

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **IMPLEMENTACIÓN DE 3 MÓDULOS DE TRABAJO PARA EL ÁREA DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA (LTEE-ESFOT)**

#### **3 MÓDULOS DE TRABAJO PARA EL LABORATORIO**

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

**FABRICIO DANIEL GUALOTO LINCANGO**

**DIRECTOR: PABLO ANDRÉS PROAÑO CHAMORRO**

**DMQ, Enero 2022**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, GUALOTO LINCANGO FABRICIO DANIEL con CI: 1726564196 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.



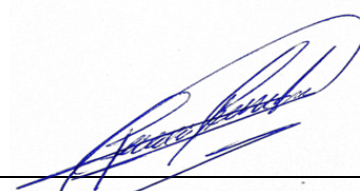
---

**FABRICIO DANIEL GUALOTO LINCANGO**

**fabricio.gualoto@epn.edu.ec**

**dan\_ske94@yahoo.es**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Sr. Gualoto Lincango Fabricio Daniel, bajo mi supervisión.



---

**Pablo Andrés Proaño Chamorro**  
**DIRECTOR**

**pablo.proano@epn.edu.ec**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos 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 nos corresponde a los autores que hemos 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.

Fabricio Daniel Gualoto Lincango

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de titulación lo dedico a la Escuela de Formación de Tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional y a los docentes que han sido una guía en todo mi proceso de superación académica, este documento va orientado a estudiantes de carreras relacionadas a temas como instalaciones eléctricas de media y baja tensión, domiciliaria o de taller, con el fin de que puedan realizar prácticas en el laboratorio.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por su esfuerzo, dedicación y paciencia que me han dado a lo largo de la carrera, sobre todo por su comprensión y consejos que supieron guiarme por un buen camino y no me hicieron caer en tiempos difíciles.

A mis hermanas por ser un pilar fundamental de superación, ya que ellas ven en mí un ejemplo como hermano mayor.

A mis familiares y amigos que me han acompañado en todo este proceso de completar una carrera universitaria y han sido un apoyo condicional.

Por último, agradezco a los docentes que han sido parte de mi proceso formativo como un profesional tecnólogo electromecánico, ya que supieron impartir su conocimiento en las diferentes aulas de la ESFOT.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo General.....	1
1.2 Objetivos Específicos .....	1
1.3 Alcance .....	2
1.4 Marco teórico .....	2
Normas NEC de Instalaciones Eléctricas.....	2
Normas NEC de Instalaciones Electromecánicas.....	3
Revisión Bibliográfica de Trabajos Similares .....	3
2 METODOLOGÍA.....	4
2.1 Estudio de requerimientos y estado del sistema .....	4
Elementos de los módulos en las mesas de trabajo.....	6
2.2 Implementación del sistema eléctrico del módulo. ....	10
Dimensionamiento de cables.....	10
Dimensionamiento de protecciones.....	16
Diseño del sistema de control y señalización.....	18
2.3 Implementación de los módulos de trabajo.....	21
Diseño de los módulos de trabajo .....	21
Diseño de montaje del sistema.....	22
Instalación de los módulos en las mesas de trabajo.....	23
2.4 Manual de mantenimiento .....	27

Introducción .....	27
Plan de mantenimiento .....	27
3 RESULTADOS .....	29
3.1 Pruebas y Análisis de Resultados .....	32
Prueba de continuidad .....	32
Prueba de voltajes en vacío.....	33
Prueba de accionamiento y cortocircuito.....	34
Caída de tensión .....	36
4 CONCLUSIONES.....	38
5 RECOMENDACIONES .....	40
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
7 ANEXOS.....	43
Anexo I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin .....	44
Anexo II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración curricular .....	45
Anexo III. Diagrama de alimentación .....	46
Anexo IV: Diagrama de control y potencia.....	47
Anexo V: Diagrama unifilar.....	48
Anexo VI: Diseño y medidas de la caja del módulo. ....	49
Anexo VII: Diagrama de montaje .....	50

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación consiste en la implementación de 3 módulos de trabajo para el área de electrónica de potencia del laboratorio de tecnología eléctrica y electrónica (LTEE-ESFOT), con el fin de beneficiar a los estudiantes al momento de realizar prácticas relacionadas con temas afines a la electrónica de potencia y electricidad básica de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica (TSEM). Para lo cual se debe realizar el dimensionamiento de cables y protecciones, además, una evaluación de gastos dependiendo del material a usar según las características del área de trabajo del laboratorio.

