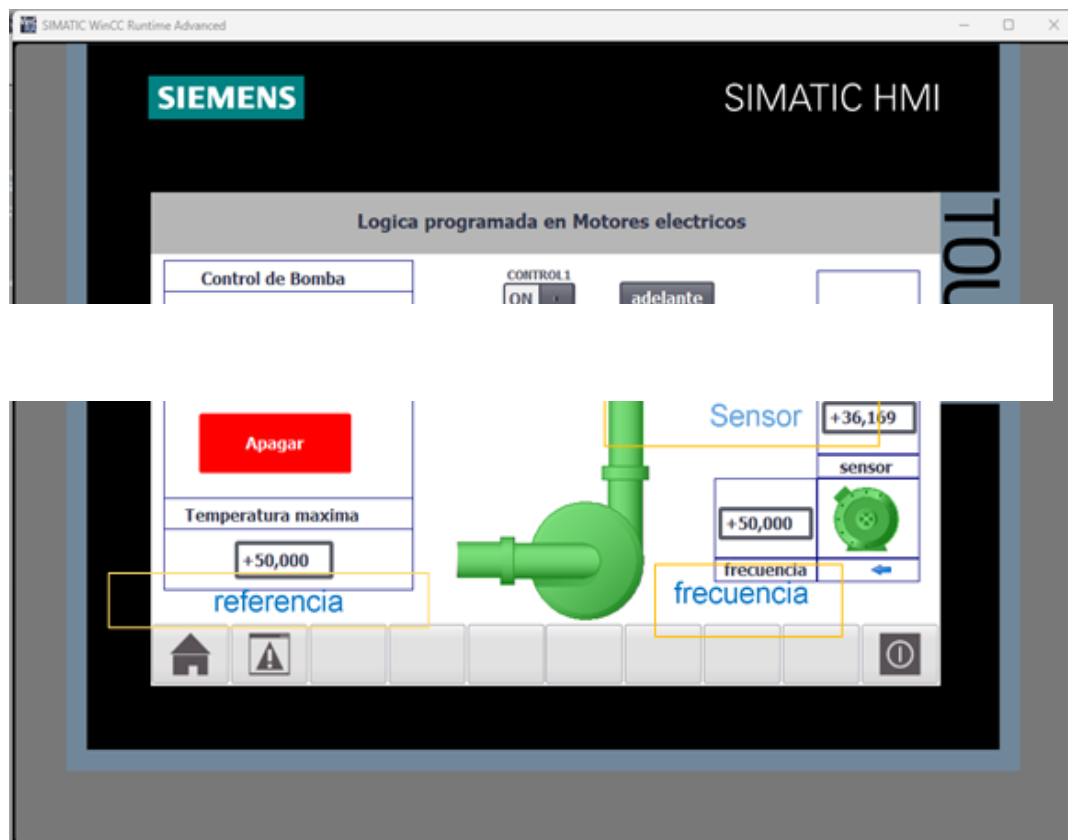


Nota: Simulación de wincc en siemens

Esta simulación se lleva a cabo con un marco de 50 grados, que es la temperatura máxima que el motor puede resistir. Esta simulación se lleva a cabo con un marco de 50 grados, que es la temperatura máxima que el motor puede resistir.

Figura 49

Simulación de bomba en dirección correcta.



Nota: Simulación de wincc en siemens en sentido Horario.

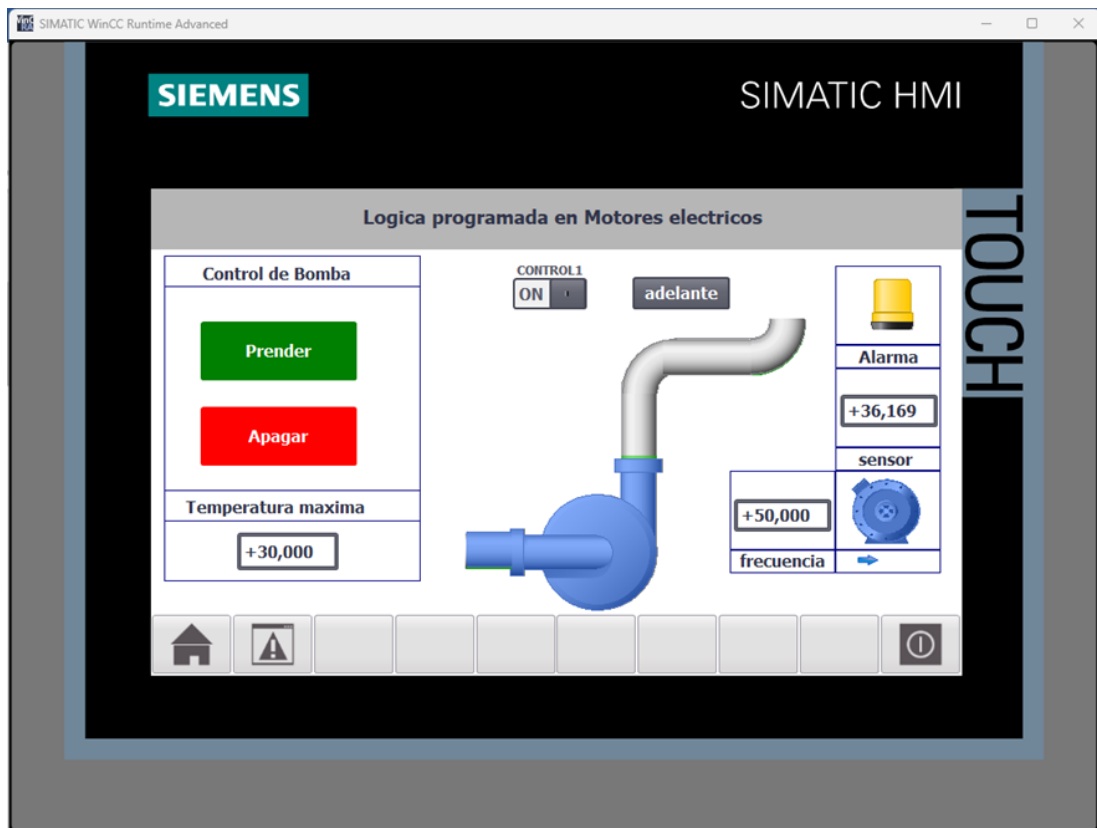
En esta sección, mientras la temperatura del motor (medida por el sensor) no supere los 50 grados y se mantenga en 36 grados, el motor funcionará de manera adecuada.

No obstante, si la temperatura del motor (de acuerdo con el sensor) supera la referencia, el motor debe iniciar una rotación en sentido contrario para eliminar la sobrecarga en un sistema de bombeo de lodos.

