



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

CARRERA DE ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO
ESPECIALIZADO EN EL ENSAMBLAJE DE TABLEROS DE CONTROL
ELÉCTRICO PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA
UTC EXTENSIÓN LA MANÁ.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Electromecánico.

Autores:

Córdova Jiménez Marlon Eduardo

Morales Sinche Ronal Alejandro

Tutor:

Ing. Msc. Paredes Anchatipan Alex Darwin

LA MANÁ – ECUADOR

MARZO 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Córdova Jiménez Marlon Eduardo con cédula de ciudadanía No. 11500119798, Morales Sinche Ronal Alejandro, con cédula de ciudadanía No. 0550630644 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO ESPECIALIZADO EN EL ENSAMBLAJE DE TABLEROS DE CONTROL ELÉCTRICO PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”**, siendo el Ing. MSc. Alex Darwin Paredes Anchatipan, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

La Maná, marzo 17 del 2026



Córdova Jiménez Marlon Eduardo

C.C: 1150119798



Morales Sinche Ronal Alejandro

C.C: 0550630644

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO ESPECIALIZADO EN EL ENSAMBLAJE DE TABLEROS DE CONTROL ELÉCTRICO PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”, de Córdova Jiménez Marlon Eduardo; Morales Sinche Ronal Alejandro, de la carrera de Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, 17 de marzo de 2026



Ing. MSc. Paredes Anchatipan Alex Darwin
C.C.: 0503614935
TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Proyecto de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Extensión La Maná, Carrera de Electromecánica; por cuanto, los postulantes: Córdova Jiménez Marlon Eduardo; Morales Sinche Ronal Alejandro, con el título del Proyecto de Investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO ESPECIALIZADO EN EL ENSAMBLAJE DE TABLEROS DE CONTROL ELÉCTRICO PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

La Maná, 17 de marzo de 2026

Para constancia firman:



Ing. Vásquez Carrera Paco Jovanni
C.C: 0501758767
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Romero Bedón Freddy Rodrigo
C.C: 0503499642
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Borja Borja Cristian Darwin
C.C: 1719252585
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a Dios por el privilegio de vida y la fortaleza necesaria para alcanzar una de nuestras más ansiadas metas. A nuestras familias que nos han demostrado su apoyo incondicional en todo momento, su confianza ha sido pieza clave para culminar esta etapa. A la Universidad Técnica de Cotopaxi, en especial a todos los docentes que día a día con esfuerzo comparten sus conocimientos y experticia.

Marlon

Ronal

DEDICATORIA

Dedico con gran emoción la culminación de este trabajo investigativo a mis padres, Livio Cordova y Marcia Jiménez, por ser el pilar que sustenta mi vida; su ejemplo de trabajo y esfuerzo me motiva a dar lo mejor de mí y a no rendirme pese a los obstáculos que constantemente se presentan en la cotidianidad; valoro infinitamente todo lo que han hecho por mí, pues sin ustedes nada de esto sería posible. De igual manera, dedico este logro a mis abuelos, quienes con su sabiduría, amor y apoyo han sido una guía fundamental en mi vida y han contribuido significativamente a la persona que soy hoy. Extiendo esta dedicatoria a todos mis amigos y compañeros que, de una u otra manera, contribuyeron al cumplimiento de uno de mis grandes objetivos: convertirme en profesional, en especial a Martin y Christopher, por su apoyo, compañía y motivación a lo largo de este camino. Asimismo, dedico de manera especial este logro a mis queridas mascotas Kratitos y Pelusa, por brindarme compañía, alegría y momentos de tranquilidad durante este proceso, siendo un apoyo incondicional en cada etapa de este camino.

Marlon

DEDICATORIA

Con todo mi corazón y un sentimiento de profunda satisfacción, dedico este trabajo de investigación a mis padres, Willyan Chimborazo y Alicia Sinche, quienes han sido el pilar fundamental sobre el que se asienta mi vida; su entrega incansable por nuestra familia y su ejemplo de honestidad y esfuerzo me impulsan a dar lo mejor de mí, a no retroceder ante los desafíos y a construir un futuro con bases sólidas. Valoro infinitamente cada sacrificio que han hecho, cada palabra de aliento que me han brindado y cada muestra de amor que he recibido, porque estoy seguro de que sin su apoyo nada de esto habría sido posible. De igual manera, este logro va dirigido a mi abuelita, cuyas enseñanzas llenas de sabiduría y su amor tan grande desde que era niño han moldeado mi carácter y me han enseñado a ser un hombre con valores y buen corazón. También quiero extender esta dedicatoria a todos mis amigos y compañeros que han compartido este camino conmigo; cada uno ha dejado su huella, ya sea aportando conocimientos, brindando su apoyo o simplemente acompañándome en este proceso para alcanzar mi objetivo de formarme como profesional. Por último, no puedo olvidar a mi querida compañera Keylita, cuyos juegos matutinos y sus miradas serenas han sido un baluarte de tranquilidad y alegría, especialmente en las etapas finales de este recorrido.

Ronal

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO ESPECIALIZADO EN EL ENSAMBLAJE DE TABLEROS DE CONTROL ELÉCTRICO PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC

Autor: Córdova Jiménez Marlon Eduardo
Morales Sinche Ronal Alejandro

RESUMEN

La formación en ingeniería eléctrica industrial suele impartirse en el marco de una carrera de ingeniería electromecánica con especial énfasis en los conocimientos teóricos y las habilidades técnicas. Este hallazgo coincide con la necesidad de mejorar las prácticas de laboratorio mediante actividades de aprendizaje que permitan a los estudiantes trabajar con sistemas eléctricos de potencia reales y temas técnicos y conceptuales de actualidad. Con ello, la investigación planteó como objetivo implementar un Módulo de Entrenamiento Especializado en el Ensamblaje de Tableros de Control Eléctrico para el Laboratorio de Electromecánica de la UTC Extensión La Maná, que impulse las habilidades prácticas y teóricas de los estudiantes en el área de electromecánica. Para ello, se desarrolló una metodología aplicada con un diseño no experimental y un enfoque descriptivo-explicativo. Los participantes se reclutaron mediante técnicas como la observación directa, pruebas previas y posteriores, y encuestas de satisfacción a estudiantes de un curso de ingeniería de control eléctrico industrial. Además, se realizaron cálculos eléctricos, gráficos en AutoCAD y el montaje físico de los armarios de control. Los resultados mostraron que el módulo implementado realizó con éxito la inicialización de circuitos de arranque directo, inverso y estrella-triángulo, así como la operación física de los controladores programados y los componentes eléctricos. Los resultados de la revisión sistemática también mostraron que los estudiantes valoraron positivamente la importancia del módulo, la tarea y su papel en el proceso de aprendizaje. El estudio concluyó que, la implementación del módulo de capacitación ha mejorado significativamente la enseñanza de los controles eléctricos industriales, lo que contribuyó a una formación técnica más completa y práctica.

Palabras clave: Control eléctrico industrial, armarios de control, módulo de capacitación, AutoCAD, pruebas experimentales.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

LA MANÁ EXTENSION

TITLE: IMPLEMENTATION OF A SPECIALIZED TRAINING MODULE ON THE ASSEMBLY OF ELECTRICAL CONTROL PANELS FOR THE ELECTROMECHANICS LABORATORY AT UTC

Authors:

Córdova Jiménez Marlon Eduardo

Morales Sinche Ronal Alejandro

ABSTRACT

Electrical engineering training is typically offered within the framework of an electromechanical engineering degree with a strong emphasis on theoretical knowledge and technical skills. This finding aligns with the need to improve laboratory practices through learning activities that allow students to work with real electrical power systems and both current technical and conceptual topics. Therefore, this research aimed to implement a Specialized Training Module on the Assembly of Electrical Control Panels for the Electromechanics Laboratory at the UTC - La Maná Extension, enhancing students' practical and theoretical skills in the field of electromechanics. To achieve this, an applied methodology was developed by using a non-experimental design and a descriptive-explanatory approach. Participants were recruited through techniques such as direct observation, pre- and post-tests, and satisfaction surveys applied to enrolled students in an industrial electrical control engineering course. Additionally, electrical calculations, AutoCAD graphics, and the physical assembly of control cabinets were performed. The results showed that the implemented module initialized direct, reverse, and star-delta starting circuits successfully, as well as the physical operation of the programmed controllers and electrical components. The systematic review also revealed that students assessed the module's importance, the task, and its role in the learning process positively. The study concluded that the implementation of the training module has significantly improved the teaching of industrial electrical controls, contributing to a more comprehensive and practical technical training.

Keywords: Industrial electrical control, control cabinets, training module, AutoCAD, experimental testing.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen	v
Abstract.....	vi
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Índice de ecuaciones	xii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
5.1. Macro contextualización	5
5.2. Meso contextualización.....	6
5.3. Micro contextualización.....	7
6. Objetivos.....	7
6.1. Objetivo general	7
6.2. Objetivos específicos	7
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS	8
8. FUNDAMENTACIÓN TÉCNICO-CIENTÍFICA	9
8.1. Fundamentos del control eléctrico	10
8.1.1. Electrónica aplicada al control	10
8.1.2. Componentes eléctricos del control.....	11
8.1.3. Tipologías de tableros de control eléctrico.....	14
8.1.4. Parámetros eléctricos relevantes.....	19
8.1.5. Diseño y ensamblaje de tableros de control eléctrico.....	21
8.1.6. Distribución de componentes en gabinete	21
8.1.7. Normas de cableado, identificación y conexonado	23
8.1.8. Selección de protecciones eléctricas.....	23
8.1.9. Ensayos, pruebas y puesta en marcha.....	25
8.1.10. Fallas operativas frecuentes en tableros industriales	26
8.1.11. Normativas y estándares técnicos aplicables.....	27

9.	Metodología y Diseño Experimental	31
9.1.	Enfoque y tipo de investigación	31
9.2	Población y muestra	33
9.3	Variables de estudio.....	34
9.3.1	Variable independiente: Implementación del módulo de entrenamiento.	34
9.3.2	Variable dependiente: Ensamblaje de tableros de control eléctrico.	34
9.4.	Hipótesis de investigación	35
9.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
9.5.1.	Prueba de satisfacción en el laboratorio	36
9.5.2.	Observación directa del proceso de ensamblaje	36
9.6.	Procedimiento experimental y diseño de las practicas	38
9.6.1	Selección del tipo de conductor eléctrico	41
9.6.2	Selección de la capacidad de las protecciones eléctricas	42
9.6.3	Selección de la protección del motor.....	43
9.6.4	Selección del gabinete del tablero eléctrico	43
9.6.5	Selección de los componentes del sistema de control	44
9.6.6	Diseño tridimensional del gabinete del tablero	44
9.6.7	Funcionamiento del módulo de control eléctrico	45
9.6.8	Funcionamiento del módulo de control eléctrico	45
9.6.9	Checklist de verificación del módulo de control eléctrico	46
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
11.	IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS	88
11.1.	Impacto técnico.....	88
11.2.	Impacto social.....	89
11.3.	Impacto económico.....	90
12.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	91
12.1.	Desglose técnico de materiales y costos.....	91
12.2.	Análisis económico del proyecto y viabilidad institucional.....	93
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
13.1.	Conclusiones.....	94
14.	Recomendaciones.....	95

14.1.	Recomendación técnica	95
14.2	Recomendación Pedagógica	96
14.3	Recomendación institucional.....	96
15.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
16.	Anexos	¡Error! Marcador no definido.
16.1.	Anexo 1. Diseño tridimensional	¡Error! Marcador no definido.
16.2.	Anexo 2. Implementación del módulo	¡Error! Marcador no definido.
	Anexo 2.1. Tablero inicial, gabinete de control eléctrico.....	¡Error! Marcador no definido.
16.3.	Anexo 3. Simulación 1, primer circuito de arranque directo hecho en cade_Simu.	¡Error! Marcador no definido.
16.4.	Anexo 4. Circuitos del tablero ,primer circuito de arranque directo	¡Error! Marcador no definido.
16.5.	Anexo 5. PLANO DE TABLERO N°1	¡Error! Marcador no definido.
16.6.	Anexo 6. Simulación 2, segundo circuito de arranque directo con inverso de giro hecho en cade_Simu.	¡Error! Marcador no definido.
16.7.	Anexo 7. Circuitos del tablero, segundo circuito de arranque directo + inversor de giro.	¡Error! Marcador no definido.
16.8.	Anexo 8. PLANO DE TABLERO N°2	¡Error! Marcador no definido.
16.9.	Anexo 9. Simulación 3, tercer circuito de arranque directo con estrella y delta hecho en cade_Simu.	¡Error! Marcador no definido.
16.10.	Anexo 10. Circuitos del tablero.....	¡Error! Marcador no definido.
16.11.	Anexo 11. PLANO DE TABLERO N°3.....	¡Error! Marcador no definido.
16.12.	Anexo 12. Simulación 4, cuarto circuito de arranque directo con inversor de giro y estrella-delta hecho en cade_Simu.	¡Error! Marcador no definido.
16.13.	Anexo 13. Circuitos del tablero, cuarto circuito de arranque directo +Inversor de giro+ Estrella-Delta.	¡Error! Marcador no definido.
16.14.	Anexo 14. PLANO DE TABLERO N°4	¡Error! Marcador no definido.
16.15.	Anexo 15. Circuitos del tablero, quinto circuito de arranque directo con variador de frecuencia.....	¡Error! Marcador no definido.
16.16.	Anexo 16. PLANO DE TABLERO N°5.....	¡Error! Marcador no definido.

16.17. Anexo 17. Módulo de entrenamiento especializado en el ensamblaje de tableros de control eléctrico.**¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios directos e indirectos.....	5
Tabla 2. Actividades, cronograma y productos	8
Tabla 3. Selección de conductores eléctricos	29
Tabla 4. Parámetros eléctricos del motor	30
Tabla 5. Componentes utilizados en el sistema	30
Tabla 6. Señalización utilizada	31
Tabla 7. Recopilación de la información de las fichas técnicas	45
Tabla 8. Desglose técnico de materiales y costos.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes eléctricos de control	11
Figura 2. Contactores.....	11
Figura 3. Relés térmicos	11
Figura 4. Guardamotores	12
Figura 5. Temporizadores.....	13
Figura 6. Borneras y canalizaciones	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7. Dispositivos de señalización y mando	14
Figura 8. Tipos de tableros	15
Figura 9. Parámetros eléctricos en el ensamblaje de tableros	19
Figura 10. Ensayos	25
Figura 11. Arranque directo.....	60
Figura 12. Arranque directo + Inversor de giro.....	62
Figura 13. Estrella y delta.....	63
Figura 14. Arranque directo + inversor de giro + estrella y delta	64
Figura 15. Variador de frecuencia	65
Figura 16. Dimensión Organización y claridad del módulo.....	83
Figura 17. Dimensión recursos y materiales	84
Figura 18. Dimensión acompañamiento docente y seguridad.....	85
Figura 19. Dimensión aprendizaje percibido y confianza técnica.....	86
Figura 20. Dimensión evaluación global.....	87

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuacion Población y Muestra (1).....	33
Ecuacion Población y muestra (2).....	33
Ecuacion Arranque directo (3)	54
Ecuacion Arrabque directo+inversor de giro (4).....	56
Ecuacion Arranque directo estrella-delta(5).....	57
Ecuacion Arranque directo+inversor de giro+estrella-delta(6).....	58
Ecuacion Variador de frecuencia (7).....	59

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: Implementación de un módulo de entrenamiento especializado en el ensamblaje de tableros de control eléctrico para el laboratorio de electromecánica de la UTC extensión La Maná.

Fecha de inicio:	Octubre 2025
Fecha de finalización:	Febrero 2026
Lugar de ejecución:	Universidad Técnica De Cotopaxi Extensión La Maná.
Facultad que auspicia:	Facultad de ciencia de la ingeniería y aplicadas(CIYA)
Carrera que auspicia:	Electromecánica
Proyecto de investigación vinculado:	
Equipo de trabajo:	
Tutor del Proyecto:	Ing. Paredes Anchatipán Alex Darwin
Postulantes:	Sr. Córdova Jiménez Marlon Eduardo Sr. Morales Sinche Ronal Alejandro
Área de Conocimiento:	Ingeniería, Industria y Construcción.
Línea de investigación:	Procesos industriales
Sub líneas de investigación de la Carrera (si corresponde):	Diseño, construcción y mantenimiento de proyectos electromecánicos

2. INTRODUCCIÓN

La automatización de la industria, el proceso de digitalización y la demanda cada vez mayor de empleados con conocimientos en sistemas electromecánicos están propulsando una rápida transición tecnológica a nivel mundial [1]. En este contexto, las naciones de América Latina intentan aumentar su competitividad a través de programas de capacitación técnica dirigidos a áreas clave como la manufactura avanzada, la industria eléctrica y los servicios industriales. Esto se debe a que dichos sectores constituyen un pilar fundamental del crecimiento productivo y la generación de empleo para jóvenes [2].

Se identifica una brecha en la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, entre las capacidades requeridas por el sector industrial y las competencias prácticas que los alumnos adquieren a lo largo de su formación [3]. La escasa interacción con procesos reales de ensamblaje y cableado eléctrico, la falta de equipos actualizados y la insuficiente oferta de módulos especializados son aspectos que demuestran este problema y que impactan negativamente en la formación integral del futuro tecnólogo en electromecánica [4].

En este contexto, es necesario reforzar el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de la inclusión de instrumentos didácticos que posibiliten que los alumnos simulen situaciones laborales [3]. Para que los estudiantes desarrollen competencias técnicas, habilidades manuales y criterios de seguridad vinculados con el ensamblaje de tableros de control eléctrico, es esencial incorporar módulos prácticos que trabajen con dispositivos, sistemas e instrumentos representativos del ambiente industrial [1].

El propósito del estudio consistió en desarrollar y justificar la puesta en marcha de un módulo especializado que satisfaga estas exigencias educativas, con el fin de entender su importancia en términos académicos, su adecuación para el laboratorio electromecánico y su potencial para optimizar la actuación práctica del alumnado en procesos de ensamble, cableado y configuración de sistemas eléctricos de control [3].

En última instancia, la investigación proporciona una propuesta pedagógica y técnica que mejora la infraestructura académica del laboratorio, robustece el perfil profesional de los alumnos y brinda un fundamento para estudios futuros enfocados en innovar en términos educativos en carreras tecnológicas. Además, al acercar las condiciones de formación a los

requisitos del sector productivo, ayuda a establecer la relación entre la universidad y la industria [4].

3. JUSTIFICACIÓN

El estudio tiene importancia social porque es necesario que los jóvenes, que quieren incorporarse al sector industrial, tengan una mejor formación técnica. Esto es así porque el sector requiere trabajadores con la habilidad de manejar sistemas eléctricos de control [5]. La capacitación en procesos como el ensamblaje de tableros es esencial en industrias vinculadas a la automatización, al mantenimiento eléctrico y a los servicios electromecánicos, lo que hace que este proyecto favorezca la empleabilidad, así como la incorporación laboral de los alumnos [6].

La investigación es relevante en el ámbito académico y científico, ya que proporciona insumos teóricos y metodológicos para crear módulos didácticos enfocados en la instrucción técnica [7]. Además, se conecta con las perspectivas contemporáneas de la educación fundamentada en competencias, que fomenta el aprendizaje significativo mediante actividades de análisis técnico y experimentación [8]. Asimismo, el proyecto coincide con la intención institucional de la UTC de optimizar los procedimientos educativos a través de laboratorios especializados, lo que permite futuras investigaciones en el ámbito de la didáctica aplicada a la electromecánica.

En términos de su utilidad práctica, el proyecto proporciona un recurso concreto que los alumnos podrán emplear para adquirir habilidades útiles en la construcción, el cableado y el chequeo de tableros eléctricos de control [9]. Asimismo, proporciona al laboratorio de electromecánica una herramienta pedagógica que hace más fácil realizar prácticas guiadas, evaluaciones técnicas y ejercicios diagnósticos. Así, su puesta en marcha no solo eleva la calidad del proceso educativo, sino que además potencia los recursos disponibles para las materias relacionadas con sistemas eléctricos [8].

La propuesta, en términos de originalidad e innovación, presenta un módulo de capacitación creado concretamente para el contexto de la UTC extensión La Maná, tomando en cuenta las necesidades educativas del programa y los estándares técnicos del sector industrial. Este módulo, a diferencia de los equipos didácticos genéricos, incluye actividades enfocadas en la construcción real de tableros siguiendo las reglas de distribución eléctrica y seguridad, lo que

le confiere un valor distintivo [2]. Asimismo, incluye una perspectiva pedagógica enfocada en solucionar problemas, manipular directamente los componentes y entender de manera funcional los circuitos de control.

En cuanto a su viabilidad, el proyecto es factible pues tiene acceso a los recursos fundamentales de la institución, como herramientas, materiales complementarios y un laboratorio de electromecánica. Además, el diseño del módulo se ajusta a los espacios físicos y presupuestos actuales, lo que disminuye las barreras financieras y logísticas [3]. Además, hay profesores especializados disponibles que pueden supervisar el proceso de implementación, lo que asegura que el proyecto se realice dentro de plazos y condiciones razonables.

Como resultado, se espera que el desempeño técnico de los alumnos mejore, que la infraestructura educativa se expanda y que el perfil profesional vinculado con el área electromecánica se fortalezca [1]. Asimismo, se anticipa que el proyecto ayude a cerrar la brecha entre las habilidades adquiridas en el aula y lo que demanda el sector productivo, lo cual es beneficioso para la transición hacia ambientes de trabajo. La investigación, en su totalidad, produce beneficios académicos, educativos y sociales que respaldan de manera significativa su desarrollo.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los estudiantes de la carrera de Electromecánica de la UTC, extensión La Maná, son los beneficiarios directos del proyecto. Son 20 alumnos que realizan tareas educativas en el laboratorio y necesitan mejorar sus habilidades técnicas a la hora de ensamblar tableros eléctricos de control. Este grupo se beneficia de manera inmediata al tener acceso a un recurso didáctico que ayuda a entender cómo funcionan los circuitos de control, la manipulación apropiada de componentes eléctricos y la implementación de reglas básicas de seguridad, lo cual favorece su formación profesional y su rendimiento en el ámbito académico.

De forma adicional, los beneficiarios indirectos del proyecto son 160 estudiantes este beneficio abarca la planificación académica, puesto que el recurso simplifica la creación de actividades evaluativas y la renovación de contenidos, lo cual mejora la calidad del proceso educativo en el transcurso de la carrera.

Tabla 1 *Beneficiarios directos e indirectos*

Beneficiarios directos	No.	Beneficiarios indirectos	Cantidad
Estudiantes de un paralelo	20	Estudiantes de toda la carrera	160
Total	20	Total	160

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1. Macro contextualización

A nivel global, hay una brecha persistente entre las competencias técnicas que requieren los sectores productivos y las habilidades que tiene la fuerza laboral joven. Esto afecta negativamente la productividad de la industria y la capacidad para conseguir empleo [10]. Cerca de 450 millones de jóvenes (casi el 70 % del total de la población juvenil a nivel global), según estimaciones recientes, no poseen las capacidades requeridas para incorporarse al mercado laboral de manera competitiva [11]. Esto produce una discrepancia entre lo que ofrecen las instituciones educativas y lo que necesitan las empresas, que podría costar hasta el 5-6 % del PIB mundial si no se soluciona esta brecha en competencias técnicas y vocacionales. Asimismo, un 23 % de las compañías de todo el mundo indican que la falta de habilidades es un obstáculo importante para su funcionamiento y desarrollo, lo cual muestra una carencia crónica en términos de capacitación técnica orientada a la industria [12].

En América Latina, el desarrollo técnico enfrenta retos adicionales debido a la baja participación de los jóvenes en programas vocacionales y técnicos, pues solamente entre el 8% y el 9% de la población joven escoge esta vía educativa, cifra que está muy por debajo de lo que requieren las industrias productivas especializadas [13]. Este bajo nivel de participación en la capacitación técnica hace que las compañías de la zona notifiquen a menudo faltas de habilidades, y más del 22 % de los empleadores identifican la falta de formación laboral como una barrera esencial para el desarrollo económico, lo que se traduce en niveles menores de competitividad y productividad regional [14].

En Ecuador, la educación profesional y técnica enfrenta retos en relación con su gobernanza y relevancia ante las demandas del mercado de trabajo, particularmente en los sectores técnicos

especializados como la electromecánica [15]. A pesar de los intentos por institucionalizar el sistema de educación técnica, la oferta educativa todavía no satisface con eficacia la demanda de habilidades técnicas avanzadas. Esto se manifiesta en los reducidos niveles de competencias laborales, sobre todo en sectores que necesitan destrezas particulares en ensamblaje de sistemas eléctricos y automatización industrial [16]. Las carencias en habilidades técnicas y básicas no solo obstaculizan el acceso al trabajo de los jóvenes, sino que también disminuyen la habilidad de la industria del país para innovar.

5.2. Meso contextualización

En La Maná, las competencias operativas de la formación técnica relacionada con la electromecánica tienen deficiencias. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2023), únicamente el 21,7% de los graduados técnicos de la provincia de Cotopaxi recibió educación superior tecnológica en campos industriales, y solo el 11,4% se unió a empresas productivas del sector eléctrico [12]. Esta circunstancia muestra que hay una escasa transferencia de habilidades técnicas al ámbito laboral, lo cual perjudica la evolución del capital humano especializado. Asimismo, la demanda de las empresas no se satisface, dado que el 39% de las industrias locales enfrentaron problemas para contratar personal capacitado en montaje y control eléctrico, según un informe de la Cámara de Industrias de Cotopaxi publicado en 2022 [14].

Además, en La Maná se está produciendo un aumento paulatino de empresas de servicios, talleres y agroindustrias que necesitan empleados con habilidades en automatización y control eléctrico [2]. El diagnóstico municipal (GAD La Maná, 2023) mostró que el 52 % de los establecimientos productivos necesita actualizar sus sistemas eléctricos para aumentar la seguridad y la eficiencia; no obstante, el acceso a personal técnico calificado es restringido. Esta brecha afecta a los estudiantes de electromecánica en instituciones de educación superior, donde la mayoría de las situaciones educativas carecen de módulos didácticos especializados para el ensamblaje de tableros [4]. Por lo tanto, la UTC Extensión La Maná se enfrenta al reto de reforzar la enseñanza práctica debido a que no hay suficientes entrenadores industriales y módulos de aprendizaje, lo que limita la adquisición de procedimientos técnicos establecidos.

5.3. Micro contextualización

En la UTC (Universidad Técnica de Cotopaxi) extensión La Maná, el sector de Electromecánica se encuentra con problemas en el proceso de capacitación práctica que tienen que ver con el ensamblaje de tableros eléctricos. El 67% de los alumnos, en el periodo académico (2025-A, indicó que tenía dificultades para entender cómo se distribuyen los componentes en un gabinete, para calcular protecciones y para elegir dispositivos básicos conforme a las regulaciones eléctricas [5]. El 54% también señaló que las prácticas presentes no simulan situaciones reales de instalación industrial, lo cual conduce a aprendizajes fragmentados y poco aplicables en talleres productivos. Estas condiciones tienen un impacto en el desarrollo de las habilidades operativas y crean una discrepancia entre lo que se sabe teóricamente y lo que se espera en términos de desempeño técnico en ambientes industriales [6].

El laboratorio de electromecánica, además, tiene una cantidad restringida de equipamiento para prácticas secuenciales. De acuerdo con reportes internos del laboratorio (2025), hay únicamente tres tableros que funcionan parcialmente para 28 alumnos por paralelo, lo cual disminuye a menos de 15 minutos el tiempo real de manejo de sistemas eléctricos por estudiante en una sesión de dos horas [8]. En consecuencia, el 71 % de los estudiantes manifestó escasa confianza al realizar cableado, colocar contactores, temporizadores, relés térmicos y sistemas de protección. En este marco, la falta de un módulo especializado para el entrenamiento dificulta que los procesos se estandaricen.

6. Objetivos

6.1. Objetivo general

Implementar un Módulo de Entrenamiento Especializado en el Ensamblaje de Tableros de Control Eléctrico para el Laboratorio de Electromecánica de la UTC Extensión La Maná, que impulse las habilidades prácticas y teóricas de los estudiantes en el área de electromecánica.

6.2. Objetivos específicos

- Recopilar las fichas técnicas de las normativas nacionales aplicables al proceso de ensamblaje de tableros eléctricos, para el cumplimiento de los estándares de seguridad, calidad y funcionamiento establecidos.