A continuación, se detallan los capítulos del presente documento:

El capítulo uno muestra la descripción del componente, donde se encuentran los objetivos planteados para la implementación del proyecto, además, se resume el alcance y un marco teórico donde se presentan las normas y repositorios usados.

En el capítulo dos, se encuentra la descripción de la metodología usada en este proyecto, se detalla las actividades realizadas para cumplir con los objetivos, se presenta el estudio de requerimientos, estudio de carga, dimensionamiento de cables y protecciones, diseño del control, señalización, montaje de los módulos en las diferentes mesas de trabajo y la instalación eléctrica. Incluye el manual de uso y mantenimiento de los módulos.

En el capítulo tres de pruebas y análisis de resultados, se presenta el proyecto terminado, con sus respectivas pruebas para comprobar su funcionamiento.

Por último, en los dos últimos capítulos se encuentran las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron al realizar el presente proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** Instalaciones, protecciones, dimensionamiento, control, laboratorio.



## ABSTRACT

This study project consists of the implementation of 3 work modules for the field of power electronics of the Laboratory of Electrical and Electronic Engineering (LTEE-ESFOT) to benefit students in the implementation of internships on topics of power electronics and basic electrics of Higher Technology in Electromechanics (TSEM) career. For which the dimensioning of cables and protective devices must be carried out, in addition, a cost estimate must be made depending on the material to be used according to the specifics of the laboratory workspace.

The chapters of this document are listed below:

Chapter one shows the description of the component, where to find the set goals for the implementation of the project, it also summarizes the scope and a theoretical framework where the standards and repositories used are presented.

In chapter two there is a description of the methodology used in this project, the activities carried out to achieve the objectives are described in detail, the requirements and the status of the laboratory are also examined, the cable sizing and the protective measures are presented. Control design, signaling, modules mounted on the various worktables and the electrical installation. It contains the instructions for use and maintenance of the modules.

In Chapter Three of Tests and Analysis of Results, the completed project is presented with the appropriate tests to verify its operation.

Finally, in the last two chapters, the conclusions and recommendations obtained during the implementation of this project are listed.

**KEYWORDS:** installations, protections, sizing, control, laboratory.

# **1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO**

El área de electrónica de potencia del laboratorio de tecnología eléctrica y electrónica (LTEE-ESFOT) no cuenta con protecciones eléctricas en sus mesas de trabajo, lo que pone en riesgo a los estudiantes al realizar sus actividades relacionadas con las prácticas de laboratorio. Además, las mesas no poseen dispositivos de maniobra para controlar la energía que va desde la caja de interruptores termo-magnéticos hacia las mesas, no existen dispositivos de protección que ayuden a prevenir sobrecargas o cortocircuitos de forma individual en cada estación de trabajo.

Bajo este contexto, es imprescindible que el laboratorio cuente con elementos de maniobra y seguridad que tengan un funcionamiento eficiente para que los estudiantes puedan obtener un resultado seguro en los proyectos y prácticas que realicen en las mesas. Además, al contar con materiales de medición delicados es importante tener dispositivos que protejan a estos instrumentos.

La parte entregable del proyecto consiste en la implementación de 3 módulos en las mesas de trabajo para el área de Electrónica de Potencia del Laboratorio (LTEE-ESFOT), los cuales permitirán la conexión de equipos de medición, generador de señales y fuentes de voltaje, además, se instaló protecciones eléctricas, un sistema de señalización, paro de emergencia y un tomacorriente aterrizado a tierra con puertos USB para alimentación de dispositivos electrónicos y cuenta con un manual de uso y mantenimiento preventivo.

## **1.1 Objetivo General**

Implementar 3 módulos de trabajo para el área de Electrónica de Potencia del Laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrónica (LTEE-ESFOT).

## **1.2 Objetivos Específicos**

1. Realizar un estudio de carga y requerimientos del sistema.
2. Implementar el sistema eléctrico del módulo.
3. Implementar los módulos de trabajo
4. Realizar un manual de uso y mantenimiento del sistema.

### **1.3 Alcance**

Se realizó la implementación de 3 módulos en las mesas de trabajo que suministran la energía y dan paso al funcionamiento de las diferentes cargas a las cuales estará sometidas las mesas de trabajo. Se dimensionó los cables y las protecciones eléctricas que están instalados, esto en base a la norma NEC en instalaciones eléctricas e instalaciones electromecánicas.