Sin embargo, para simular esta simulación, en la página debe estar activado y en ON.

Figura 50

Simulación de sobrecarga y giro en sentido contrario.



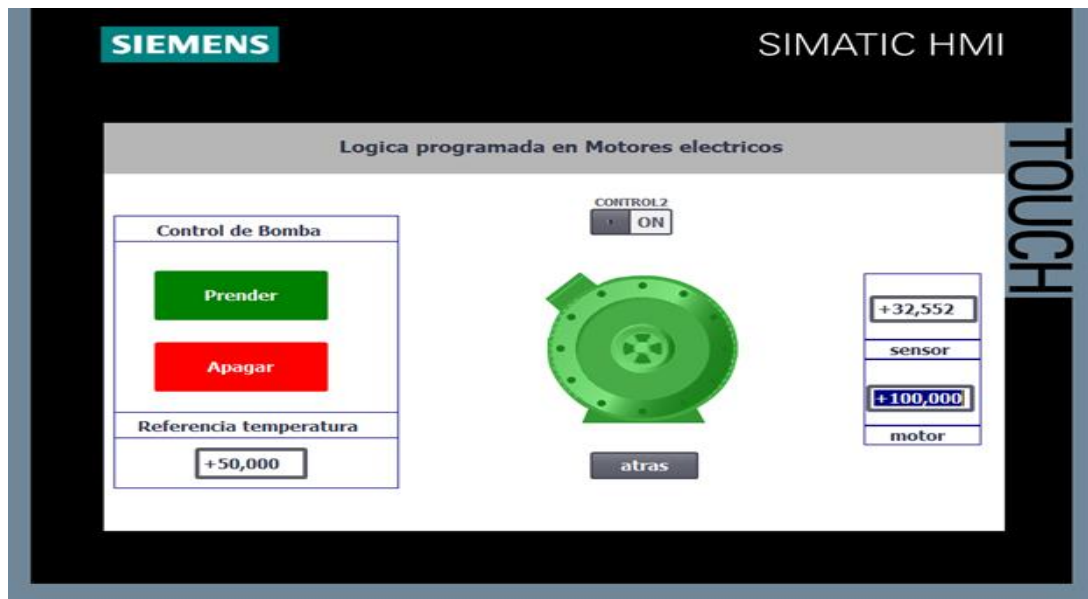
Nota: Simulación de Wincc en Siemens en sentido contrario al horario real.

Simulación de proceso 2:

se emplean el PLC SIM y WIN CC de TIA PORTAL para este fin. En esta sección se deberá realizar una simulación para comprobar el tratamiento y la transformación de los datos de salida.

Figura 51

La simulación de control PID

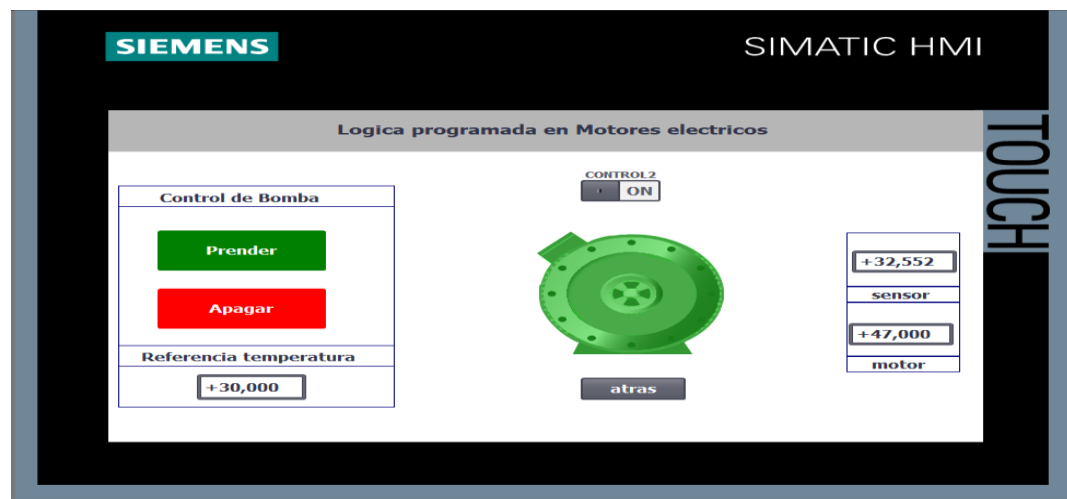


Nota: Simulación de control PID

En este escenario, se ha hecho uso del software s7 1200 CPU 1214 para simular el tratamiento del control PID

Figura 52

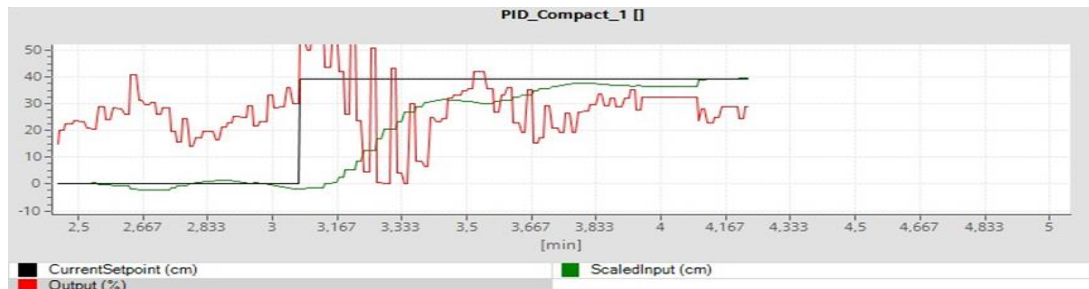
Simulación de control PID prueba.



Nota: Simulación con PID compact.

Figura 53

Forzando el control PID.