- Diseñar los planos del módulo de entrenamiento especializado en el ensamblaje de tableros de control eléctrico y conexiones, para los diferentes circuitos de la materia de control eléctrico industrial.
- Elaborar un manual de prácticas para el manejo y funcionamiento de dispositivos de control eléctrico (contactores, relé térmico, variador de frecuencia y temporizador) en el tablero de control, que sirva como guía para la realización de prácticas en los diferentes circuitos implementados.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS

Tabla 2. *Actividades, cronograma y productos*

Objetivos específicos	Actividades	Tiempo	Productos
Recopilar las fichas técnicas de las normativas nacionales aplicables al proceso de ensamblaje de tableros eléctricos, para el cumplimiento de los estándares de seguridad, calidad y funcionamiento establecidos.	- Estudio de las diferentes fichas técnicas de las normativas nacionales aplicables al proceso de ensamblaje de tableros eléctricos, para obtener mejores estándares de seguridad, calidad y funcionamiento establecidos	2 mes	- Afiche organizado de las normas técnicas (IEC, NFPA, entre otras) para los estudiantes
Diseñar los planos del módulo de entrenamiento especializado en el ensamblaje de tableros de control eléctrico y conexiones, para los diferentes circuitos de la materia de control eléctrico industrial.	- Diseñar los planos con la utilización de diferentes softwares como AutoCAD, AutoDesk Inventor, entre otros	1 meses	- Diseñar los planos con la utilización de diferentes softwares como AutoCAD, AutoDesk Inventor, entre otros
Elaborar un manual de prácticas para el manejo y funcionamiento de dispositivos de control eléctrico (contactores, relé térmico, variador de frecuencia y temporizador) en el tablero de control, que sirva como guía para la realización de prácticas en los diferentes circuitos implementados.	- Investigación del funcionamiento de los dispositivos de control eléctrico. - Elaboración y redacción del manual de prácticas. - Desarrollo de procedimientos para la realización de prácticas en el tablero de control eléctrico.	1 meses	- Elaboración del manual de prácticas. - Guía para el desarrollo de prácticas en el tablero de control eléctrico. - Apoyo didáctico para el aprendizaje de los dispositivos de control eléctrico.

- Organización del contenido del manual para su uso como guía.
-

8. FUNDAMENTACIÓN TÉCNICO-CIENTÍFICA

Se presenta en esta sección la fundamentación científica y técnica que respalda el establecimiento de un módulo de capacitación especializado en la instalación de tableros eléctricos en el laboratorio de electromecánica, de UTC extensión La Maná. La propuesta surge como respuesta a la necesidad de potenciar las habilidades prácticas en sistemas de control industrial, ya que el mercado laboral demanda técnicos, operadores y tecnólogos capaces de configurar equipos eléctricos cumpliendo con las regulaciones nacionales e internacionales. En este contexto, el módulo es un recurso educativo que facilita el desarrollo de competencias en la distribución de elementos, la selección de protecciones, el cableado y la activación de circuitos de control [17].

Los principios de la automatización, el control industrial y la electrotecnia son las bases técnicas que respaldan los relés térmicos, los contactores, los guardamotores, los temporizadores, las borneras y los mecanismos de protección empleados en tableros convencionales [18]. Además, para asegurar la integridad del sistema, se incorporan pautas de diseño fundamentadas en estándares nacionales como INEN y ARCONEL, junto con sugerencias de los productores. Este elemento técnico es esencial, ya que determina los parámetros de corriente y tensión, las secciones de los conductores, los niveles de protección IP y los dispositivos de corte que deben escogerse para prevenir riesgos eléctricos o fallos operativos a lo largo de la práctica académica.

Desde el punto de vista científico, la propuesta se basa en enfoques pedagógicos que buscan desarrollar habilidades y en teorías sobre el aprendizaje práctico [19]. En este marco, los alumnos adquieren dominio técnico a través del manejo de dispositivos y la solución de problemas reales en un laboratorio. En este enfoque, la instrucción práctica de la electricidad promueve el razonamiento lógico, la toma de decisiones y el uso del conocimiento teórico en circunstancias controladas. Esto ayuda a formar perfiles profesionales aptos para el sector industrial. Asimismo, la literatura académica resalta la importancia de los módulos didácticos en el entrenamiento técnico, ya que combinan equipamiento auténtico con metas educativas enfocadas en resultados comprobables [20].

8.1. Fundamentos del control eléctrico

8.1.1. Electrónica aplicada al control

La electrónica aplicada al control es una rama de la ingeniería que se enfoca en diseñar y usar circuitos electrónicos para controlar, gestionar y monitorear variables físicas en sistemas automáticos [18]. La base de su funcionamiento se sustenta en el análisis de señales, la transformación de energía y la manera en que funcionan los dispositivos semiconductores, que posibilitan el procesamiento de información y la realización de acciones particulares sobre cargas eléctricas o equipos industriales. Además, incluye conocimientos de electrónica analógica y digital para conseguir una interacción exacta entre los sensores, las unidades de procesamiento y los actuadores [17].

Este campo es importante porque puede administrar procesos dinámicos al combinar la electrónica con el control automático, lo que permite estabilizar medidas como la corriente, la temperatura, la posición, la presión o la velocidad [1]. Por lo tanto, los sistemas que se basan en la electrónica aplicada al control incluyen componentes de realimentación, algoritmos de regulación y etapas de potencia, los cuales aseguran un desempeño eficaz y seguro en contextos académicos, domésticos e industriales [2]. Asimismo, utiliza elementos como optoacopladores, transistores, microcontroladores, convertidores y dispositivos lógicos que posibilitan la creación de rutinas de respuesta y control frente a variaciones del ambiente.

Además, la electrónica aplicada al control es un soporte esencial para la automatización contemporánea por su participación en el funcionamiento de robots, tableros de control, sistemas embebidos, variadores de frecuencia y máquinas [5]. Su desarrollo promueve la transición a procesos altamente confiables e inteligentes, ya que aumenta la habilidad del sistema de decidir y actuar con escasa intervención humana. Por consiguiente, este campo se establece como un soporte tecnológico en la industria 4.0 y en los procesos de formación de ingeniería, ya que conecta la teoría eléctrica con aplicaciones prácticas de control y optimiza la productividad en diversos sectores [7].

8.1.2. Componentes eléctricos del control

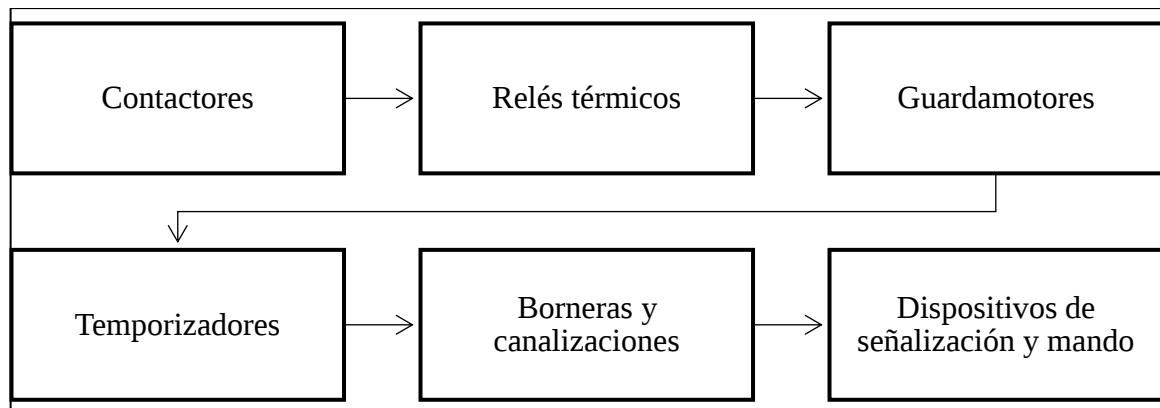


Figura 1. Componentes eléctricos de control. [6]

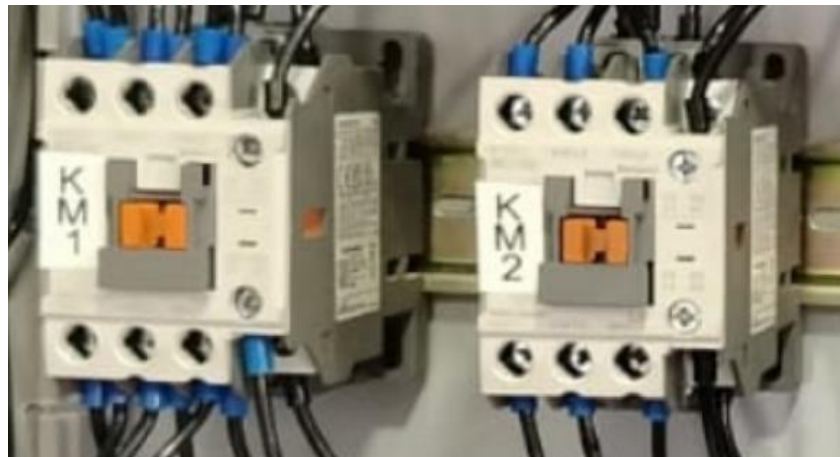


Figura 2. Contactores, bloques terminales en panel de control.

Los contactores son aparatos electromecánicos que tienen como objetivo activar o desactivar el flujo de corriente en circuitos de control y potencia, a través de la operación de una bobina que conmuta contactos principales y secundarios [8]. Este componente posibilita la supervisión a distancia de motores, resistencias y sistemas eléctricos industriales sin que el operador esté expuesto a altos niveles de tensión. Asimismo, su diseño permite una alta frecuencia de maniobras y una capacidad de conmutación apropiada, lo que garantiza la fiabilidad en los procesos automáticos [9].



Figura 3. *Relés térmicos en entorno industrial*

Los relés térmicos constituyen mecanismos de protección frente a sobrecargas en motores eléctricos, ya que funcionan con base en el principio de deformación bimetalica producida por el aumento de la temperatura [16]. Si la corriente excede el valor nominal en un intervalo específico, el relé pone en funcionamiento un mecanismo que abre el contactor correspondiente para prevenir daños en el devanado del motor. De este modo, el relé térmico proporciona una protección que puede ser ajustada y temporizada, la cual responde en proporción a la intensidad de la sobrecarga [19].



Figura 4. *Guardamotores industriales junto a panel metálico*

Los guardamotores sirven como interruptores automáticos combinados, que ofrecen seguridad frente a cortocircuitos y sobrecargas en motores trifásicos o monofásicos, incluyendo ajustes de corriente y mecanismos para el disparo instantáneo [17]. Su estructura incorpora funciones de seccionamiento y control manual, lo que posibilita el mantenimiento y asegura una

desconexión segura en función de las condiciones de operación. Por lo tanto, el guardamotor mejora el esquema de protección eléctrica al brindar una defensa más integral contra averías graves en instalaciones industriales [18].

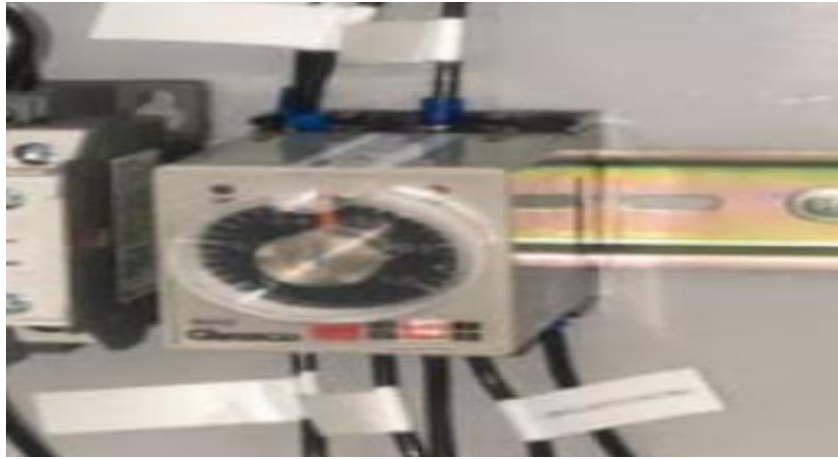


Figura 5. *Temporizadores industriales en taller eléctrico*

Los temporizadores son aparatos que tienen como objetivo alterar el estado de contactos eléctricos tras un tiempo determinado, ya sea por medio de un retardo a la desconexión, retardo a la conexión u otras variantes [12]. Este elemento posibilita la definición de secuencias de arranque, parada y conmutación en sistemas automatizados, brindando organización y sincronización al proceso industrial. Asimismo, hay versiones digitales y analógicas que tienen diferentes grados de flexibilidad para ser ajustadas y precisión en aplicaciones de control [13].

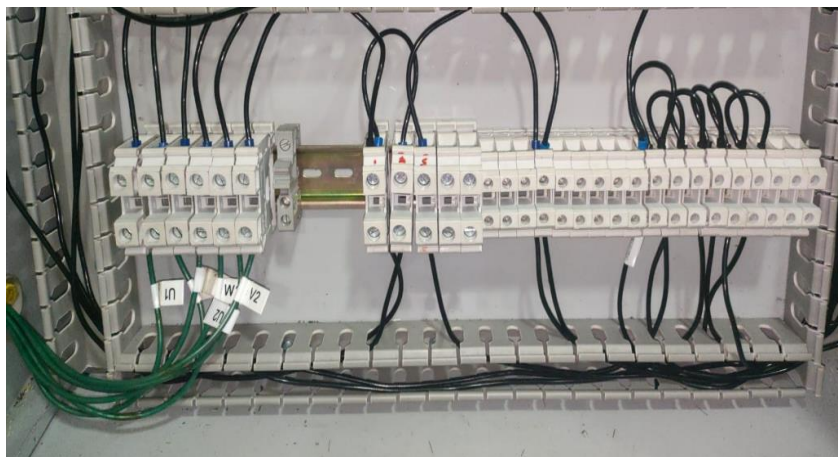


Figura 6. *Borneras y canalizaciones, panel de control eléctrico organizado*

Las canalizaciones y borneras son componentes pasivos que tienen como propósito dirigir, organizar y distribuir los conductores eléctricos dentro de tableros de control para garantizar un conexionado ordenado y seguro [16]. Las borneras permiten la interconexión de dispositivos a través de terminales con presión controlada; las canalizaciones, en cambio, resguardan los conductores del daño mecánico y favorecen la estética del ensamblaje [21]. Por lo tanto, si se selecciona y se dispone correctamente, se mejora la seguridad, la inspección y el mantenimiento del sistema eléctrico.

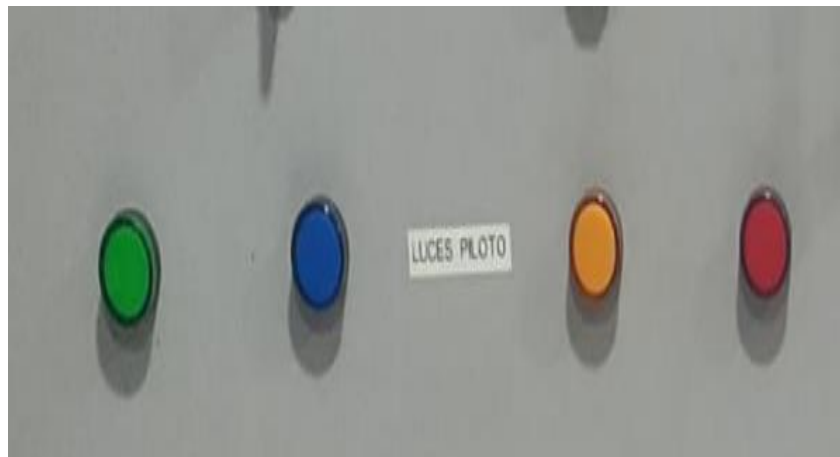


Figura 7. *Dispositivos de señalización industrial detallados.*

Los elementos que posibilitan la interacción entre el operador y el sistema de control, como los zumbadores, pulsadores, pilotos luminosos y selectores, son parte de los dispositivos de mando y señalización. Estos componentes proporcionan información visual o auditiva acerca de la condición del proceso y posibilitan la ejecución manual de funciones particulares [19]. En esta línea, son una interfaz crucial para la supervisión local del tablero, ya que permiten realizar diagnósticos inmediatos y tomar decisiones mientras se opera y mantiene.

8.1.3. Tipologías de tableros de control eléctrico

Los tableros se clasifican en diferentes tipos como se observa en la figura 8.

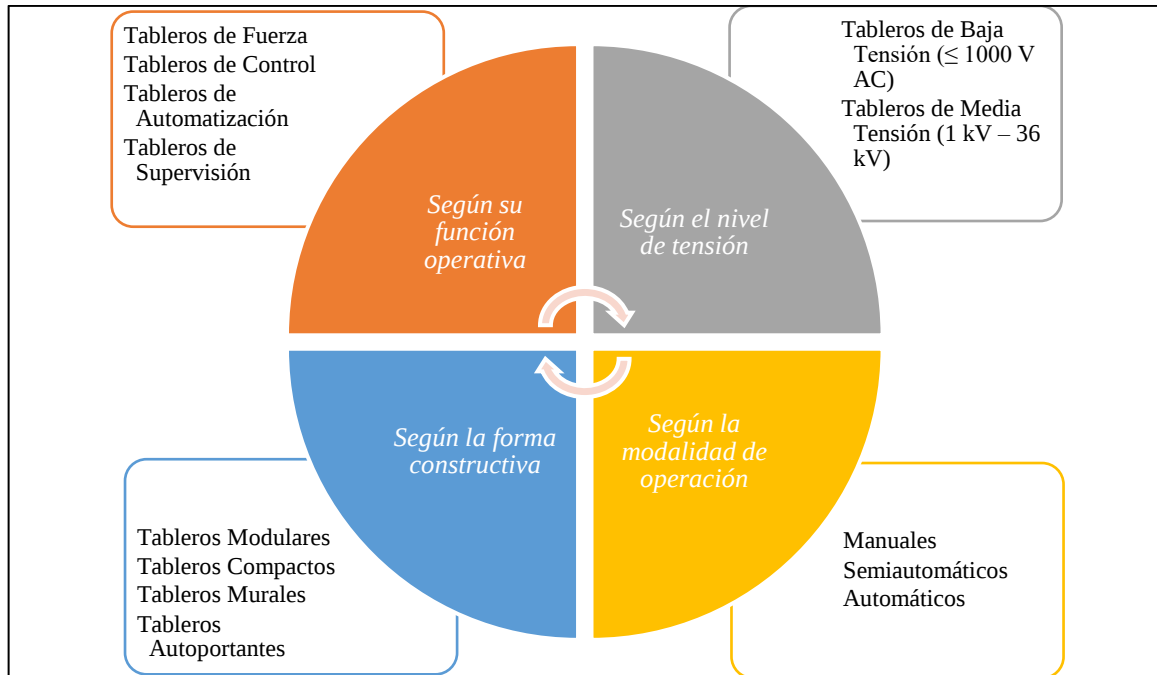


Figura 8. Tipos de tableros.

8.1.3.1. Según su función operativa

Los *tableros de fuerza* son dispositivos que distribuyen energía a motores, actuadores y cargas industriales. Esto se logra utilizando barras conductoras, fusibles calibrados y protecciones magnéticas y térmicas [7]. Esta clase de tablero asegura una provisión ininterrumpida y confiable, a la vez que previene daños eléctricos en los equipos motrices y reduce las corrientes de cortocircuito. Además, su diseño tiene en cuenta criterios como la capacidad de corriente, la selectividad de las protecciones y la disipación térmica para garantizar un rendimiento fiable en ambientes industriales rigurosos [5].

Los *tableros de control* se encargan de gestionar la lógica operativa de un proceso a través de [8] aparatos electrónicos o electromecánicos que establecen secuencias, habilitan señales y sincronizan el funcionamiento de las máquinas. Estos tableros incorporan contactores, relés, temporizadores y otros módulos que hacen posible operar con cargas a través de señales discretas o analógicas. Por lo tanto, forman el núcleo de control de los sistemas industriales porque conectan instrumentos de campo, mecanismos de seguridad y actuadores que regulan la operación del proceso [7].

Los *paneles de automatización* tienen como objetivo la realización de secuencias automáticas utilizando plataformas SCADA, módulos de entrada y salida, interfaces entre humanos y máquinas y controladores programables. Su diseño posibilita la incorporación de protocolos de comunicación industrial, sensores y actuadores con el fin de automatizar procedimientos complejos sin que sea necesaria la intervención directa del operador [8]. Estos tableros son, por lo tanto, una infraestructura tecnológica fundamental en la Industria 4.0, porque permiten controlar de forma inteligente y optimizar los tiempos de operación.

Los *tableros de supervisión* están diseñados para monitorear y adquirir variables de proceso y eléctricas, como presión, temperatura, corriente, tensión, nivel o caudal. Para ello emplean sistemas de visualización y sensores [9]. Este tipo de tablero incluye instrumentos para medir, alarmas y dispositivos transmisores industriales que posibilitan la supervisión en tiempo real del estado de funcionamiento de sistemas y maquinarias. Así, los tableros de supervisión, al poner a disposición datos precisos, simplifican el diagnóstico y la toma de decisiones técnicas, lo cual disminuye las amenazas e incrementa la confianza en el sistema productivo [10].

8.1.3.2. Según el nivel de tensión

Los *tableros de baja tensión*, que funcionan con corriente alternan en rangos de hasta 1000 V, son la infraestructura eléctrica más común en fábricas, edificios y talleres a causa de su habilidad para proporcionar energía a motores, sistemas de control y equipos de iluminación [11]. Estos tableros incluyen dispositivos como barreras de protección, relés, guardamotores y contactores para garantizar que el servicio se mantenga y prevenir que ocurran fallas por sobrecargas o cortocircuitos. Además, su diseño tiene en cuenta parámetros de corriente nominal, disipación térmica, compatibilidad electromagnética y facilidad de mantenimiento, lo que los convierte en la solución más segura y eficaz para sistemas de distribución de baja complejidad.

Los *tableros de media tensión*, que incluyen niveles eléctricos entre 1 kV y 36 kV, son usados sobre todo en sistemas de distribución interna y subestaciones de fábricas, donde la transferencia de energía necesita un rango más amplio y una pérdida menor de energía. Para garantizar una operación estable y reducir los riesgos vinculados a la manipulación de energía eléctrica de capacidad media, estos tableros incluyen seccionadores, fusibles, sistemas de

enclavamiento, interruptores de potencia y transformadores de medida. Por ende, son una parte estratégica de la cadena de distribución eléctrica industrial porque posibilitan la disminución de tensiones para su posterior transmisión a baja tensión y aseguran que el sistema esté protegido frente a incidencias de fallas.

8.1.3.3. Según la forma constructiva

Los *tableros modulares* están compuestos por celdas o secciones independientes que posibilitan la organización de tareas de protección, control y distribución eléctrica en una sola estructura. Esta arquitectura facilita las ampliaciones en el futuro y simplifica las labores de mantenimiento, debido a que cada módulo puede ser modificado sin que ello afecte al funcionamiento del sistema completo. Los diseños modulares, además, son aptos para entornos industriales en constante cambio que requieren flexibilidad, separación funcional y un acceso más amplio a los componentes internos para realizar diagnósticos e inspecciones.

Los *tableros compactos* tienen una estructura cerrada y no expandible, lo que significa que su diseño es más sencillo y tiene un tamaño más pequeño; están destinados a instalaciones con demandas eléctricas estables y cargas limitadas. Esta clase de tablero reúne los dispositivos en un único gabinete y disminuye los puntos de acceso, lo que disminuye la probabilidad de fallas relacionadas con uniones o conexiones externas. En consecuencia, los tableros compactos son adecuados para aplicaciones industriales de bajo consumo, comerciales ligeras o domésticas, donde no es prioritario expandirse en el futuro desde el punto de vista técnico.

Los *tableros murales*, que se colocan directamente en la pared, son utilizados en sistemas de control con cargas de tamaño pequeño o mediano, los cuales necesitan una utilización eficiente del espacio físico. Su diseño favorece la ergonomía y disminuye la ocupación del área de trabajo, ya que posibilita acceder de frente a los componentes para su funcionamiento y mantenimiento. Los tableros murales son también apropiados en estaciones de control local, cuartos técnicos, talleres de educación y laboratorios, donde las limitaciones de tamaño exigen soluciones que mejoren la instalación sin poner en riesgo la seguridad eléctrica.

Los *tableros autoportantes* son gabinetes que cuentan con una estructura reforzada y se sostienen directamente sobre el suelo, lo que los convierte en la alternativa más resistente para

aplicaciones industriales de gran peso. Este tipo de tablero permite una mayor densidad de dispositivos, capacidades más altas de corriente y sistemas para ventilar o enfriar que disipan el calor producido por dispositivos de potencia [12]. Por ende, es común su utilización en plantas de producción, centros que controlan motores y zonas donde se necesita una manipulación segura, estabilidad mecánica y protección frente a condiciones ambientales rigurosas.

8.1.3.4. Según la modalidad de operación

Los *tableros manuales* funcionan a través de la intervención directa del operador, utilizando dispositivos de control como botones, interruptores o llaves selectoras. Esto posibilita la activación o desactivación instantánea de cargas eléctricas. Esta modalidad permite un control a nivel local y una lógica fácil de operar, ya que el funcionamiento del sistema se basa únicamente en las acciones del usuario [13]. Por lo tanto, se emplean estos tableros en aplicaciones en las que es indispensable la supervisión de una persona, como el arranque básico de motores, la operación de máquinas individuales y la supervisión de equipos auxiliares en laboratorios y talleres.

Los *tableros semiautomáticos* fusionan funciones manuales y automáticas, las cuales llevan a cabo secuencias parciales sin requerir la intervención permanente del operador. En esta clase de tablero, el usuario establece las condiciones iniciales utilizando mandos locales [14]. A la vez, dispositivos tales como contactores, relés o temporizadores controlan la continuidad de las operaciones de acuerdo con una secuencia predefinida. Esta perspectiva proporciona un balance entre la seguridad, la eficiencia y la disminución de los tiempos de operación, lo que los hace ser una solución intermedia para procesos industriales que necesitan automatismos elementales sin complicaciones en la programación [15].

Los *tableros automáticos* incorporan controladores programables, relés inteligentes o sistemas SCADA para llevar a cabo todas las operaciones sin necesidad de intervención humana directa, mediante la utilización de algoritmos tanto de control como de comunicación con dispositivos del campo [16]. Esta tipología posibilita la supervisión a distancia, la recolección de datos, la toma de decisiones fundamentadas en sensores y señales industriales, así como la coordinación de una variedad de variables del proceso. Por lo tanto, los tableros automáticos son una

infraestructura esencial para la automatización avanzada y la Industria 4.0, ya que potencian la productividad, disminuyen las equivocaciones en las operaciones y posibilitan que se integren con los sistemas digitales de planta [21].

8.1.4. Parámetros eléctricos relevantes

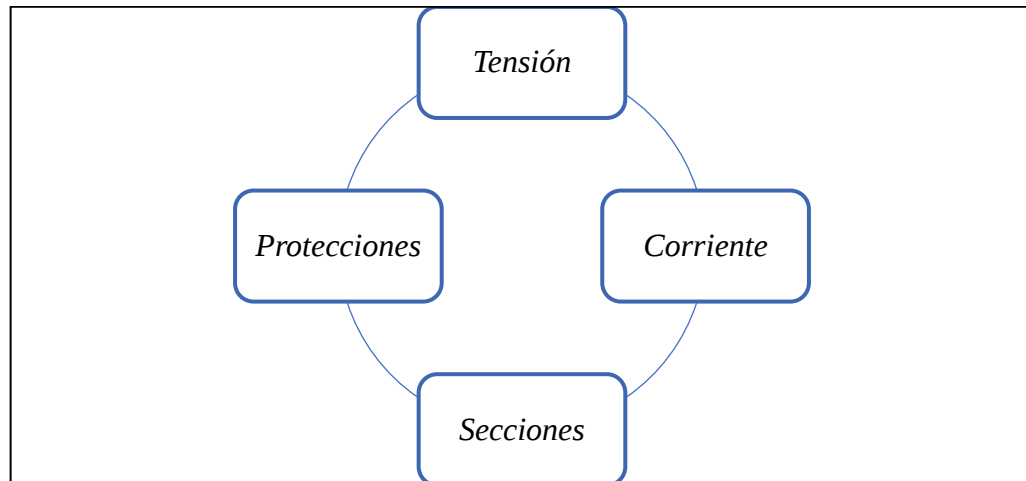


Figura 9. *Parámetros eléctricos en el ensamblaje de tableros* [15]

8.1.4.1. Tensión

La diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito es la tensión eléctrica, que se considera el parámetro esencial para determinar la habilidad del sistema de trasladar energía hacia las cargas [17]. La tensión nominal de los tableros eléctricos afecta la elección de dispositivos, el aislamiento de conductores y el nivel de protección necesario, ya que una selección incorrecta puede ocasionar fallas en el aislamiento, arcos eléctricos o daños en equipos delicados. Por ende, para asegurar la compatibilidad entre las fuentes de alimentación, los componentes de control y los actuadores electromecánicos que se relacionan con el proceso industrial, es esencial especificar correctamente la tensión [18].

8.1.4.2. Corriente

La corriente eléctrica, que es el flujo de carga que pasa por los elementos y conductores del sistema, está determinada por la solicitud de potencia y la clase de carga conectada. Este parámetro tiene un impacto directo en el tamaño de los conductores, las protecciones térmicas y magnéticas, así como en la conducta térmica de los motores, contactores y transformadores [11]. Por lo tanto, el cálculo correcto de la corriente nominal y de arranque previene el sobrecalentamiento, las pérdidas excesivas y los riesgos de daño en los dispositivos electromecánicos. Esto garantiza que la operación del tablero de control sea continua y estable [12].