Estos módulos están elaborados con material de madera aglomerada y colocados a una esquina de cada una de las mesas de trabajo, donde se instalaron los siguientes componentes:

- 1 tomacorrientes simple con conexión a tierra.
- 2 tomacorrientes dobles sin conexión a tierra.
- 1 tomacorriente mixto tipo USB de 5 ( $V_{DC}$ ).
- 1 luz piloto verde indicador de voltaje.
- 1 luz piloto roja indicador de corriente.
- 1 pulsador de paro en conjunto con la conexión del sistema de control de tablero de distribución.
- 1 interruptor termo-magnético dimensionado a partir del estudio de carga.

### **1.4 Marco teórico**

#### **Normas NEC de Instalaciones Eléctricas.**

A través de un decreto ejecutivo promovido por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), constituyen una normativa que es un requerimiento obligatorio en todos los procesos constructivos, la cual aporta una seguridad y prevención, esta normativa está alineada al eje de Servicios Básicos, la cual establece especificaciones técnicas y requisitos que deben cumplirse al momento de diseñar e implementar las instalaciones eléctricas de uso residencial.[1]

Esta normativa fue desarrollada con la ayuda del personal calificado de ministerios y entidades públicas y privadas en el año 2001 con una actualización en el año 2018.

Los temas usados de la norma fueron:

- Factores de demanda para tomacorrientes.
- Circuitos de tomacorrientes.
- Calibre de conductor y capacidad de corriente.

- Aspectos para la instalación de tomacorrientes.
- Aspectos para la instalación de conductores.

### **Normas NEC de Instalaciones Electromecánicas**

Para la realización de esta normativa se ha tomado en cuenta varios puntos de normas, documentos y códigos nacionales e internacionales. Esta norma es aplicada en edificaciones de tipo residencial y comercial cuyas instalaciones eléctricas no sobrepasen los 600 (V). Este documento pertenece a un capítulo de una normativa extensa de construcción en general, el capítulo 15, la cual fue creada en el año 2011 y actualizada en el año 2013.[2]

Los temas usados de la norma fueron:

- Protecciones de bajo voltaje.
- Canalizaciones en circuitos derivados
- Materiales y sistemas de canalización.
- Conductores para instalaciones.
- Instalación de tomacorrientes.
- Código de colores para instalaciones eléctricas.

### **Revisión Bibliográfica de Trabajos Similares**

Los trabajos revisados fueron los siguientes:

“ELABORACIÓN DE 6 MÓDULOS DE BAJA TENSIÓN PARA EL LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS-ESFOT”, elaborado por Carlos Andrade y Byron Escorza. De este tema se revisó el dimensionamiento de los elementos eléctricos y las pruebas realizadas a los módulos de trabajo.[3]

“CONSTRUCCIÓN DE 4 MESAS DE TRABAJO PARA EL ÁREA DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL”, elaborado por Lenin Fabrizio Maila Criollo. De este tema se revisó la estructura de los módulos y conexión eléctrica.[4]

“IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE CONTROL PARA EL LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL”, elaborado por Andrés Arregui e Israel Bastidas. De este tema se revisó la conexión eléctrica del tablero de control hacia los módulos de trabajo y diseño de diagramas.[5]

## 2 METODOLOGÍA

Para la realización de este proyecto se ha hecho un enfoque cuantitativo ya que, al realizar la implementación de los módulos en las mesas de trabajo, se tomó en cuenta características de las diferentes cargas que se conectarán en los módulos, se realizó un estudio, se dimensionó protecciones y elementos eléctricos, en base a normativas y criterios técnicos.

Este trabajo es de tipo experimental ya que se ha hecho un estudio de los problemas que presentaba el laboratorio al momento de realizar prácticas y se ha usado conocimientos y normativas establecidas para resolverlos.

Para alcanzar los objetivos planteados se realizaron las siguientes actividades

### 2.1 Estudio de requerimientos y estado del sistema

En las mesas de trabajo se estima que se conectarán las siguientes cargas:

- Fuente de poder DC Sencilla de 420 (W).



Figura 2.1 Fuente de poder DC sencilla.

- Osciloscopio digital de 30 (W).



Figura 2.2 Osciloscopio digital.

- Generador de señales AC de 17 (W).



**Figura 2.3** Generador de señales AC.

- Focos incandescentes de 60 (W)



**Figura 2.4** Foco incandescente.

- Computadoras portátiles de 40 (W).



**Figura 2.5** Computadora portátil.

Se ha proyectado todas las cargas posibles que pueden ir conectadas a la mesa de trabajo, en el caso de hacer uso de todos los tomacorrientes que se van a instalar en el módulo de una mesa.