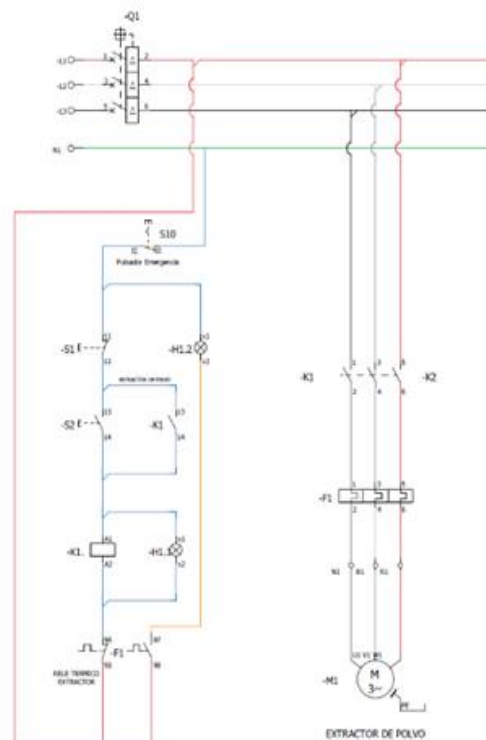
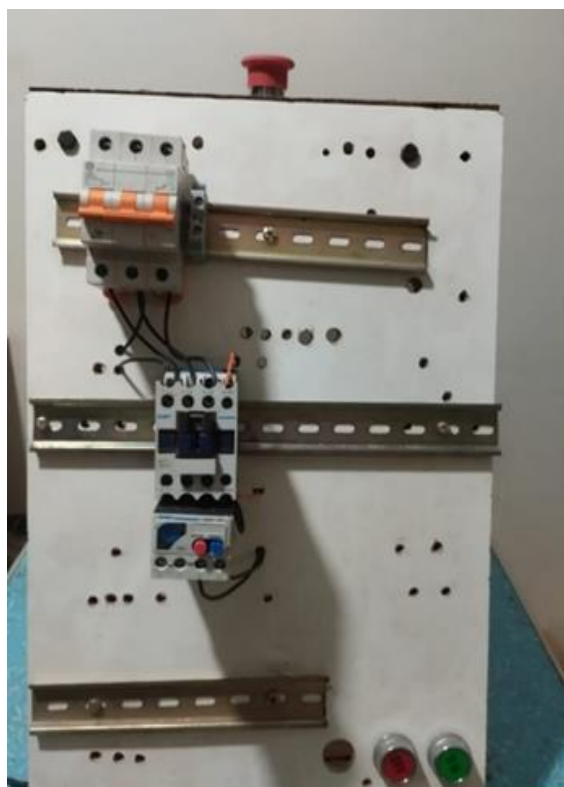
Nota: Simulación con PID compact.

Pruebas y resultados reales de los ensayos de lógica cableada.

En este escenario, se llevó a cabo un inicio directo del motor eléctrico mediante lógica de cableado, con la finalidad de generar una diferencia.

Figura 54

Diagramas eléctrico de la lógica cableada



Nota: Diagrama eléctrico del sistema cableado.

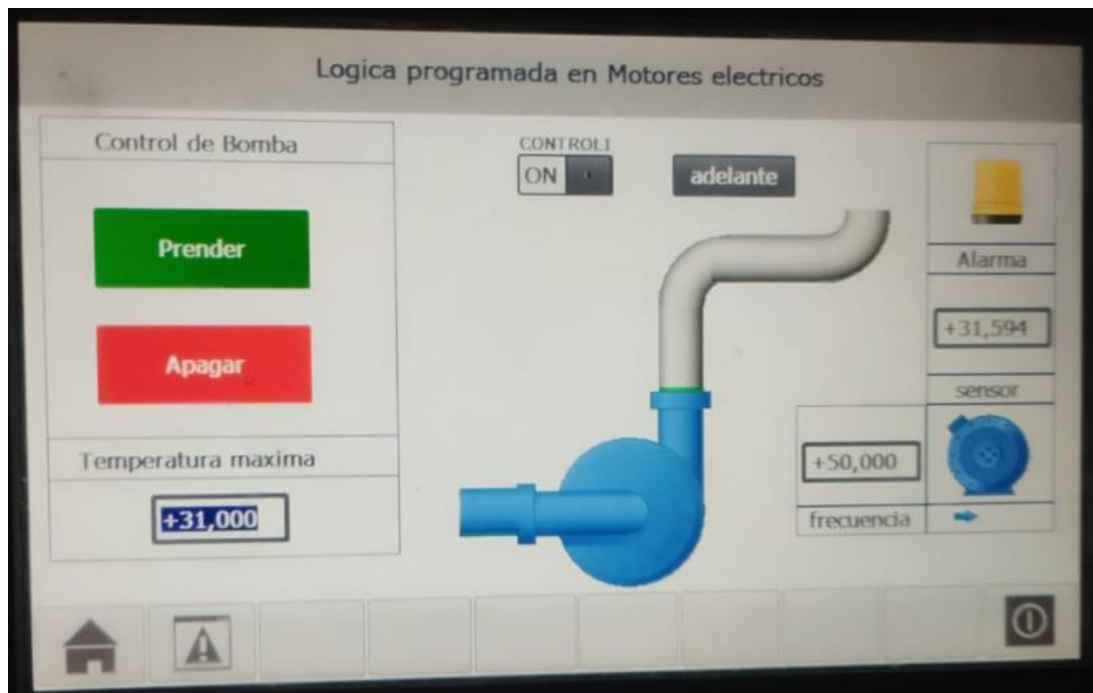
Como se puede apreciar en la aplicación de la lógica de cables, se realiza mediante el módulo de arranque directo. Para la puesta en marcha y solución del problema, son necesarios recursos y equipos particulares.

Reales ejemplos de los ensayos de lógica programada.

De manera que, en la simulación, se eligió la referencia de 31 grados y se ajustó la temperatura a 31.5, tal como se ilustra en la figura. De acuerdo con la imagen, el sistema señala que modificó su dirección para liberar la sobrecarga, prendiendo una lámpara de advertencia.

Figura 55

Pantalla HMI con pruebas de liberación de sobrecarga.



Nota: Sistemas de protección de sobrecarga.

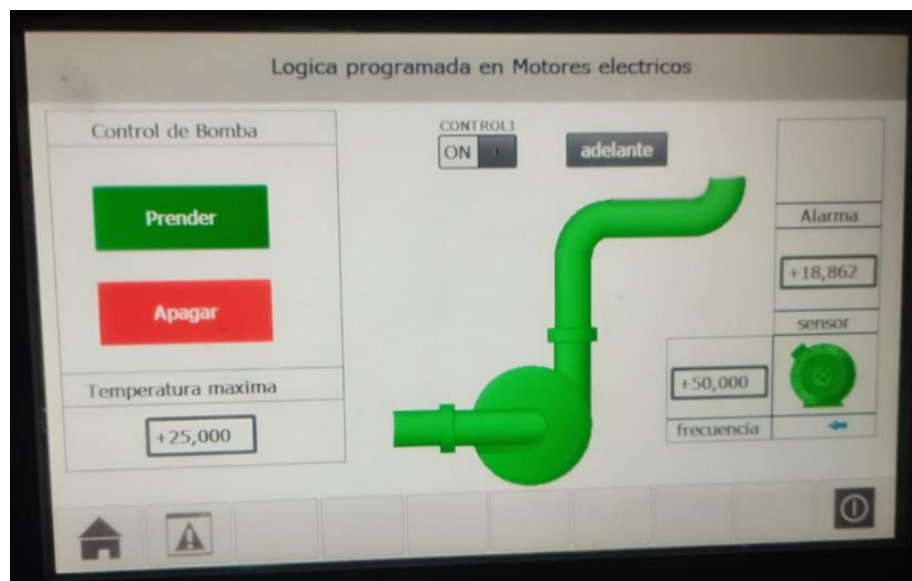
A continuación, se muestran las evaluaciones efectuadas en las que no se observa una sobrecarga, lo que facilita un correcto funcionamiento. Con

una referencia de 25 grados, el motor conserva la temperatura en 18 grados.