8.1.4.3. Calibre de conductor

La sección de los conductores se determina en función de la temperatura tolerable, la longitud del circuito, el tipo de aislamiento y la cantidad de corriente que deben llevar. Una sección que no es suficiente puede causar una elevación de la temperatura y una disminución de la tensión, lo cual afecta el rendimiento de los equipos y tiene el potencial de provocar incendios eléctricos o deterioro del aislamiento [9]. Por otro lado, una sección sobredimensionada eleva los costos sin ofrecer ventajas funcionales. Por lo tanto, los estándares técnicos establecen criterios de cálculo que posibilitan la elección de conductores que sostengan niveles seguros de corriente y una eficiencia apropiada en la distribución eléctrica interna del tablero [7].

8.1.4.4. Protecciones

Las protecciones eléctricas tienen como objetivo proteger a las personas, los equipos y los conductores de situaciones anormales como cortocircuitos, sobrecargas, fallas en la tierra o aumentos de temperatura [9]. Los dispositivos que forman parte de la selección de protecciones son los relés térmicos, los guardamotors, los fusibles y los interruptores automáticos. Estos funcionan con base en principios relacionados con la magnitud de la corriente o con la firma temporal del suceso. Esta función es fundamental en los tableros industriales, ya que disminuye el riesgo de incendios, mantiene la integridad del sistema a través de despejes selectivos y tiempos de actuación establecidos por las normativas internacionales en materia de seguridad eléctrica y limita la energía de falla [11].

8.1.5. Diseño y ensamblaje de tableros de control eléctrico

El diseño de tableros eléctricos hace alusión al proceso de planificación técnica donde se establecen la arquitectura del sistema, los componentes seleccionados, cómo están distribuidos en el interior del gabinete y las normas de seguridad que se aplican [1]. Este diseño tiene en cuenta estándares de protección, etiquetado, compatibilidad electromagnética, aislamiento y resistencia a fallas, así como variables eléctricas como la caída de voltaje, la corriente, la tensión y la capacidad de los conductores [2]. De igual manera, la creación de diagramas unifilares, diagramas de control, listas de materiales y planos de montaje está incluida; esto asegura que exista coherencia entre los requerimientos funcionales del proceso industrial y la parte teórica.

En cuanto al ensamblaje de tableros de control eléctrico, este incluye la instalación física de los dispositivos en el gabinete, el cableado de control y potencia, la conexión de terminales, la implementación de canalizaciones y la realización de pruebas funcionales. Este proceso requiere exactitud en la conexión y cumplimiento de las normas técnicas, ya que cualquier equivocación puede poner en riesgo la continuidad del funcionamiento, la seguridad eléctrica y el equipo [3]. Asimismo, el ensamblaje incluye pruebas de verificación como la continuidad, el aislamiento, las secuencias de mando y las respuestas de protección. Esto garantiza que el tablero satisfaga los requisitos del diseño y sea adecuado para ser incorporado a sistemas productivos reales.

8.1.6. Distribución de componentes en gabinete

El término distribución de componentes en gabinete se refiere a la organización física de los dispositivos eléctricos dentro de la envoltura del tablero, lo que tiene como objetivo asegurar el funcionamiento seguro, el correcto desalojo del calor y un mantenimiento sencillo [4]. Esta distribución no es arbitraria, sino que se lleva a cabo con base en criterios técnicos establecidos por las normativas y las sugerencias de los fabricantes, ya que la posición de cada componente determina la accesibilidad, el comportamiento térmico y la integridad del sistema de control. De igual manera, una distribución adecuada permite que los planos se lean con facilidad y que las fallas sean diagnosticadas, ya que se establece una correlación lógica entre los esquemas eléctricos y el ensamblaje físico [5].

En una consola de control típica, la distribución comienza con la separación entre los dispositivos de control y los de potencia, ya que cada conjunto trabaja con diferentes niveles de corriente y tensión. Para disminuir el recorrido de la corriente y ayudar a que el calor se evacue, los componentes de potencia como contactores, interruptores automáticos y guardamotores se colocan en áreas centrales o superiores [6]. En cuanto a los dispositivos de mando y control, como son los relés, los temporizadores, las bornas, se colocan en zonas laterales o inferiores donde la disipación térmica es reducida y el cableado de señal es más fácil. Esta separación funcional previene las interferencias electromagnéticas y disminuye el peligro de daños por sobrecalentamiento [7].

Asimismo, la ubicación de las borneras y canalizaciones es considerada en la distribución de componentes porque estos elementos agrupan las conexiones con actuadores, sensores y elementos de campo [8]. La disposición de borneras en la parte inferior del gabinete posibilita que el cableado esté ordenado y se pueda rastrear, mientras que las canalizaciones o ductos hacen más fácil agrupar los conductores por función (potencia, control, instrumentación), lo que disminuye los errores ocasionados por cruces inapropiados y favorece la inspección visual. Asimismo, se respeta la separación entre líneas de control de baja señal y conductores de potencia para reducir interferencias y asegurar que las señales sean interpretadas correctamente en dispositivos electrónicos delicados [9].

La administración térmica del gabinete es otro elemento importante en la distribución, ya que el calor producido por dispositivos de potencia tiene un impacto en la durabilidad de los componentes y en el aislamiento eléctrico [10]. Por este motivo, se incluyen extractores, rejillas de ventilación o intercambiadores de calor según la densidad de carga del tablero. Además, se evita la instalación de módulos electrónicos sensibles en áreas con gradientes térmicos altos y se da prioridad a la instalación de componentes que producen calor en zonas con mejor ventilación. Estos criterios posibilitan que las condiciones internas se mantengan dentro de márgenes tolerables, lo que asegura la estabilidad y el funcionamiento duradero del sistema [11].

8.1.7. Normas de cableado, identificación y conexonado

Las reglas de identificación, conexión y cableado definen los estándares técnicos que las uniones eléctricas y los conductores deben seguir en los tableros de control para asegurar la seguridad operativa, la integridad del sistema y la trazabilidad a lo largo de las labores de instalación y mantenimiento. [11] Estas reglas determinan elementos tales como el tipo de aislamiento, la organización física en el gabinete, el calibre del conductor, la separación entre circuitos de control y potencia, así como la protección ante situaciones mecánicas y ambientales. Además, para prevenir interferencias en las señales de mando o instrumentación, regulan la compatibilidad electromagnética [12].

Las normas exigen el uso de códigos de colores, numeración y etiquetado en borneras, dispositivos y conductores para que sea más fácil identificar los circuitos y evitar errores en operaciones posteriores [13]. Los colores identifican funciones como señal, control, neutro, fase o tierra; en cambio, la numeración secuencial está relacionada con los diagramas eléctricos del proyecto y garantiza que el plano y el ensamblaje físico estén alineados. Además, el etiquetado debe soportar las condiciones térmicas y mecánicas del ambiente industrial; por ello se utilizan tintas y materiales de larga duración para prevenir la pérdida de información a lo largo de la vida útil del tablero [14].

En lo que concierne al conexonado, las regulaciones establecen los procedimientos permitidos para efectuar uniones eléctricas a través de conectores, terminales, borneras y componentes de fijación que garanticen resistencia mecánica y continuidad eléctrica. Dado que una conexión defectuosa puede causar problemas de vibración, caídas de tensión o un aumento en la temperatura, estas normativas detallan el empleo de terminales apropiados para cada tipo de conductor, el par de apriete permitido en tornillería, la presión de contacto y la protección contra aflojamiento [15].

8.1.8. Selección de protecciones eléctricas

Es preciso tener en cuenta una serie de criterios técnicos para elegir las protecciones eléctricas, los cuales aseguran la protección del personal, la seguridad del sistema y la integridad de los equipos. Primero se debe determinar la clase de carga que será resguardada, además de sus

propiedades eléctricas (tensión, corriente nominal, corriente de arranque y potencia), porque estos factores determinan si se escogerán protecciones térmicas, magnéticas, mixtas o aparatos específicos como fusibles industriales o guardamotores [16]. Asimismo, es necesario examinar las corrientes de cortocircuito que se encuentran en el sitio de instalación, porque esta cifra establece la capacidad mínima de ruptura que debe tener el dispositivo de protección para interrumpir una avería sin sufrir daños [21].

En este caso, también es relevante describir los tipos de protección eléctrica utilizados en la instalación, así como los criterios de selección. En general, los dispositivos de protección eléctrica se clasifican en térmicos, magnéticos, termomagnéticos y de circuito residual (RCD), cada uno de los cuales responde a diversas condiciones anormales del sistema. Los equipos de protección térmica se han utilizado durante mucho tiempo, lo que significa que es probable que no haya ningún problema con la corriente. Este tipo de protección se basa en la pérdida de calor generada por la transferencia de calor de la corriente, lo que a su vez reduce el riesgo de un aumento de temperatura que pueda dañar el aislamiento o los componentes del sistema.

Los dispositivos de protección magnética, por otro lado, están diseñados para funcionar con corrientes de cortocircuito, como aumentos repentinos y grandes de la corriente eléctrica. Estos dispositivos funcionan casi automáticamente, y su función depende del campo magnético creado por la corriente. En la mayoría de los casos, ambos mecanismos integrados en el dispositivo son interruptores automáticos, que responden rápidamente a las sobrecargas y a los cortocircuitos, proporcionando así una protección más completa a la carga eléctrica. Además, el uso común de los dispositivos de corriente residual (RCD) consiste en medir la corriente que fluye a tierra para reducir la tensión del circuito y provocar el apagado de los componentes electrónicos.

Para determinar estos materiales de protección, el proceso comienza con las características eléctricas de la carga y el sistema que se instalará. Primero, se prueba un circuito de temporización nominal, donde el tamaño del dispositivo protegido puede detener el funcionamiento normal sin disparos innecesarios. A continuación, se consideran factores como la corriente nominal del equipo, la capacidad de conducción de corriente, la potencia instalada y la tensión del sistema. Estos parámetros permiten determinar la capacidad nominal de un disyuntor o fusible.

De igual manera, si la corriente de cortocircuito es inferior a la tensión máxima permitida, este valor puede utilizarse para determinar la tensión máxima permitida por el dispositivo de protección. En otras palabras, se puede interrumpir la falla de un disyuntor o fusible sin dañar ni comprometer la seguridad del sistema. Por esta razón, la coordinación entre el cálculo de cortocircuitos y los dispositivos de protección se convierte en una parte fundamental del diseño eléctrico. Por lo tanto, la selección adecuada de los equipos de protección depende no sólo del tipo de carga sino también del comportamiento esperado del sistema en términos de fallos, de modo de garantizar la seguridad tanto del proceso de servicio como la seguridad del personal y de los equipos eléctricos.

8.1.9. Ensayos, pruebas y puesta en marcha

Los ensayos son la etapa inicial y consisten en comprobar el tablero de manera estática antes de energizarlo. Este procedimiento abarca verificación de las conexiones visualmente, la comprobación del torque en los bornes, validación del aislamiento entre circuitos y el chequeo de las etiquetas y señales según los planos eléctricos [18]. Asimismo, se mide la continuidad en los conductores neutro, de protección y fases con el objetivo de identificar interrupciones o puentes inapropiados que puedan poner en riesgo la seguridad o el funcionamiento del sistema. Simultáneamente, se comprueba la instalación adecuada de protecciones y el ajuste de dispositivos térmicos y magnéticos conforme a los valores nominales de los equipos relacionados [17].

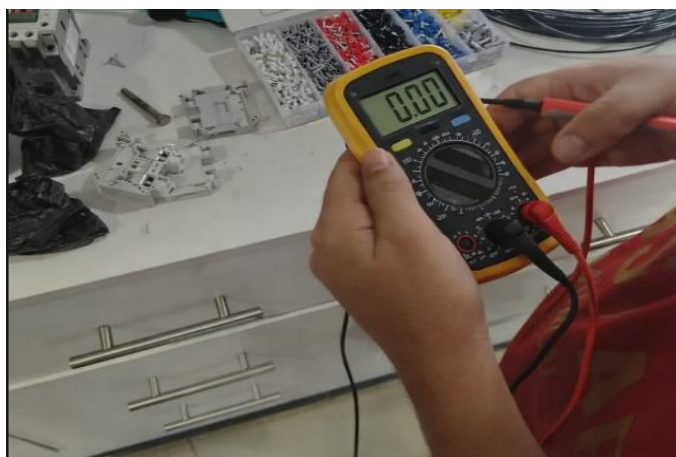


Figura 10. *Ensayos*

Después, se llevan a cabo las pruebas funcionales, que consisten en energizar la tabla bajo condiciones controladas para analizar su rendimiento dinámico [19]. En esta fase se verifica la puesta en marcha y el apagado de los motores, el funcionamiento de contactores y relés, la reacción de temporizadores, la activación de luces indicadoras y la operación de dispositivos de mando. A fin de asegurar que el diseño y la lógica implementada estén en concordancia, se compara también la secuencia operativa con los diagramas eléctricos [21]. Además, se examinan las protecciones a través de pruebas de disparo y se monitorea el comportamiento térmico de los conductores y los componentes para asegurar que estén dentro de límites aceptables.

La fase de integración del tablero con el entorno real de operación es la puesta en marcha. Este procedimiento abarca la calibración de parámetros de control y eléctricos para ajustar el tablero a las condiciones de carga, además de la conexión con sistemas externos, actuadores o sensores [16]. Asimismo, se efectúan ensayos de carga sin y con servicio, se registran las curvas de operación, se comprueban los tiempos de respuesta y se confirman condiciones de seguridad, como el desempeño adecuado de protecciones ante una falla. Una vez terminada esta fase, se confeccionan informes técnicos, se proporcionan manuales de operación y se instruye al personal a cargo; todo esto garantiza un paso apropiado hacia el funcionamiento normal del sistema en la planta [14].

8.1.10. Fallas operativas frecuentes en tableros industriales

Entre las fallas más comunes o frecuentes se encuentran:

1. El sobrecalentamiento de los dispositivos y conductores, que ocurre debido a corrientes más altas que las nominales, a la mala disipación del calor o a una elección incorrecta de secciones de cable [16].
2. Disparos imprevistos de protecciones, que se producen por sobrecargas momentáneas, cortocircuitos o errores de coordinación entre relés, fusibles e interruptores automáticos.
3. Fallas en relés y contactores, vinculadas a la soldadura de contactos, el deterioro mecánico, la contaminación por polvo o la degradación de las bobinas [21].

4. Uniones flojas o con un mal torque, que provocan pérdidas, calentamientos en zonas específicas y peligro de arco eléctrico porque la resistencia aumenta en los puntos de conexión. [19]
5. Perturbaciones electromagnéticas en circuitos de control, que tienen relación con la cercanía entre líneas de potencia y señales de baja magnitud, lo cual perjudica el análisis de sensores y la lógica de mando [18].
6. Fallas en la secuencia de control, que son el resultado de problemas con temporizadores, cableado de mando o configuración equivocada de la lógica operacional [18].
7. Descomposición del aislamiento eléctrico, ocasionada por humedad, contaminación en la superficie, presencia de aceites y agentes corrosivos o envejecimiento térmico [1].
8. Errores de comunicación en sistemas supervisados, cuando hay interrupciones en las redes de campo, los protocolos industriales no son compatibles o se pierden paquetes.
9. Funcionamiento ineficiente de los sistemas de ventilación, lo cual eleva la temperatura interna del gabinete y disminuye la duración de los dispositivos electrónicos [3].
10. Defectos en los aparatos de señalización y control, que obstaculizan el diagnóstico del proceso e inciden en la interacción entre el tablero y el operario [6].

8.1.11. Normativas y estándares técnicos aplicables

Para el diseño, selección de componentes y montaje de los circuitos de control de motores trifásicos se consideraron diversas normas técnicas internacionales relacionadas con la seguridad eléctrica, identificación de conductores y dispositivos de maniobra y protección. La aplicación de estas normas permitió establecer criterios adecuados para la selección de conductores, protecciones, señalización y características del tablero eléctrico, garantizando así un sistema seguro, ordenado y conforme a estándares técnicos utilizados en instalaciones industriales.

8.1.11.1. Normas técnicas utilizadas

Durante el desarrollo del sistema de control eléctrico se tomaron como referencia las siguientes normas internacionales:

a) IEC 60204-1 – Seguridad en el equipamiento eléctrico de máquinas

Esta norma establece los requisitos de seguridad para los sistemas eléctricos utilizados en maquinaria industrial. En el presente proyecto fue aplicada para definir los criterios de instalación de los circuitos de control y potencia dentro del tablero eléctrico, incluyendo la correcta disposición de los componentes, la protección contra contactos eléctricos y la organización del cableado interno del gabinete.

b) IEC 60445 – Identificación de conductores eléctricos

Esta norma establece los criterios para la identificación de conductores eléctricos mediante colores, letras o números. Su aplicación permitió establecer un sistema claro de identificación de los cables utilizados en los circuitos de control y potencia, reduciendo el riesgo de errores durante el montaje y facilitando las labores de mantenimiento o diagnóstico del sistema eléctrico.

c) IEC 60947 – Dispositivos de maniobra y protección de baja tensión

Esta norma regula el funcionamiento y las características técnicas de dispositivos eléctricos de baja tensión utilizados en sistemas de control industrial, tales como contactores, relés térmicos e interruptores automáticos. En el proyecto fue utilizada como referencia para la selección de los dispositivos de protección y maniobra instalados dentro del tablero eléctrico, garantizando que estos equipos cumplan con los niveles de seguridad y capacidad requeridos para el sistema.

La aplicación conjunta de estas normas permitió asegurar que el sistema de control eléctrico desarrollado cumpla con criterios de seguridad, organización y funcionamiento adecuados para circuitos de control de motores eléctricos.

8.1.11.2. Selección de conductores eléctricos

Para el armado de los circuitos de control y potencia se realizó la selección del conductor considerando la corriente de operación del sistema y las tablas de ampacidad establecidas en normas técnicas eléctricas.



AMPERAJE QUE SOPORTAN LOS CABLES DE COBRE

Nivel de temperatura	60°	75°	90°	60°
Tipo de aislante	TW	RHW THW THWN	THHN XHHW-2 THWN-2	SPT

Medida / Calibre del cable	AMPERAJE SOPORTADO			Medida / Calibre del cable	AMPERAJE SOPORTADO
14 AWG	15A	15A	15A	20 AWG	2 A
12 AWG	20A	20A	20A		
10 AWG	30A	30A	30A	18 AWG	10 A
8 AWG	40A	50A	55A		
6 AWG	55A	65A	75A	16 AWG	13 A
4 AWG	70A	85A	95A		
2 AWG	95A	115A	130A	14 AWG	18 A
1/0 AWG	125A	150A	170A		
2/0 AWG	145A	175A	195A	12 AWG	25 A
3/0 AWG	165A	200A	225A		
4/0 AWG	195A	230A	260A		

Figura 8. Amperaje que soportan los cables de cobre.

En este proyecto se utilizó cable de cobre calibre 14 AWG color negro, debido a que este conductor presenta una capacidad de conducción de corriente suficiente para las condiciones de operación del sistema eléctrico implementado.

Tabla 3. Selección de conductores eléctricos.

Característica	Valor
Calibre del conductor	14 AWG
Tipo de conductor	Cobre
Color	Negro
Aplicación	Circuitos de control y potencia
Capacidad de corriente aproximada	Hasta 15 A

Nota. El conductor seleccionado posee una capacidad de corriente superior a la demanda del sistema, lo cual permite mantener condiciones seguras de operación y evitar sobrecalentamientos en el cableado del tablero eléctrico.

La selección del conductor se realizó considerando las características eléctricas del motor utilizado en el sistema de control. De acuerdo con estos valores, el conductor 14 AWG, con capacidad aproximada de 15 A, puede transportar corrientes significativamente superiores a las

demandadas por el motor, lo cual proporciona un margen adecuado de seguridad térmica y eléctrica para el funcionamiento del sistema.

Tabla 4. *Parámetros eléctricos del motor*

Parámetro	Valor
Potencia	1 HP
Voltaje de alimentación	220 V
Corriente nominal	1.82 A
Corriente pico	3.15 A

Tabla 5. Componentes utilizados en el sistema

Componente	Marca
Contactores	LS Electric
Guardamotor	LS Electric
Relé térmico	LS Electric
Breaker termomagnético (control)	Maviju
Borneras de conexión	Siemens

8.1.11.3. Características del tablero eléctrico

El sistema de control fue instalado dentro de un tablero eléctrico metálico tipo mural fabricado en material TOL (lámina metálica), el cual proporciona protección física a los componentes eléctricos y permite una adecuada organización del sistema.

Ventajas del tablero metálico

- Alta resistencia mecánica.
- Protección contra golpes y vibraciones.
- Mayor seguridad en instalaciones eléctricas.
- Mejor disipación de calor de los componentes.

Este tipo de gabinete es ampliamente utilizado en tableros de control industrial debido a su capacidad para proteger los dispositivos eléctricos y facilitar el mantenimiento del sistema.

Tabla 6. Señalización utilizada

Señal	Función
Riesgo eléctrico	Advertencia de presencia de tensión
Encendido	Identificación del sistema en funcionamiento
Paro	Identificación del sistema detenido

Estas señalizaciones permiten advertir al operador sobre posibles riesgos eléctricos y facilitan la identificación de los estados de operación del sistema.

8.1.11.4. Aplicación de las normas en los circuitos implementados

Los criterios técnicos y normativos descritos anteriormente fueron aplicados en los diferentes circuitos desarrollados durante el proyecto, entre los cuales se incluyen:

- Arranque directo de motor trifásico.
- Arranque directo con inversión de giro.
- Arranque estrella-delta.
- Arranque directo con inversión de giro y estrella-delta.
- Control de motor mediante variador de frecuencia.

En todos los casos se mantuvo uniformidad en la selección de conductores, organización del cableado, identificación de los componentes y aplicación de protecciones eléctricas, lo que permitió garantizar un funcionamiento seguro y ordenado del sistema de control implementado. Para mejorar la seguridad y facilitar la identificación de los controles se incorporaron señalizaciones básicas dentro del tablero eléctrico.

9. Metodología y Diseño Experimental

9.1. Enfoque y tipo de investigación

Esta investigación se basa en una perspectiva cuantitativa, que busca medir de manera objetiva los resultados que se logran al implementar un módulo de capacitación especializado en el ensamblaje de tableros eléctricos. Sin embargo, este método se complementa con aspectos cualitativos que facilitan una mejor comprensión del proceso de formación, ya que toma en cuenta las vivencias, percepciones y valoraciones de los alumnos a lo largo de la realización de prácticas en el laboratorio electromecánico [22]. Así, el análisis no se restringe solamente a

indicadores numéricos, sino que también incluye información contextual que ayuda a obtener una perspectiva más completa del aprendizaje técnico logrado [23].

En términos metodológicos, la investigación se clasifica como aplicada porque ofrece una respuesta específica a una necesidad detectada en el ámbito académico, a través de la inclusión de un módulo de capacitación diseñado para mejorar las habilidades prácticas de los alumnos. De igual manera, tiene un enfoque experimental, pues se introduce de forma deliberada una intervención educativa y se examinan sus consecuencias en el rendimiento estudiantil en condiciones reales de trabajo. Dentro de este contexto, se utiliza un diseño cuasi-experimental, ya que no existe un grupo de control con asignación aleatoria; sin embargo, se lleva a cabo una comparación sistemática de los resultados previos y posteriores a la implementación del módulo [24].

El diseño de la metodología incluye una evaluación inicial que posibilita establecer el grado de conocimientos y destrezas técnicas de los alumnos en lo que respecta al montaje de tableros eléctricos [25]. Después, se lleva a cabo el módulo de capacitación en el laboratorio de electromecánica, en el que los participantes llevan a cabo actividades prácticas dirigidas vinculadas con la selección de piezas, el cableado, la implementación de reglamentos de seguridad y la activación de los tableros. Por último, se realiza un examen final que permite determinar las modificaciones ocurridas en el dominio técnico, la exactitud en los procedimientos y la aplicación adecuada de criterios normativos a raíz de la intervención [26].

A pesar de que este diseño no incluye los niveles de control propios de los experimentos tradicionales, es relevante para situaciones educativas porque posibilita la evaluación de la eficacia de las estrategias formativas puestas en práctica en contextos reales [27]. Con respecto a esto, el enfoque metodológico simplifica la evaluación de los cambios en aspectos como la gestión de herramientas, la interpretación de diagramas eléctricos, la distribución adecuada de componentes y el acatamiento de normas de seguridad [28].

Además, se incorporan métodos cualitativos que enriquecen el examen de los resultados. Estos incluyen la observación directa de las sesiones prácticas, la evaluación de registros hechos por los alumnos y el uso de encuestas abiertas [29]. Estos métodos hacen posible detectar problemas

que se repiten, evaluar hasta qué punto se comprende el proceso de ensamblaje y obtener puntos de vista acerca de la utilidad del módulo de entrenamiento.

9.2 Población y muestra

Los alumnos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, que están en el programa de Ingeniería Electromecánica y están tomando la materia de Instalaciones Eléctricas Inteligentes constituyen el público objetivo de esta investigación. La cantidad total de estudiantes que se toma en cuenta es $N = 105$, lo cual equivale a la matrícula aproximada de esa materia durante el periodo académico analizado. Como no es posible incluir a toda la población en las pruebas experimentales debido a limitaciones de recursos y tiempo, se estableció un tamaño de muestra que representara estadísticamente a la población.

Para el cálculo del tamaño de muestra se empleó la ecuación 1 para poblaciones finitas que se utiliza comúnmente en estudios cuantitativos:

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{e^2(N - 1) z^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra deseada

N = tamaño de la población

z = valor para el nivel de confianza (1,96)

e = error muestral máximo (5% - 0,05)

p = proporción estimada del atributo presente en la población (0,5)

q = Error de la muestra tolerada (0,5)

$$n = \frac{1.96^2 * 105 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (105 - 1) 1.96^2 * 0.5 * 0.5} \quad (2)$$

$$n = 82$$

La estimación de la muestra reveló que era imprescindible trabajar con, como mínimo, 82 estudiantes para garantizar que los resultados fueran representativos de acuerdo con los

parámetros estadísticos fijados en el estudio. Con base en esta necesidad y teniendo en cuenta las circunstancias reales del ambiente académico, se trabajó con una muestra de 82 alumnos. Estos fueron elegidos a través de un muestreo no probabilístico intencional, que abarcó a todos los estudiantes inscritos y disponibles en la materia relacionada con el laboratorio de electromecánica durante el tiempo de intervención. Esta decisión se fundamentó en que el tamaño del universo no era grande y se podía incluir a todos los participantes activos en el proceso de formación.

9.3 Variables de estudio

De acuerdo con los objetivos planteados en la investigación, se logró identificar las siguientes variables clave a evaluar en relación con la implementación del módulo de entrenamiento especializado en el ensamblaje de tableros de control eléctrico:

9.3.1 Variable independiente: Implementación del módulo de entrenamiento.

La puesta en práctica del módulo de capacitación consistió en utilizar una propuesta de formación estructurada, cuyo objetivo era mejorar las habilidades técnicas de los alumnos en el ensamblaje de tableros eléctricos dentro del laboratorio electromecánico de la UTC extensión La Maná. La planificación de contenidos teóricos y prácticos acerca de reconocer componentes eléctricos, interpretar esquemas, cablear potencia y control, y seguir las reglas de seguridad eléctrica fue parte de este procedimiento. Su objetivo era vincular la comprensión conceptual con la realización práctica [2].

9.3.2 Variable dependiente: Ensamblaje de tableros de control eléctrico.

Son los resultados o efectos que tiene el ensamblaje de tableros de control eléctrico frente el desarrollo académico de los estudiantes. Para esto, se tomó en cuenta variables, las cuales fueron:

9.3.2.1. Nivel de aprendizaje teórico – práctico en ensamblaje de tableros de control eléctrico

Muestra el nivel de entendimiento y utilización de los saberes que los alumnos han obtenido en relación con principios esenciales del ensamblaje de tableros eléctricos, como son la

interpretación de diagramas eléctricos, la identificación de componentes, las pautas para distribuirse en gabinete y las normas primordiales de seguridad eléctrica [3]. Este subtema tiene en cuenta tanto el dominio conceptual como la habilidad de aplicar estos conocimientos en las sesiones de laboratorio. La evaluación se lleva a cabo a través de exámenes teóricos y prácticos, en los que una puntuación más alta indica un nivel de aprendizaje mayor.

9.3.2.2. Dominio de las técnicas de cableado y conexión eléctrica.

Se refiere a la capacidad de los alumnos para aplicar correctamente las técnicas de cableado de control y potencia, siguiendo el orden, utilizando la canalización apropiada, empleando terminales correctamente e identificando conductores conforme a las normas técnicas. La exactitud en las conexiones [4], la disminución de errores de ensamblaje y el acatamiento de los criterios de seguridad durante el montaje del tablero son analizados en este subtema. La evaluación se lleva a cabo mediante una rúbrica de rendimiento técnico que se utiliza durante las prácticas en el laboratorio.