La Tabla 2.1 muestra una recopilación de las posibles cargas.

**Tabla 2.1** Cargas posibles en las mesas de trabajo.

Carga	Cantidad	Potencia (W)
Osciloscopio	1	30
Generador de señales	1	17
Ordenador	1	40
Carga de potencia (focos)	3	60
Fuentes de voltaje	1	420

Se suma la potencia de todas las cargas posibles y se obtiene 687 (W), se considera un factor de reserva del 10% como criterio técnico y se obtiene una potencia de 755,7 (W) de consumo para cada mesa.

### Elementos de los módulos en las mesas de trabajo

A continuación, se muestran los componentes a montar en los módulos de las mesas de trabajo.

#### Tomacorriente doble.

La mesa de trabajo cuenta con dos unidades de este tipo de elemento, estos no están conectados a un sistema de puesta a tierra, donde se conectarán generadores de señales, osciloscopios o aparatos donde no es recomendable que estos dispositivos compartan la conexión a tierra, debido a que pueden provocar cortocircuitos en la medición. La Tabla 2.2 muestra la descripción del elemento escogido.



**Figura 2.6** Tomacorriente doble.[6]

**Tabla 2.2** Descripción del tomacorriente.

Elemento	Descripción
Tomacorriente doble	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tensión Nominal: 125 / 250(V<sub>AC</sub>)</li><li>- Corriente Nominal: 15 (A)</li><li>- Marca: VETO</li></ul>

### Tomacorriente con puerto USB

Este elemento tiene dos puertos USB donde se pueden conectar dispositivos electrónicos que requiera una fuente de la alimentación de 5 ( $V_{DC}$ ). El tomacorriente se encuentra alimentado al sistema de puesta a tierra para cargas o elementos que lo requieran. La Tabla 2.3 muestra la descripción del elemento escogido.



**Figura 2.7** Tomacorriente con puerto USB.[7]

**Tabla 2.3** Descripción del tomacorriente con puerto USB.

Elemento	Descripción
Tomacorriente con puerto USB	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tensión Nominal: 127 (<math>V_{AC}</math>)</li><li>- Corriente Nominal: 16 (A)</li><li>- 1 puertos USB (5 (<math>V_{DC}</math>); 2.1 (A))</li><li>- 1 puertos USB (5 (<math>V_{DC}</math>); 1.5 (A))</li><li>- Contacto aterrizado</li><li>- LED indicador de voltaje en línea</li></ul>

A continuación, se muestran los elementos de maniobra montados en la mesa de trabajo.

### Pulsador de paro tipo hongo.

Este elemento de control de accionamiento manual corta el flujo de energía eléctrica que alimenta a la bobina del contactor. La Tabla 2.4 muestra la descripción de este elemento.





**Figura 2.8** Pulsador de paro metálico. [8]

**Tabla 2.4** Descripción del pulsador de paro

Elemento	Descripción
Pulsador de parada de emergencia XB4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulsador de paro rojo 22 (mm)</li> <li>- Des enclavamiento por tirón.</li> <li>- 1 contacto NC (Normalmente Cerrado)</li> <li>- 3000000 ciclos, 3 (A) en 120 (V<sub>AC</sub>)</li> <li>- Schneider Electric</li> </ul>

**Luz piloto indicador de corriente.**

Este elemento indica si la mesa esta energizada, cuenta con un toroide que mide el flujo de corriente y lo muestra en una pantalla. En la Tabla 2.5 se muestra el detalle de este elemento.



**Figura 2.9** Luz piloto indicador de corriente. [9]

**Tabla 2.5** Descripción de la luz piloto indicador de corriente.

Elemento	Descripción
Amperímetro digital con transformador de corriente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño de la instalación: 22 (mm)</li> <li>- Rango actual: 0-100 (A)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voltaje de entrada: 60-500 (V<sub>AC</sub>)</li> <li>- Temperatura de trabajo: 0-50 (°C)</li> <li>- Color rojo</li> </ul>
--	--

### Luz piloto indicador de voltaje.

Este elemento indica si la mesa esta energizada, cuenta con una pantalla que muestra el valor de voltaje a la que trabaja la mesa, en Tabla 2.6 se muestra el detalle de este elemento.



