

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO 4 EN ARMADO DE TABLEROS ELÉCTRICOS PARA EL LTI-IE ESFOT

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN ELECTROMECAÁNICA**

SAÚL ESTEBAN GER ASIPUELA

DIRECTOR: ING. ABRAHAM ISMAEL LOJA ROMERO

DMQ, enero 2021

CERTIFICACIONES

Yo, Saúl Esteban Ger Asipuela declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Saúl Esteban Ger Asipuela

saul.ger@epn.edu.ec

saulestebangergt536@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Saúl Esteban Ger Asipuela, bajo mi supervisión.



Firmado electrónicamente por:
**ABRAHAM
ISMAEL LOJA
ROMERO**

Ing. Abraham Ismael Loja Romero

DIRECTOR

abraham.loja@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmo que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como los productos resultantes del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales me corresponden a mí que he contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Saúl Esteban Ger Asipuela

DEDICATORIA

Dedico este documento a mi familia.

A mi mami Marlene, quien ha estado apoyándome todo este tiempo en el que he desarrollado este proyecto.

A mi hermana Corina, quien me ayudó durante los primeros avances de este proyecto, así también con la adquisición de sus componentes.

A mi director de tesis, quien me tuvo paciencia y asesoró durante el diseño de este proyecto.

A mis amigos y compañeros de trabajo, quienes me brindaron su sus conocimientos y experiencia cuando tenía complicaciones para completar este proyecto.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud a Dios, por haberme dado la salud y el apoyo incondicional de mi mami, mi hermanita, mis familiares, profesores y amigos.

Al Ing. Abraham Ismael Loja Romero, por su orientación y atención a mis dudas sobre el desarrollo de este proyecto, así como la redacción de su respectivo documento.

A quienes conforman al personal docente de la ESFOT, por haberme proporcionado la formación necesaria para el diseño y cálculo de los elementos que conforman un tablero eléctrico.

A Mecánica Industrial “Rojas”, por haberme dado la oportunidad de adquirir la experiencia suficiente para realizar este tipo de proyectos sin complicaciones mayores a las previstas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	8
1.1 Objetivo General.....	9
1.2 Objetivos Específicos	9
1.3 Alcance.....	9
1.4 Marco teórico.....	9
Revisión Bibliográfica de Trabajos Similares	9
2 METODOLOGÍA.....	10
3 RESULTADOS	11
3.1 Determinación del uso correcto de equipos de control y maniobra.	11
3.2 Diseñar los elementos del tablero aplicando consideraciones mencionadas en la NEC.....	18
3.3 Pruebas y Análisis de Resultados.....	21
3.1 Manual de Uso y Mantenimiento.....	26
4 Conclusiones	28
5 Recomendaciones	29
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
7 ANEXOS.....	31
Anexo I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin	32
Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración curricular	33
Anexo III. planos eléctricos para mando piloto y mando memorizado.	34
Anexo IV. planos eléctricos para mando interbloqueado y mando alternado.	35

RESUMEN

En este trabajo se analizaron todas las cargas que dispone el Laboratorio de Tecnología Industrial sección Instalaciones Eléctricas (LTI-IE) de la ESFOT. Se tomaron como prioridad los motores trifásicos de 1 (HP), que son las cargas de mayor potencia que dispone el laboratorio, también se tomó un enfoque en sus protecciones termomagnéticas respectivamente; además de considerar criterios de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para el dimensionamiento de los cables de la sección de control y la sección de potencia que componen un circuito eléctrico.

Adicionalmente, se presenta el método de selección de protecciones termomagnéticas, dispositivos de control y maniobra tomando como referencia los criterios mencionados en la NEC.

Se diseñaron 4 mandos básicos en el área de Control Industrial como son: el mando piloto, el mando memorizado, el mando interbloqueado y el mando alternado; por otra parte, las configuraciones de los circuitos se vuelven acumulativas, en donde, se evitan los daños de la instalación eléctrica o accidentes provocados por los operadores preservando su integridad.

Por otra parte, se presentan pruebas en donde se ponen en marcha las cargas antes mencionadas y, se prueban las protecciones termomagnéticas ante una situación de cortocircuito, preservando la integridad de los dispositivos de control y maniobra.

PALABRAS CLAVE: instalaciones, protecciones, cargas, NEC, control, maniobra.

ABSTRACT

In this work, all the available charges in the ESFOT LTI-IE laboratory were analyzed. The 1 (HP) three-phase motors, which are the highest power available charges in the laboratory, it also be taken as a focus on their thermomagnetic protections respectively; in addition to considering criteria of the Ecuadorian Construction Norm (NEC) for sizing the cables of the control section and the power section that make up an electrical circuit.

In addition, the method for selecting thermomagnetic protections, control and maneuvering dispositives are presented, taking as a reference the criteria mentioned in the NEC.

Four basic commands were designed in the industrial control area, such as: the pilot command, the memorized command, the interlocked command and the alternate command; On the other hand, the configurations of the circuits become cumulative, where damage to the electrical installation or accidents caused by the operators are avoided while preserving their integrity.

On the other hand, tests are presented where the aforementioned loads are started and the thermomagnetic protections are put to the test in a short-circuit situation, preserving the integrity of the control and maneuvering devices.

KEYWORDS: *installations, protections, charges, NEC, control, maneuver.*

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Tomando como referencia las consideraciones de diseño de la NEC desde factores de demanda, hasta la selección de protecciones termomagnéticas; en donde proporcionó una gran ayuda en el cálculo y selección de dispositivos de control, maniobra y protecciones. Además, se consideran recomendaciones de esta norma para la selección del calibre del cable, ya sea para la sección de control o la sección de potencia que conforman un circuito eléctrico. Se diseñó un módulo de entrenamiento enfocado en el armado de tableros eléctricos, en donde, se propone armar 4 circuitos básicos en el área de control industrial.

Debido a que los estudiantes carecen de experiencia en el armado de tableros eléctricos, existe la posibilidad de provocar accidentes como cortocircuitos, siendo otra de las razones para la selección de protecciones termomagnéticas aparte de factores externos. Además, de una ubicación jerárquica de los diferentes dispositivos que componen un tablero eléctrico.

Se propone preservar la integridad de este proyecto con un video demostrativo, en donde, se muestran todos los dispositivos que lo componen y como realizar el mantenimiento respectivo antes y después de armar un circuito eléctrico.