9.3.2.4. Funcionamiento y realización del tablero del control eléctrico.

Analiza la habilidad del alumno para ejecutar ensayos, exámenes funcionales y el inicio de operaciones con el tablero ensamblado, corroborando la secuencia de mando, la función de protecciones y la reacción del sistema en situaciones normales de funcionamiento [6]. Este subtema posibilita establecer si el ensamblaje satisface los requisitos técnicos y de seguridad necesarios para que funcione correctamente. A través de listas de verificación y pruebas operativas se lleva a cabo la medición, en las cuales un desempeño adecuado señala un nivel satisfactorio de dominio práctico del ensamblaje [7].

9.4. Hipótesis de investigación

La implementación del módulo de entrenamiento especializado mejora significativamente el ensamblaje de tableros de control eléctrico de los estudiantes del laboratorio de electromecánica de la UTC extensión La Maná.

9.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

9.5.1. Prueba de satisfacción en el laboratorio

La sección de identificación, que ayuda a contextualizar la información recopilada, es el primer paso de la prueba de satisfacción. En este apartado se registran los datos fundamentales del alumno, como el código, el paralelo, la fecha y la clase de práctica que realizó. Esto hace más fácil la organización de los resultados y su análisis posterior. Asimismo, estos datos posibilitan la correlación de las impresiones obtenidas con el contexto concreto en que se implementó el módulo de formación [30].

El instrumento, más tarde, incluye una escala de Likert con cinco niveles. Esta se utiliza para evaluar el nivel de acuerdo del alumno con cada una de las afirmaciones presentadas. Esta escala posibilita la cuantificación de lo que el participante percibe sobre el módulo de entrenamiento, pues convierte juicios subjetivos en cifras numéricas que pueden ser comparadas. Así, se asegura una evaluación uniforme y clara de los diferentes elementos analizados (Ver anexo 1).

9.5.2. Observación directa del proceso de ensamblaje

Con el fin de analizar la capacidad técnica de los alumnos en el montaje de tableros eléctricos, se utilizó un método sistemático y directo de observación durante la realización de las prácticas en el laboratorio electromecánico [31]. En su función de docente observador, el investigador tomó nota del comportamiento de los alumnos en tiempo real cuando realizaban las actividades prácticas propuestas en el módulo de entrenamiento. Se enfocó en que se aplicaran correctamente los procedimientos, que las herramientas se emplearan apropiadamente, que se respetaran las reglas de seguridad eléctrica y que la instalación y cableado de los componentes fueran ordenados (Ver Anexo 2).

La dimensión de preparación y entendimiento técnico analiza los saberes previos que el alumno muestra antes de comenzar a montar el tablero de control eléctrico. La selección apropiada de materiales y herramientas, la identificación de componentes y la interpretación precisa de diagramas eléctricos son algunos de los factores que se tienen en cuenta en esta dimensión [32]. Asimismo, posibilita comprobar si el alumno entiende la lógica de funcionamiento del sistema

antes de realizar la práctica, lo que es crucial para prevenir fallos más adelante en el montaje y asegurar un proceso de ensamblaje seguro y lógico.

La dimensión de ensamblaje y cableado se enfoca en la implementación técnica del montaje en el gabinete, tomando en cuenta una distribución apropiada de los componentes, el orden del cableado de control y potencia, así como el empleo correcto de canalizaciones y terminales. En esta sección se examina cuán exacto es el estudiante al hacer las conexiones eléctricas y si cumple con los estándares de organización interna del tablero. Esta dimensión también permite detectar errores comunes relacionados con el desorden en el cableado, las conexiones incorrectas o la identificación equivocada de los conductores.

La dimensión de seguridad eléctrica examina si se cumplen las reglas y los procedimientos establecidos para proteger a los alumnos y al equipo durante el ensamblaje. En esta dimensión se puede ver la utilización correcta de equipos de protección personal, la implementación de reglas de seguridad eléctrica y el mantenimiento del orden en el espacio laboral. Asimismo, posibilita comprobar si el alumno identifica los peligros relacionados con la labor en sistemas eléctricos y toma medidas preventivas a lo largo de la práctica.

La capacidad del alumno para verificar el adecuado funcionamiento del tablero después de que se complete el ensamble es evaluada por la dimensión de funcionamiento y verificación. Este segmento tiene en cuenta la verificación de la secuencia de mando, el funcionamiento adecuado de los dispositivos de protección, la reacción del sistema ante las condiciones normales de operación y las pruebas de continuidad. Esta dimensión es fundamental, porque posibilita verificar si el ensamblado satisface las especificaciones funcionales y técnicas que se han definido en el diseño del tablero.

Para concluir, la dimensión de rendimiento general abarca elementos vinculados con la capacidad del estudiante para resolver problemas, su autonomía y su actitud técnica en el transcurso de la práctica. En esta dimensión se nota la habilidad para realizar la actividad con criterio independiente, rectificar fallos sin poner en peligro la seguridad y sostener un rendimiento uniforme durante todo el proceso. Así, se logra una perspectiva global del grado de competencia práctica que se ha alcanzado con el ensamblaje de tableros de control eléctrico, añadiendo a los resultados técnicos obtenidos en otros aspectos.

9.6. Procedimiento experimental y diseño de las practicas

El diseño experimental se basó en realizar una práctica para implementar el panel de control en el laboratorio. A continuación, se detalla el procedimiento que se llevó a cabo:

1. *Preparación del entorno y condiciones de seguridad.* Antes de comenzar la práctica, se comprobó el estado del laboratorio, la presencia de herramientas y que la fuente de alimentación funcionara correctamente. Asimismo, se examinó la utilización de EPP (calzado de seguridad, guantes dieléctricos si corresponde y gafas) y se detalló la regla fundamental de laborar sin tensión durante el montaje. Esto permitió asegurar un ambiente controlado y disminuir el peligro de fallos debido a una manipulación incorrecta [27].
2. *Revisión documental del circuito asignado.* Se les proporcionó a los alumnos el esquema en PDF del circuito que se iba a trabajar (arranque directo, arranque directo con inversión de giro o estrella-delta). A continuación, cada alumno identificó los componentes del circuito de control y potencia (como relé térmico, pulsadores, señalización, temporizador si corresponde, protección y contactores) y detectó contactos NA/NC y bobinas. Esta etapa garantizó el entendimiento previo de la secuencia de mando y del funcionamiento [1].
3. *Planificación de montaje según planos del módulo y gabinete.* Se determinó el emplazamiento de los componentes, el riel DIN, las canaletas, las borneras y la zona de señalización en función de los planos del gabinete y del módulo. Se estableció también el criterio de orden interno: distinción entre control y potencia, facilidad para acceder al mantenimiento e itinerarios de cableado con canalización. Esta planificación previno la necesidad de volver a trabajar y posibilitó una integración coherente con los estándares industriales [2].
4. *Simulación del circuito en CAdE_SIMU.* El diagrama de control y potencia del circuito asignado fue replicado en CAdE_SIMU. Luego, se llevó a cabo la simulación para confirmar la lógica: encendido y apagado, enclavamientos (sobre todo en cambio de dirección), transición estrella-delta (con temporización) y reacción frente a la apertura del relé térmico. Esta etapa posibilitó el descubrimiento de fallas lógicas o de conexión antes del ensamblaje físico [3].

5. Ensamblaje físico del tablero. Se instalaron los elementos en el gabinete de acuerdo con la planificación, incluyendo las protecciones, los contactores, el relé térmico, el temporizador (si es necesario), las bornas y la señalización. Después se llevó a cabo la instalación de cableado de control y potencia, siguiendo el calibre, los terminales, la secuencia de canaletas y la identificación de conductores. Al terminar, se comprobó la continuidad básica y el apriete de las conexiones, haciendo hincapié en los puntos críticos (enclavamientos, alimentación de bobinas y retorno de control) [5].
6. Pruebas y realización. Se realizó una inspección de seguridad antes de energizar: no había cortos visibles, el gabinete estaba conectado correctamente a tierra (si era necesario) y se comprobó la secuencia de control. Luego, se energizó el tablero y se realizaron pruebas funcionales: encendido/apagado, inversión de giro (sin permitir que ocurriera al mismo tiempo), señalización del estado y ejecución del relé térmico mediante simulación de disparo. En estrella-delta, se verificó el tiempo de transición y la correcta conmutación de los contactores [6].
7. Registros de datos y evaluación del desempeño. El maestro utilizó la observación directa con el propósito de documentar el rendimiento técnico, los errores que se repiten y el cumplimiento de las normas de seguridad durante la práctica. Asimismo, se utilizó la evaluación práctica de desempeño a través del rendimiento funcional del circuito y el ensamblaje (identificación, conexiones, orden y funcionamiento). Al final, el resultado se fortaleció con el postest para comparar el progreso en relación al pretest y demostrar el impacto del módulo.

A) Diseño de la práctica del módulo de entrenamiento

1. Análisis del circuito de arranque directo. En esta primera etapa, la práctica se organiza de acuerdo a la investigación del esquema de arranque directo. El estudiante examina el papel de cada elemento, incluyendo guardamotores, relés térmicos, contactores y dispositivos de señalización, así como la secuencia lógica de mando y potencia. Este análisis facilita la comprensión del funcionamiento esencial del control de motores y establece las bases para prácticas más complejas en el futuro [7].
2. Diseño del arranque directo con inversión de giro. Más adelante, se incluye en la práctica el modelo de arranque directo con inversor de giro, que introduce la idea de

enclavamiento mecánico y eléctrico entre contactores. En este subtema, el alumno determina las condiciones que previenen maniobras erróneas y examina la reversión del sentido de giro del motor. Así, el diseño de la práctica potencia la comprensión y la adecuada implementación de circuitos de control más complejos en tableros industriales [8].

3. Estudio del arranque estrella – delta. La práctica está diseñada con un esquema de arranque estrella-delta en una fase más avanzada, lo que posibilita disminuir la corriente de arranque del motor. En este subtema, el alumno examina la actuación del temporizador, el orden de transición entre estrella y delta y la coordinación entre contactores. Este contenido es esencial para entender las aplicaciones industriales reales y los criterios que se utilizan para escoger sistemas de arranque [9].
4. Simulación de circuitos en CAdE_SIMU. Después de examinar los esquemas, se incluye en el diseño la simulación de los circuitos en el ambiente CAdE_SIMU, como se puede ver en las imágenes mostradas. En esta etapa, el alumno comprueba la secuencia de mando, examina cómo funciona lógicamente el circuito y encuentra errores potenciales antes de realizar el montaje físico. La simulación posibilita que la comprensión del funcionamiento del sistema bajo condiciones controladas se refuerce [10].
5. Interpretación de diagramas de potencia y control. La interpretación minuciosa de los esquemas de control y potencia que aparecen en las imágenes es también parte del diseño de la práctica. En este subtema, el alumno vincula los símbolos eléctricos con las partes reales del tablero, reconociendo bornes, contactos adicionales y rutas de cableado. Esta tarea propicia un adecuado paso entre la teoría y el ensamblaje físico [12].
6. Preparación para el ensamblaje físico del tablero. En última instancia, el diseño de la práctica dirige al estudiante hacia la preparación del ensamblaje del panel de control eléctrico, utilizando como guía los diagramas simulados. En esta fase, se establecen los puntos de verificación antes de la energización, así como la disposición de los componentes dentro del gabinete y el orden del cableado. Así, el diseño de la práctica combina de manera coherente el análisis en PDF, la simulación en CAdE_SIMU y la realización práctica en el laboratorio electromecánico [15].

7. Criterios técnicos para ensamblaje de tableros. La tabla muestra la capacidad de conducción de corriente de los cables de cobre, dependiendo del calibre (AWG), la temperatura operacional y el tipo de aislamiento; estos factores son esenciales para diseñar y montar tableros eléctricos. En primer lugar, se nota que el diámetro del conductor y, por ende, el amperaje admisible crece cuando el número AWG disminuye. Esto posibilita la alimentación de cargas con más potencia sin que ocurran sobrecalentamientos. Además, la tabla muestra cómo varía la capacidad de corriente dependiendo del límite térmico del aislamiento (90 °C, 75 °C y 60 °C), lo que pone de relieve que los conductores con aislamientos de clasificación térmica más alta, como THHN o XHHW-2, pueden soportar corrientes más elevadas bajo las mismas condiciones de calibre.

Además, se incluye una referencia para los cables tipo SPT, que suelen utilizarse en aplicaciones de baja potencia. Esto subraya la relevancia de elegir el conductor apropiado de acuerdo con el uso concreto. Por lo tanto, esta información es esencial para garantizar la seguridad eléctrica, evitar las caídas de tensión y asegurar el cumplimiento de las normas técnicas durante el montaje de tableros industriales en el módulo formativo del entrenamiento.

9.6.1 Selección del tipo de conductor eléctrico

Durante el desarrollo del ensamblaje del tablero de control eléctrico se realizó el proceso de selección de los conductores utilizados en los circuitos de potencia y control. Para este propósito se analizó previamente la corriente de operación del sistema, la cual fue determinada en 7 A de acuerdo con las características del circuito implementado en el módulo de entrenamiento.

Con base en este valor se seleccionó conductor de cobre calibre 14 AWG, debido a que, según las tablas de ampacidad establecidas en el National Electrical Code (NEC), este tipo de conductor tiene una capacidad aproximada de 15 A bajo condiciones normales de instalación. Esta capacidad es superior a la corriente real del circuito, lo que garantiza un margen adecuado de seguridad térmica y evita el sobrecalentamiento del conductor durante la operación del sistema.

Además, la utilización de este calibre permitió cumplir con los criterios de seguridad establecidos en las normativas eléctricas, asegurando que el conductor seleccionado fuese capaz de transportar la corriente del circuito sin exceder los límites de temperatura permitidos. De esta manera se garantizó un funcionamiento seguro del sistema eléctrico implementado en el laboratorio.

9.6.2 Selección de la capacidad de las protecciones eléctricas

La selección de las protecciones eléctricas se realizó considerando los criterios técnicos establecidos en el National Electrical Code (NEC) para el dimensionamiento de dispositivos de protección en circuitos eléctricos. En primer lugar, se determinó la corriente nominal del circuito, la cual fue establecida en 7A a partir de las características de los equipos instalados en el sistema de control.

Posteriormente se aplicó un factor de seguridad del 125 %, el cual es recomendado por el NEC cuando se trata de cargas continuas que pueden permanecer en funcionamiento por periodos prolongados. Este procedimiento permitió calcular la corriente mínima que debía soportar el dispositivo de protección sin que se produzcan disparos innecesarios durante la operación normal del circuito.

Para ello se aplicó la siguiente expresión:

$$I_{protección} = I_{carga} \times 1.25 \quad (3)$$

Sustituyendo los valores correspondientes:

$$7A \times 1.25 = 8.75A$$

Una vez obtenido este valor se procedió a seleccionar el valor comercial inmediato superior disponible en los dispositivos de protección. Debido a que los interruptores automáticos se fabrican en valores normalizados, se seleccionó un breaker de 10 A, el cual proporciona la protección adecuada para el circuito sin superar la capacidad de conducción del conductor utilizado.

Finalmente se verificó que el valor de la protección no excediera la capacidad del conductor seleccionado. Considerando que el cable 14 AWG soporta aproximadamente 15 A, la

utilización de un breaker de 10 A garantizó la coordinación adecuada entre conductor y protección, cumpliendo los criterios de seguridad establecidos en la normativa eléctrica.

9.6.3 Selección de la protección del motor

Para la protección específica del motor trifásico utilizado en el sistema se implementó un guardamotor ajustable, el cual permitió proteger el equipo frente a condiciones de sobrecarga o bloqueo mecánico. El motor empleado en el módulo de entrenamiento presentó una potencia de 1 HP con alimentación de 220 V, cuyo consumo nominal se determinó en aproximadamente 3.15 A.

Con base en este valor se seleccionó un guardamotor con rango de ajuste entre 4 y 6 A, el cual permitió cubrir adecuadamente el rango de operación del motor y proporcionar protección frente a incrementos anormales de corriente. Este dispositivo permitió además realizar ajustes durante las pruebas experimentales, lo que facilitó verificar el funcionamiento del sistema de protección ante posibles condiciones de sobrecarga simuladas durante la práctica. La utilización de este tipo de protección permitió asegurar la integridad del motor y garantizar la correcta coordinación entre el circuito de potencia y los dispositivos de control instalados en el tablero.

9.6.4 Selección del gabinete del tablero eléctrico

Para la implementación del sistema de control se utilizó un gabinete metálico de control tipo mural fabricado en tol, con dimensiones de 80 × 60 × 30 cm. Este tipo de gabinete fue seleccionado debido a que proporciona una estructura adecuada para alojar y proteger los diferentes componentes del tablero eléctrico, incluyendo el variador de frecuencia, los contactores, el guardamotor, el interruptor automático y las borneras de conexión.

El material metálico del gabinete permitió ofrecer mayor resistencia mecánica y seguridad eléctrica, además de facilitar la correcta disipación del calor generado por los dispositivos electrónicos instalados en su interior. Asimismo, este tipo de estructura cumple con los criterios de protección establecidos en normativas internacionales como IEC 60529 e IEC 61439, las cuales regulan los niveles de protección y construcción de tableros eléctricos de baja tensión.

En cuanto al tamaño del gabinete, las dimensiones de 80 × 60 × 30 cm fueron seleccionadas considerando la cantidad de componentes del sistema, el espacio requerido para el montaje de

los equipos en riel DIN, la organización del cableado interno y la ventilación necesaria para evitar el sobrecalentamiento de los dispositivos, especialmente del variador de frecuencia. Esta configuración permitió una distribución ordenada de los componentes y facilitó las labores de mantenimiento del sistema.

9.6.5 Selección de los componentes del sistema de control

Los componentes utilizados en el tablero eléctrico fueron seleccionados considerando la corriente máxima de operación del sistema, la cual se estableció en 7 A. Este criterio permitió garantizar que todos los dispositivos instalados en el circuito presentaran una capacidad adecuada para soportar las condiciones normales de funcionamiento del sistema.

Dentro de los elementos instalados se incluyó un breaker de 10 A encargado de proteger el circuito frente a cortocircuitos y sobrecorrientes, así como un guardamotor destinado a la protección específica del motor eléctrico. Además, se incorporaron cuatro contactores, los cuales permitieron realizar las maniobras de control del sistema, incluyendo el encendido, apagado y la lógica de funcionamiento del circuito de potencia.

Adicionalmente se utilizó un temporizador, el cual permitió controlar los tiempos de operación dentro del sistema de control, así como contactos auxiliares destinados a realizar los enclavamientos eléctricos y señales de control necesarias para el correcto funcionamiento del circuito. Finalmente, se incorporaron borneras de conexión, cuya función fue organizar y distribuir las conexiones eléctricas dentro del tablero, facilitando el mantenimiento y la identificación de los conductores.

9.6.6 Diseño tridimensional del gabinete del tablero

Antes de realizar el ensamblaje físico del tablero eléctrico se elaboró un diseño tridimensional del gabinete, con el objetivo de planificar la ubicación de cada uno de los componentes del sistema de control. Este diseño permitió definir previamente la distribución de los dispositivos dentro del gabinete, considerando criterios de seguridad, accesibilidad y organización del cableado.

El modelo tridimensional permitió visualizar la ubicación del variador de frecuencia, los contactores, las protecciones eléctricas, las borneras y los dispositivos de señalización,

garantizando que cada componente contara con el espacio suficiente para su instalación y ventilación adecuada. Asimismo, el diseño facilitó establecer las rutas de cableado y la disposición de los rieles DIN y canaletas de conducción.

La utilización de este diseño previo permitió optimizar el proceso de ensamblaje del tablero eléctrico y reducir posibles errores durante la instalación de los componentes, asegurando una disposición ordenada y funcional del sistema de control implementado en el laboratorio (Ver anexo 2).

9.6.7 Funcionamiento del módulo de control eléctrico

El módulo de entrenamiento desarrollado permite realizar prácticas relacionadas con el control eléctrico de motores mediante la interacción de dispositivos como contactores, relé térmico, temporizador y variador de frecuencia. El sistema se energiza a través de una fuente de alimentación conectada al tablero de control, desde donde se distribuye la energía hacia los diferentes componentes del circuito de mando y potencia.

Una vez energizado el sistema, el funcionamiento del módulo inicia mediante la activación de los dispositivos de mando, como pulsadores de arranque y paro, los cuales permiten controlar la operación del motor eléctrico. Al accionar el pulsador de arranque, el contactor principal se activa, permitiendo el paso de corriente hacia el motor y generando su funcionamiento. De igual manera, el relé térmico actúa como elemento de protección ante posibles sobrecargas, interrumpiendo el circuito cuando se detectan condiciones anormales de operación.

Adicionalmente, el módulo incorpora dispositivos como el temporizador y el variador de frecuencia, los cuales permiten realizar prácticas relacionadas con el control del tiempo de operación y la regulación de velocidad del motor. Estos elementos permiten simular condiciones reales de control industrial, facilitando el aprendizaje práctico de los estudiantes en el manejo y funcionamiento de sistemas de control eléctrico utilizados en aplicaciones industriales.

9.6.8 Funcionamiento del módulo de control eléctrico

El procedimiento de uso del módulo de control eléctrico se desarrolló con el propósito de garantizar que los estudiantes puedan realizar las prácticas de forma ordenada, segura y

conforme al diseño del sistema implementado. En primer lugar, se debe realizar una inspección inicial del tablero de control, verificando el estado general de los componentes eléctricos y comprobando que las conexiones se encuentren correctamente instaladas según el diagrama eléctrico establecido. Esta revisión permite prevenir fallas durante la ejecución de las prácticas y asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

Una vez verificado el estado del módulo, se procede a energizar el sistema mediante el interruptor principal del tablero de control. Este paso permite suministrar energía eléctrica a los circuitos de mando y potencia, habilitando la operación de los dispositivos instalados en el módulo. Posteriormente, el estudiante debe seleccionar el circuito de práctica correspondiente de acuerdo con las indicaciones del manual de prácticas, lo cual puede incluir configuraciones como arranque directo, control mediante contactores o regulación mediante variador de frecuencia.

A continuación, se realiza el cableado del circuito de control siguiendo el diagrama eléctrico previamente establecido. Este proceso permite establecer las conexiones necesarias entre los dispositivos de mando, protección y control, garantizando que el sistema opere de acuerdo con el diseño planteado. Una vez finalizado el cableado, se procede a activar el sistema mediante el pulsador de arranque, lo que permite poner en funcionamiento el circuito y observar el comportamiento de los diferentes dispositivos eléctricos, tales como contactores, relé térmico, temporizadores o variadores de frecuencia.

Finalmente, durante la ejecución de la práctica, se debe observar y analizar el funcionamiento de cada uno de los elementos del sistema, verificando que su operación corresponda con lo esperado según el diseño del circuito. Los resultados obtenidos durante la práctica se registran mediante una lista de verificación o checklist, la cual permite documentar el estado de funcionamiento de los componentes y confirmar que el módulo de entrenamiento cumple con los objetivos establecidos para el desarrollo de las prácticas de control eléctrico.

9.6.9 Checklist de verificación del módulo de control eléctrico

Con el propósito de comprobar el correcto funcionamiento del módulo de control eléctrico y de los dispositivos instalados en el tablero de prácticas, se aplicó una lista de verificación durante las pruebas experimentales realizadas en laboratorio. Este instrumento permitió evaluar de

forma sistemática aspectos como la correcta conexión de los conductores, el funcionamiento de los contactores, la activación de las protecciones y la operación adecuada de los circuitos de control. A través de este procedimiento se registró el estado de cada componente y se confirmó la operatividad del sistema implementado.

Tabla 7. *Checklist de verificación del funcionamiento del módulo de control eléctrico*

Nº	Elemento verificado	Criterio de evaluación	Cumple	No cumple
1	Conexión correcta de conductores	Verificación del cableado según diagrama eléctrico		
2	Funcionamiento del interruptor principal	Permite energizar y desenergizar el sistema		
3	Operación del contactor	Activación correcta al presionar el botón de arranque		
4	Funcionamiento del relé térmico	Protección ante sobrecarga del motor		
5	Funcionamiento del temporizador	Activación del tiempo programado		
6	Operación del variador de frecuencia	Control adecuado de la velocidad del motor		
7	Circuito de paro	Detención inmediata del sistema		
8	Señalización del sistema	Indicadores luminosos funcionan correctamente		

La aplicación del checklist permitió verificar el correcto funcionamiento de los componentes instalados en el tablero de control eléctrico. Los resultados obtenidos evidenciaron que los dispositivos de protección, control y señalización operaron conforme a lo establecido en el diseño del módulo. Asimismo, las pruebas realizadas confirmaron la correcta interacción entre contactores, relé térmico, temporizador y variador de frecuencia, garantizando así la funcionalidad del sistema para la realización de prácticas académicas en el laboratorio.

OE1: Fichas técnicas de las normativas nacionales aplicables al proceso de ensamblaje de tableros eléctricos, para el cumplimiento de los estándares de seguridad, calidad y funcionamiento establecidos.

Se realizó un análisis normativo estructurado para alcanzar el objetivo específico 1 planteado, lo que permitió detectar los marcos técnicos en vigor que rigen la seguridad, calidad constructiva y funcionamiento adecuado de estos sistemas. En este marco, se tomaron en cuenta regulaciones que han sido emitidas por entidades nacionales y las normas técnicas que el país ha adoptado, mismas que definen estándares precisos para la integración de controladores lógicos programables en el tablero, la protección eléctrica, el cableado y el diseño del gabinete [21].

Por consiguiente, la información normativa que se recopiló fue ordenada y sistematizada en tablas técnicas (matriz); esto ayudó a utilizarla directamente en el diseño e implementación del módulo de entrenamiento creado en el laboratorio de electromecánica. Así, la revisión de las fichas técnicas posibilitó comprobar que el módulo cumplía con los estándares establecidos en cuanto a seguridad y funcionamiento [10].