**Figura 2.10** Luz piloto indicador de voltaje.[9]

**Tabla 2.6** Descripción de la luz piloto indicador de voltaje.

Elemento	Descripción
Voltímetro LED AC60-500 (V <sub>AC</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño de la instalación: 22 (mm)</li> <li>- Rango de medición: 50-500 (V<sub>AC</sub>)</li> <li>- Voltaje de entrada: 60-500 (V<sub>AC</sub>)</li> <li>- Temperatura de trabajo: 0-50 (°C)</li> <li>- Color verde</li> </ul>

## 2.2 Implementación del sistema eléctrico del módulo.

### Dimensionamiento de cables.

Una vez determinadas las posibles cargas y considerando un factor de seguridad se dimensionan los conductores.

Para el dimensionamiento, los conductores deben soportar una potencia no menor al 125% de la potencia máxima [2]. Por lo tanto:

$$P_n = (P_t \cdot f_s) + P_t$$

#### Ecuación 2.1 Potencia de diseño.

Donde:

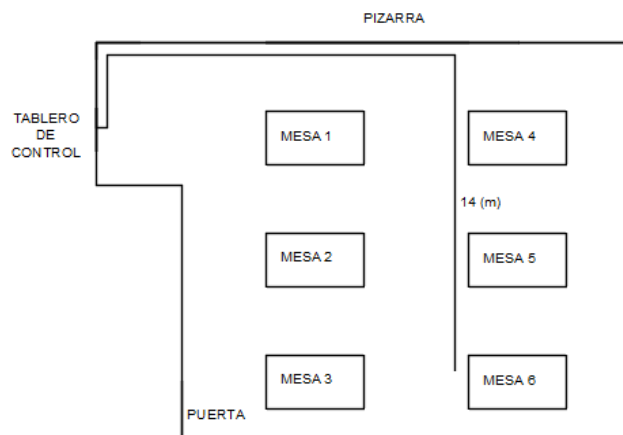
$P_t$ : Potencia de todas las cargas posibles: 755,7 (W)

$f_s$ : factor de sobredimensionamiento: 25%

Usando la Ecuación 2.1 se obtiene una potencia nominal sobredimensionada de:

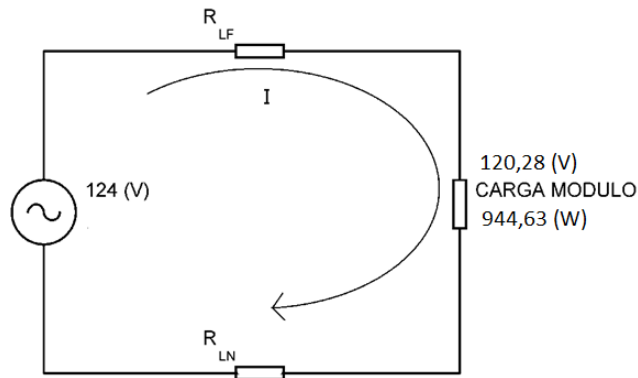
$$P_n = 944,63 \text{ (W)}$$

Analizando las distancias mediante planos y mediciones realizadas al laboratorio, se determinó que, desde el tablero de control hasta la mesa de trabajo más lejana, se tiene una distancia de 14 (m) como se muestra en la Figura 2.11.



**Figura 2.11** Esquema de la distancia medida del tablero y la mesa más lejana.

Mediante mediciones de voltaje realizadas en el tablero de control y distribución se tiene una tensión nominal de 124 ( $V_{AC}$ ) y considerando que la caída máxima de voltaje permitida por la norma NEC es de 3 % para cargas [2], se tiene un voltaje de 120,28 ( $V_{AC}$ ) en el módulo.



**Figura 2.12** Circuito de estudio de carga en los módulos.

La Figura 2.12 muestra que:

$R_{LF}$ : Resistencia de línea de la fase

$R_{LN}$ : Resistencia de línea del Neutro

I: Corriente del sistema

Para determinar la corriente existente en este circuito se utiliza la siguiente ecuación.

$$I = \frac{P_n}{V \cdot fp}$$

**Ecuación 2.2** Corriente del sistema

Donde:

$P_n$ : Potencia de la mesa en función de las cargas: 944,63 (W)

V: Voltaje considerando la variación del 3%: 120,28 ( $V_{AC}$ )

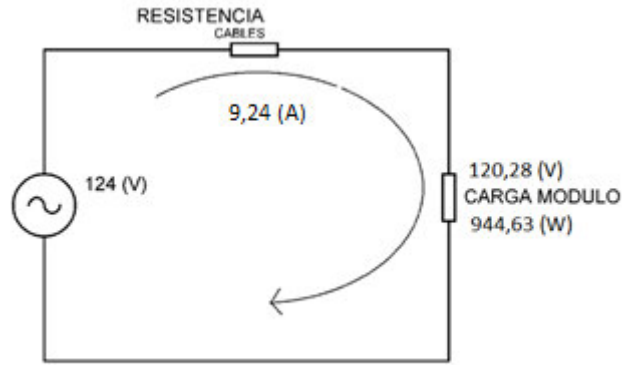
fp: factor de potencia: 0,85

En el laboratorio se realizan prácticas relacionadas a la electrónica de potencia, donde se distorsionan las ondas senoidales, debido a esta distorsión, se considera un factor de potencia de 0,85.