Además, se muestra el funcionamiento de los 4 circuitos antes mencionados junto con las respectivas pruebas de funcionamiento de las protecciones termomagnéticas previstas para armar circuitos monofásicos, bifásicos y trifásicos respectivamente; puesto que, también están destinadas a proteger dispositivos de maniobra en específico como la protección termomagnética de 6 (A) para el contactor de 7 (A) que dispone.

1.1 Objetivo General

Construir el módulo de entrenamiento 4 en armado de tableros eléctricos para LTI-IE.

1.2 Objetivos Específicos

Objetivo 1. - Determinar el uso correcto de equipos de control y maniobra.

Objetivo 2. - Diseñar los elementos del tablero aplicando consideraciones mencionadas en el NEC.

Objetivo 3. - Ejecutar pruebas en donde se analice el desempeño de los dispositivos implementados.

Objetivo 4. - Elaborar una guía para la utilización correcta de los dispositivos a implementar.

1.3 Alcance

Una instalación de tableros eléctricos es ideal para familiarizar a los estudiantes de la ESFOT con los conceptos básicos que se pueden encontrar en una instalación a nivel residencial y a nivel industrial, en donde, se propone implementar tableros eléctricos desmontables para adquirir experiencia en lectura de diagramas eléctricos, selección de dispositivos de control, maniobra y protecciones. Además de la capacidad de detectar y reparar averías eléctricas y mecánicas, así como la capacidad de realizar un montaje preciso de los elementos del cuadro eléctrico.

1.4 Marco teórico

Revisión Bibliográfica de Trabajos Similares

El trabajo revisado fue el siguiente:

“Implementación de un tablero general para el laboratorio de tecnología industrial”, elaborado por Luis Aníbal Escobar López y Ángel Josué Vaca Lara, [1]. De este tema se revisó el uso de criterios de sobredimensionamiento.

2 METODOLOGÍA

Este proyecto fue desarrollado con la ayuda de ciertas consideraciones como factor de demanda, calibre del cable y protecciones eléctricas tomadas del NEC. Se realizó un borrador en donde se consideraron las potencias de las cargas a controlar, además de aspectos referentes a la selección del tipo y calibre de los cables a implementar, considerando características de las cargas de mayor potencia como son los motores de 1 (HP) que dispone el laboratorio LTI-IE de la ESFOT. Por otra parte, se consideró una correcta ubicación jerárquica de los dispositivos de protección, control y maniobra según lo demanden los circuitos que se implementaron.

Bajo estas consideraciones se seleccionó un cable de calibre AWG 18, con un área de $1.13 \text{ (mm}^2\text{)}$, que soporta corrientes de hasta 10 (A) de tipo flexible para la sección de control.

Para la sección de potencia y selección de protecciones se tomó como referencia una corriente nominal de 7.83 (A), seleccionando un cable de calibre AWG 12, con un área de $4.52 \text{ (mm}^2\text{)}$, que soporta corrientes de hasta 25 (A) de tipo flexible y protecciones termomagnéticas C10 de 1, 2 y 3 polos.

Al determinar la ubicación de los dispositivos de protección, control y maniobra se armaron 4 circuitos eléctricos básicos de control industrial, en donde se usaron: un contactor, dos relés, tres pulsadores NA y tres pulsadores NC; además, se probó la capacidad de las protecciones ante sucesos como sobrecargas, evitando daños a las secciones de control. También se comprobaron las limitaciones de los interruptores termomagnéticos, determinando la corriente máxima que soportan antes de llegar al punto en donde sus líneas de alimentación se abran a causa de dichos sucesos.

En las figuras 3.12 y 3.13 se encuentran los códigos QR y enlaces de dos videos, en donde, se muestran el video del manual de uso y mantenimiento; además, se muestra un video de las pruebas de funcionamiento del tablero de control y las protecciones termomagnéticas.

3 RESULTADOS

3.1 Determinación del uso correcto de equipos de control y maniobra.

Se consideraron las siguientes cargas y dispositivos a utilizar, además de algunos requerimientos necesarios para el módulo.

Cargas usadas

El dimensionamiento de cables, dispositivos de control y maniobra se basaron en los equipos a manejar como motores trifásicos, luminarias y cargas especiales que dispone el laboratorio LTI-IE de la ESFOT, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 3.1. Características de cargas implementadas.

Descripción	Cantidad	Voltaje (V)	Potencia (W)	Fp
Motor	2	220	745	0.95
Tomacorrientes	1	127	200	0.98
carga especial	1	127	35	1
luminarias	1	220/127	100	1

Equipamiento desmontable para control y maniobra.

Otro requerimiento por considerar es la selección de equipos desmontables, con la capacidad de operar corrientes mayores a 7.83 (A) como contactores y relés.

Es necesario la aplicación de diferentes circuitos básicos en el área de control industrial, por lo que, se planteó el uso de los siguientes mandos:

- **Mando piloto**

Al mantener presionado P1, el mecanismo interno de KM1 provoca que sus contactos principales y auxiliares cambien de posición, encendiendo la lámpara verde L1 y apagando al soltar P1.

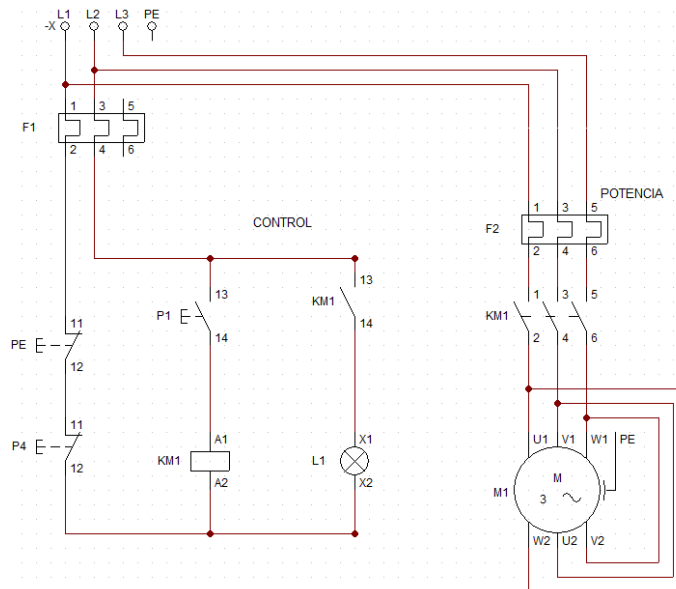


Figura 3.1 Mando piloto.