Asimismo, sirvió como guía educativa para los alumnos durante las prácticas de ensamblaje. Por lo tanto, en este segmento se muestran los resultados que se han logrado a partir de la recopilación normativa, destacando su aporte técnico y su contribución para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en el campo del control eléctrico. A continuación, en la tabla 3 se especifica la información relevante de las fichas técnicas revisadas:

Tabla 8. *Recopilación de la información de las fichas técnicas*

Organismo regulador	Norma técnica	Denominación nacional (INEN)	Alcance normativo en tableros de control	Requisitos técnicos aplicables al ensamblaje	Aplicación directa en el módulo de entrenamiento	Evidencia generada en la investigación	Anexo técnico
INEN / IEC	IEC 61439 (serie)	NTE INEN-IEC 61439	Regula el diseño, construcción y verificación de tableros de baja tensión, garantizando condiciones seguras de operación y confiabilidad del conjunto.	Exige verificación de diseño térmico, resistencia dieléctrica, capacidad de conducción de corriente, distancias de seguridad, grado de protección del gabinete y documentación técnica del tablero.	Se emplea como norma base para el diseño estructural del tablero, la selección del gabinete, la distribución interna de componentes y la elaboración de fichas técnicas del módulo.	Planos eléctricos, ficha técnica del tablero, checklist de verificación de diseño y seguridad.	Anexo A: Ficha técnica normativa IEC 61439

Tabla 9. *Recopilación de la información de las fichas técnicas*

INEN / IEC	IEC 60947 (serie)	NTE INEN-IEC 60947	Establece los requisitos de desempeño y seguridad de los dispositivos de maniobra y protección utilizados en tableros eléctricos.	Define categorías de empleo, corrientes y tensiones asignadas, poder de corte, coordinación entre protecciones y condiciones de conexión de contactores, relés térmicos e interruptores.	Orienta la correcta selección de contactores, guardamotores y protecciones empleadas en las prácticas de arranque directo, inversión de giro y estrella-delta.	Fichas técnicas de componentes, lista de materiales y criterios de selección.	Anexo B: Fichas técnicas de dispositivos de maniobra
INEN / IEC	IEC 60204-1	NTE INEN-IEC 60204-1	Norma de seguridad aplicada a equipos eléctricos de máquinas industriales controladas mediante tableros eléctricos.	Establece requisitos para circuitos de mando, paro de emergencia, puesta a tierra, protección contra contactos eléctricos e identificación de conductores.	Se aplica en la implementación de normas de seguridad del módulo y en la verificación de condiciones seguras durante las prácticas de laboratorio.	Guía de seguridad del módulo, checklist de seguridad eléctrica.	Anexo C: Norma IEC 60204-1

Tabla 10. *Recopilación de la información de las fichas técnicas*

INEN / IEC	IEC 60529	NTE INEN-IEC 60529	Define el grado de protección IP de gabinetes eléctricos frente a ingreso de polvo y humedad.	Establece niveles de protección mecánica y ambiental según condiciones de instalación.	Permite seleccionar el gabinete adecuado para el módulo de entrenamiento según el entorno del laboratorio.	Especificación IP del gabinete, registro fotográfico.	Anexo E: Tabla de grados IP
INEN / IEC	IEC 60445	NTE INEN-IEC 60445	Norma para identificación y marcación de conductores y bornes eléctricos.	Establece criterios de codificación, colores, símbolos y rotulación de conductores, especialmente el conductor de protección.	Se aplica en el rotulado del tablero y en la organización del cableado del módulo.	Plano de borneras, listado de cables e identificación visual.	Anexo F: Norma de identificación de conductores
INEN / IEC	IEC 60364 (serie)	NTE INEN-IEC 60364	Regula instalaciones eléctricas de baja tensión.	Define criterios de selección de conductores, protecciones contra sobrecorriente, puesta a tierra y distancias de seguridad.	Sustenta el cálculo de conductores y protecciones del tablero de control eléctrico.	Tabla de cálculo de conductores, criterios de protección.	Anexo G: Fichas técnicas de conductores eléctricos

Tabla 11. *Recopilación de la información de las fichas técnicas*

ARCONEL	Regulaciones del sector eléctrico	—	Establece el marco regulatorio nacional del sector eléctrico en Ecuador.	Define lineamientos generales de seguridad, calidad del suministro y operación eléctrica.	Sirve como respaldo normativo nacional para el diseño del módulo formativo.	Justificación normativa nacional en el marco teórico.	Anexo H: Regulación ARCONEL
Código Eléctrico / CNE	Reglamento técnico nacional	—	Norma nacional de referencia para instalaciones eléctricas seguras.	Establece criterios mínimos de montaje, señalización, protección y puesta a tierra.	Se integra como referencia práctica para el ensamblaje seguro del tablero.	Guía práctica alineada al código eléctrico.	Anexo I: Código Eléctrico Nacional
ISO	ISO 9001:2015	Sistemas de gestión de la calidad	Establece criterios para asegurar la calidad y la estandarización de los procesos técnicos y formativos.	Documentación de procedimientos, control de registros, mejora continua y trazabilidad de actividades técnicas.	Permite estructurar el módulo de entrenamiento como un proceso ordenado, repetible y evaluable.	Guías de práctica estandarizadas, control de versiones de planos y registros de actividades.	Anexo J: ISO 9001 – Gestión de calidad

Tabla 12. *Recopilación de la información de las fichas técnicas*

ISO	ISO 45001:2018	Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo	Regula la prevención de riesgos laborales en entornos con peligros eléctricos y mecánicos.	Identificación de riesgos eléctricos, aplicación de medidas preventivas, uso de EPP y señalización de seguridad.	Sustenta las normas de seguridad aplicadas durante el ensamblaje y pruebas de tableros eléctricos.	Matriz de riesgos del laboratorio, señalización y procedimientos de seguridad.	Anexo K: ISO 45001 – Seguridad y salud
ISO	ISO 12100:2010	Seguridad de las máquinas – Principios generales	Proporciona criterios para el diseño seguro de sistemas eléctricos asociados a maquinaria.	Evaluación de riesgos, reducción de peligros eléctricos y mecánicos, diseño seguro del sistema de control.	Apoya el diseño del tablero como parte de un sistema seguro de control de motores y procesos.	Análisis de riesgos del tablero y medidas de mitigación.	Anexo L: ISO 12100 – Seguridad de máquinas
ISO	ISO 13849-1:2015	Seguridad de las máquinas – Partes de sistemas de control	Define niveles de desempeño de sistemas de control relacionados con la seguridad.	Diseño de circuitos de seguridad, confiabilidad de componentes y evaluación de fallos.	Refuerza el diseño de circuitos de mando seguros y confiables en el tablero.	Diagramas de control con criterios de seguridad y checklist funcional.	Anexo M: ISO 13849-1 – Sistemas de control

Tabla 13. *Recopilación de la información de las fichas técnicas*

ISO	ISO 14001:2015	Sistemas de gestión ambiental	Establece lineamientos para la gestión ambiental en procesos técnicos y educativos.	Control de residuos eléctricos, uso eficiente de materiales y orden del entorno de trabajo.	Promueve prácticas responsables durante el ensamblaje y mantenimiento del módulo.	Procedimiento de manejo de residuos y registro de materiales.	Anexo N: ISO 14001 – Gestión ambiental
ISO	ISO 10005:2018	Directrices para planes de calidad	Apoya la planificación y control de la calidad en proyectos técnicos.	Definición de objetivos de calidad, control de procesos y verificación de resultados.	Permite planificar la implementación del módulo de entrenamiento bajo criterios de calidad.	Plan de calidad del módulo y cronograma de control.	Anexo O: ISO 10005 – Planes de calidad

Los resultados que se han logrado a partir de la recolección de las fichas técnicas de las regulaciones nacionales e internacionales aplicadas en el país demuestran que el proceso de ensamblaje del tablero de control eléctrico que se ha desarrollado en este estudio se basó en criterios técnicos bien definidos. Las regulaciones NTE INEN-IEC que se refieren a tableros de baja tensión, equipos de maniobra y protección, seguridad en las máquinas, identificación de conductores y grados de protección IP posibilitaron establecer criterios específicos para el diseño estructural del gabinete, la elección de componentes eléctricos y la disposición interna del cableado. Concretamente, estas fichas técnicas guiaron la elección adecuada de contactores, protecciones automáticas y térmicas, conductores eléctricos y aparatos de señalización, asegurando así condiciones seguras para la operación y continuidad del servicio [8].

Los hallazgos indican, desde el punto de vista del análisis técnico, que el tablero construido se vio afectado de manera directa por la implementación sistemática de las fichas normativas. Para comprobar aspectos como la capacidad de conducción de corriente, la separación de seguridad y la disposición de componentes en el gabinete, fue fundamental la norma IEC 61439, que se adoptó a nivel nacional [14]. En sus manuales técnicos, autores con experiencia en diseño de tableros eléctricos, como Siemens y Schneider Electric, afirman que cumplir esta norma es fundamental para disminuir las fallas operativas y elevar la fiabilidad del sistema. Esto se manifiesta en el rendimiento estable del tablero que se implementó en este estudio.

El enfoque de gestión de la calidad tuvo un impacto directo en la formación del proceso de montaje del panel de control eléctrico, desarrollado en esta investigación, gracias a la norma ISO 9001 [21]. El módulo de entrenamiento fue organizado con criterios de trazabilidad técnica, control documental y estandarización gracias a su implementación, lo que se pudo comprobar en la creación de guías de práctica, planos eléctricos y registros para verificar el tablero. Según Juran y Godfrey (2018), el hecho de implementar principios de gestión de calidad en procesos técnicos ayuda a disminuir errores y a asegurar resultados que se puedan repetir. Esto se evidenció en la homogeneidad del ensamblaje y en la adecuada operación del tablero puesto en marcha en el laboratorio.

En el proceso de ensamblaje y prueba del tablero de control eléctrico, la norma ISO 45001 tuvo un rol importante en la administración de la seguridad. Esta norma posibilitó detectar los riesgos eléctricos relacionados con trabajar con tensiones de potencia y control, además de implementar

medidas preventivas enfocadas en la utilización apropiada de equipos para proteger a las personas, señalización y métodos seguros de trabajo. En esta línea, Manuele (2020) y otros autores afirman que la combinación de sistemas de salud y seguridad en tareas técnicas disminuye los incidentes y mejora la cultura preventiva [12]. Esto se notó al implementar las prácticas con el tablero diseñado de manera segura y ordenada.

Además, la norma ISO 12100 proporcionó lineamientos esenciales para el diseño seguro del tablero dentro de un sistema de control de maquinaria. Al enfocarse en la identificación y disminución de riesgos, se pudieron examinar potenciales fallos mecánicos y eléctricos relacionados con el funcionamiento del sistema. Esto condujo a incluir las protecciones necesarias y a una adecuada organización de los componentes dentro del gabinete. Bolton (2019) afirma que, al implementar principios de seguridad en el diseño de sistemas de control, se mejora la fiabilidad operativa y se reducen los riesgos a lo largo del funcionamiento; esto resultó en un tablero que es funcional y está alineado con las normas industriales [8].

De forma adicional, la norma ISO 13849-1 tuvo un impacto sobre el diseño de los circuitos de control vinculados a la seguridad del sistema, en particular en lo que respecta a la lógica de control y a la fiabilidad de los aparatos empleados. A pesar de que el tablero creado tiene un enfoque educativo, la observación de esta norma ha posibilitado fortalecer lo importante que son los circuitos de control robustos y bien organizados, algo fundamental en las aplicaciones industriales. Según autores como Rockwell Automation (2021), la estabilidad del sistema se optimiza y los fallos por errores de diseño disminuyen cuando se aplican correctamente los estándares de seguridad funcional. Esto coincide con lo que se ha encontrado en esta investigación [33].

En general, la aplicación de estándares ISO en el diseño y ensamblaje del panel de control eléctrico reforzó los criterios de calidad, seguridad y rendimiento del módulo de capacitación al complementar el cumplimiento de las regulaciones eléctricas nacionales. Estas reglas no solo tuvieron un impacto en el resultado técnico del tablero, sino que además le dieron al proceso de formación una perspectiva profesional, posibilitando que los alumnos entiendan la relevancia de operar bajo estándares internacionales muy usados en la industria [18].

En lo que respecta a la discusión de los resultados, se demuestra que el tablero de control eléctrico ensamblado no solo tiene un propósito académico, sino que también reproduce las

condiciones técnicas comunes en la industria. Pudieron trabajar según estándares profesionales, lo que fortaleció su capacitación técnica, gracias a que el módulo se alineó con las normas de seguridad y calidad [7]. Según estudios previos en el campo de la educación en ingeniería, como los realizados por Hernández y Martínez (2020), incluir de manera explícita regulaciones técnicas en las prácticas de laboratorio disminuye la distancia entre lo teórico y lo práctico, además de mejorar la comprensión de los estándares industriales [18].

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

OE2: Diseñar los planos del módulo de entrenamiento especializado en el ensamblaje de tableros de control eléctrico y conexiones, para los diferentes circuitos de la materia de control eléctrico industrial.

Esta sección describe el proceso y los planos creados para un módulo de formación específico sobre el montaje de armarios de control eléctrico y sus conexiones, adaptados a los diversos circuitos utilizados en la tecnología de control eléctrico industrial. En primer lugar, se requieren análisis eléctricos y aplicaciones matemáticas, como niveles de potencia, tiempos de migración, puntos de selección y dispositivos de protección y conmutación, para determinar la viabilidad técnica de los circuitos de cada subsistema [20].

Posteriormente, con base en estos resultados preliminares, se crearon planos eléctricos en AutoCAD, incluyendo diagramas de potencia y control para inicialización directa, reversible y estrella-triángulo, para identificar las señales subyacentes y los componentes correctos [5]. Esto define claramente el módulo de formación, vinculando la teoría y la implementación de los flujos de trabajo con la aplicación gráfica y de diseño. Esto permite a los participantes aprender la orientación técnica de las conferencias, comprender los circuitos industriales y mejorar los procesos de formación en el laboratorio [18].

10.1. Cálculo de dimensionamiento eléctrico para el diseño de los circuitos de control

Para el diseño de los planos eléctricos y el correcto conexionado de los circuitos de arranque directo, inversión de giro, así como de estrella – delta se realizó el cálculo de potencia y corriente nominal de los equipos involucrados. Por tanto, los cálculos permitieron dimensionar

de manera adecuada los dispositivos de protección, maniobra e implementación física del tablero de control eléctrico [21].

Es importante precisar que los siguientes análisis y cálculos no se realizaron mediante algún software de simulación. Por el contrario, se desarrolló de manera exclusiva en el diseño de los circuitos dibujados en AutoCAD; a partir de dichos planos se procedió a guiar el cableado y el montaje físico directamente en el gabinete del módulo de entrenamiento disponible en el laboratorio [20]. Por ello, los cálculos eléctricos presentados cumplen con una función de sustento técnico para el diseño, selección de componentes y correcta implementación de tablero de control eléctrico.

10.1.1. Ejercicio 1: Arranque directo

Componentes

- Guardamotor
- Break termomagnético
- 1 conector
- 1 relé térmico
- Motor

Datos eléctricos

- Protección: 10 A
- Consumo auxiliar: 10 W
- Motor: 1 HP $\approx$ 750 W

Cálculo de intensidad de corriente total

$$P = 10 \text{ W} + 750 \text{ W} = 760 \text{ W} \quad (4)$$

Relación eléctrica

$$P = V \cdot I \quad (5)$$

Formula despejada para calcular la intensidad:

$$I = \frac{P}{V} \quad (6)$$

$$I = \frac{760 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I = 3.45 \text{ A}$$

Explicación del ejercicio 1

Este cálculo permitió determinar la corriente nominal aproximada del circuito de arranque directo, información indispensable para el diseño del plano eléctrico y correcta selección de los dispositivos de protección como de maniobra. Por lo que, al establecer una corriente cercada a 4 A, se justifica técnicamente el uso de un breaker y guardamotor de 10 A, lo que garantiza una protección frente a sobrecargas sin comprometer el funcionamiento normal del motor. Adicional, este análisis orientó la selección de calibre de conductores, así como la disposición de los elementos en el gabinete.

10.1.2. Ejercicio 2: Arranque directo + Inversor de giro

Componentes

- Guardamotor
- Break
- 2 contactores
- Motor

Datos eléctricos

- Protección: 10 A
- Consumo de control: 20 W
- Motor: 750 W

Cálculo de intensidad de corriente total

$$P = 20 \text{ W} + 750 \text{ W} = 770 \text{ W} \quad (7)$$

Relación eléctrica

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{770 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I = 3,5 \text{ A} \approx 4 \text{ A}$$

Explicación del ejercicio:

En el circuito de giro, el cálculo de corriente permitió dimensionar adecuadamente un sistema que incorpora dos conectores con enclavamiento eléctrico y mecánico, lo que evita activaciones de manera simultáneas. Por ello, las corrientes obtenidas, cercanas a 4 A, respaldan la selección de protecciones de 10 A, lo cual aporta un margen de seguridad ante picos transitorios durante la conmutación. Este análisis resultó clave para el diseño del esquema de control y potencial en AutoCAD, ya que definió la disposición de contactos auxiliares, protecciones, así como cableado dentro del gabinete del módulo de entrenamiento.

10.1.3. Ejercicio 3: Arranque estrella – delta

Componentes

- Guardamotor
- Break
- 3 contactores
- Multi-Range Timer
- Motor

Datos eléctricos

- Protección : 10 A
- Consumo de control: 30 W

- Motor: 750 W

Cálculo de intensidad de corriente total

$$P = 30 \text{ W} + 750 \text{ W} = 780 \text{ W} \quad (8)$$

Relación eléctrica

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{780 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I = 3,5 \text{ A} \approx 4 \text{ A}$$

Explicación del ejercicio:

El cálculo correspondiente al circuito estrella – delta permitió sustentar el diseño de un sistema de arranque que reduce la corriente inicial de motor durante el encendido. Por lo que, la corriente estimada confirmó la viabilidad del uso de tres contactores correctamente dimensionados, así como la selección del breaker y guardamotor. Por ende, realizar este análisis fortaleció el diseño de los planos eléctricos ya que definió la secuencia de conexión y transición entre estrella y delta, lo que facilitó posteriormente el cableado físico en el gabinete conforme al esquema dibujado en AutoCAD.

10.1.4. Ejercicio 4: Arranque directo + inversor de giro + estrella delta

Componentes:

- Guardamotor
- Break
- 4 contactores
- Multi-Range Timer
- Motor

Datos eléctricos / protecciones

- Protección: 10 A
- Consumo de control: 40 W
- Motor: 750 W

Cálculo de intensidad de corriente total

$$P = 40 \text{ W} + 750 \text{ W} = 790 \text{ W} \quad (9)$$

Relación eléctrica

$$P = V \cdot I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{790 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I = 3.59 \text{ A} \approx 4 \text{ A}$$

Este ejercicio consiste en la evaluación general del módulo, ya que incorpora en un único tablero los tres circuitos principales de la práctica (inversión de giro, arranque directo y arranque estrella-delta). Por lo tanto, se usa el cálculo de potencia total como fundamento para calcular la corriente operativa del conjunto y, por ende, guiar las decisiones de diseño en el plano [5]. En este caso, se tuvo en cuenta un consumo auxiliar de 40 W vinculado a elementos de control y señalización, además de una carga equivalente de 750 W (motor), lo que dio como resultado una potencia total de 790 W. La fórmula $P = V \cdot I$, con una tensión de alimentación de 220 V, posibilitó calcular una corriente cercana a los 4A, lo que apoya el criterio de selección de protección de 10 A que se muestra en el ejercicio. Esto se debe a que proporciona un margen práctico para soportar transitorios comunes del arranque y la maniobra sin disparos innecesarios [15].

En términos de diseño, esta estimación de corriente tiene un papel directo en la elaboración del plano en AutoCAD. Esto se debe a que posibilita determinar el calibre de los conductores, la capacidad de los interruptores y la compatibilidad de los contactores dentro del gabinete, lo que evita un diseño "teórico" que después no sea factible durante el montaje físico [6]. El trabajo

en este proyecto no se realizó con la ayuda de software de simulación, sino que se fundamentó en el esquema dibujado y la implementación real sobre el gabinete disponible. Por lo tanto, el cálculo sirve como soporte técnico que orienta la construcción, especialmente cuando se incorporan múltiples circuitos y crece la densidad del cableado.

Asimismo, la incorporación de cuatro contactores se debe a la estructura común del sistema combinado: uno para el arranque directo o línea principal, dos para invertir el sentido de giro (adelante/atrás con enclavamiento) y los que se requieran para la conmutación estrella-delta. Esto exige una adecuada planificación de la separación entre control y potencia y la distribución interna, para garantizar orden, seguridad y facilidad en el mantenimiento [12].

10.1.5. Ejercicio 5: Variador de frecuencia

Componentes:

- Guardamotor
- Variador
- Motor

Datos eléctricos / protecciones

- Protección: 10 A
- Consumo de control: 750 W
- Motor: 750 W

Cálculo de intensidad de corriente total

$$P = 750 \text{ W} + 750 \text{ W} = 1500 \text{ W} \quad (10)$$

Relación eléctrica

$$P = V \cdot I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1500 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I = 6.81 \text{ A} \approx 7 \text{ A}$$

Explicación del ejercicio 5

Este cálculo permitió determinar la corriente nominal aproximada del variador de frecuencia, información indispensable para el diseño del plano eléctrico y correcta selección de los dispositivos de protección como de maniobra. Por lo que, al establecer una corriente cercada a 7 A, se justifica técnicamente el uso de un breaker y guardamotor de 10 A, lo que garantiza una protección frente a sobrecargas sin comprometer el funcionamiento normal del motor. Adicional, este análisis orientó la selección de calibre de conductores, así como la disposición de los elementos en el gabinete, lo que asegura coherencia entre el plano que se elaboró en Auto Cad como en el montaje físico del tablero de control eléctrico.

10.2. Diseño de planos eléctricos del módulo de entrenamiento en AutoCAD

Esta sección ofrece una visión general gráfica del desarrollo, la estructura de la aplicación y el rendimiento técnico del armario de control. Inicialmente, se utiliza AutoCAD para representar con precisión los diagramas de circuitos eléctricos, los símbolos asociados, la identificación de conductores y la correcta disposición de los dispositivos de protección, control y señalización, lo que facilita el diseño y la posterior implementación física [11].

Los diagramas ilustran la evaluación de diversos métodos de estimación y control, como la estimación directa, la depreciación y la configuración estrella-triángulo, para aclarar el esquema del ciclo integrado y optimizar el proceso de estimación. Por lo tanto, los resultados demuestran que los diagramas no solo sirven para fines de documentación, sino que también sirven como base técnica para el desarrollo de módulos de capacitación. Los sistemas eléctricos industriales se caracterizan típicamente por una amplia gama de cargas eléctricas asociadas con un amplio espectro de potencias de salida [9].

La propuesta es un plano que representa el diseño eléctrico de un circuito para iniciar directamente un motor trifásico. Este ha sido creado como parte del módulo de capacitación sugerido y está en consonancia con la meta de diseñar planos que sean funcionales para los diversos circuitos de control eléctrico industrial [18]. Este esquema fue creado tras determinar las líneas de alimentación trifásica (L1, L2 y L3), neutro y los componentes de protección más importantes, como el guardamotor y el disyuntor. Estos elementos aseguran la seguridad eléctrica del sistema ante fallas y sobrecorrientes. Tomando como base esto, se estableció el circuito de potencia que nutre al motor directamente mediante el relé térmico y el contactor. De esta manera, se garantiza una conexión sencilla, sólida y que es representativa de las aplicaciones industriales reales de arranque directo [7].

Además, el plano incluye el circuito de control, que incorpora pulsadores normalmente abiertos y cerrados para las funciones de arranque y parada, además de contactos auxiliares del contactor que posibilitan el enclavamiento eléctrico del sistema. Asimismo, se incorporaron luces piloto

de señalización en verde y rojo. Esto es para señalar el estado de operación y de falla del motor, respectivamente; lo que hace más fácil la comprensión operativa y el diagnóstico durante las prácticas en el laboratorio [21].

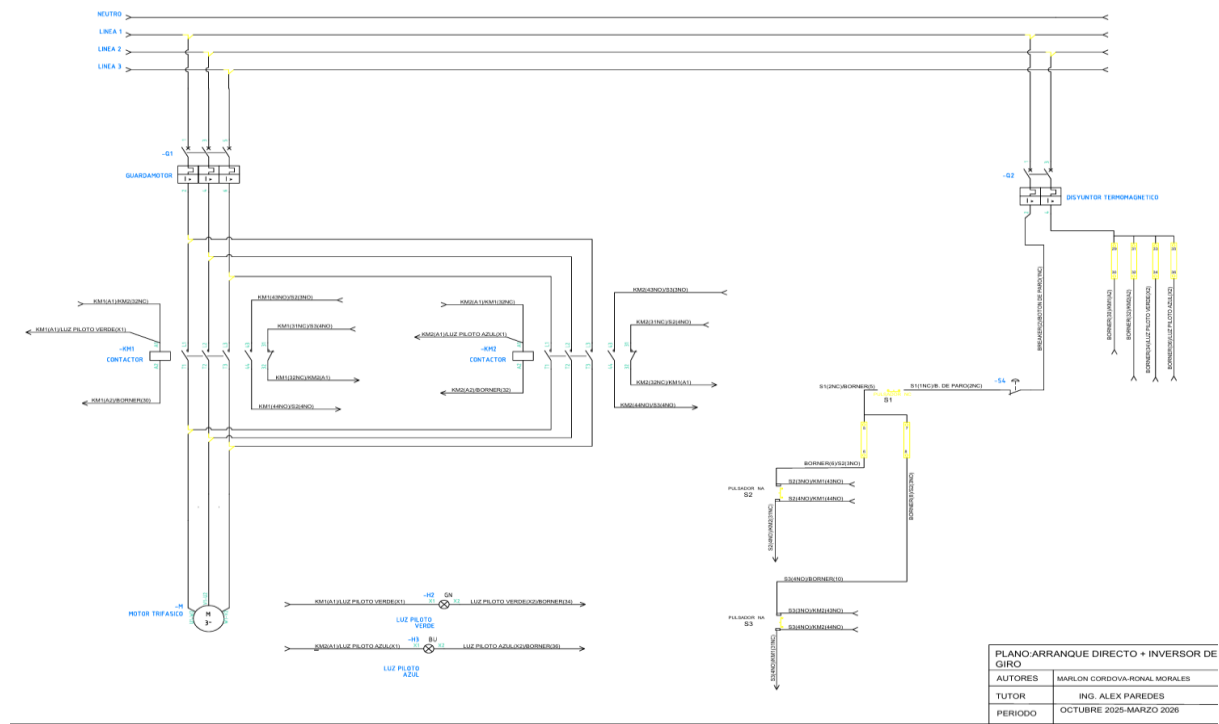


Figura 12. Arranque directo + Inversor de giro

La creación de este plano comenzó con la identificación de las líneas trifásicas y del neutro, y luego se añadieron los dispositivos principales de protección, como el disyuntor termomagnético y el guardamotor. Estos aparatos protegen tanto el motor como el circuito contra cortocircuitos y sobrecargas [20]. A partir de esta base, se estructuró el circuito de potencia mediante dos contactores principales, configurados de forma cruzada para permitir la inversión del sentido de giro del motor, garantizando así una conmutación segura entre avance y retroceso.

Asimismo, el plano integra un circuito de control claramente diferenciado, en el cual se incluyeron pulsadores de arranque y paro, así como pulsadores específicos para cada sentido de giro, acompañados de enclavamientos eléctricos que evitan la energización simultánea de ambos contactores. Este diseño incluye relés térmicos y contactos auxiliares para aumentar la

seguridad operativa del sistema, así como luces piloto de señalización con diferentes colores, que hacen posible determinar el estado del motor y la dirección de funcionamiento elegida [5].

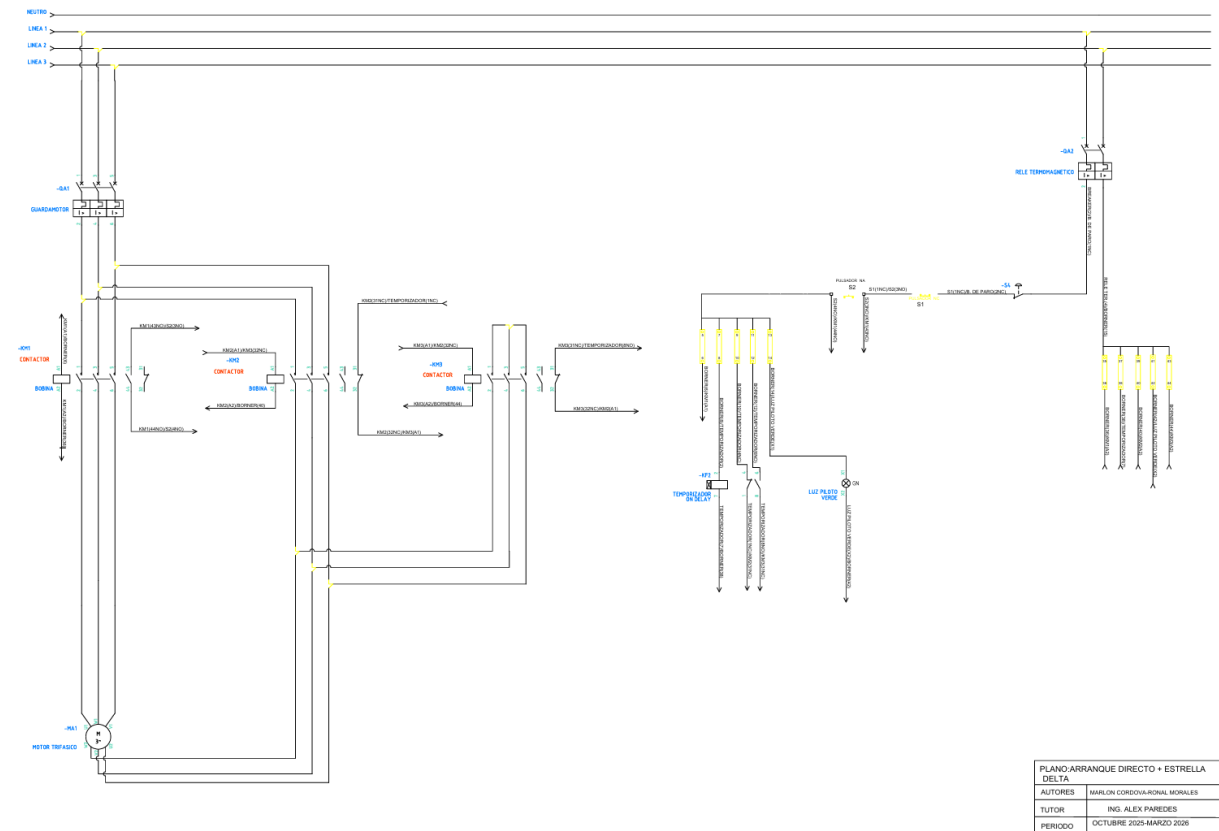


Figura 13. Estrella y delta

El plano desarrollado partió de la identificación de las líneas de alimentación trifásica y del neutro, seguidas por la incorporación de los dispositivos de protección principales, como el guardamotor y el interruptor termomagnético, los cuales garantizan la protección del motor y del circuito frente a sobrecargas y fallas de cortocircuito [15]. Se estructuró el circuito de potencia mediante tres contactores claramente diferenciados: uno principal, uno para la conexión en estrella y otro para la conexión en delta, configurados de forma que permitan una transición controlada entre ambos regímenes de arranque.

En este diseño, el motor gira para almacenar suficiente energía en una estructura en estrella, en lugar del método convencional. La figura incluye un circuito de control con botones de arranque y parada, un controlador auxiliar totalmente eléctrico para proteger las configuraciones en

estrella y delta, y un transformador de calor para proteger el motor [4]. En el juego, las luces indicadoras son completamente visibles para indicar el estado del sistema y del motor.