La referencia puede ser modificada de forma constante para poder realizar un trabajo adecuado.

Figura 56

Pantalla HMI con pruebas sin sobre carga.



Nota: Sistemas de protección de sobrecarga.

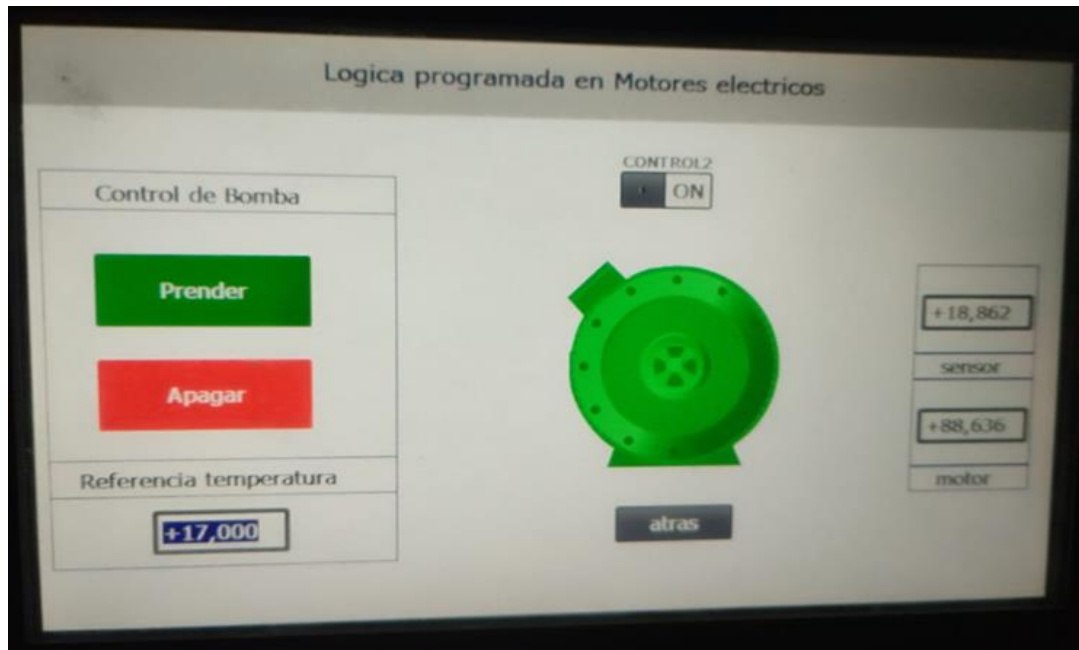
Seguidamente, se realiza la simulación del control PID con el objetivo de evidenciar el funcionamiento adecuado de la lógica programada. En este ensayo, se determina un punto de referencia (set point) de 17, y cuando el sensor identifica un valor de 18.8, la velocidad disminuye en un 80%.

Así, se lleva a cabo el test de sobrecarga disminuyendo la velocidad del alimentador hasta que el sistema alcance la estabilidad, lo que permite que el motor principal funcione de nuevo al 100%. A continuación, se expondrán los exámenes efectuados.

Seguidamente, se mostrará una situación cuando la referencia es inferior al sensor y otra cuando la referencia es mayor.

Figura 57

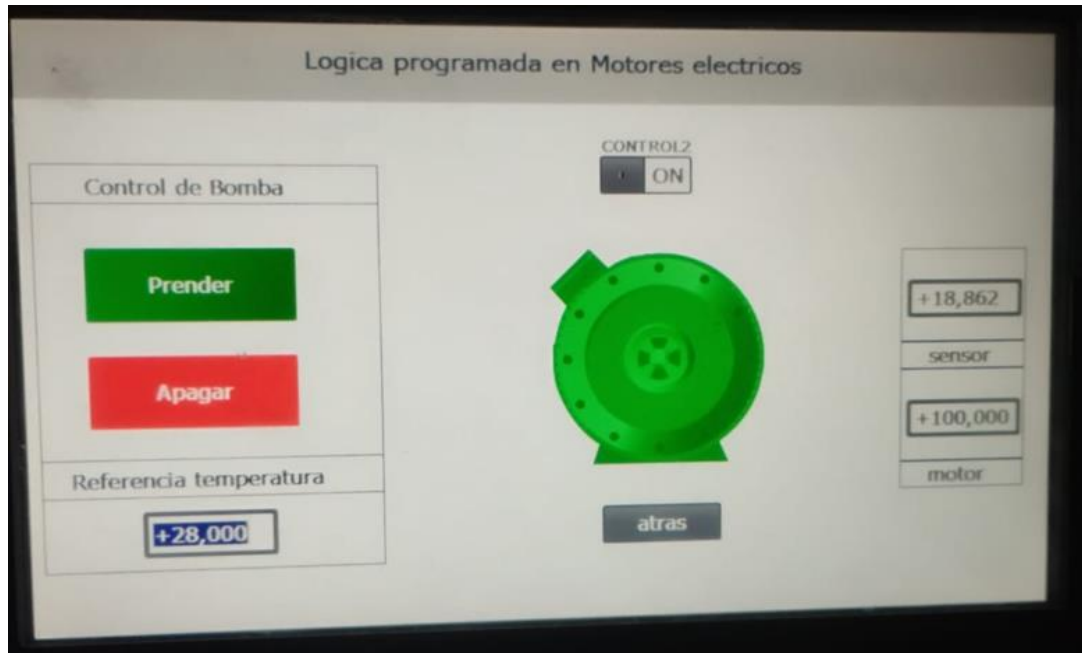
Control PID referencia menor al sensor.



Nota: La velocidad comienza a reducirse, cuando se sobre pasa la referencia.

Figura 58

Control PID referencia menor al sensor.