- **Mando memorizado**

Es similar al mando piloto, pero con la diferencia de mantener alimentada a la bobina de KM1 sin la necesidad de mantener presionado P1, además, se ha colocado una lámpara roja L2, la cual es comandada por K1 que permanece encendido antes de presionar P1, y se apaga después de realizar el enclavamiento de KM1.

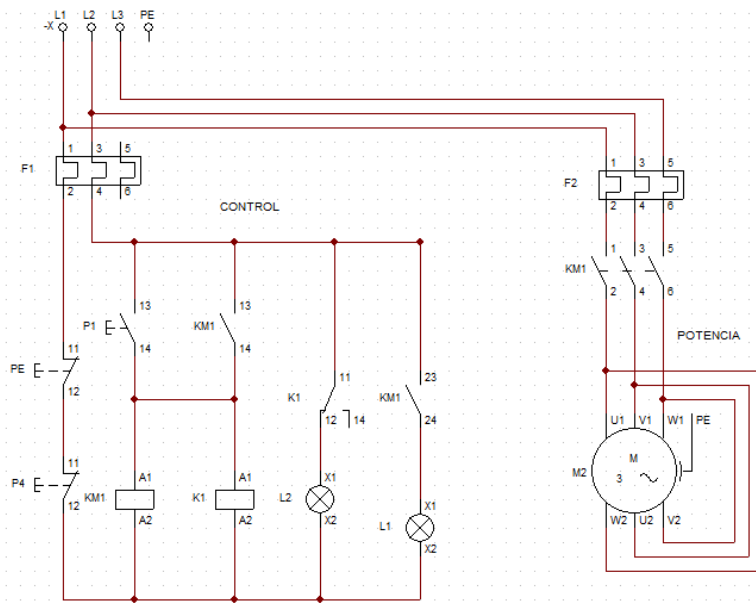


Figura 3.2 Mando memorizado.

- **Mando interbloqueado**

Es acumulativo ya que, consta de 2 mandos memorizados, pero con la diferencia de tener un contacto normalmente cerrado de su relé opuesto con la finalidad de evitar el accionamiento de los 2 relés al mismo tiempo.

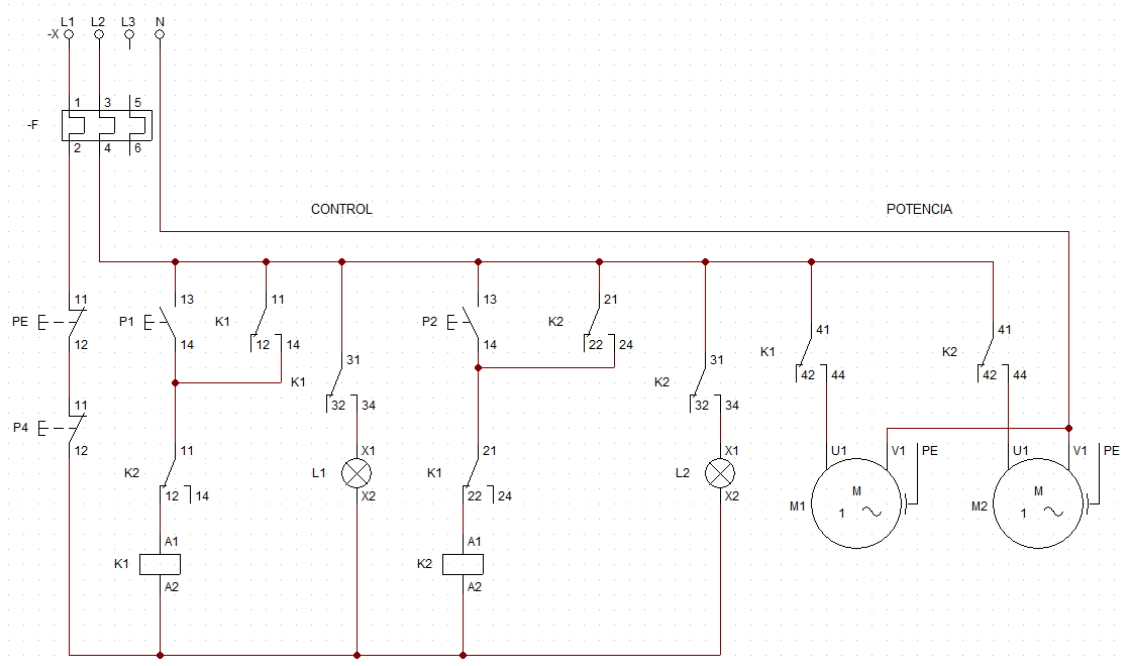


Figura 3.3 Mando interbloqueado.

- **Mando alternado**

A diferencia de los mandos mencionados anteriormente, tiene la finalidad de operar más de una carga con un solo pulsador.

Al presionar P1 en flanco de subida por primera vez alimenta las bobinas de K1 y KM1 cambiando el estado de KM1 a enclavamiento y, encendiendo la lámpara verde L1; sin embargo, si se presiona P1 en flanco de subida por segunda vez, el enclavamiento de KM1 se desactiva y alimenta la bobina del relé K2 encendiendo la lámpara roja L2.

Sí, se presiona nuevamente el pulsador P1 el proceso se repite ya que, todos los equipos de maniobra están desactivados como en las condiciones iniciales.