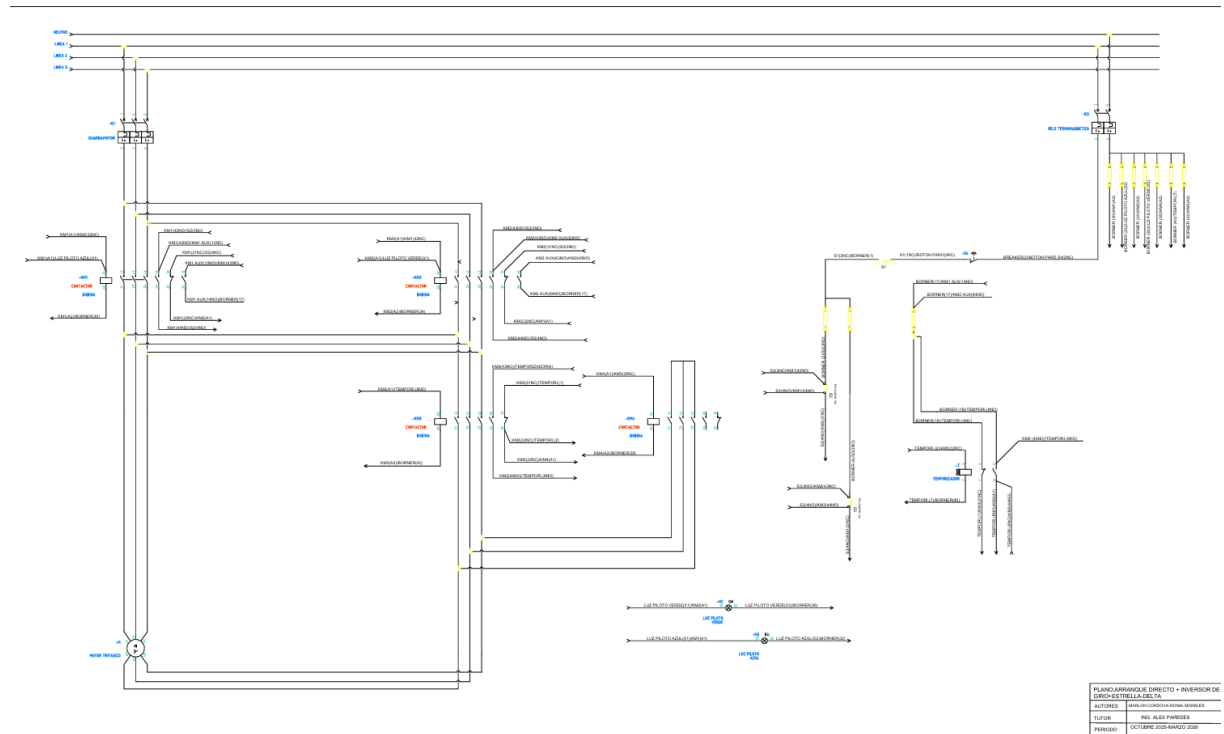


Figura 14. Arranque directo + inversor de giro + estrella y delta

Estos desarrollos contribuyeron a la mejora de la protección eléctrica de las fuentes de alimentación trifásicas y de los componentes de protección general, como los interruptores termomagnéticos y los dispositivos de protección de motores, para proteger motores y circuitos contra sobrecorrientes y fallos [6]. A continuación, se construye el circuito. Las conexiones necesarias para cada modo de funcionamiento incluyen: el contacto principal para el arranque directo, la disposición de contactos de bucles cerrados eléctrica y mecánicamente que garantizan cambios seguros en el sentido de giro, y las conexiones adicionales del sistema y los reguladores de corriente en estrella para reducir y proteger la transmisión de corriente [12].

Además, incluye circuitos de control para presiones de arranque y parada, enclavamientos para comunicación auxiliar, un relé de sobrecarga térmica y luces indicadoras para supervisar las condiciones de funcionamiento del sistema. En resumen, este modelo representa una solución educativa útil que integra diferentes métodos de arranque y control en un solo panel, facilita el

montaje físico del módulo de capacitación en el gabinete y proporciona a los estudiantes una comprensión técnica de la realidad de los sistemas de control electrónico industrial [11].

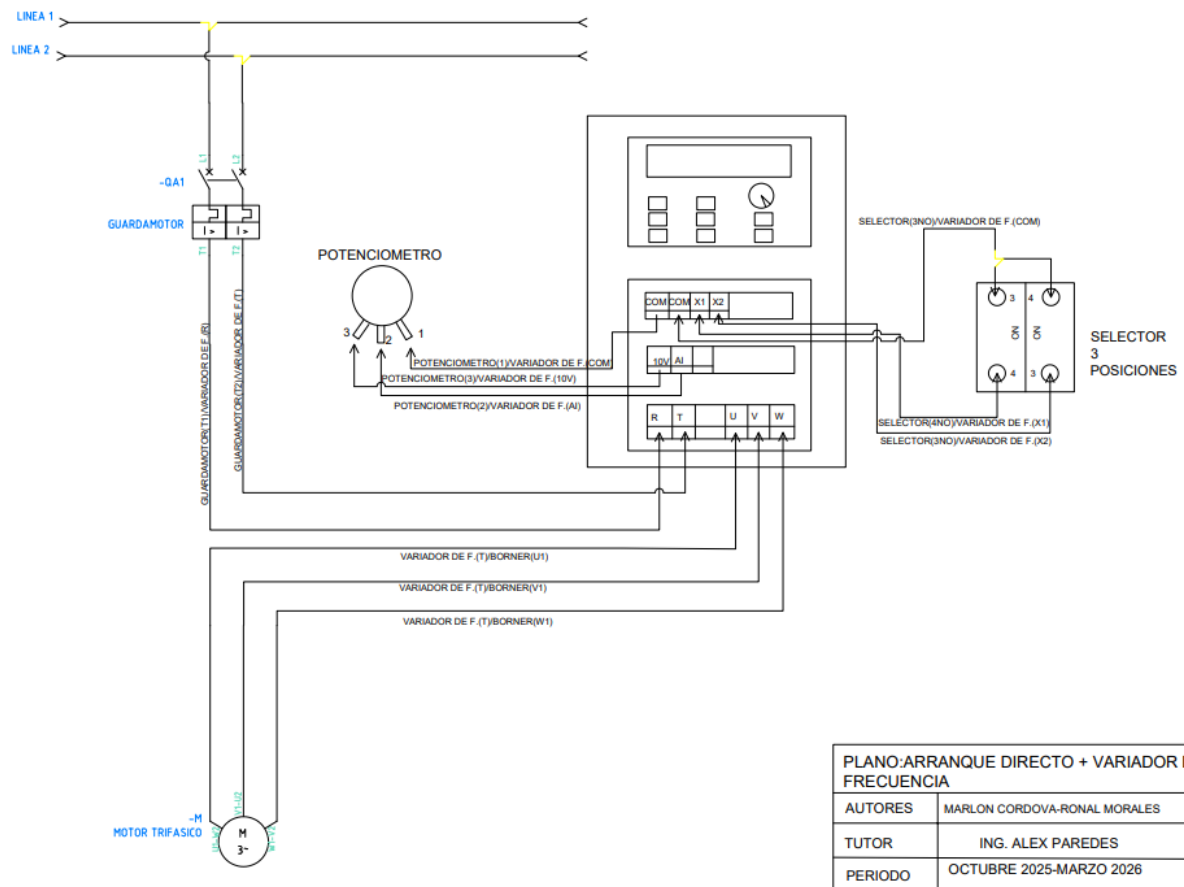


Figura 15. Variador de frecuencia

Como último paso en la integración y puesta en funcionamiento de este tablero, se realiza la parametrización y activación del variador de frecuencia, asegurando que todos los elementos previamente instalados como protecciones, líneas de alimentación, dispositivos de mando y motor trifásico, trabajen de forma coordinada y segura. En esta etapa final se configuran los parámetros eléctricos fundamentales, tales como tensión nominal, corriente del motor, frecuencia base y rampas de aceleración y desaceleración, garantizando que el equipo opere dentro de los valores establecidos por el fabricante y conforme a las condiciones reales de carga. Posteriormente, se verifica la correcta interacción entre el potenciómetro, las entradas digitales del selector y la respuesta del motor, validando que la variación de frecuencia se traduzca en un control progresivo y estable de velocidad.

OE3: manual de prácticas para el manejo y funcionamiento de dispositivos de control eléctrico (contactores, relé térmico, variador de frecuencia y temporizador) en el tablero de control, que sirva como guía para la realización de prácticas en los diferentes circuitos implementados.

Para dar cumplimiento al objetivo específico planteado, se desarrolló un manual de prácticas orientado al manejo y funcionamiento de dispositivos de control eléctrico, el cual constituye una herramienta didáctica que permite guiar el proceso de aprendizaje en el laboratorio. Este manual fue diseñado con el propósito de facilitar la comprensión de los circuitos de control implementados en el tablero eléctrico, permitiendo que los estudiantes puedan identificar, conectar y analizar el funcionamiento de dispositivos como contactores, relés térmicos, temporizadores y variadores de frecuencia. En este sentido, el documento organiza de manera secuencial cada práctica, integrando introducción, objetivos, materiales, instrucciones, actividades y resultados, con el fin de estructurar adecuadamente el desarrollo experimental de cada ejercicio.

En continuidad con lo anterior, el manual incluye diversas prácticas orientadas al control de motores trifásicos, tales como arranque directo, inversión de giro, arranque estrella-delta, circuitos combinados y control mediante variador de frecuencia. Cada una de estas prácticas fue diseñada para que el estudiante comprenda progresivamente el funcionamiento de los sistemas de control eléctrico, comenzando desde configuraciones básicas hasta esquemas más complejos. De esta manera, se busca fortalecer las competencias prácticas en el área de control industrial, permitiendo que el estudiante relacione la teoría estudiada en clase con la implementación real de circuitos eléctricos dentro del tablero de control.

Finalmente, la elaboración del manual permitió consolidar una guía estructurada para la ejecución de prácticas en el laboratorio, asegurando que los procedimientos se desarrollen de forma ordenada, segura y comprensible. Además, el documento incorpora actividades de verificación, análisis de planos y comprobación del funcionamiento de los circuitos, lo cual contribuye a reforzar el aprendizaje significativo del estudiante. En consecuencia, este manual se convierte en un recurso de apoyo para la asignatura de Control Eléctrico Industrial,

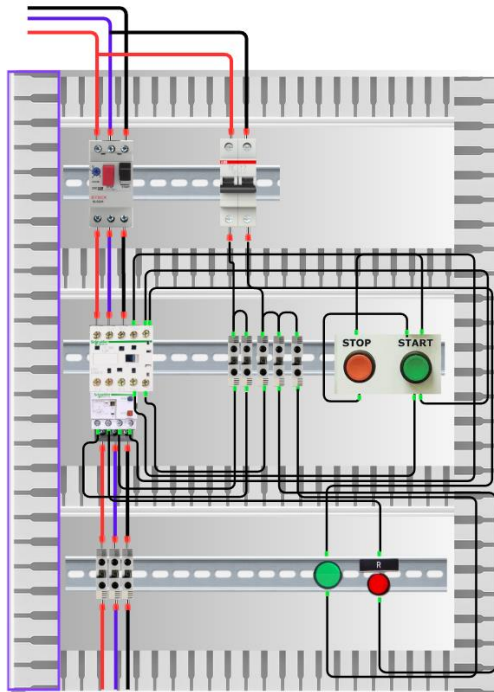
facilitando el desarrollo de habilidades técnicas relacionadas con el montaje, operación y diagnóstico de dispositivos de control eléctrico utilizados en sistemas industriales.

Circuito Arranque Directo de un motor trifásico

FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATUR:	Control Eléctrico Industrial	PERÍODO LECTIVO:	OCTUBRE – MARZO	CICLO:	6
DOCENTE:	Ing. Paredes Anchatipán Alex Darwin	PRÁCTICA N°:	1	FECHA:	24/02/2026
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA		Laboratorio de la Universidad técnica de Cotopaxi extensión La Maná			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Circuito Arranque Directo de un motor trifásico				
INTRODUCCIÓN:					
El arranque directo de un motor trifásico consiste en conectar el motor directamente a la red eléctrica para que reciba el voltaje completo desde el inicio. En este caso se utiliza un circuito de control y un circuito de potencia para el funcionamiento seguro de un motor de 1 HP a 220 V . El circuito de control permite encender y apagar el motor mediante pulsadores de arranque y paro, mientras que el circuito de potencia suministra la energía necesaria al motor. Este método es sencillo, económico y adecuado para motores de pequeña potencia.					
OBJETIVOS:					
• Identificar los componentes del circuito de control y de potencia. • Realizar la conexión correcta del motor trifásico de 1 HP a 220 V. • Comprender el funcionamiento del arranque y paro mediante pulsadores. • Verificar el funcionamiento seguro del motor mediante dispositivos de protección.					
MATERIALES:					
• Guardamotor Trifásico • Breaker Termomagnético De 2 Polos • Contactor • Relé Térmico • Cable 14 Awg • 8 borneras • Motor trifásico					
INSTRUCCIONES:					
1. Revisar los materiales y equipos necesarios para el arranque directo del motor trifásico de 1 HP a 220 V. 2. Identificar los elementos del circuito de control y del circuito de potencia. 3. Realizar las conexiones según el diagrama establecido. 4. Verificar que las conexiones estén correctas antes de energizar el circuito. 5. Encender el sistema y comprobar el funcionamiento del arranque y paro del motor. 6. Apagar el sistema al finalizar la práctica.					
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:					
• Analizar el plano de conexión para identificar claramente el circuito de control y el circuito de potencia. • Escanear el código QR que dirige a Canva y revisar el diseño estético y la correcta distribución de los componentes.					



- Identificar cada componente: contactor, relé térmico, pulsador de arranque (NA), pulsador de paro (NC), motor trifásico y protecciones.
- Verificar las especificaciones del motor (1 HP, 220 V) antes de realizar las conexiones.
- Realizar el cableado del circuito de potencia siguiendo el plano establecido.
- Realizar el cableado del circuito de control asegurando el correcto funcionamiento del enclavamiento.
- Ordenar y fijar adecuadamente los conductores para mantener una presentación limpia según el diseño mostrado en Canva.



- Revisar y ajustar tornillos y bornes para evitar falsos contactos.
- Comprobar continuidad y correcta conexión antes de energizar el sistema.
- Energizar el circuito bajo supervisión y realizar la prueba de arranque.
- Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de paro.
- Observar el comportamiento del motor durante el arranque.
- Desenergizar el sistema y dejar el área de trabajo limpia y ordenada.

RESULTADOS OBTENIDOS:

- Se logró armar correctamente el circuito de control y el circuito de potencia del motor trifásico de **1 HP a 220 V**.
- El motor arrancó adecuadamente al presionar el pulsador de marcha.
- El sistema de enclavamiento funcionó correctamente, manteniendo el motor en operación después de soltar el pulsador de arranque.
- El pulsador de paro detuvo el motor de manera inmediata y segura.

- Las conexiones coincidieron con el plano de conexión proporcionado. - La distribución y el orden de los componentes se realizaron conforme al diseño mostrado en Canva. - No se presentaron fallas eléctricas durante la prueba de funcionamiento. - Se comprobó que el arranque directo es un método sencillo y eficiente para motores de pequeña potencia.	
CONCLUSIONES:	
El arranque directo permitió poner en funcionamiento correctamente el motor trifásico de 1 HP a 220 V de manera sencilla y segura. Se comprobó que el circuito de control y potencia funcionan adecuadamente, logrando un arranque y paro eficiente. Es un método práctico y apropiado para motores de pequeña potencia.	
RECOMENDACIONES:	
Se recomienda verificar siempre las conexiones antes de energizar el circuito y asegurarse de utilizar las protecciones adecuadas. Además, es importante seguir correctamente el plano de conexión y mantener un orden en el cableado para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del motor.	
FIRMAS	
F: Nombre: Ing. Paredes Anchatipan Alex Darwin ENCARGADO DE LABORATORIO	F: Nombre: Ing. Hidalgo Osorio William Armando DIRECTOR DE CARRERA

La matriz correspondiente a la práctica Circuito de Arranque Directo de un motor trifásico fue estructurada con el propósito de organizar de manera clara el desarrollo de la actividad práctica dentro del laboratorio. En primer lugar, la matriz se diseñó considerando los elementos fundamentales que intervienen en el proceso de aprendizaje experimental, tales como el tema de la práctica, los objetivos, los materiales requeridos, las instrucciones y las actividades a desarrollar. Esta organización permitió establecer una secuencia lógica de trabajo, facilitando que el estudiante pueda comprender el funcionamiento del circuito desde la identificación de los componentes hasta la comprobación final de su operación. De esta manera, la matriz cumple la función de orientar el procedimiento práctico y asegurar que cada etapa del montaje se realice de forma ordenada.

Posteriormente, dentro de la matriz se incluyeron los componentes y materiales necesarios para la implementación del circuito, entre los que destacan el guardamotor trifásico, el breaker termomagnético de dos polos, el contactor, el relé térmico, las borneras, el cableado calibre 14 AWG y el motor trifásico de 1 HP a 220 V. La incorporación de estos elementos en la estructura de la matriz permite que el estudiante identifique previamente los dispositivos que conforman el circuito de control y el circuito de potencia.

Finalmente, la matriz también contempla el procedimiento operativo y la verificación de resultados, lo cual constituye una parte fundamental del aprendizaje práctico. En esta sección se describen de forma ordenada las acciones que deben realizarse durante la práctica, como la revisión de materiales, la identificación de los elementos del circuito, la realización del cableado según el diagrama, la verificación de conexiones y la energización del sistema para comprobar el funcionamiento del motor. A partir de este proceso se registran los resultados obtenidos, los cuales permiten evidenciar si el sistema cumple correctamente con la función de arranque y paro del motor mediante los pulsadores de control.

Circuito Arranque Directo con inversor de giro de un motor trifásico

FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATUR:	Control Eléctrico Industrial	PERÍODO LECTIVO:	OCTUBRE – MARZO	CICLO:	6
DOCENTE:	Ing. Paredes Anchatipan Alex Darwin	PRÁCTICA N°:	2	FECHA:	24/02/2026
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA		Laboratorio de la Universidad técnica de Cotopaxi extensión La Maná			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Circuito Arranque Directo con inversor de giro de un motor trifásico				
INTRODUCCIÓN:					
El arranque directo con inversor de giro es un sistema que permite poner en marcha un motor trifásico y además cambiar el sentido de rotación. Esto se logra intercambiando dos fases mediante el uso de dos contactores con enclavamiento eléctrico y mecánico, garantizando que no funcionen al mismo tiempo. Es un método práctico y seguro para motores de pequeña potencia, como uno de 1 HP a 220 V .					
OBJETIVOS:					
• Identificar los componentes del circuito de control y potencia. • Realizar correctamente las conexiones para el giro normal e inverso. • Comprender el funcionamiento del enclavamiento para evitar fallas. • Verificar el correcto funcionamiento del sistema.					
MATERIALES:					
• Guardamotor Trifásico • Breaker Termomagnético De 2 Polos • 2 contactores • Cable 14 Awg • 9 borneras • Motor trifásico					
INSTRUCCIONES:					

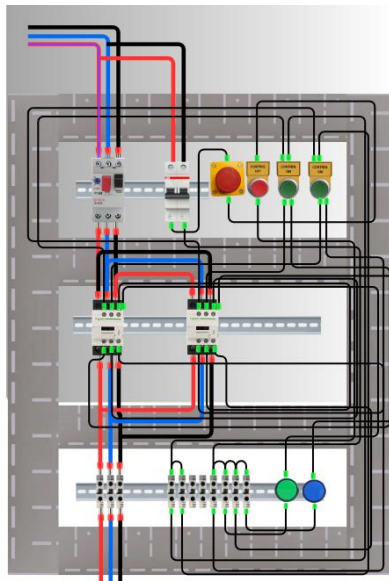
- Revisar los materiales y el plano de conexión.
- Identificar los contactores (giro directo e inverso), relé térmico y pulsadores.
- Realizar el cableado del circuito de potencia.
- Realizar el cableado del circuito de control con su respectivo enclavamiento.
- Verificar las conexiones antes de energizar.
- Probar el funcionamiento en ambos sentidos de giro.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

- Analizar el plano de conexión del arranque con inversor de giro
- Escanear el código QR que dirige a Canva para observar el diseño estético del montaje.



- Identificar los componentes: dos contactores, pulsadores de giro directo, giro inverso y paro.
- Conectar el circuito de potencia intercambiando dos fases en el contactor de inversión.
- Conectar el circuito de control con enclavamiento eléctrico y mecánico.
- Ordenar el cableado según el diseño mostrado en Canva.



- Revisar continuidad y ajuste de bornes.
- Energizar el sistema bajo supervisión.



- Probar el giro normal y luego el giro inverso.
- Desenergizar el sistema y dejar el área de trabajo limpia y ordenada

RESULTADOS OBTENIDOS:

- Se logró armar correctamente el circuito de control y el circuito de potencia del motor trifásico de **1 HP a 220 V**.
- Se armó correctamente el circuito de arranque con inversión de giro.
- El motor arrancó en sentido normal al presionar el pulsador correspondiente.
- El motor cambió de sentido correctamente al activar el giro inverso.
- El sistema de enclavamiento evitó la activación simultánea de ambos contactores.
- El montaje coincidió con el plano y el diseño establecido.

CONCLUSIONES:

- El arranque directo con inversor de giro permitió controlar de manera eficiente el encendido y el cambio de sentido de rotación del motor trifásico de 1 HP a 220 V. Se comprobó que el uso de dos contactores con enclavamiento eléctrico y mecánico garantiza un funcionamiento seguro, evitando la activación simultánea de ambos sentidos de giro. Además, la correcta interpretación del plano de conexión y el orden en el montaje fueron fundamentales para lograr un sistema estable, funcional y seguro.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda revisar detalladamente las conexiones del circuito de control y potencia antes de energizar el sistema, prestando especial atención al enclavamiento eléctrico y mecánico de los contactores. También es importante no realizar el cambio de giro con el motor en movimiento, sino esperar a que se detenga completamente para evitar daños mecánicos o eléctricos. Finalmente, mantener un cableado ordenado y utilizar protecciones adecuadas garantizará mayor seguridad y durabilidad del equipo.

FIRMAS

F:

Nombre: **Ing. Paredes Anchatipan Alex Darwin**
ENCARGADO DE LABORATORIO

F:

Nombre: **Ing. Hidalgo Osorio William Armando**
DIRECTOR DE CARRERA

La matriz correspondiente a la práctica “Circuito de arranque directo con inversor de giro de un motor trifásico” fue estructurada con el propósito de organizar de manera clara cada uno de los

Posteriormente, la matriz incorpora los componentes pedagógicos y técnicos de la práctica, entre los cuales se encuentran la introducción, los objetivos y los materiales requeridos. La introducción explica el principio de funcionamiento del arranque directo con inversión de giro, señalando que el cambio de sentido de rotación del motor se logra mediante el intercambio de dos fases utilizando dos contactores con su respectivo sistema de enclavamiento. A partir de esta explicación inicial se plantean los objetivos, los cuales guían el aprendizaje del estudiante hacia la identificación de los componentes del circuito de control y potencia, la correcta conexión de los dispositivos y la comprensión del funcionamiento del sistema. De igual manera, se presenta el listado de materiales necesarios, lo cual permite preparar previamente los equipos y dispositivos que serán utilizados durante el desarrollo de la práctica.

FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATUR:	Control Eléctrico Industrial	PERÍODO LECTIVO:	OCTUBRE – MARZO	CICLO:	6
DOCENTE:	Ing. Paredes Anchatipan Alex Darwin	PRÁCTICA N°:	3	FECHA:	24/02/2026
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA		Laboratorio de la Universidad técnica de Cotopaxi extensión La Maná			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Circuito Arranque Directo con Estrella y Delta de un motor trifásico				
INTRODUCCIÓN:					
El arranque estrella-delta es un método utilizado para reducir la corriente de arranque en motores trifásicos. Inicialmente, el motor arranca en conexión estrella, disminuyendo la tensión en cada bobina y reduciendo la corriente; luego, después de un tiempo determinado, cambia automáticamente a conexión delta para trabajar a su tensión nominal. Este sistema es ideal para motores trifásicos de mayor potencia que requieren disminuir el impacto eléctrico en el arranque.					
OBJETIVOS:					

- Identificar los componentes del circuito de control y potencia (tres contactores y temporizador).
- Comprender el funcionamiento de la transición de estrella a delta.
- Realizar correctamente las conexiones según el plano establecido.
- Verificar el funcionamiento automático del sistema.

MATERIALES:

- Guardamotor Trifásico
- Breaker Termomagnético De 2 Polos
- 3 contactores
- Temporizador Analógico Retardo a la Conexión
- Cable 14 Awg
- 16 borneras
- Motor trifásico

INSTRUCCIONES:

- Revisar el plano de conexión y los materiales necesarios.
- Identificar los tres contactores (principal, estrella y delta) y el temporizador.
- Realizar el cableado del circuito de potencia.
- Conectar el circuito de control incluyendo el temporizador.
- Verificar las conexiones antes de energizar.
- Energizar el sistema y comprobar la secuencia estrella-delta.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

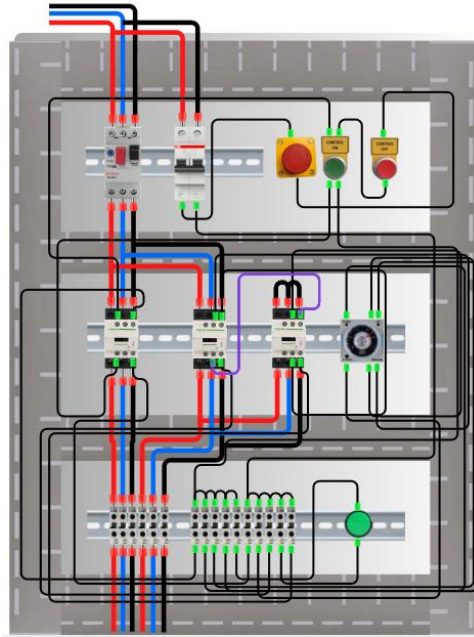
- Analizar el plano de conexión del arranque estrella-delta.
- Escanear el código QR que dirige a Canva para observar el diseño estético del montaje.



- Identificar los componentes: contactor principal, contactor estrella, contactor delta, temporizador y pulsadores.
- Realizar la conexión del motor para funcionamiento en estrella y delta.
- Conectar el circuito de control asegurando el enclavamiento entre estrella y delta.
- Ajustar el temporizador al tiempo adecuado de transición.



- Ordenar el cableado según el diseño establecido.



- Verificar continuidad y ajuste de bornes.
- Energizar el sistema bajo supervisión.



- Observar el arranque en estrella y el cambio automático a delta.
- Desenergizar el sistema y dejar el área de trabajo limpia y ordenada

RESULTADOS OBTENIDOS:

- Se logró armar correctamente el circuito de control y el circuito de potencia del motor trifásico de **1 HP a 220 V**.
- Se armó correctamente el circuito estrella-delta.
- El motor arrancó en conexión estrella reduciendo la corriente inicial.
- El temporizador realizó el cambio automático a conexión delta.
- El sistema funcionó de manera estable y segura.

El montaje coincidió con el plano y el diseño establecido.	
CONCLUSIONES:	
El arranque estrella-delta permitió reducir la corriente de arranque del motor, logrando una puesta en marcha más segura y eficiente. Se comprobó que el uso del temporizador y el correcto enclavamiento entre contactores es fundamental para evitar fallas durante la transición. Este método es adecuado para motores trifásicos que requieren disminuir el impacto eléctrico al momento del arranque.	
RECOMENDACIONES:	
Se recomienda verificar cuidadosamente las conexiones entre los contactores de estrella y delta para evitar cortocircuitos durante la transición. También es importante ajustar correctamente el temporizador según las características del motor y asegurarse de que el sistema cuente con las protecciones adecuadas. Un montaje ordenado y una revisión previa a la energización garantizan mayor seguridad y buen funcionamiento del equipo.	
FIRMAS	
F: Nombre: Ing. Paredes Anchatipan Alex Darwin ENCARGADO DE LABORATORIO	F: Nombre: Ing. Hidalgo Osorio William Armando DIRECTOR DE CARRERA

La matriz correspondiente a la práctica “Circuito de arranque directo con estrella–delta de un motor trifásico” fue estructurada con el propósito de organizar de manera lógica y secuencial las actividades necesarias para el desarrollo del circuito en el tablero de control. En primer lugar, la matriz se diseñó considerando los componentes principales del sistema, entre los que se incluyen el guardamotor, el breaker termomagnético, los contactores (principal, estrella y delta), el temporizador analógico y el motor trifásico. A partir de estos elementos, se establecieron las actividades que permiten identificar cada dispositivo dentro del circuito de control y potencia, garantizando que el estudiante comprenda la función que cumple cada componente dentro del proceso de arranque del motor.

Circuito Completo (Arranque Directo + Inversor de giro y Estrella-Delta) de un motor trifásico

FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas		CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATUR:	Control Eléctrico Industrial		PERÍODO LECTIVO:	OCTUBRE – MARZO	CICLO	
DOCENTE:	Ing. Paredes Anchatipan Alex Darwin		PRÁCTICA N°:		FECHA:	24/02/2026
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA			Laboratorio de la Universidad técnica de Cotopaxi extensión La Maná			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Circuito Completo(Arranque Directo + Inversor de giro y Estrella-Delta) de un motor trifásico					
INTRODUCCIÓN:						
El circuito de arranque directo con inversor de giro y estrella-delta es un sistema de control avanzado para motores trifásicos que permite reducir la corriente de arranque y además cambiar el sentido de rotación. El motor inicia en conexión						

estrella para disminuir la corriente, luego pasa automáticamente a conexión delta para su funcionamiento normal, y mediante un sistema de contactores adicionales se puede invertir el giro intercambiando dos fases. Este circuito es utilizado en motores trifásicos que requieren control completo de arranque y dirección.