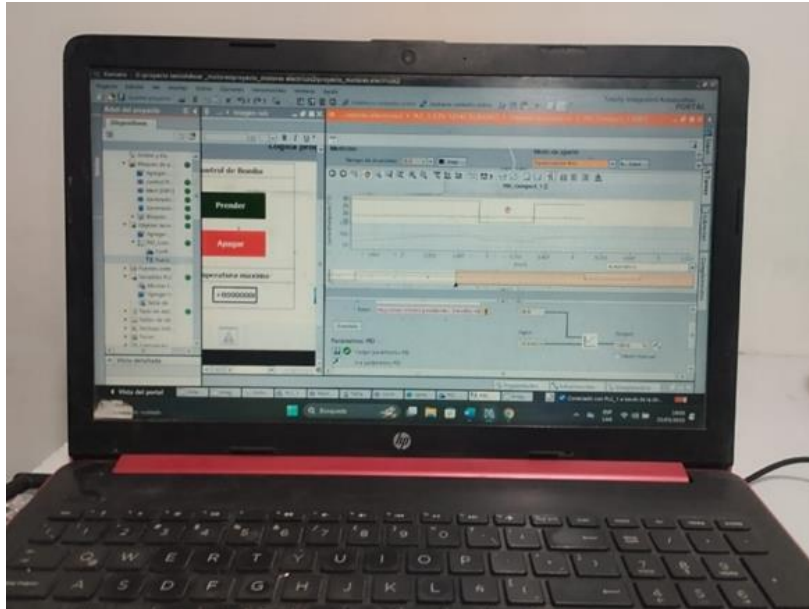


Nota: La referencia comienza a incrementarse cuando el sensor no excede el límite establecido.

Visualizaciones de la puesta en marcha de la lógica programada.

Figura 59

Programación y simulación en la computadora.



Nota: Ensayos y simulaciones del proceso.

Figura 60

Sistema cableado para el proceso



Nota: Cableado del tablero del control.

4.5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En esta parte se realiza el procedimiento con el objetivo de perfeccionar los parámetros y analizar el rendimiento de las pruebas efectuadas, lo que permite regular y modificar las constantes a lo largo del tiempo.

Tabla 6 Descripción de parámetros de descarga en sobrecargas.

Control de sobre carga en bombas				
Set point	Temperatura	velocidad	control	dirección
25 grados	18.862 grados	50 Hz	Lazo abierto	Izquierda
31 grados	31.594 grados	50Hz	Lazo abierto	Derecho
35 grados	18.77 Grados	50 Hz	Lazo abierto	izquierdo
25 grados	21.00 grados	50Hz	Lazo abierto	izquierdo
25 grados	34 grados	50Hz	Lazo abierto	derecho

Nota: ensayos de la lógica programática en un sistema de protección contra sobrecargas exhaustivas.

En esta parte se ha llevado a cabo la configuración de un sistema de control enfocado en mejorar el desempeño, incluyendo una respuesta a tiempo que posibilita cambiar el sentido de giro al identificar una situación de sobrecarga en el sistema.

Como un componente de una solución controlada y precisa, se ha incorporado un controlador PID con la finalidad de minimizar al mínimo los errores significativos. Este tipo de controladores se encuentran disponibles en los modelos Siemens S7-1200 y versiones más avanzadas.



Por esta razón, se ha incorporado un PID Compact en el mismo sistema, lo que posibilita abordar el problema de manera más eficaz y optimizada.

Tabla 7 Parámetros de Control PID en Sobrecarga

Control PID en sobrecargas			
Set point °C	Temperatura °C	Velocidad %	tipo
17	18.862	88.636	reducción
28	18.862	100	máximo
15	18.9	79.823	reducción
15	18.9	82.45	reducción
30	18.9	100	máximo
30	18.989	85.271	máximo
30	18.862	43.4	subiendo

Nota: ensayos llevados a cabo para resolver el control de Sobrecarga.



4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con base en los propósitos de este estudio, que busca demostrar que la lógica programada ayuda a disminuir y mejorar el cableado, se puede deducir que una única configuración de cableado posibilita la ejecución de dos programas diferentes. Esto se logra mediante el uso de subpantallas que se ponen en marcha o apagan según se requiera. Durante el estudio, se registraron las modificaciones y modificaciones de parámetros en función de la configuración de las interfaces gráficas, en el contexto de la lógica programada. Esta implementación se mostró a través de ilustraciones mostradas en las pantallas HMI TP700, desde donde se puede seleccionar el software a ejecutar y monitorear el proceso, sin necesidad de realizar alteraciones en el cableado previamente configurado durante el desarrollo del proyecto.

4.7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Los hallazgos derivados de las pruebas realizadas demostraron que el sistema opera con una cronología establecida. Al identificar una sobrecarga, se pone en marcha un proceso de liberación de material por un periodo de 2 minutos, luego el sistema reanuda su funcionamiento normal. Sin embargo, si la sobrecarga persiste por más de 3 minutos, el sistema procede a desconectarse como medida de protección final.

En los ensayos, se activó de forma inmediata la inversión del sentido de giro para liberar el sistema. En estos ensayos, se utilizaron temperaturas corporales regulables en el rango de 0 a 35 °C, ya que son medidas que se pueden alcanzar a través del calor humano. Los análisis se llevaron a

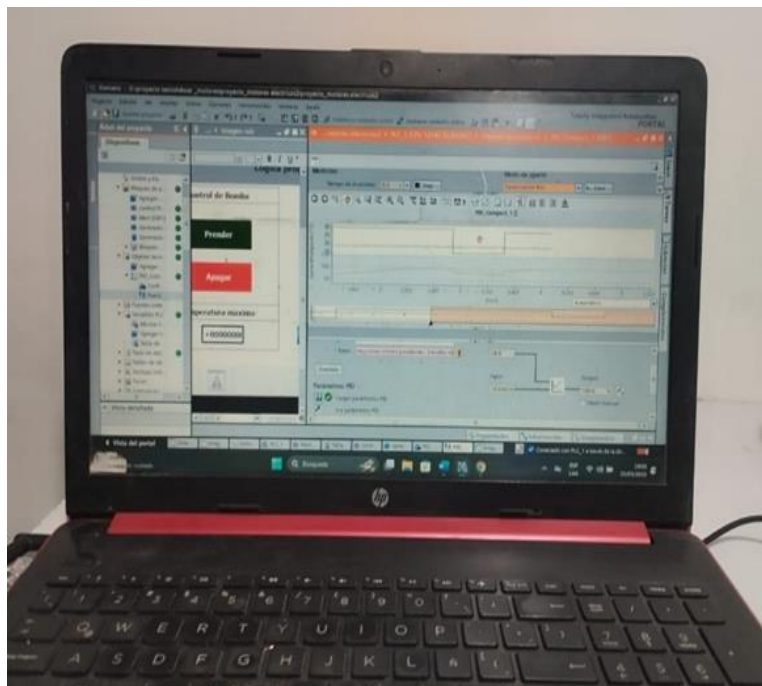
cabo con una frecuencia de funcionamiento establecida en 50 Hz desde la interfaz HMI.