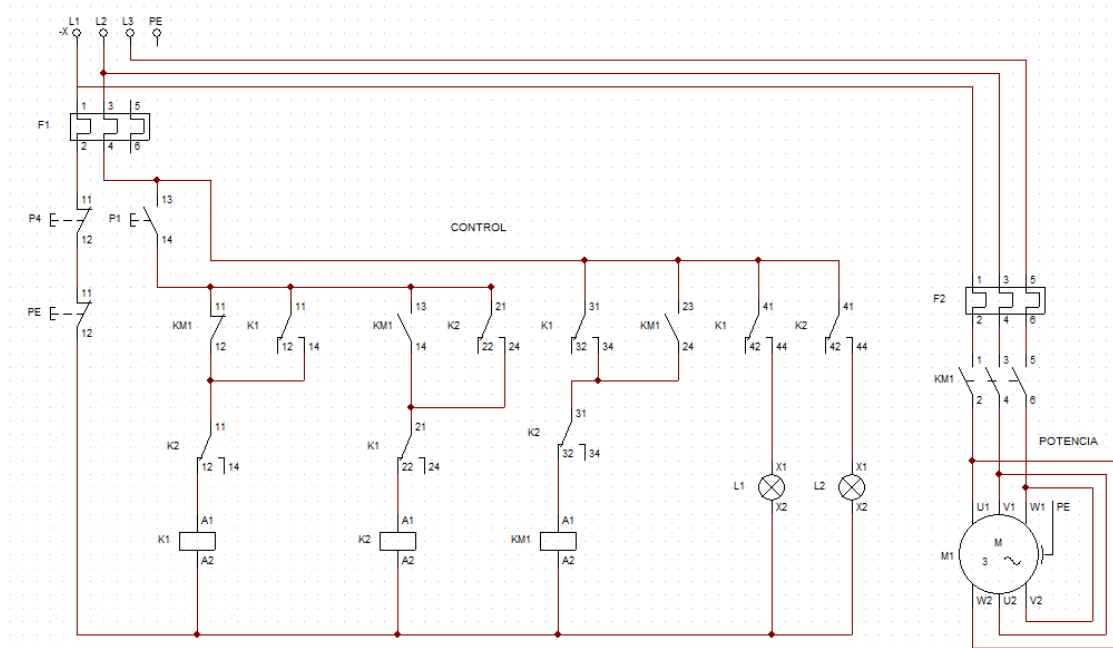


Figura 3.4 Mando alternado.

Protecciones eléctricas

Para el dimensionamiento de las protecciones eléctricas es necesario un análisis de las cargas del laboratorio LTI-IE de la ESFOT. Este laboratorio dispone de cargas como motores, tomacorrientes, cargas especiales y luminarias. Para el dimensionamiento se asumió un factor de seguridad del 125% ya que, el módulo se diseñó para operar cargas industriales y un factor de seguridad del 120% para operar cargas que son usadas a nivel residencial, ya que, los equipos de control y maniobra se usaron a su máxima capacidad [2].

Con las consideraciones mencionadas anteriormente se determinó la corriente nominal y corriente del cable de cada carga con las siguientes ecuaciones:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} * V * F_p}$$

Ecuación 3.1 Determinación de corriente nominal para cargas trifásicas.

Donde:

I_n : Corriente nominal (A)

P: Potencia (P)

V: Voltaje (V)

F_p : Factor de potencia (%)

$$I_c = I_n * 1.25$$

Ecuación 3.2 Determinación de corriente del cable.

Donde:

I_c : Corriente del cable (A)

Usando la **Ecuación 3.1** y la **Ecuación 3.2** respectivamente se obtiene:

Tabla 3.2 Corrientes de las cargas que dispone el laboratorio LTI-IE de la ESFOT.

Carga	I_n (A)	I_c (A)
Motor 1	2.06	2.57
Motor 2	2.06	2.57
Tomacorrientes	1.61	2.01
Carga especial	0.28	0.34
Luminarias	0.45	0.57
Total aproximado	6.27	7.83

Con los datos de la **Tabla 3.2** se seleccionó un cable de calibre AWG 18, con un área de $1.13 \text{ (mm}^2\text{)}$, que soporta corrientes de 10 (A), tipo flexible para evitar incomodidad durante la instalación, facilitando la transmisión de corriente en la sección de control.

Los colores seleccionados corresponden al rojo y negro ya que, se trabaja con fases y neutro para la instalación de mandos básicos; además, los cables poseen aislamiento termoplástico, soporte de temperatura de $90 \text{ }^\circ\text{C}$ y cubierta de Nylon, teniendo un aislamiento THHN.

Para la sección de potencia y selección de protecciones se sumaron todas las corrientes de las cargas teniendo como resultado 7.83 (A), seleccionando un cable de calibre AWG 12, con un área de $4.52 \text{ (mm}^2\text{)}$, que soporta corrientes de 25 (A).

Con el fin de reducir daños en la sección de control, en el caso de existir problemas como sobrecargas, sobretensiones o cortocircuitos ocasionados por estudiantes, la selección de interruptores diferenciales se basa en factores como: tipo de curva, soporte de corrientes mayores a 7.83 (A) y el número de polos.

Estos dispositivos están destinados a proteger circuitos residenciales como tomacorrientes y luminarias, e industriales como arranque de motores, por lo tanto, el tipo de curva que cumple con estas especificaciones corresponde a una de tipo C, como se indica en la Fig. 3.5.

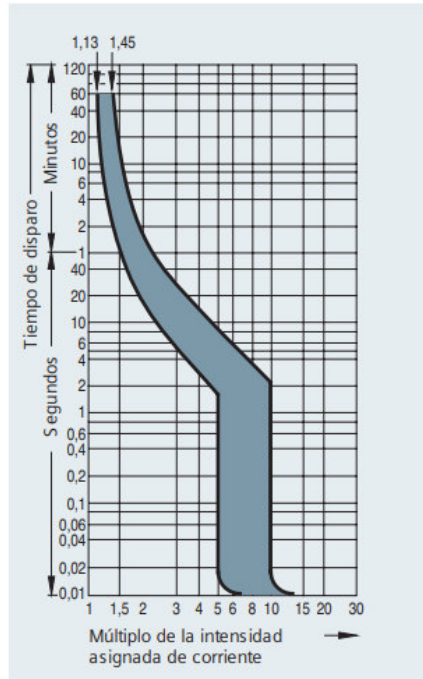


Figura 3.5 Curva tipo C [3].

Por lo tanto, se seleccionaron interruptores termomagnéticos C10 de 1, 2 y 3 polos.



Figura 3.6 Interruptores termomagnéticos.

Dimensionamiento del gabinete

El tamaño del gabinete se dimensionó con base en un área estimada de 6 interruptores termomagnéticos con dimensiones de 52 x 90 (mm).

Con el área estimada se trabajó con la siguiente ecuación:

$$A_t = \left(\frac{A_1}{0.6} \right)$$

Ecuación 3.3 Determinación de área del gabinete.