Usando la Ecuación 2.2 se obtiene:

$$I = 9,24 \text{ (A)}$$

Se presenta un circuito donde muestra la corriente del sistema y poder obtener una resistencia en los cables.



**Figura 2.13** Circuito de estudio de la carga de las mesas

Con la corriente estimada se determina la resistencia del cable en base a la ley de Ohm.

La Ecuación 2.3 muestra la caída del voltaje del sistema.

$$V_{\text{caída}} = V_{\text{nom}} - V_{\text{carga}} = 3,72 \text{ (V)}$$

**Ecuación 2.3** Caída de voltaje en el cable

Donde:

$V_{\text{nom}}$ : voltaje medido tablero general: 124 (V<sub>AC</sub>)

$V_{\text{carga}}$ : Voltaje en la mesa de trabajo: 120,28 (V<sub>AC</sub>)

La Ecuación 2.4 muestra el cálculo de la resistencia del cable.

$$R_c = \frac{V_c}{I}$$

**Ecuación 2.4** Resistencia del cable

Donde:

$V_c$ : Caída de voltaje en el conductor: 3,72 (V)

$I$ : Corriente del sistema: 9,24 (A)

Usando la Ecuación 2.4 se obtiene:

$$R_c = R_{LF} + R_{LN} = 0,4026 \text{ (}\Omega\text{)}$$

El valor obtenido de la Ecuación 2.4, es la resistencia del conductor en todo el circuito, para lo cual se divide el resultado considerando el cable de fase y de neutro para obtener lo siguiente:

$$R_c = R_{LF} = R_{LN}$$

$$R_c = 0.2013 (\Omega)$$

En base al valor de la resistencia obtenida en la Ecuación 2.4, se calcula la sección del conductor en (mm<sup>2</sup>):

Usando la Ecuación 2.5 se calcula el área del conductor.

$$A = \frac{l * \rho}{R_c}$$

### Ecuación 2.5 Área del conductor

Donde:

$l$  : distancia del tablero a la mesa más lejana: 14 (m)

$R_c$ : resistencia del conductor: 0,2013 ( $\Omega$ )

$\rho$ : resistividad del cobre:  $1.72 \times 10^{-8}$  ( $\Omega m$ )

Usando la Ecuación 2.5 se obtiene:

$$A = 1.23 (\text{mm}^2)$$

Una vez obtenido el área del conductor se verifica en la

Tabla 2.7, para la selección.

**Tabla 2.7** Calibre AWG según el área del conductor. [10]

Calibre AWG (kcmil)	Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Diámetro del conductor aprox. (mm)	Espesor aislación. (mm)	Diámetro exterior aprox. (mm)	Peso total aprox. (kg/km)
14	2.08	1.9	0.38	3	26
12	3.31	2.4	0.51	3.5	38
10	5.26	2.7	0.51	4	61
8	8.37	3.3	0.76	5.3	99
6	13.3	4.2	0.76	6.2	147
4	21.2	5.2	10.2	7.8	236
2	33.6	7.7	1.02	10.4	372
1	42.4	8.6	1.27	11.9	474

1/0	53.5	9.9	1.27	13.2	586
2/0	67.4	10.8	1.27	14.2	701
3/0	85	12.4	1.27	15.8	892
4/0	107	14	1.27	17.4	1119

Se selecciona un cable 14 AWG, teniendo en cuenta el área de sección nominal en (mm<sup>2</sup>). El conductor determinado para la aplicación es de cobre con aislamiento superflex (THHN).

La Tabla 2.8 muestra el código de colores para los conductores según la norma (NEC).

**Tabla 2.8** Código de colores para conductores.[2]

CÓDIGO DE COLORES	
CONDUCTOR	COLOR
Neutro	Blanco
Tierra	Verde, verde con franja amarilla.
Fase	Rojo, azul, negro, amarillo.