Al evaluar los resultados del controlador durante el segundo proceso, donde se implementó un control PID, se aprecia que la reducción de la velocidad del alimentador es mínima cuando la variable de referencia solo excede el valor establecido. Sin embargo, si la referencia supera el 40%, la reacción del variador es instantánea, llegando incluso a detenerse totalmente como mecanismo de protección.

Esto sugiere que la curva de control PID no ha sido adecuadamente ajustada, dado que no contamos con una planta con sistemas diseñados específicamente para este propósito. Como respuesta, se ha obligado a simular con temperaturas corporales, eligiendo un punto de inicio en un rango regulable de 0 a 35 °C.

Figura 61

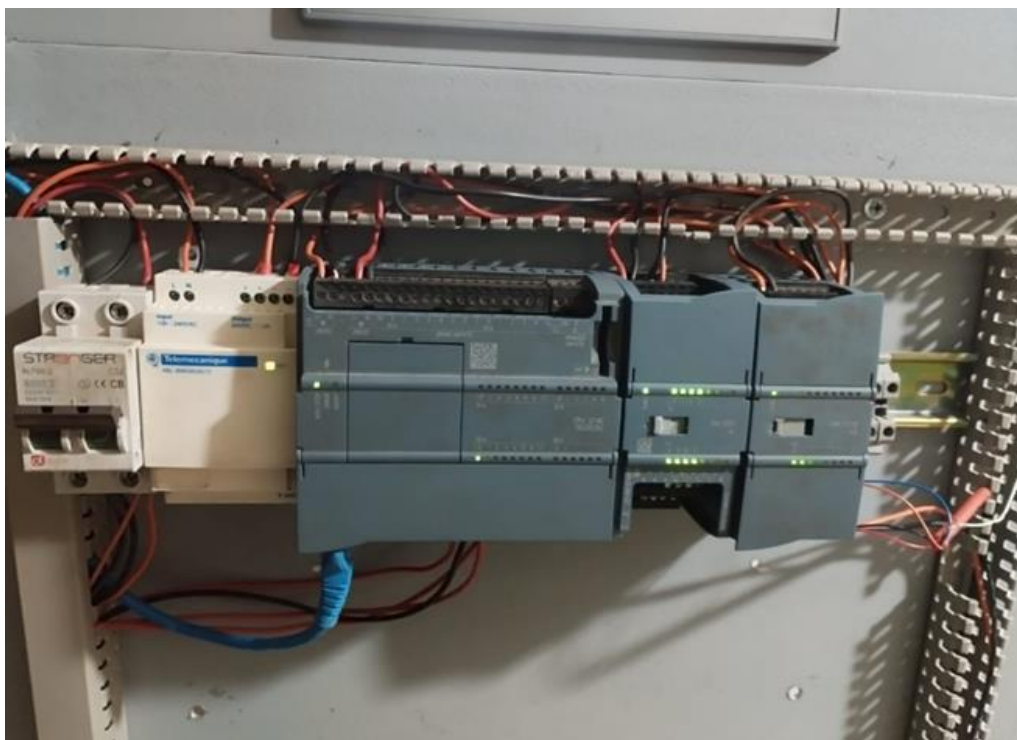
Programación y simulación en la computadora.



Nota: Pruebas y simulaciones del proceso.

Figura 62

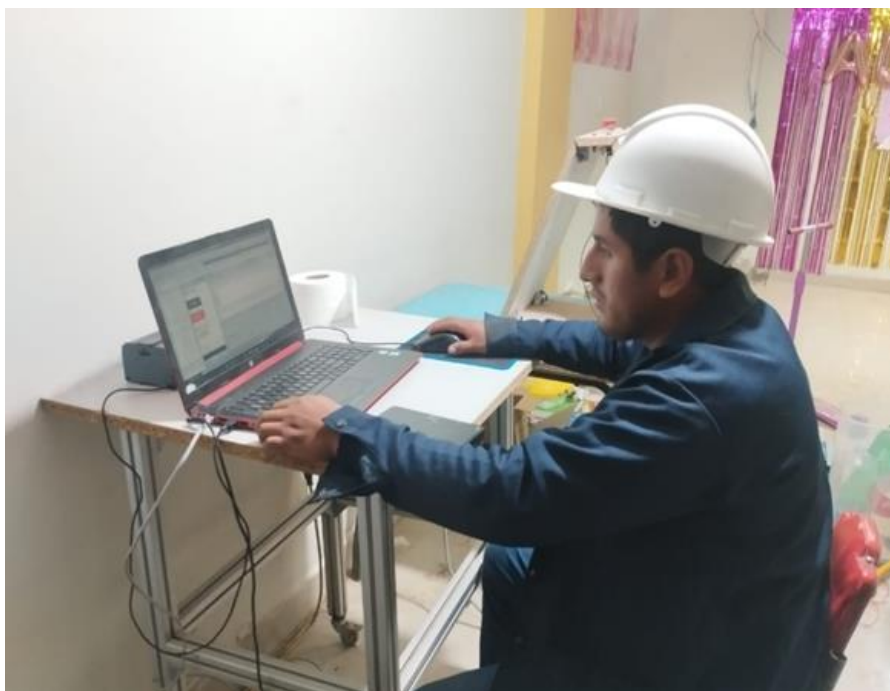
Sistema cableado para el proceso.



Nota: Cableado del tablero del control.

Figura 63

Programación simulación de la lógica.



Nota: Cableado del tablero del control.

Figura 64

Implementación y cableado del proyecto.



Nota: Cableado del tablero del control.