OBJETIVOS:

- Identificar los componentes del circuito de control y potencia (contactores, temporizador y pulsadores).
- Comprender la secuencia de arranque en estrella y transición a delta.
- Realizar correctamente la conexión para giro directo e inverso.
- Verificar el correcto funcionamiento del sistema y sus protecciones.

MATERIALES:

- Guardamotor Trifásico
- Breaker Termomagnético De 2 Polos
- 4 contactores
- 2 contactores auxiliares
- Temporizador Analógico Retardo a la Conexión
- Cable 14 Awg
- 16 borneras
- Motor trifásico

INSTRUCCIONES:

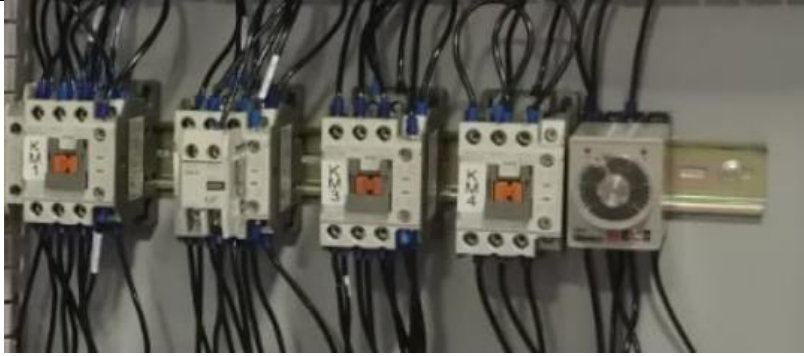
- Revisar el plano de conexión y los materiales necesarios.
- Identificar los contactores de giro directo, giro inverso, estrella y delta, además del temporizador.
- Realizar el cableado del circuito de potencia según el esquema.
- Realizar el cableado del circuito de control con los respectivos enclavamientos.
- Verificar todas las conexiones antes de energizar.
- Energizar el sistema y comprobar la secuencia completa de funcionamiento.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

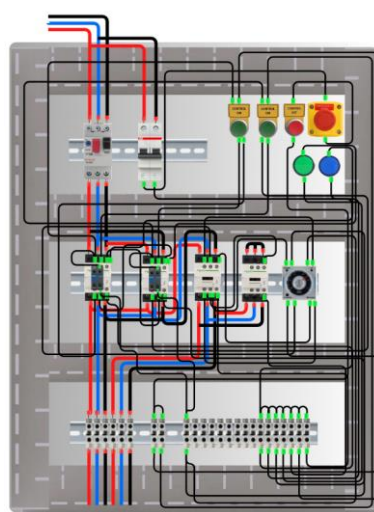
- Analizar el plano de conexión del sistema completo.
- Escanear el código QR que dirige a Canva para revisar el diseño estético del montaje.



- Identificar los componentes: contactores (directo, inverso, estrella y delta), temporizador y pulsadores.
- Realizar la conexión del circuito de potencia intercambiando dos fases para la inversión de giro.
- Conectar el sistema estrella-delta con su respectivo temporizador.
- Implementar el enclavamiento eléctrico y mecánico para evitar activaciones simultáneas.
- Ajustar el temporizador al tiempo adecuado de transición.



- Ordenar y fijar correctamente el cableado según el diseño establecido.



- Revisar continuidad y ajuste de bornes.
- Energizar el sistema bajo supervisión.



- Probar el arranque en giro directo (estrella-delta).
- Probar el arranque en giro inverso (estrella-delta).
- Desenergizar el sistema y dejar el área de trabajo limpia y ordenada

RESULTADOS OBTENIDOS:	
• Se armó correctamente el circuito completo de control. • El motor arrancó en conexión estrella reduciendo la corriente inicial. • El temporizador realizó la transición automática a delta. • El sistema permitió cambiar el sentido de giro correctamente. • Los enclavamientos evitaron la activación simultánea de contactores. • El funcionamiento fue estable y seguro durante las pruebas.	
CONCLUSIONES:	
• El sistema combinado de arranque directo con inversor de giro y estrella-delta permite un control completo del motor trifásico, reduciendo la corriente de arranque y posibilitando el cambio de sentido de rotación de forma segura. La correcta instalación de los contactores, temporizador y enclavamientos es fundamental para garantizar un funcionamiento eficiente y evitar fallas eléctricas o mecánicas.	
RECOMENDACIONES:	
• Se recomienda revisar cuidadosamente el cableado antes de energizar el sistema, especialmente las conexiones entre los contactores de estrella y delta y el sistema de inversión de giro. Es importante asegurarse de que los enclavamientos funcionen correctamente para evitar cortocircuitos. También se debe esperar a que el motor se detenga completamente antes de cambiar el sentido de giro y mantener siempre un montaje ordenado y con protecciones adecuadas para garantizar seguridad y durabilidad del equipo.	
FIRMAS	
F: Nombre: Ing. Paredes Anchatipan Alex Darwin ENCARGADO DE LABORATORIO	F: Nombre: Ing. Hidalgo Osorio William Armando DIRECTOR DE CARRERA

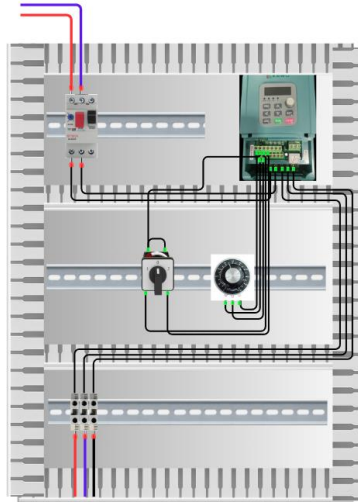
La matriz correspondiente a la práctica del circuito completo (arranque directo, inversor de giro y estrella-delta) de un motor trifásico fue estructurada con el propósito de organizar de manera clara el desarrollo de la práctica y facilitar la comprensión del proceso de montaje y funcionamiento del sistema de control eléctrico. En primer lugar, la matriz inicia con la identificación general de la práctica, donde se especifican elementos como la facultad, la carrera, la asignatura, el período académico, el ciclo y el docente responsable. Esta información permite contextualizar la actividad dentro del proceso formativo de la asignatura de Control Eléctrico Industrial, estableciendo además el laboratorio donde se ejecuta la práctica y el número correspondiente de la misma. De esta forma, se garantiza un orden académico y administrativo que permite ubicar correctamente cada ejercicio dentro del manual de prácticas

Circuito con Variador de Frecuencia

FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas	CARRERA:	Electromecánica		
ASIGNATUR:	Control Eléctrico Industrial	PERÍODO LECTIVO:	OCTUBRE MARZO	–	CICLO

DOCENTE:	Ing. Paredes Anchatipan Alex Darwin	PRÁCTICA N°:		FECHA:	24/02/2026
LABORATORIO DONDE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA	SE	Laboratorio de la Universidad técnica de Cotopaxi extensión La Maná			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Circuito con Variador de Frecuencia				
INTRODUCCIÓN:					
El arranque directo con variador de frecuencia (VFD) permite controlar la velocidad y el sentido de giro de un motor trifásico de forma eficiente y segura. En este circuito se utiliza un variador modelo AD100-2S-1.5G B, un potenciometro industrial externo para regular la velocidad (frecuencia) y un selector de 3 posiciones para la maniobra de inversión de giro (adelante – paro – reversa). Este sistema mejora el arranque del motor, reduce la corriente inicial y brinda mayor control en su operación.					
OBJETIVOS:					
• Identificar las conexiones del variador de frecuencia. • Configurar el potenciometro externo para el control de frecuencia. • Conectar el selector de 3 posiciones para la inversión de giro. • Verificar el correcto funcionamiento del sistema.					
MATERIALES:					
• Guardamotor Trifásico • Variador de frecuencia • Selector de 3 posiciones • Potenciometro industrial externo • Cable 14 Awg • Motor trifásico					
INSTRUCCIONES:					
• Revisar el manual y el plano de conexión del variador AD100-2S-1.5G B. • Identificar las bornas de alimentación, salida al motor y entradas de control. • Conectar el motor trifásico a la salida del variador. • Conectar el potenciometro externo a las entradas analógicas del variador. • Conectar el selector de 3 posiciones a las entradas digitales para controlar el giro. • Programar los parámetros básicos del variador (frecuencia, tipo de control, sentido de giro). • Verificar las conexiones antes de energizar. • Energizar el sistema y realizar pruebas de funcionamiento.					
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:					
• Analizar el plano de conexión del sistema con variador. • Escanear el código QR para observar en Canva el diseño estético del armado. 					

- Identificar los componentes: variador AD100-2S-1.5G B, potenciómetro industrial, selector de 3 posiciones y motor trifásico.



- Realizar la conexión de alimentación del variador.
- Conectar la salida del variador al motor.
- Conectar el potenciómetro externo para el control de velocidad.
- Conectar el selector de 3 posiciones para giro adelante y reversa.
- Configurar los parámetros necesarios en el variador.
- Ordenar el cableado siguiendo el diseño estético establecido.
- Verificar continuidad y ajuste de bornes.
- Energizar el sistema bajo supervisión.



- Probar el arranque del motor.
- Regular la velocidad mediante el potenciómetro.
- Probar el cambio de giro con el selector.
- Desenergizar el sistema y dejar el área de trabajo limpia y ordenada

RESULTADOS OBTENIDOS:	
• El motor arrancó de manera suave y progresiva. • La velocidad del motor se reguló correctamente mediante el potenciómetro externo. • El selector de 3 posiciones permitió cambiar el sentido de giro de forma segura. • El variador protegió al motor frente a sobre corrientes y arranques bruscos. • El montaje coincidió con el plano y el diseño estético establecido.	
CONCLUSIONES:	
• El uso del variador de frecuencia AD100-2S-1.5G B permitió un control eficiente de la velocidad y el sentido de giro del motor trifásico. Se comprobó que el potenciómetro facilita la regulación precisa de la frecuencia, mientras que el selector de 3 posiciones permite una maniobra segura de inversión. Este sistema mejora el rendimiento del motor, reduce esfuerzos mecánicos y proporciona mayor protección en comparación con los métodos tradicionales de arranque.	
RECOMENDACIONES:	
• Se recomienda configurar correctamente los parámetros del variador antes de la puesta en marcha y verificar las conexiones de las entradas analógicas y digitales. Además, es importante no manipular el cableado con el equipo energizado y respetar los tiempos de aceleración y desaceleración programados para prolongar la vida útil del motor y del variador. Mantener un montaje ordenado y acorde al diseño estético garantiza mayor seguridad y facilidad de mantenimiento.	
FIRMAS	
F: Nombre: Ing. Paredes Anchatipan Alex Darwin ENCARGADO DE LABORATORIO	F: Nombre: Ing. Hidalgo Osorio William Armando DIRECTOR DE CARRERA

La matriz correspondiente a la práctica del circuito con variador de frecuencia fue estructurada con el propósito de organizar de manera clara y secuencial cada una de las etapas necesarias para el desarrollo de la práctica en el laboratorio. En primer lugar, la matriz inicia con la identificación de los elementos del sistema, donde se detallan los componentes que intervienen en el circuito, tales como el variador de frecuencia, el motor trifásico, el potenciómetro industrial y el selector de tres posiciones. Esta sección permite que el estudiante reconozca físicamente cada dispositivo antes de realizar las conexiones, comprendiendo su función dentro del sistema de control y la relación existente entre los elementos de potencia y los elementos de mando.

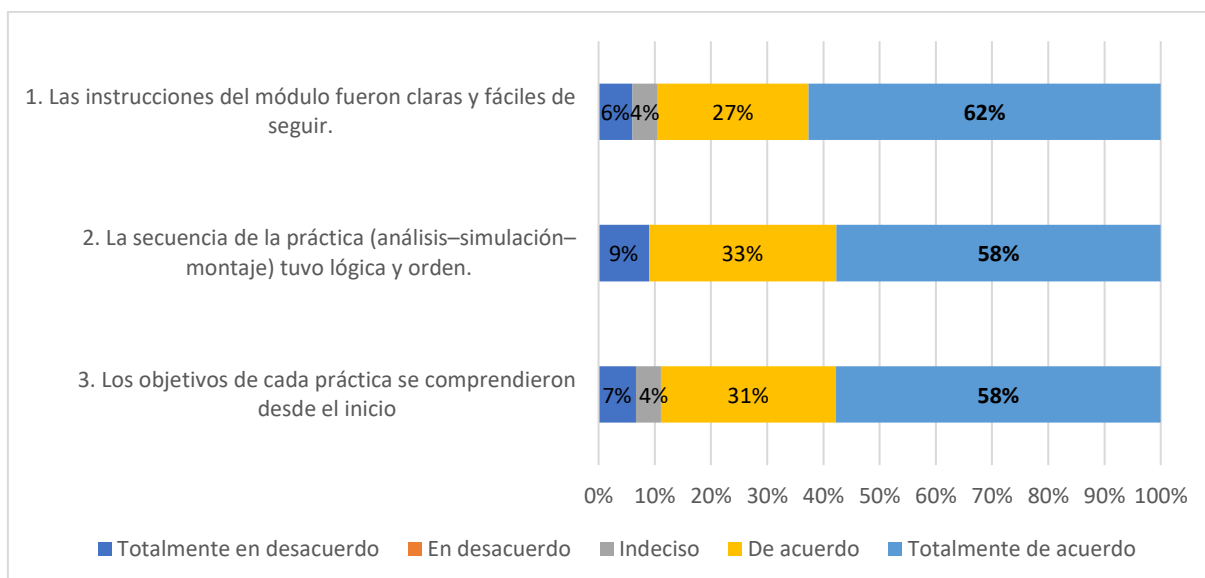


Figura 16. *Dimensión Organización y claridad del módulo*

Los resultados muestran que los 45 alumnos encuestados valoraron de manera mayoritaria la claridad de las instrucciones del módulo. El 62% de los participantes dijo estar completamente de acuerdo en que las instrucciones eran claras y sencillas de seguir, mientras que un 27% estuvo de acuerdo. Esto demuestra que la mayoría pudo cumplir con las tareas sin confusiones durante la verificación física del desempeño de los controladores lógicos programables. En contraste, solo un 6% se posicionó en la categoría de totalmente en desacuerdo y un 4% dijo estar indeciso; esto indica que las dificultades percibidas fueron puntuales y no afectaron de manera generalizada la comprensión del módulo.

En relación con la comprensión de las metas de cada práctica desde el principio, los resultados muestran una tendencia positiva: el 58% del alumnado declaró estar completamente conforme y el 31 % estar conforme, lo cual señala que se entendieron con claridad los objetivos de la comprobación física del sistema antes de llevarla a cabo. No obstante, se observó un 4 % de respuestas indecisas y un 7% de desacuerdo total, lo que indica que, a pesar de que la mayoría identificó claramente el propósito de las prácticas, todavía hay espacio para mejorar la exposición inicial de los objetivos con el fin de consolidar el proceso de validación funcional del módulo.

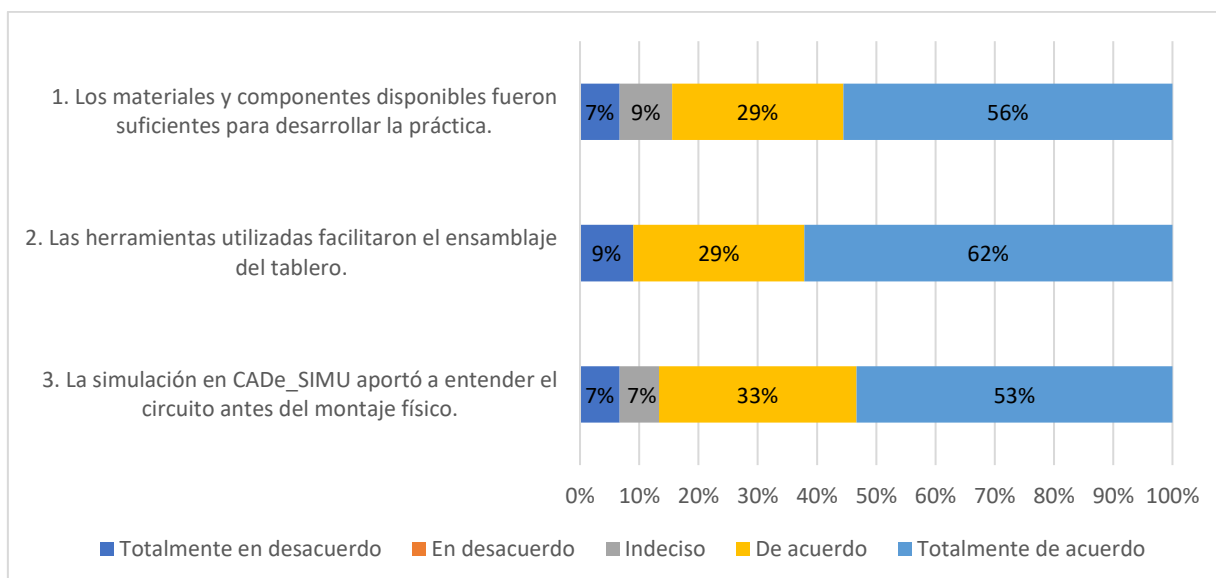


Figura 17. *Dimensión recursos y materiales*

Los resultados muestran que, en lo que respecta a la disponibilidad de componentes y materiales, la mayoría de los 45 alumnos evaluados tiene una percepción positiva. El equipo posibilitó la verificación del funcionamiento adecuado de los controladores lógicos programables sin limitaciones significativas, como se evidencia en que el 29 % de los encuestados estuvo de acuerdo y el 56 % expresó estar completamente de acuerdo en que los recursos fueron suficientes para llevar a cabo la práctica. A pesar de ello, se observó que un 9 % era indeciso y que un 7 % estaba completamente en desacuerdo, lo cual indica que una pequeña proporción detectó fallos específicos en algunos elementos, algo que puede ser considerado para mejorar la implementación del módulo en el futuro.

En cuanto a la eficacia de las herramientas utilizadas para ensamblar el tablero, los resultados revelan un grado de aceptación aún más alto. Un 62 % de los alumnos se categorizaron como totalmente de acuerdo y un 29 % como de acuerdo, lo cual valida que las herramientas hicieron más sencillo el montaje físico en el panel de control eléctrico. No obstante, un 9 % manifestó estar completamente en desacuerdo, lo que sugiere que las herramientas existentes no cumplieron totalmente con las expectativas o necesidades técnicas del estudiante en la práctica en ciertas situaciones.

Los datos muestran una evaluación favorable de la simulación previa en CADe_SIMU como soporte para el ensamblaje físico. El 53 % de los alumnos indicó estar completamente de

acuerdo en que la simulación ayudó a entender el circuito previo al ensamblaje, mientras que un 33 % estuvo de acuerdo. Esto evidencia que esta fase mejoró el entendimiento funcional del sistema y disminuyó fallos durante la verificación física. No obstante, se detecta un 7 % de respuestas indecisas y otro 7 % de total desacuerdo, lo que señala que algunos alumnos necesitaron más asistencia para beneficiarse completamente de la simulación como instrumento de soporte antes del montaje real.

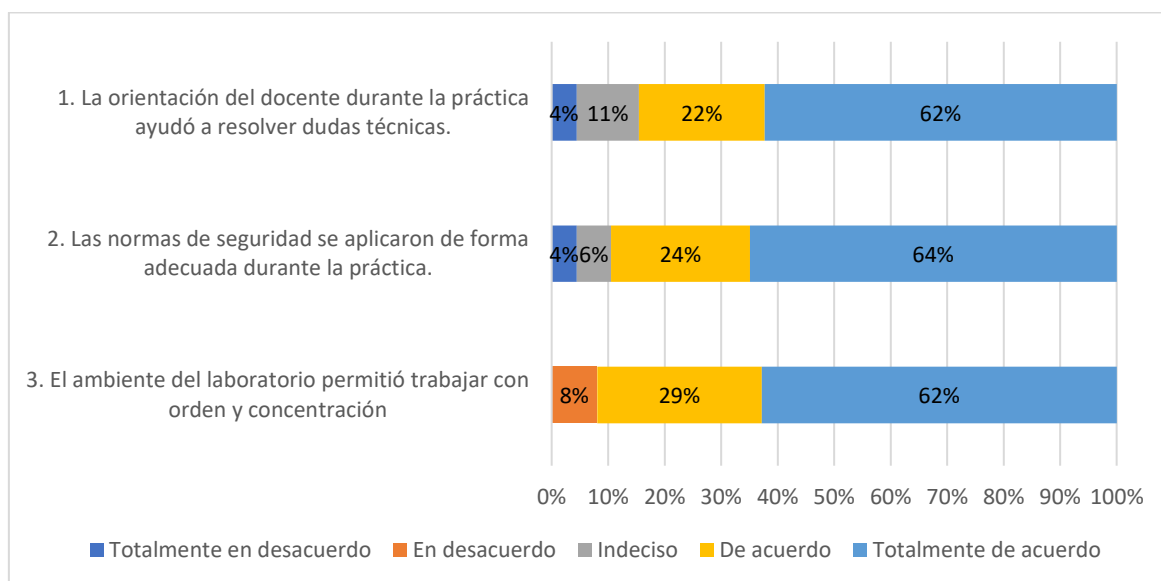


Figura 18. *Dimensión acompañamiento docente y seguridad*

Los resultados muestran que 45 alumnos encuestados valoran de manera muy positiva la guía del docente durante la práctica. Un 62% dijo estar completamente de acuerdo en que la supervisión del profesor ayudó a aclarar preguntas técnicas durante la verificación física del funcionamiento de los controladores lógicos programables, mientras que un 22% estuvo de acuerdo; esto evidencia el rol activo del docente como orientador del proceso educativo. Sin embargo, un 11% se situó en la categoría de indecisos y un 4% manifestó estar completamente en desacuerdo, lo que indica que, en ciertas situaciones específicas, la ayuda recibida no fue suficiente o no reaccionó a tiempo ante las necesidades individuales.

Según los resultados, se percibe un nivel alto de cumplimiento de las normas de seguridad durante la práctica. El 64% de los alumnos expresó estar completamente de acuerdo con que las normas de seguridad se implementaron correctamente, mientras que el 24% estuvo de acuerdo. No obstante, se consignó un 6% de respuestas indecisas y un 4% de desacuerdo total,

lo cual señala que es necesario fortalecer algunos elementos de supervisión o señalización para asegurar una percepción uniforme de seguridad.

Los datos muestran una vez más un juicio positivo en lo que respecta al entorno del laboratorio y su impacto en el trabajo ordenado y concentrado. El 62% de los alumnos manifestó estar completamente de acuerdo en que el ambiente propició un desarrollo organizado de la práctica, y un 29% dijo estar de acuerdo. Esto muestra que las condiciones operativas y físicas del laboratorio ayudaron a realizar correctamente la comprobación funcional de los controladores lógicos programables. No obstante, un 8% expresó su desacuerdo absoluto, lo que indica que algunos elementos, como la distribución de los equipos o el espacio disponible, podrían ser optimizados para enriquecer la vivencia práctica de todos los participantes.

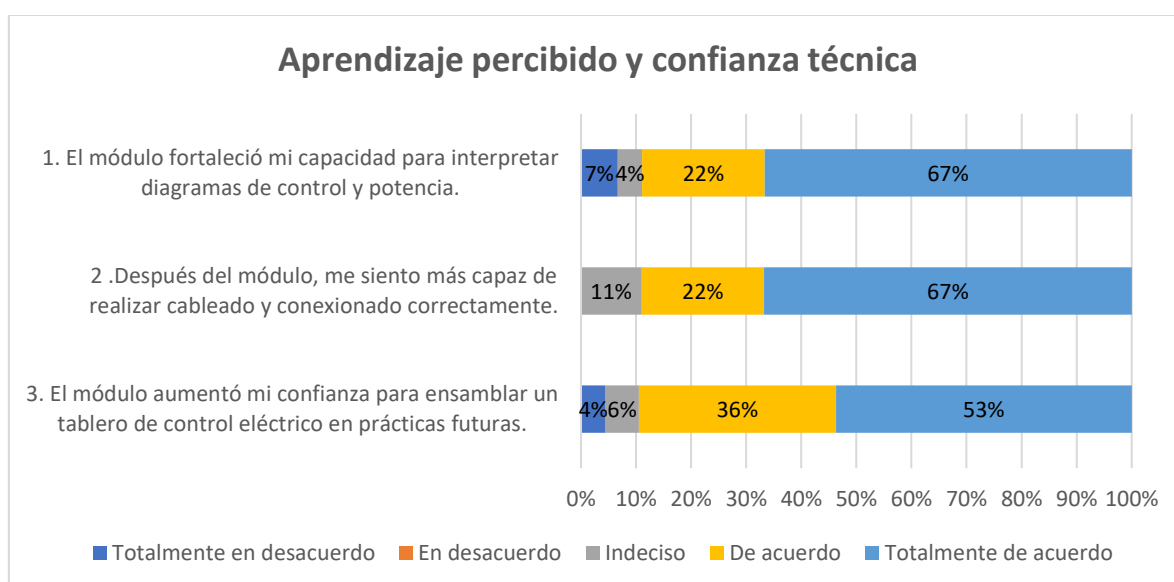


Figura 19. Dimensión aprendizaje percibido y confianza técnica

Los resultados muestran un impacto importante del módulo aplicado en términos de la capacidad de interpretar diagramas de potencia y control. El 67 % de los alumnos declaró que el módulo fortaleció por completo esta competencia, mientras que el 22 % afirmó estar de acuerdo. Por otro lado, el 4 % de las respuestas fueron indecisas y el 7 % completamente en desacuerdo, lo cual indica que un pequeño grupo todavía tiene problemas conceptuales que podrían resolverse con más refuerzos teóricos.

Los resultados muestran una percepción muy positiva en cuanto a la habilidad para llevar a cabo el cableado y la conexión de manera adecuada después del módulo. El 67% de los

encuestados manifestó estar completamente de acuerdo en sentirse más capacitados para llevar a cabo estas tareas, y el 22% dijo estar de acuerdo. Esto demuestra que la práctica directa con los controladores lógicos programables mejoró las competencias técnicas vinculadas al ensamblaje del panel de control eléctrico. No obstante, un 11 % de los alumnos se clasificó como indeciso, lo que señala que ciertos estudiantes necesitan más tiempo de práctica para afianzar completamente esta habilidad.

Los resultados presentan una tendencia positiva en términos de confianza para ensamblar un panel de control eléctrico en prácticas futuras, aunque con una pequeña fluctuación. El 53 % de los alumnos declaró estar en total acuerdo con que el módulo aumentó su confianza técnica; por su parte, un 36 % dijo estar de acuerdo. Esto evidencia que la experiencia práctica fue generando una seguridad progresiva al realizar este tipo de trabajos. consolidar la autoconfianza en todos los participantes.

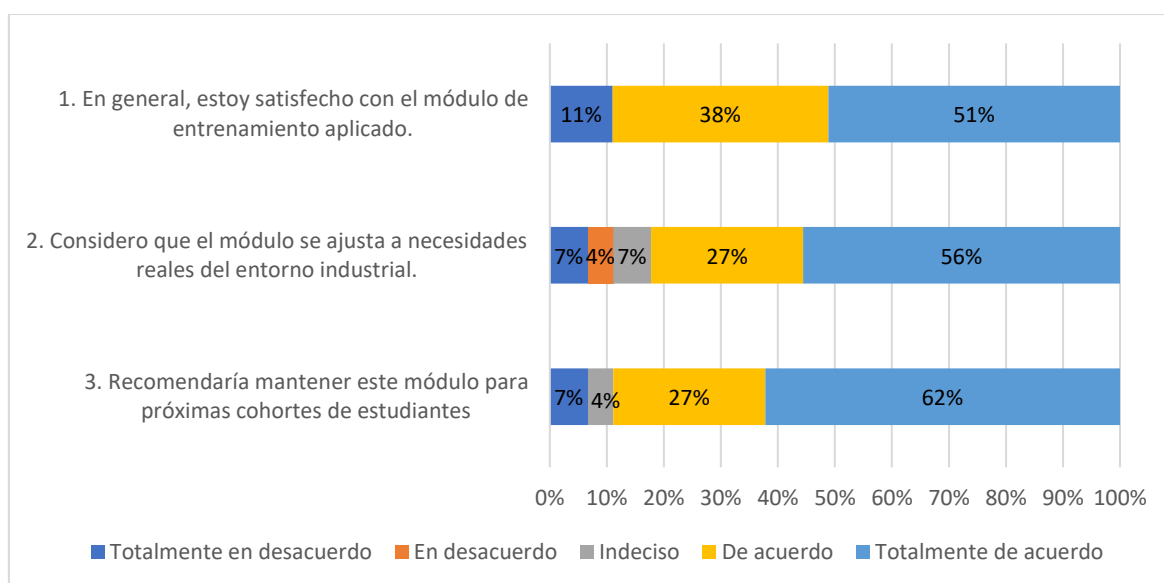


Figura 20. *Dimensión evaluación global*

Según los resultados, 45 alumnos encuestados valoraron de manera mayoritaria y positiva el módulo de entrenamiento aplicado. El módulo cumplió satisfactoriamente con las expectativas de formación del grupo, como lo demuestra el hecho de que el 51% dijo estar completamente conforme con su satisfacción global y el 38% afirmó estar de acuerdo. Sin embargo, un 11 % se situó en la categoría completamente en desacuerdo, lo cual indica que existen percepciones críticas aisladas que podrían tener relación con variaciones en el ritmo de aprendizaje o con vivencias personales durante la práctica.