#### **Cable THHN # 14 AWG**

Se utiliza este tipo de conductor para alimentar las mesas de trabajo, donde, el cable de color rojo es de fase, el de color blanco es de neutro y el de color verde es para la conexión a tierra. La Tabla 2.9 muestra la descripción del tipo de cable conductor escogido.



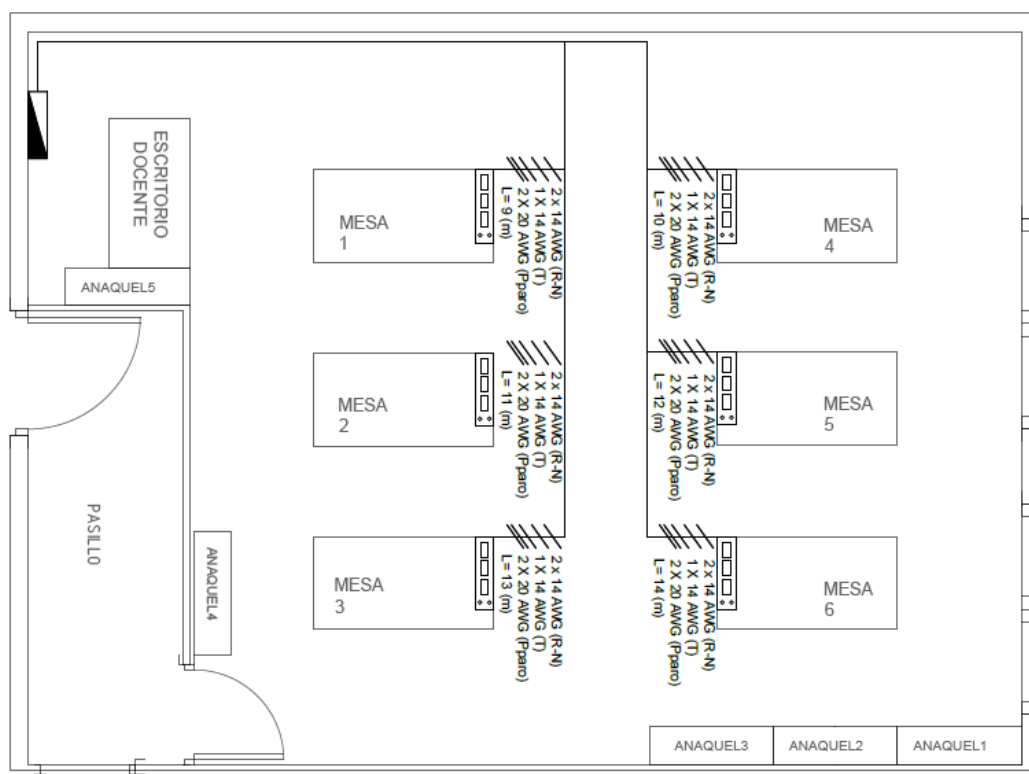
**Figura 2.14** Cable conductor 14 AWG. [10]

**Tabla 2.9** Descripción del tipo de cable.

Elemento	Descripción
ULTRAFLEX THHN 90 (°C) – CONELSA	- CONELSA THHN # 14 AWG 600 (V) 90'0 HECHO EN ECUADOR

En la Figura 2.15 se muestra el diagrama de alimentación de las mesas de trabajo, donde se indica las líneas de fase, neutro, tierra del sistema a las cuales estará sometida, además, se muestra las distancias en metros desde el tablero de control hacia las mesas de trabajo, esto se obtiene realizando mediciones en el laboratorio.

**Nota:** el diagrama muestra 6 mesas, este proyecto consta de la implementación de 3 módulos en 3 mesas, los 3 restantes fueron implementados por otro compañero de la carrera de Tecnología Superior Electromecánica.



**Figura 2.15** Diagrama de alimentación de las mesas

En el Anexo 3 se presenta el diagrama de alimentación del sistema con el formato establecido por comisión de titulación de la carrera de tecnología superior en electromecánica.



## Dimensionamiento de protecciones.

En instalaciones eléctricas es muy importante tener en cuenta que la corriente que circula por los cables no exceda la capacidad para la cual han sido diseñados.

Con el calibre del conductor dimensionado anteriormente se verifica en la Tabla 2.10 la corriente máxima que soporta.