CONCLUSIONES

- PRIMERA:** La puesta en marcha de un sistema automático de control para motores eléctricos mediante lógica programada demostró ser una alternativa eficiente y segura. Se consiguió automatizar el funcionamiento del motor, lo que mejoró considerablemente la precisión en el control, redujo los errores humanos y optimizó el desempeño del sistema.
- SEGUNDA:** La selección correcta del sensor para el sistema automatizado garantizó su compatibilidad técnica con el equipo del PLC, además de asegurar la exactitud y confiabilidad en la recolección de datos del procedimiento. Se tomaron en cuenta elementos fundamentales como la clase de señal y el espectro de medición.
- TERCERA:** El uso del algoritmo de control automático permitió una administración eficiente y exacta del motor eléctrico de tres fases. La lógica implementada se adaptó correctamente a las propiedades técnicas del motor, integrándose de forma constante con el sistema de automatización. Esto evidencia que una programación adecuadamente diseñada y ajustada al tipo de motor mejora el desempeño global del sistema.
- CUARTA:** Se consiguió implementar un sistema de seguimiento y modificación en tiempo real que simplifica el monitoreo del estado operativo de los motores eléctricos, incrementando así el control, la eficiencia y la habilidad para reaccionar ante modificaciones en el procedimiento.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se sugiere expandir el sistema de control automático incluyendo sensores de retroalimentación, tales como los de velocidad o corriente, para mejorar la exactitud en el control y la salvaguarda del motor. Además, es aconsejable incorporar funciones de vigilancia a distancia y mantenimiento predictivo.
- SEGUNDA:** Se sugiere expandir el sistema de control automático incluyendo sensores de retroalimentación, tales como los de velocidad o corriente, para mejorar la exactitud en el control y la salvaguarda del motor. Además, es aconsejable incorporar funciones de vigilancia a distancia y mantenimiento predictivo.
- TERCERA:** Se sugiere expandir el sistema de control automático incluyendo sensores de retroalimentación, tales como los de velocidad o corriente, para mejorar la exactitud en el control y la salvaguarda del motor. Además, es aconsejable incorporar funciones de vigilancia a distancia y mantenimiento predictivo.
- CUARTA:** Se sugiere proseguir con la optimización del algoritmo, incorporando funciones sofisticadas de defensa térmica y monitorización en tiempo real mediante un sistema SCADA. Igualmente, es crucial registrar de forma precisa tanto el código como los parámetros del control creado, con el objetivo de simplificar futuras actualizaciones o tareas de mantenimiento.
- QUINTA:** Se sugiere verificar que la vinculación con el sistema de control sea correcta y que la comunicación permanezca estable. Además, es aconsejable llevar a cabo evaluaciones regulares del sistema de



seguimiento para garantizar la exactitud de los datos recolectados
y la efectividad de las modificaciones en tiempo real.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (s.f.). Obtenido de <https://dissenyproducte.blogspot.com/2010/12/logica-cableada-y-logica-programada.html>
- Alvarado, E., Proaño, R., & Vera, C. (2015). Diseño e implementación de un banco de pruebas para control industrial programable. *Pre grado*. Universidad Politécnica Salesiana, Exuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10245>
- Álvarez, M. (2004). *Controladores Logicos*. Barcelona, España: Marcombo. Obtenido de <https://books.google.hn/books?id=uR19LQiBpDgC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Barbado, J., Sierra, J., & Bravo, J. (2013). *Automatismos Industriales*. México, México: Alfaomega Grupo Editor S.A. Obtenido de <https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=38545>
- Carrillo, A. (2011). *Sistemas Automáticos de Control Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado*. Zulia, Venezuela: Fondo Editorial UNERMB. Obtenido de https://www.academia.edu/38613942/Sistemas_Autom%C3%A1ticos_de_Control_Fundamentos_B%C3%A1sicos_de_An%C3%A1lisis_y_Modelado
- Cruz, F. (2019). Banco didáctico para prueba de motores eléctricos bifásicos y trifásicos en laboratorio de electrónica de la Universidad Católica de



Colombia. *Pre grado*. Universidad Católica de Colombia, Colombia.

Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/24037>

Daneri, P. (2008). *PLC. Automatización y control industrial*. Buenos Aires -, Argentina : Editorial Hispano Americana S.A. - H.A.S.A. Obtenido de <https://libros.ep-electropc.com/2018/06/plc-automatizacion-y-control-industrial.html?m=1>

Diaz, L., & Rincon, J. (2010). Accionamiento de motores eléctricos basado en lógica programada : diseño y construcción de bancos didácticos. *Pre grado*. Universidad Industrial de Santander, Colombia. Obtenido de <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/24344>

Farina, A. (2018). Aplicaciones de los motores eléctricos. *Motores eléctricos trifásicos: usos, componentes y funcionamiento*, 5. Obtenido de https://www.editores.com.ar/sites/default/files/ie330_farina_motores_electricos.pdf

Garcia, W. (2000). *Autómatas programables*. Escuela Universitaria de Formación Abierta. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/1-transicion-de-la-logica-cableada-a-la-logica-programada-pdf-free.html>

Hoyos, V., & Ortiz, G. (2018). Desarrollo de Módulos de Control Electrónico para Máquinas Rotativas Eléctricas, Utilizando el PLC Micrologix Logo Siemens, en el Laboratorio de Automatización y Control de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada de Tacn. *Pre grado*. Universidad Privada de Tacna, Tacna, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/607>

Huamán, L. (2020). Elección óptima de arranque de motores eléctricos trifásicos asíncronos según su uso en la industria. *Pre grado*.



Universidad Continental, Peru. Obtenido de

<https://hdl.handle.net/20.500.12394/10047>

Jose, V. (10 de setiembre de 2009). *Sensores en un PLC al detalle*. Lima , Lima , Peru.

Piedrafita, R. (2004). *Ingeniería de la Automatización Industrial* (Segunda ed.).

México : Alfaomega. Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/596377245/pdfcoffee-com-375800189-ingenieria-de-la-automatizacion-industrial-2-ed-pedro-piedrafitapdf-5-pdf-free>

Quirita, F. (2024). *Diseño e implementación de un sistema basado en internet industrial de las cosas para el control y supervisión de variables de un sistema de control de posición y velocidad de un motor trifásico*. *Pre grado*. Universidad Nacional de San Agustín, Awquipa, Lima. Obtenido de <https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03>

Salazar, C. (2022). *Lógica de programación*. Quito, Ecuador: Instituto Superior Tecnológico CEMLAD .