Donde:

A_t : Área estimada del gabinete (mm^2).

A_1 : Área estimada de los 6 interruptores termomagnéticos (mm^2).

0.6: Porcentaje de espacio ocupado.

Usando la **Ecuación 3.3** se obtuvo:

$$A_t = 46\,800 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Sin embargo, no se pudo encontrar un gabinete con esa área debido a que comercialmente no se fabrica. Para la aplicación en un futuro de los 4 circuitos planteados, que resulta de un área necesaria de 187200 (mm^2), se optó por adquirir un gabinete de 240 000 (mm^2) con dimensiones de 600 x 400 x 200 (mm) por facilidad de tiempo de adquisición y costo.



Figura 3.7 Gabinete eléctrico.

Distribución de los orificios en la tapa

En la puerta del gabinete constan 9 orificios para 3 pulsadores verdes NA, 3 pulsadores rojos NC, 1 paro de emergencia tipo hongo, 1 lámpara verde y 1 lámpara roja respectivamente; con un diámetro estándar de 22 (mm) como se indica en la normativa IEC/EN 60947-5-1 [4].

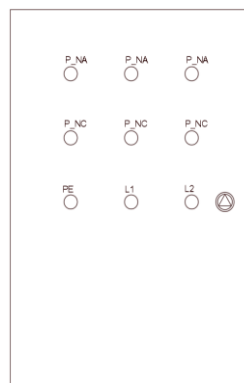


Figura 3.8 Perforaciones para la tapa del gabinete eléctrico.



Figura 3.9 Vista frontal del gabinete eléctrico.

3.2 Diseño de los elementos del tablero

El módulo opera cargas tanto industriales como residenciales, por lo que, el dimensionamiento se basó en cargas de mayor potencia que dispone el laboratorio LTI-IE de la ESFOT.

Dimensionamiento y selección de dispositivos de control.

Los equipos a continuación se rigen bajo los siguientes criterios:

Relé

Voltaje: 220 (V)

Corriente: 6 (A)

Terminales: 14



Figura 3.10 Relé.

Contactor

Tabla 3.3 Clasificación de contactores según su utilidad [5].

Categoría	Aplicaciones
AC-1	Para conmutaciones de receptores alimentados en corriente alterna y con un $\cos \varphi \geq 0,95$.
AC-2	Para arranques, frenado a contracorriente y funcionamiento por sacudidas de los motores de anillos.
AC-3	Para arranques de los motores de jaula, con corte del motor lanzado.
AC-4	Condiciones extremas, grúas, ascensores, se necesita impulsos grandes.

Debido a que el laboratorio LTI-IE de la ESFOT dispone de cargas como motores de 1 (HP) con un factor de potencia de 0.95, se seleccionó un contactor con las siguientes características:

Tabla 3.4 Características del contactor seleccionado.

Descripción	Categoría	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Numero de polos
Contactor	AC-1	745	220	10	1	3



Figura 3.11 Contactor trifásico de 1 (HP).

Sin embargo, mandos como el alternado necesitan de contactos NC, por lo que, se acopló un bloque de contactos auxiliares con 2 contactos NA, 2 contactos NC de montaje frontal.



Figura 3.12 Bloque de contactos auxiliares.

Con base en las corrientes proporcionadas por la **Tabla 3.2** y el dimensionamiento de protecciones se seleccionaron los siguientes equipos:

Tabla 3.5 Equipos implementados en el módulo 4.

Descripción	Voltaje (V)	Corriente (A)	Cantidad	Numero de polos	Endurancia mecánica
Interruptor termomagnético trifásico	220	10	1	3	
Interruptor termomagnético trifásico	220	6	1	3	
Interruptor termomagnético bifásico	220	10	1	2	
Interruptor termomagnético monofásico	110	6	1	1	
Contactador trifásico	220	7	1	3	
Bloque de contactos auxiliares 2NA + 2NC	220	7	1		
Relé	220	6	2		
Pulsadores NA	220	10	3		10 000 000
Pulsadores NC	220	10	3		10 000 000
Paro de emergencia	220		1		
Cable AWG 18 GPT-TW ultra flexible	220	10	30 (m)		
Cable AWG 12 THHN	220	25	20 (m)		
Luz piloto verde	220	6	1		
Luz piloto roja	220	6	1		
Bornera	220	25	4		
Bornera	220	30	5		



Figura 3.13 Configuración jerárquica de los dispositivos de control y maniobra.

3.3 Pruebas y Análisis de Resultados

Al armar los mandos piloto, memorizado, interbloqueado y alternado fue necesaria la verificación del cableado antes y después de la puesta en marcha, por lo que, se realizaron las siguientes pruebas:

Pruebas de continuidad

Con los circuitos mostrados en las figuras 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 se procedió a verificar el correcto montaje de las conexiones con el multímetro en función de continuidad, desde la alimentación hasta la sección de control para cada línea de alimentación, como se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 3.6 Prueba de continuidad para mando piloto.

Continuidad				
Sección		RS	ST	TR
Alimentador		OK	OK	OK
Interruptor termomagnético C10 (3 polos)		OK	NA	NA
Interruptor termomagnético C6 (3 polos)		OK	OK	OK
C. Control	Bobina del contactor	OK	NA	NA
	Pulsador 1 (NA)	OK	NA	NA
	Pulsador 4 (NC)	NA	OK	NA
	Paro de emergencia	NA	OK	NA
C. Potencia	Interruptor termomagnético C6 (3 polos)	OK	OK	OK
	Contactor	OK	OK	OK

Tabla 3.7 Prueba de continuidad para mando memorizado.

Continuidad				
Sección	RS	ST	TR	
Alimentador	OK	OK	OK	
Interruptor termomagnético C10 (3 polos)	OK	NA	NA	
Interruptor termomagnético C6 (3 polos)	OK	OK	OK	
C. Control	Bobina del contactor	OK	NA	NA
	Pulsador 1 (NA)	OK	NA	NA
	Pulsador 4 (NC)	NA	OK	NA
	Paro de emergencia	NA	OK	NA
C. Potencia	Interruptor termomagnético C6 (3 polos)	OK	OK	OK
	Contactor	OK	OK	OK

Tabla 3.8 Prueba de continuidad para mando interbloqueado.