Los datos muestran que el módulo es muy pertinente a nivel técnico en lo que respecta a su adecuación a las necesidades reales del ambiente industrial. El 56 % de los alumnos manifestó estar completamente de acuerdo en que las actividades y el contenido del módulo coinciden con lo que se exige en el sector industrial, mientras que un 27 % afirmó estar de acuerdo, consolidando así una percepción positiva acerca de su aplicabilidad práctica. No obstante, un 7 % de respuestas indecisas, un 7 % de total desacuerdo y un 4 % de desacuerdo sugieren que una minoría cree que es necesario reforzar la conexión con contextos industriales específicos.

Los resultados indican una aceptación importante en relación con la sugerencia de conservar el módulo para las futuras cohortes de alumnos. El 27 % de quienes respondieron la encuesta expresó estar de acuerdo con recomendar su continuidad, y el 62 % restante se mostró totalmente de acuerdo. Esto evidencia que la experiencia formativa fue considerada valiosa y relevante para la carrera. Por otro lado, un 7 % se mostró totalmente en desacuerdo y un 4 % indeciso, lo que hace evidente la necesidad de ajustes específicos; no obstante, la tendencia general apoya de manera clara el establecimiento del módulo como parte del proceso educativo en el laboratorio de electromecánica.

11. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS

11.1. Impacto técnico

Técnicamente, el investigador ofrece un módulo de formación en electricidad industrial en el edificio de prácticas del laboratorio de electromecánica de la universidad. Este módulo, que utiliza diagramas de circuitos estandarizados y cálculos predefinidos, garantiza la calidad de la formación y permite a los estudiantes evaluar la eficacia de instalaciones, sistemas y armarios de control. El laboratorio, que simula un sistema industrial real, enfatiza la integración de la formación teórica con la práctica [11].

Además, la creación y ejecución de diagramas de circuitos en AutoCAD facilita el aprendizaje de procesos prácticos, como el uso de símbolos y una lógica de cableado clara. Esto permite un enfoque más flexible para la implementación en diferentes disciplinas y permite a instructores y estudiantes intercambiar técnicas comunes, reduciendo así los errores de traducción y el tiempo de preparación [1]. Al mismo tiempo, el módulo desarrollado se convierte en un recurso

de aprendizaje permanente cuya funcionalidad principal no se ve afectada por nuevas funciones o extensiones.

Por lo tanto, la creación y ejecución de diagramas de circuitos en AutoCAD facilita el aprendizaje de procesos prácticos, como el uso de símbolos y una lógica de cableado clara. En conclusión, los investigadores descubrieron que el proyecto tuvo un impacto significativo en el consumo de electricidad, las medidas de seguridad y las mejores prácticas de eficiencia energética en el ámbito universitario [2]. Este impacto trasciende los cursos individuales, y el módulo puede integrarse en otros cursos y futuros proyectos educativos para fomentar el desarrollo de habilidades técnicas en automatización y control industrial. En consecuencia, el trabajo realizado no solo busca mejorar el proceso de formación acelerada, sino también ampliar el laboratorio para abarcar un campo más amplio de habilidades técnicas dentro de la formación en ingeniería [3].

11.2. Impacto social

A nivel social, los investigadores tienen derecho a una formación de calidad en el Laboratorio de Electromecánica, y los estudiantes universitarios contribuyen positivamente a la sociedad. La implementación del módulo de formación permitió a todos los alumnos desarrollar habilidades de desempeño en las mismas condiciones, con tareas claras y recursos visuales, lo que a su vez contribuyó a reducir las dificultades de aprendizaje asociadas a la falta de desarrollo de habilidades [5]. Por lo tanto, en un entorno de aprendizaje más participativo, el aprendizaje técnico se sustenta en la experiencia práctica adquirida por todos los equipos [6].

Además, el programa de grado permitió a los estudiantes interactuar directamente con sistemas eléctricos de potencia complejos y exponerlos a escenarios reales de la industria. Al trabajar con paneles de control diseñados específicamente para fines técnicos y de investigación, los estudiantes adquirieron confianza en sus habilidades, lo que les permitió participar de forma más eficaz en tareas prácticas y colaborativas [7]. De esta manera, el módulo se centra no solo en la práctica técnica, sino también en la importancia del currículo y el contenido del curso.

Finalmente, el estudio sugiere que las universidades deberían desempeñar un papel más activo en la sociedad, brindando oportunidades de formación a futuros profesionales y brindando oportunidades laborales. La iniciativa beneficia a la sociedad al proporcionar una sólida

preparación para la entrada al mercado y formar ingenieros altamente cualificados en electrificación industrial. Además, el módulo puede desarrollarse a través de programas educativos, cursos o técnicas que faciliten la interacción entre la universidad y su entorno social e industrial [8].

11.3. Impacto económico

Desde una perspectiva económica, el estudio tiene un impacto positivo en la optimización de los recursos universitarios. El desarrollo de módulos de formación y la implementación de técnicas basadas en criterios para el uso eficiente de equipos y materiales en el laboratorio electromecánico son prioritarios [9]. Gracias a diagramas de circuitos bien estructurados e instrucciones de montaje claras, los usuarios pueden encontrar con mayor facilidad equipos nuevos, aunque más costosos, que ya están disponibles. Esto ha permitido al instituto fortalecer su oferta de formación práctica sin costos adicionales significativos [10].

De igual manera, un módulo optimizado contribuye a reducir los costos de operación y mantenimiento, ya que su diseño incluye componentes de distribución integrados, dispositivos de protección a demanda y requisitos de seguridad eléctrica que minimizan las fallas o daños en los equipos [11]. Esto, a su vez, asegura la sostenibilidad a largo plazo de las herramientas utilizadas y garantiza su mantenimiento y conservación, lo que aumenta la sostenibilidad de la universidad a mediano y largo plazo.

Finalmente, la investigación puede contribuir a fortalecer la posición económica de una institución al mejorar la calidad de la educación aplicada de alta calidad, los programas de posgrado y las perspectivas profesionales más allá de la universidad. Este efecto indirecto genera una mayor demanda de plazas de estudio y oportunidades de contratos con empresas manufactureras que requieren personal técnico cualificado [12]. Por tanto, este proyecto no sólo mejorará los recursos limitados, sino que también contribuirá a fortalecer el estatus económico y educativo de las instituciones en el campo de la ingeniería.

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

12.1. Desglose técnico de materiales y costos

El presupuesto se destina a la adquisición de materiales y armarios de control eléctrico para la construcción de los módulos de formación. El trabajo lo realizan los estudiantes como parte de su tesis final. La universidad proporcionó el proyecto y los espacios de aprendizaje, pero no contribuyó a la financiación, ya que el método de adquisición aún se encontraba en revisión.

La inversión incluyó la dotación de todo el equipo técnico necesario para el funcionamiento de los armarios de control, incluyendo cerraduras metálicas, dispositivos de protección y conmutación, convertidores de frecuencia, motores trifásicos, dispositivos de señalización y unidades de control [13]. Además, se adquirieron materiales de cableado, controladores, bloques de terminales y sistemas de identificación, y se documentaron todas las especificaciones técnicas del proyecto para garantizar un montaje seguro. Este estudio permitió la implementación de circuitos de arranque/parada directos y de arranque estrella-triángulo, mejorando así el rendimiento y la eficiencia de los módulos [15].

Tabla 14. *Desglose técnico de materiales y costos*

Nº	Material/Componente	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Subtotal (USD)
1	Gabinete metálico para tablero eléctrico (80x60x30 cm, IP54)	1	\$ 140,00	\$ 140,00
2	Mueble con material MDF+estructura de soporte	1	\$ 420,00	\$ 420,00
3	Riel DIN metálico 1m(c/u)	4	\$ 2,50	\$ 10,00
4	Interruptores termomagnéticos (2P 9A)	1	\$ 4,00	\$ 4,00
5	Guardamotor LS 4-6A	1	\$ 44,00	\$ 44,00
6	Timer camscro perilla AH3-A 1S-10M 12-240V	1	\$ 23,50	\$ 23,50
7	Rele térmico LS 4-6A	1	\$ 34,65	\$ 34,65
8	Contactores trifásicos 9A, bobina 220V(c/u)	4	\$ 20,00	\$ 80,00
9	Variador de Frecuencia KEWO VFD de 0.4kw a 2.2kw, 220V CA	1	\$ 195,50	\$ 195,50
10	Potenciómetro kewo 10KOHM	1	\$ 8,76	\$ 8,76

11	Pulsador Hongo CNC rojo s/retención 40mm	1	\$ 2,10	\$ 2,10
12	Selector de 3 posiciones LKOS-BJ33 CAMSCO	1	\$ 3,55	\$ 3,55
13	Pulsadores (verde ON, rojo OFF)	3	\$ 5,40	\$ 16,20
14	Luz piloto (LED(verde,azul,rojo,amarillo, 22 mm, 220V) (c/u)	4	\$ 1,80	\$ 7,20
15	Borneras para control (c/u)	30	\$ 2,85	\$ 85,50
16	Enchufe IEC CEE 32A Macho 220V	1	\$ 15,00	\$ 15,00
17	Cable flexible (tetrapolar o cable de 4 conductores)220V 1m(c/u)	4	\$ 6,50	\$ 26,00
18	Cable flexible tipo THHN (calibre 14 AWG)	2 rollos	\$ 33,50	\$ 67,00
19	Canaletas plásticas para cableado 2m(c/u)	2	\$ 7,50	\$ 15,00
20	Etiquetas y marcadores para cables y bornes	1 kit	\$ 30,00	\$ 30,00
21	Herramientas manuales (destornilladores, pelacables, punteras, prensas terminales)	1 kit	\$ 30,00	\$ 30,00
22	Cinta de etiquetas Eazeid 12mmx8m(c/u)	10	\$ 6,00	\$ 60,00
23	Impresora de etiquetas Volengo E1000 Label Maker	1	\$ 45,00	\$ 45,00
24	Materiales varios (tornillos, punteras, cinta aislante, bridas)	1 kit	\$ 35,00	\$ 35,00
25	Motor trifásico 1 HP, 220/440 V, 1,800 RPM	1	\$ 195,00	\$ 195,00
TOTAL ESTIMADO DEL MODULO			\$ 1.312,11	\$ 1.592,96

El presupuesto también cubre el equipo y las instalaciones auxiliares necesarias para el montaje y etiquetado, la construcción de los armarios de control y las especificaciones de conductores e instrumentos. El costo total de los módulos asciende a USD 1592,96 y se considera una inversión realista y razonable para el desarrollo del proyecto. Por lo tanto, es importante desarrollar un módulo de capacitación que incluya no sólo el diseño y la documentación, sino también el montaje físico, la inspección y las pruebas, de modo que los estudiantes estén preparados para la capacitación práctica en control eléctrico industrial.

12.2. Análisis económico del proyecto y viabilidad institucional

El análisis económico del proyecto demuestra que la inversión está técnicamente justificada y es económicamente viable. Los recursos están directamente disponibles para los estudiantes, y el costo total del módulo de capacitación y aparamenta eléctrica asciende a USD 1592,96. Estos fondos se utilizaron para la adquisición de materiales, equipos, componentes eléctricos y consumibles, así como para la construcción, operación e instalaciones. De esta manera, la inversión resultó en un producto funcional que trascendió la naturaleza teórica del proyecto y cumplió con los requisitos de la ingeniería eléctrica industrial con experiencia práctica [16].

Desde una perspectiva costo-beneficio, el proyecto ofrece un potencial económico significativo. La inversión principal consiste en armarios de distribución multifuncionales y diversos circuitos de control industrial, combinados con arranque directo, rotación inversa y arranque estrella-triángulo. Esta versatilidad aumenta el tamaño del módulo, permitiendo realizar múltiples ejercicios con un solo armario de distribución sin necesidad de equipo adicional. Por lo tanto, los costos iniciales se recuperan inmediatamente mediante los gastos en procesos de aprendizaje, actividades de soporte y evaluaciones técnicas [5].

En cuanto a la rentabilidad institucional: Dado que el proyecto ya estaba en pleno funcionamiento, se utilizaron fondos universitarios que cubrieron únicamente la fase de implementación [8]. Dados los costos de capacitación comparativamente bajos, la universidad tiene la oportunidad de implementar sistemas modulares similares en otros laboratorios o cursos. Esto fortalecerá la formación práctica de los estudiantes y ampliará la capacidad instalada sin sobrecargar el presupuesto institucional.

La instalación del gabinete de control demuestra la viabilidad y validez de los resultados técnicos y demuestra que este proyecto representa una solución valiosa y sostenible para la universidad [9]. Por lo tanto, se realizaron inversiones para garantizar la viabilidad económica del proyecto y, al mismo tiempo, establecerlo como modelo para la futura infraestructura de trabajo de la universidad y la formación de futuros ingenieros.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

OE1: Se concluye que el análisis y la sistematización de estas regulaciones permitieron determinar un marco técnico definido que guía el cumplimiento de los estándares requeridos en instalaciones eléctricas de control, como lo son los de calidad, funcionamiento y seguridad. Tras revisar las normas nacionales y su relación con estándares técnicos complementarios, se logró determinar criterios específicos que abordan la selección de materiales, la disposición de componentes, las protecciones eléctricas, la señalización, los grados de aislamiento y los métodos de verificación. Estos criterios fueron incorporados de manera lógica en el diseño y montaje del tablero creado en este estudio. Por lo tanto, las fichas técnicas recolectadas no solo respaldan el proceso de construcción del módulo desde un punto de vista técnico, sino que también aseguran que el tablero funcione bajo condiciones de seguridad.

OE2: En conclusión, el desarrollo de un módulo de capacitación específico sobre diagramas de circuitos proporciona una estructura clara, coherente y técnicamente sólida para circuitos de control eléctrico industrial. Esto incluye temas como la inicialización directa, la inversión de fase y las conexiones estrella-triángulo. Las investigaciones iniciales sobre el diseño e implementación del sistema eléctrico se realizaron utilizando diagramas de circuitos en AutoCAD para ilustrar las señales de control, las operaciones de control y las interacciones entre la fuente de alimentación y los sistemas eléctricos. De este modo, el diagrama de circuitos sirve como una guía técnica fiable para el montaje y la conexión de armarios de control electrónicos, promueve el aprendizaje práctico del estudiante y representa un módulo de capacitación que complementa eficazmente los objetivos de aprendizaje de teoría, diseño y aplicación práctica de los controles electrónicos industriales.

OE3: En conclusión, el desarrollo del manual de prácticas permitió cumplir con el objetivo planteado al proporcionar una guía estructurada para el manejo y funcionamiento de los dispositivos de control eléctrico instalados en el tablero de control. A través de la organización de diferentes prácticas relacionadas con contactores, relé térmico, temporizadores y variadores de frecuencia, se logró establecer un procedimiento claro que orienta al estudiante durante la identificación de componentes, el proceso de conexión y la verificación del funcionamiento de los circuitos eléctricos. De esta manera, el manual facilita la comprensión del comportamiento de los sistemas de control utilizados en motores trifásicos y contribuye a reforzar el aprendizaje práctico dentro del laboratorio.

14. Recomendaciones

En base a los hallazgos de la investigación y las conclusiones propuestas, se planteó las siguientes recomendaciones para que incrementar su impacto y sostenibilidad en el ámbito educativo:

14.1. Recomendación técnica

Para fortalecer el módulo de capacitación, se aconseja actualizar periódicamente las fichas técnicas y las normativas que se aplican al ensamblaje de tableros eléctricos, incluyendo revisiones actualizadas de normas nacionales y estándares técnicos adicionales. Así, se garantiza que los estándares de funcionamiento, calidad y seguridad estén en sintonía con las demandas del sector industrial en la actualidad. Esto posibilitará que los alumnos trabajen con referencias técnicas actualizadas y desarrollen habilidades acordes a contextos reales de control y automatización.

Además, se recomienda extender el alcance de las guías de prácticas, incluyendo nuevos contextos de control programable que tengan funciones más complejas, como la utilización de sensores. Esta mejora posibilitará una verificación física más profunda del desempeño del sistema, fortalecer la habilidad de los alumnos para el análisis técnico y afianzar su capacitación práctica en la creación, montaje y comprobación de tableros eléctricos bajo circunstancias parecidas a las que se usan en el ámbito industrial.

14.2 Recomendación Pedagógica

Con respecto al objetivo de recopilación normativa, se aconseja crear un repositorio técnico institucional que incluya las fichas actualizadas de las normativas nacionales e internacionales adoptadas, relacionadas directamente con el ensamblaje de tableros de control eléctrico. De esta manera, se garantiza que el diseño y la construcción de módulos futuros sigan alineados con los estándares técnicos actuales y las exigencias del entorno industrial, además de facilitar un acceso constante a criterios de seguridad, calidad y funcionamiento.

Además, teniendo en cuenta el propósito de verificar físicamente cómo funcionan los controladores lógicos programables, se recomienda enriquecer las guías prácticas con protocolos de verificación más minuciosos. Esta ampliación posibilitará una mejor valoración técnica del funcionamiento del sistema y aumentará la habilidad del alumno para identificar y rectificar posibles fallos durante la operación del tablero.

Por último, se recomienda que, de manera gradual, se vayan agregando prácticas más complejas que incorporen nuevos componentes de automatización, como módulos de comunicación, sistemas avanzados de protección y sensores industriales. Esta mejora fomentará que el aprendizaje práctico se mantenga, posibilitará una implementación más extensa de las normativas recopiladas y fortalecerá la preparación técnica del alumnado para afrontar situaciones reales de control y automatización en el ámbito industrial.

14.3 Recomendación institucional

Se recomienda que el ente educativo, dependiendo de los propósitos de la investigación, mejore la gestión académica del laboratorio de electromecánica al incluir oficialmente el módulo de entrenamiento en el currículo de la carrera y asegurar su utilización constante en las materias vinculadas a control y automatización. Así, se fomenta una capacitación práctica constante, en línea con las normativas técnicas actuales, y se garantiza que todos los alumnos adquieran habilidades uniformes al armar tableros de control eléctrico.

Además, se recomienda que la entidad ponga en marcha programas de formación docente con regularidad, con el propósito de mantener al día a los profesores en cuanto a las normativas eléctricas, los controladores lógicos programables y las tecnologías de automatización industrial. Esta medida posibilitará que el personal académico mantenga un dominio técnico al día, mejore la orientación en las prácticas de laboratorio y garantice la implementación adecuada de estándares de seguridad, calidad y funcionamiento en los módulos de formación.

Por último, se aconseja que la institución asigne recursos para actualizar de manera gradual y mantener el equipamiento del laboratorio, lo cual incluye comprar componentes industriales de vanguardia y software especializado en simulación y programación. Esto asegura que el módulo de entrenamiento siga funcionando, fortalece la conexión con el sector productivo y establece un ambiente de aprendizaje que atiende las necesidades técnicas reales del ámbito de la ingeniería.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Guerra, B. Boderó, U. Caicedo, and D. Guerra, “Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico con seguidor solar para aplicar en entornos educativos,” *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, vol. 12, no. 1, pp. 45–56, Jun. 2025, doi: 10.26423/rctu.v12i1.884.
- [2] M. Okon and I. Bismark, “Design and Implementation of an Embedded System Trainer Module Based on Arduino Microcontroller for Educational and Prototyping Applications,” *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*, vol. 4, no. 15, pp. 1–12, 2025, doi: 10.5281/zenodo.16900558.
- [3] S. Biswas, M. Bhuyan, and K. Hassan, “IoT-Based Automated Solar Panel Cleaning and Monitoring Technique,” *Journal of Engineering Research and Reports*, vol. 25, no. 8, pp. 56–69, Sep. 2023, doi: 10.9734/jerr/2023/v25i8959.
- [4] M. Morán, V. González, and J. Gómez, “SISTEMA DE CONTROL DE VARIABLES ANALÓGICAS PARA LA SEGURIDAD DE SUMINISTRO ELÉCTRICO EN UN LABORATORIO MÓVIL,” *Revista ELECTRO*, vol. 46, no. 46, pp. 206–211, 2024, [Online]. Available: https://itchihuahua.mx/revista_electro
- [5] G. Sánchez, C. Jordán, and V. Pineda, “SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL ELÉCTRICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA EN UN LABORATORIO MÓVIL,” *REVISTA ELECTRO*, vol. 45, no. 22, pp. 143–148, 2023, [Online]. Available: https://itchihuahua.mx/revista_electro
- [6] B. Romero, K. Sallme, and C. Quinatoa, “CONTROL DE CONVERTIDORES FORMADORES DE RED CON FUENTE DE VOLTAJE CONECTADO AL

- SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN BALANCEADA,” *Revista Científica “INGENIAR”*, vol. 8, no. 15, pp. 1–22, 2025, doi: 10.46296/ig.v8i15.0239.
- [7] M. Loza, T. López, R. Ruíz, and E. Sánchez, “Neural Control for Photovoltaic Panel Maximum Power Point Tracking,” *RIELAC*, vol. 1, no. 38, pp. 79–90, 2022.
- [8] V. Salguero, C. Ganchozo, and L. Pruna, “VALORACIÓN DE COMPETENCIAS EN ELECTRONEUMÁTICA USANDO TABLEROS DIDÁCTICOS PARA MEJORAR LAS HABILIDADES PRÁCTICAS EN LA CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRICIDAD,” *Revista Científica “INGENIAR”*, vol. 8, no. 16, pp. 185–203, 2025, doi: 10.46296/ig.v8i16.0291.
- [9] W. Rodríguez, M. Vera, D. Andrade, and S. Peña, “Diseño e implementación de un prototipo de sistema de supervisión y control I-IOT para procesos industriales con plc de siemens y software opensource,” *GADE: Revista Científica*, vol. 5, no. 3, pp. 331–344, Aug. 2025, doi: 10.63549/rg.v5i3.713.
- [10] E. Castro and A. Cuenca, “Análisis Termográfico en los Tableros Eléctricos de la Planta Baja del Hospital del IESS Santo Domingo,” *Revista Generando*, vol. 6, no. 2, pp. 1–21, 2025, [Online]. Available: <https://orcid.org/0009-0007-6693-8834>
- [11] D. Moreta, N. Ortega, D. Romero, and M. Elizondo, “Diseño de dos módulos de entrenamiento visuales de control eléctrico para el laboratorio de electricidad del instituto superior tecnológico Tsáchila,” *Revista Científica Multidisciplinaria Generando*, vol. 2, no. 19, pp. 1–19, 2021, [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0003-0112->
- [12] R. Hernández and F. Olvera, “Mesa de trabajo para el mecanizado de tableros de control de motores eléctricos para adquisición de competencias técnicas,” *REVISTA IPSUMTEC*, vol. 8, no. 1, pp. 25–33, May 2025, doi: 10.61117/ipsumtec.v8i1.355.

- [13] M. Rivera, J. Antonio, L. Chávez, and R. Bravo, “TABLERO DE CONEXIONES PARA RELEVADORES COMO APOYO EN PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS,” *Tecnológico Nacional de México en Celaya Pistas Educativas*, vol. 41, no. 133, pp. 1–19, 2019, [Online]. Available: <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>
- [14] J. Mejía, K. Moreira, L. González, E. Quiñóneza, and I. Erazo, “Mantenimiento en los tableros eléctricos de distribución,” *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, vol. 3, no. 1, pp. 385–392, May 2023, doi: 10.56183/iberotecs.v3i1.612.
- [15] M. Cabeza, “ELABORACIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL PARA LA COMPAÑÍA ANÓNIMA DE ADMINISTRACIÓN Y FOMENTO ELÉCTRICO (CADAFE),” *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, vol. 13, no. 2, pp. 2–17, 2022, [Online]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos25/auditoria-tablero->
- [16] P. Aldaz, J. Bermúdez, and A. Acebo, “TABLERO DIDÁCTICO DE CONEXIONES Y ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES INDUSTRIAL,” *Revista Científica y Arbitrada del Observatorio Territorial, Artes y Arquitectura: FINIBUS*, vol. 5, no. 10, pp. 1–5, 2022, doi: 10.56124/finibus.v5i10.0052.
- [17] J. Dioso and F. Gumpal, “DEVELOPMENT AND EVALUATION OF HYBRID PHOTOVOLTAIC ELECTRICAL SYSTEM MODULAR TRAINER,” *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, vol. 5, no. 4, pp. 1–17, 2022, doi: 10.5281/zenodo.11057652.
- [18] Y. Vizir, O. Chala, S. Maksymova, and A. Alkhalaileh, “Lighting Control Module Development,” *Journal of Universal Science Research*, vol. 1, no. 12, pp. 645–657, 2023.

- [19] S. Patel, "Optimizing Wiring Harness Minimization through Integration of Internet of Vehicles (IOV) and Internet of Things (IoT) with ESP-32 Module: A Schematic Circuit Approach," *International Journal for Research Trends and Innovation* (www.ijrti.org), vol. 8, no. 9, p. 95, 2023, [Online]. Available: www.ijrti.org
- [20] J. Saputro, H. Maghfiroh, F. Adriyanto, M. Darmawan, M. Ibrahim, and S. Pramono, "Energy Monitoring and Control of Automatic Transfer Switch between Grid and Solar Panel for Home System," *International Journal of Robotics and Control Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 59–73, 2023, doi: 10.31763/ijrcs.v3i1.843.
- [21] D. Rochín, M. García, J. Bajo, and C. Portillo, "ELABORACIÓN DE TABLEROS DE CONTROL Y FUERZA PARA LA AUTOMATIZACIÓN EN CUARTOS FRÍOS," *Tecnológico Nacional de México en Celaya Pistas Educativas*, vol. 44, no. 144, pp. 1–16, 2023, doi: <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>.
- [22] K. Guamán, E. Hernández, and S. Lloay, "La metodología de la investigación científica," *Revista Conrado*, vol. 17, no. 81, pp. 163–168, 2021.
- [23] L. Chaguay, J. Flores, T. Fernández, and R. Zapata, "El Modelo De Negocio: Metodología Canvas Como Innovación Estratégica Para El Diseño De Proyectos Empresariales," *Revista Ciencia e Investigación*, vol. 4, no. 2019, pp. 87–99, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3594015>
- [24] G. Tunal, "Protocolizando la investigación científica," *Investigación Y Postgrado*, vol. 37, no. 1, pp. 235–255, 2022, doi: 10.56219/investigacinypostgrado.v37i1.68.
- [25] L. Salazar, "Investigación Cualitativa: Una respuesta a las Investigaciones Sociales Educativas," *Cienciamatria*, vol. 6, no. 11, pp. 101–110, 2020, doi: 10.35381/cm.v6i11.327.

- [26] L. Qing, G. Cao, and J. Guan, "Experimental investigation of the concrete permissible damage scale based on the digital image correlation method," *Gongcheng Lixue/Engineering Mechanics*, vol. 36, no. 10, pp. 115–121, 2019, doi: 10.6052/j.issn.1000-4750.2018.09.0500.
- [27] S. Acosta, "Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales," *Revista Latinoamerica OGMIOS*, vol. 3, no. 8, pp. 82–95, 2019, doi: 10.53595/rlo.v3.i8.084.
- [28] H. Dzwigol, "Research methodology in management science," *Virtual Economics*, vol. 5, no. 1, pp. 78–93, 2022, doi: 10.34021/ve.2022.05.01(5).
- [29] G. Batallán, "Antropología y metodología de la investigación," *Revista de la Academia*, vol. 4, no. 2, pp. 199–119, 2020.
- [30] M. Albayero, M. Tejada, and J. Cerritos, "Una aproximación teórica para la aplicación de la metodología del enfoque mixto en la investigación," *Entorno*, vol. 45, no. 69, pp. 45–50, Jun. 2020, doi: 10.5377/entorno.v0i69.9562.
- [31] S. Pandya and P. Mehta, "A Review On Sentiment Analysis Methodologies, Practices And Applications," *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, vol. 9, no. 2, p. 2, 2020, [Online]. Available: www.ijstr.org
- [32] K. Ikechukwu, "Igwebuike: An African Journal of Arts and Humanities," *IGWEBUIKE: An African Journal of Arts and Humanities*, vol. 3, no. 6, pp. 41–52, 2019.
- [33] M. Pérez, F. Ocampo, and K. Sánchez, "Aplicación de la metodología de la investigación," *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 6, no. 11, pp. 796–816, 2015, doi: 10.23913/ride.v6i11.130.