Siemens. (2012). *SIMATIC S7-1200 Programmable controller*. Alemania:

support.industry.siemens.com. Obtenido de

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109772940/simatic-s7-s7-1200-programmable-controller?lc=en-PE&dti=0>

Tapia, J. (2006). *Control de Motores Con Logica Programada*. Morelia, Mexico:

Instituto Tecnológico de Morelia. Obtenido de

<https://pdfcoffee.com/control-de-motores-con-logica-programada-pdf-5-pdf-free.html>



ANEXOS



Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO: CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOSTESIS	VARIABLES E INDICADORES			
<p>Problema General ¿Como se desarrolla un sistema de control automático para motores eléctricos utilizando lógica programada?</p>	<p>Objetivos General Desarrollar un sistema de control automático para motores eléctricos utilizando lógica programada.</p>	<p>Hipótesis General La implementación de un sistema de control automático para motores eléctricos utilizando lógica programada mejorará significativamente la eficiencia operativa y la precisión en el control de los motores en comparación con los métodos tradicionales, al permitir una gestión más adaptativa y precisa de los parámetros de funcionamiento.</p>	Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Unidad
<p>Problemas específicos PE₁ ¿Como seleccionar los sensores y actuadores requeridos para el sistema de control automatizado? PE₂ ¿De qué manera se implementa un algoritmo de control automático para</p>	<p>Objetivos Específicos OE₁ Seleccionar el sensor requerido para el sistema de control automatizado. OE₂ Implementar un algoritmo de control automático para motores eléctricos que integre la lógica programada</p>	<p>Hipótesis Específicas HE1 La selección adecuada de sensores y actuadores específicos para el sistema de control automatizado mejorará la precisión y confiabilidad del control del motor eléctrico, optimizando así el desempeño del sistema en función de</p>	Variable Independiente: Lógica Programada	Comprensión de la estructura lógica	Porcentaje de conceptos fundamentales de programación	Porcentaje (%)
			Variable dependiente: Control Automático de Motores Eléctricos.	Desempeño y precisión en el control	Exactitud en el ajuste de la temperatura del motor	Porcentaje de °C



<p>motores eléctricos que integre la lógica programada adecuada para el tipo de motor eléctrico trifásico?</p> <p>PE₃ ¿Como desarrollar la monitorización y ajuste en tiempo real de los parámetros operativos de los motores eléctricos?</p>	<p>adecuada para el tipo de motor eléctrico trifásico.</p> <p>OE₂ Desarrollar la monitorización y ajuste en tiempo real de los parámetros operativos de los motores eléctricos.</p>	<p>las características operativas y las necesidades del entorno industrial.</p> <p>HE₂ La implementación de un algoritmo de control automático adaptado a la lógica programada específica para motores eléctricos optimizará el rendimiento del motor en términos de eficiencia energética, precisión en el control de velocidad y estabilidad operativa en comparación con los algoritmos de control convencionales.</p> <p>HE₃ El desarrollo de un sistema de monitorización y ajuste en tiempo real de los parámetros operativos de los motores eléctricos permitirá una mayor precisión en el control, reducirá el tiempo de inactividad y mejorará la eficiencia operativa al permitir ajustes rápidos y precisos en respuesta a las variaciones en las condiciones de funcionamiento.</p>				
---	---	---	--	--	--	--



Anexo 2: Instrumentos

Apéndice2: Instrumentos.

I.- Datos del experto

1.- Apellidos y nombres: Dr. RICARDO ANZBAL MALDONADO MAMANI

2.- Cargo e institución donde labora: DOCENTE UANCV

Se realizan una lista de instrumentos electrónicos que se utilizaron para el proyecto "CONTROL AUTOMÁTICO DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS USANDO LÓGICA PROGRAMADA", en donde se utilizaron los instrumentos de investigación de Observación directa y experimentación.

Tabla de instrumentos electrónicos.

INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS	DESCRIPCIÓN
Multímetro Uni - T	Multímetro para medir corriente, voltaje, ohm, continuidad, etc. Voltaje
Pantalla HMI Siemens	Voltaje
Controlador Lógico Programable S7 1200 Siemens	Voltaje
Variador de Velocidad Siemens	Voltaje

Nota: Instrumentos electrónicos en la experimentación.



Dr. Ricardo A. Maldonado Mamani
INGENIERO INDUSTRIAL
C.I.P. 88118



Anexo 3: Validación de Instrumento

Se ha realizado un cuadro de validación de instrumentos que se ha realizado en esta investigación.

Validación de instrumentos Electrónicos

INSTRUMENTOS	VALIDACIÓN
Multímetro Uni - T	CERTIFICADO
Pantalla HMI Siemens	Multímetro
Controlador Lógico Programable S7 1200 Siemens	Multímetro
Variador de Velocidad Siemens	Multímetro

Nota: Se valida datos con instrumentos tecnológicos

Dr. Ricardo A. Maldonado Mamani
INGENIERO INDUSTRIAL
C.I.P. 88118



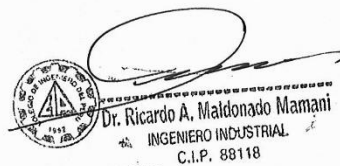
Anexo 4 Tratamiento de Datos

Para el tratamiento de datos se realiza mediante la instrumentación tecnológica con sensores y actuadores, para control de temperatura y humo. A continuación, se muestra una tabla de procesamiento de datos y validación de parámetros.

Se realiza un cuadro de tratamiento de datos de los componentes electrónicos con el fin de poder realizar la adquisición y procesamiento de algoritmos según los datos obtenidos.

INSTRUMENTOS DE ESTUDIO	INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS	PARÁMETROS	DATOS	VALIDACIÓN	
Observación directa	Multímetro Uni - T			Certificado	
	Pirómetro				
Experimentación	Pantalla HMI Siemens	Voltaje (V) 0 a 10V	0 a 27648 bits	Multímetro/ HMI	
	Controlador Lógico Programable S7 1200 Siemens	Voltaje (V) 0 a 10V	0 a 27648 bits	Multímetro/ PLC	
	Variador de Velocidad Siemens	Voltaje (V) 0 a 10V	0 a 27648 bits	Multímetro/ Variador	
	Regulación de la frecuencia	Frecuencia (Hz) 0 a 60vHz	0 a 27648 bits	Multímetro/ PLC	

Nota: El estudio y la validación de datos obtenidos.



Dr. Ricardo A. Maldonado Mamani
INGENIERO INDUSTRIAL
C.I.P. 88118



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 20/06/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Waldir Ray Tito Mamani
 Dirección: Br. Héroes del Cenepa Jr. La Paz N° 130
 DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 71953436
 Teléfono: 916331703 email: titomamaniwaldirray@gmail.com
 Nombres y Apellidos: _____
 Dirección: _____
 DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
 Teléfono: _____ email: _____
 Facultad y/o Escuela de Posgrado: Ingenierías y Ciencias Puras
 Escuela Profesional o Mención: Ingeniería Mecatrónica
 Título o Grado Académico a optar: Título en Ingeniero Mecatrónico
 Asesor: Dr. Ricardo Aníbal Maldonado Mamani
 Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
 Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico
 Título: Control Automático de Motores Eléctricos Trifásicos Usando Lógica Programada

 Palabras claves, (3 a 5 términos): Exportaciones, minería, competitividad, sostenibilidad.
 ¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?
2
¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: Tecnología de la Instrumentación P-21

Firma de Autor



huella digital

20/06/2025

Fecha