Alimentación				
Sección	RS	ST	TR	
Alimentador	OK	OK	OK	
Interruptor termomagnético C10 (3 polos)	OK	NA	NA	
Control	Relé 1	OK	NA	NA
	Relé 2	OK	NA	NA
	Pulsador 1 (NA)	OK	NA	NA
	Pulsador 2 (NA)	OK	NA	NA
	Pulsador 4 (NC)	NA	OK	NA
	Paro de emergencia	NA	OK	NA
Potencia	Taladro de pedestal	RN	SN	TN
		OK	NA	NA
	Cargador de celular	OK	NA	NA

Tabla 3.9 Prueba de continuidad para mando alternado.

Continuidad				
Sección	RS	ST	TR	
Alimentador	OK	OK	OK	
Interruptor termomagnético C10 (3 polos)	OK	NA	NA	
Interruptor termomagnético C6 (3 polos)	OK	OK	OK	
C. Control	Bobina del contactor	OK	NA	NA
	Relé 1	OK	NA	NA
	Relé 2	OK	NA	NA
	Pulsador 1 (NA)	OK	NA	NA
	Pulsador 2 (NA)	OK	NA	NA
	Pulsador 4 (NC)	NA	OK	NA
	Paro de emergencia	NA	OK	NA
C. Potencia	Interruptor termomagnético C6 (3 polos)	OK	OK	OK
	Contactador	OK	OK	OK

Pruebas de voltaje

Después de verificar que las conexiones de los 4 circuitos correspondieran a las de los diagramas, se alimentaron a las protecciones termomagnéticas para confirmar que no existiera un cortocircuito, además, con el multímetro en función de voltímetro en un rango mayor a 220 (V); se midió el voltaje en cada línea de las protecciones termomagnéticas, dispositivos de control y maniobra, como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 3.10 Prueba de voltaje para mando piloto.

Alimentación				
Sección	RS	ST	TR	
Alimentador	217.5	NA	NA	
Interruptor termomagnético C10(3 polos)	217.3	NA	NA	
Interruptor termomagnético C6 (3 polos)	217.3	217.3	217.3	
C. Control	Bobina de contactor	216.2	NA	NA
	Pulsador 1 (NA)	216.2	NA	NA
	Pulsador 4 (NC)	0	NA	NA
	Paro de emergencia	0	NA	NA
C. Potencia	Interruptor termomagnético C6 (3 polos)	217.7	217.9	218.5
	Contactor	216.3	217.8	218.3

Tabla 3.11 Prueba de voltaje para mando memorizado.

Alimentación				
Sección	RS	ST	TR	
Alimentador	217.7	NA	NA	
Interruptor termomagnético C10 (3 polos)	217.5	NA	NA	
Interruptor termomagnético C6 (3 polos)	217.5	217.5	217.5	
C. Control	Bobina de contactor	216.8	NA	NA
	Pulsador 1 (NA)	218.4	NA	NA
	Pulsador 4 (NC)	0	NA	NA
	Paro de emergencia	0	NA	NA
C. Potencia	Interruptor termomagnético C6 (3 polos)	217.7	218.8	219.3
	Contactor	217.2	218.7	219.9

Tabla 3.12 Prueba de voltaje para mando interbloqueado.

Alimentación				
Sección		RS	ST	TR
Alimentador		211.1	NA	NA
Interruptor termomagnético C10 (3 polos)		210.7	NA	NA
Interruptor termomagnético C6 (3 polos)		210.7	210.7	210.7
C. Control	Relé 1	210.9	NA	NA
	Relé 2	211.1	NA	NA
	Pulsador 1 (NA)	210.5	NA	NA
	Pulsador 2 (NA)	210.3	NA	NA
	Pulsador 4 (NC)	0	NA	NA
	Paro de emergencia	0	NA	NA
C. Potencia	Taladro de pedestal	RN	SN	TN
		124.3	NA	NA
	Cargador de celular	126.5	NA	NA

Tabla 3.13 Prueba de voltaje para mando alternado.

Alimentación				
Sección		RS	ST	TR
Alimentador		213.7	213.7	214.7
Interruptor termomagnético C10 (2 polos)		213.5	213.5	213.5
Interruptor termomagnético C6 (2 polos)		213.5	213.5	213.5
C. Control	Bobina de contactor	211.9	NA	NA
	Relé 1	214	NA	NA
	Relé 2	214.2	NA	NA
	Pulsador 1 (NA)	214	NA	NA
	Pulsador 4 (NC)	0	NA	NA
	Paro de emergencia	0	NA	NA
C. Potencia	Interruptor termomagnético C6 (2 polos)	214.6	215.1	216.7
	Contactor	213.9	214.2	216.2

Pruebas de protecciones térmicas (sobrecargas a los termomagnéticos)

En estas pruebas se verificó que las protecciones térmicas de los interruptores termomagnéticos estén funcionales, por lo que, se llegó a obtener una corriente cercana a la de cortocircuito por medio de la conexión de resistencias de 1 (Ω) a la protección termomagnética; obteniendo de forma teórica una corriente equivalente al voltaje aplicado a esa resistencia, provocando el salto de la protección termomagnética de forma instantánea.

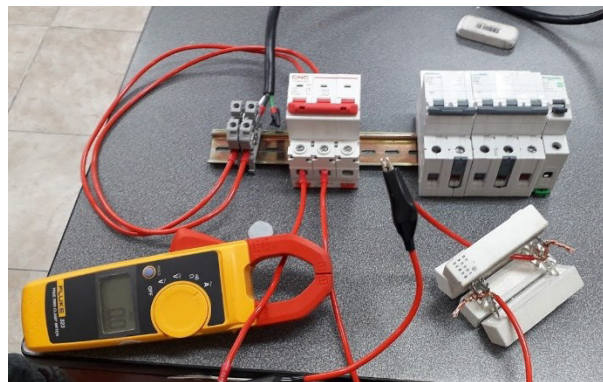


Figura 3.14 Circuito para probar la protección termomagnética.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las pruebas realizadas a las protecciones termomagnéticas:

Tabla 3.14 Prueba de cortocircuito de protecciones termomagnéticas.

Marca	Polos	Curva	Corriente (A)	Prueba de cortocircuito
SCHNEIDER	1	C	10	OK
SIEMENS	2	C	10	OK
SIEMENS	3	C	10	OK
CNC	3	C	6	OK

3.1 Manual de Uso y Mantenimiento

En el primer video se muestra el manual de uso y mantenimiento del módulo de entrenamiento N° 4. Además, en el segundo video se presentan las pruebas de funcionamiento de los mandos mencionados anteriormente y, las pruebas de las protecciones termomagnéticas ante cortocircuitos.



Figura 3.15 Código QR del enlace al video del manual de uso y mantenimiento.

Enlace: <https://youtu.be/2FNI9fueZnK>



Figura 3.16 Código QR del enlace al video de las pruebas de funcionamiento del tablero de control y las protecciones termomagnéticas.

Enlace: https://youtu.be/NaEYWw_t0dE

4 CONCLUSIONES

Para el dimensionamiento de los cables se utilizó las consideraciones de la NEC, en donde se establece un sobredimensionamiento del valor de la corriente del 125%; por lo tanto, se tienen los cables de calibre AWG 12 para la sección de potencia y calibre AWG 18 para la sección de control.

La corriente del contactor seleccionado es de 7 (A), debido a que, debe poseer una corriente de maniobra superior a la de la protección seleccionada correspondiente a 6 (A).

Las borneras del calibre exacto para los cables de alimentación del tablero de control presentaron daños considerables en su zona de ajuste debido a que se aislaron, por lo que, se implementaron borneras de mejor calidad y para un calibre de cable AWG 10. Las cuales proporcionan un mejor agarre en su zona de ajuste.

El mecanismo del paro de emergencia utilizado en el proyecto es uno distinto al que se utiliza generalmente, debido a que, este ejerce una presión de expulsión para su reseteo, siendo una razón de su estructura rígida. Esto ayuda a los estudiantes a conocer sobre la diversidad de diseño que tienen estos dispositivos.

Los pulsadores, las luces piloto y el paro de emergencia se encuentran bajo la normativa IEC/EN 60947-5-1; por lo tanto, tienen un diámetro estándar del orificio de 22 (mm) para ser sujetos en la puerta del gabinete.

Se implementaron los pulsadores de la línea SIRIUS de la marca SIEMENS, los cuales vienen por defecto con un bloque de contacto NA para los pulsadores de color verde y, un bloque de contacto NC para los pulsadores de color rojo; con la opción de acoplar bloques de contactos adicionales ya sean NC o NA independientemente de la normativa IEC/EN 60947-5-1.

El relé y el contactor cumplen con el mismo principio de funcionamiento, sin embargo, el contactor es más robusto porque está destinado a operar cargas como motores de CA; en comparación al relé que se desempeña en la sección de control del presente proyecto.

Mandos como el alternado necesitan de contactos NC, por lo que, se acoplo un bloque de contactos auxiliares de montaje frontal con contactos NC, ya que, el contactor seleccionado no dispone de un contacto auxiliar NC.

Para comprobar el estado de las protecciones termomagnéticas se necesitó una corriente ideal de 4 veces mayor a la nominal, por lo que, se acoplaron resistencias de potencia de 1 (Ω) para obtener una corriente de cortocircuito aproximada a la necesaria logrando un salto instantáneo de la protección termomagnética.

Tras realizar la prueba de cortocircuito en las protecciones termomagnéticas el salto se dio en los interruptores termomagnéticos C10 y C16 instantáneamente, debido a que, en sus curvas la corriente de cortocircuito se daba en el mismo instante de tiempo.

5 RECOMENDACIONES

Seleccionar borneras de una sección transversal mayor a la del cable seleccionado y, verificar que la zona de ajuste proporcione un buen agarre del cable, por ejemplo, el cable usado es el AWG 12, mientras que la bornera usada es para un cable AWG 10. Esto permite derivar hasta 2 cables mediante una misma bornera.

Antes de adquirir el gabinete, se debe analizar el tamaño y separación de cada uno de los elementos que se ubicarán internamente, sobre todo para evitar el contacto de los elementos que se colocaron en la puerta del gabinete y los elementos que están en la parte interior.

Verificar que, el tamaño de los terminales eléctricos a implementar sean de tipo punta, de tipo U o de tipo plano, puesto que, deben encajar fácilmente en los dispositivos de control, maniobra y protecciones respectivamente.

Realizar el montaje de los circuitos dentro del gabinete, puesto que, los pulsadores no se pueden desmontar de la tapa y, presentaría dificultad para montar el circuito dentro del gabinete.

Verificar que, las conexiones de los circuitos concuerden con las conexiones de los planos eléctricos con pruebas de continuidad, antes de conectar la alimentación.

Usar guantes con recubrimiento de caucho clase 00, bajo la normativa IEC 60417-5216 antes de conectar la alimentación.

Desactivar las protecciones y desconectar la alimentación respectivamente, antes de verificar conexiones cuando el circuito presente fallas durante su funcionamiento.

Realizar una limpieza del gabinete antes de empezar con el montaje de algún circuito, de esta manera se evitará cortocircuitos generados por residuos de material conductor.

Revisar la guía de usuario y mantenimiento en el código QR de este documento, en donde se detalla la utilización correcta de los dispositivos de control, maniobra y protecciones.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Luis Aníbal Escobar López y Ángel Josué Vaca Lara, “Implementación de un tablero general para el laboratorio de tecnología industrial.” https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21778/1/CD_11273.pdf.
- [2] Ing. Adrián David Sandoya Unamuno, Arq. Leonel Chica Martínez, Arq. Gustavo Raúl Ordoñez, and Arq. Jenny Lorena Arias Zambrano, “Norma Ecuatoriana de la Construcción,” 2018. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>.
- [3] siemens, “Guía técnica para el instalador electricista,” 2020. [Online]. Available: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:23062c85-cd7b-4373-b4e4-1749bcd83854/version:1590152769/manual-del-instalador-2020-sentron-12.pdf>.
- [4] I. J. L. P. (presidente) *et al.*, “APARAMENTA DE BAJA TENSIÓN. PARTE 5-1: APARATOS Y ELEMENTOS DE CONMUTACIÓN PARA CIRCUITOS DE MANDO - APARATOS ELECTROMECÁNICOS PARA CIRCUITOS DE MANDO (IEC 60947-5-1:2003, IDT),” 2013. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_IEC_60947_5_1.pdf.
- [5] Birthlh, “Dispositivos de control y protección de potencia.,” 2020. https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/AI/AI03/es_IEA_AI03_Contenidos/website_34_categoras_de_empleo_de_contactores_para_automatismos_elctricos.html.

7 ANEXOS

ANEXO I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin.

ANEXO II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración Curricular.

ANEXO III. Planos eléctricos para mando piloto y mando memorizado.

ANEXO IV. Planos eléctricos para mando interbloqueado y mando alternado.

ANEXO I. REPORTE DE SIMILITUD GENERADO POR TURNITIN

DMQ, 22 de enero de 2022

Yo, Abraham Ismael Loja Romero, como Director del presente Trabajo de Integración Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

Fecha de entrega: 27-ene-2022 05:21p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1749562736

Nombre del archivo: Trabajo_UIC_Ger_Asipuela_vturniting.docx (739.53K)

Total de palabras: 4583

Total de caracteres: 23991

IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO 4 EN ARMADO DE TABLEROS ELÉCTRICOS PARA EL LTI-IE ESFOT

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	ikastaroak.ulhi.net Fuente de Internet	1%
11	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1%

Excluir citas Apagado Excluir coincidencias Apagado
Excluir bibliografía Apagado



Firmado electrónicamente por:
**ABRAHAM
ISMAEL LOJA
ROMERO**

DIRECTOR

Ing. Abraham Ismael Loja Romero., Msc.

ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DMQ, 05 de enero de 2022

Yo, Abraham Ismael Loja Romero, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de implementación del Módulo de entrenamiento 4 en armado de tableros eléctricos para el LTI-IE, el cual fue implementado por el estudiante Saúl Esteban Ger Asipuela.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios de la ESFOT puedan usar el módulo de entrenamiento con seguridad para los equipos y las personas.



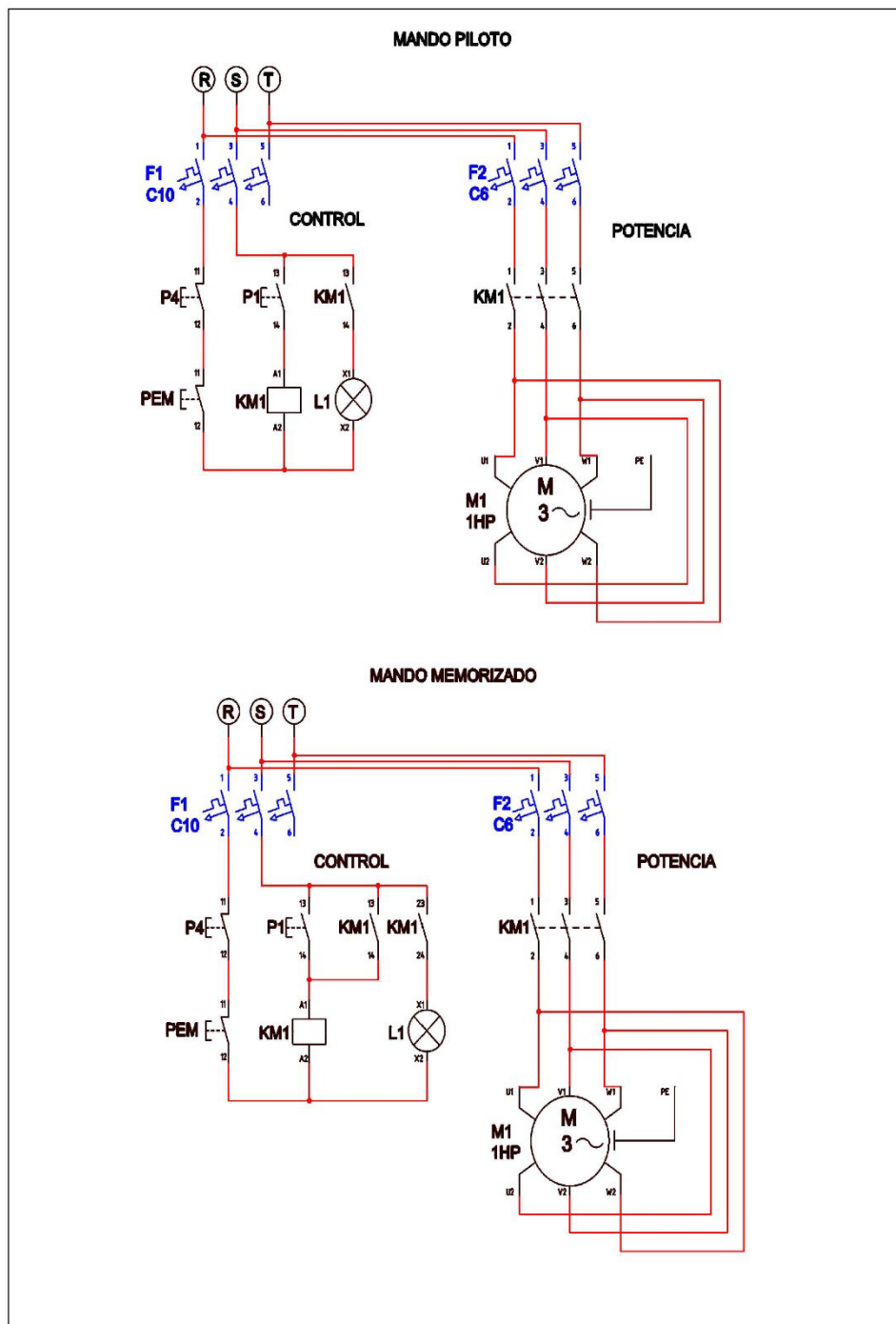
DIRECTOR

Ing. Abraham Ismael Loja Romero., Msc.

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 23 | Oficina 3

Correo: abraham.loja@epn.edu.ec | **Ext:** 2726

ANEXO III. PLANOS ELÉCTRICOS PARA MANDO PILOTO Y MANDO MEMORIZADO.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

MANDO PILOTO MANDO MEMORIZADO	TRATAMIENTO TÉRMICO: N/A	MATERIAL: N/A
	ESCALA: 1:1	FORMATO:
DISEÑADO POR: GER ASIPUELA SAÚL ESTEBAN	FECHA: 2022/01/05	DIBUJO N°: 1

ANEXO IV. PLANOS ELÉCTRICOS PARA MANDO INTERBLOQUEADO Y MANDO ALTERNADO.