**Tabla 2.10** Amperaje según el calibre del cable conductor.[10]

AMPERAJE DEL CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	THW	THHN
Temperatura	60 (°C)	75 (°C)	90 (°C)
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 (A)	15 (A)	15 (A)
12 AWG	20 (A)	20 (A)	20 (A)
10 AWG	30 (A)	30 (A)	30 (A)
8 AWG	40 (A)	50 (A)	55 (A)
6 AWG	55 (A)	65 (A)	75 (A)
4 AWG	70 (A)	85 (A)	95 (A)
2 AWG	95 (A)	115 (A)	130 (A)
1 AWG	110 (A)	130 (A)	145 (A)
1/0 AWG	125 (A)	150 (A)	170 (A)
2/0 AWG	145 (A)	175 (A)	195 (A)

Teniendo en cuenta la corriente máxima que soporta el cable según su calibre, en este caso 14 AWG soporta 15(A), se procede a verificar si existe en el mercado un interruptor termo-magnético con el amperaje necesario para la implementación.

En la Tabla 2.11 se muestran las corrientes nominales de los interruptores termo-magnéticos existentes en el mercado

**Tabla 2.11** Valores de corrientes nominales de los interruptores termo-magnéticos existentes en el mercado.[11]

In (A)	Temperatura ambiente (°C)		
	10	20	30
10	10.7	10.3	10
16	17.3	16.6	16

In (A)	Temperatura ambiente (°C)		
	10	20	30
20	21.6	20.8	20
25	27.2	26	25
32	34.9	33.3	32
40	44	42	40
50	55	52.5	50
63	69.9	66.1	63
80	88	84	80
100	110	105	100

En base a la Tabla 2.11, en la cual muestra un comportamiento ante la temperatura según su corriente nominal ( $I_n$ ), se escoge un interruptor termo-magnético con una corriente nominal de 10 (A).

En la Tabla 2.12 se indica que la corriente del elemento de protección debe estar entre la corriente calculada del sistema con sobredimensionamiento y la corriente máxima que soporta el conductor, esto por medida de protección para el cable y aparatos eléctricos en caso de que exista una sobrecarga.

**Tabla 2.12** Corriente de la Protección eléctrica de la mesa

I del sistema (A)	I de la protección (Breaker) A	$I_{max}$ del cable conductor (A)
9,24	10	15

Debido a que en instalaciones eléctricas de media y baja tensión son muy habituales, se elige un interruptor termo-magnético con una curva de disparo magnética tipo C.



**Figura 2.16** Interruptor Termo-magnético. [12]

En la Tabla 2.13 se muestra un resumen de la ficha técnica del interruptor termomagnético escogido.

**Tabla 2.13** Ficha técnica del interruptor termo-magnético

Características	A9F74110 Interruptor termo-magnético Riel Easy9 MCB 1P 10 A Curva C 10 (kA) (IEC 60898-1) 20 (kA) (IEC 60947-2)
Aplicación del dispositivo	Distribución
Tipo de producto	Interruptor automático
Número de polos protegido	1P
Corriente nominal	10 (A)
Alimentación	110-120 (V <sub>AC</sub> )
Código de curva	C
Frecuencia de red	50-60 (Hz)

### Diseño del sistema de control y señalización

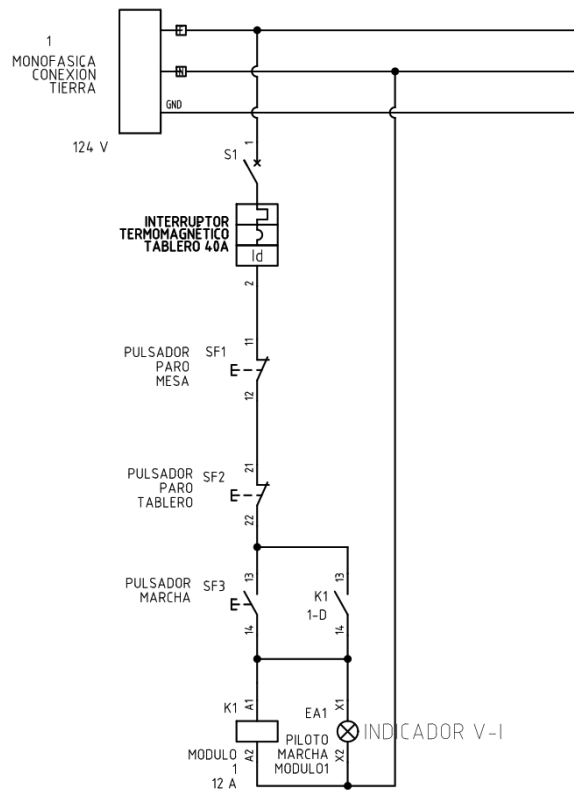
La Figura 2.17 muestra el diagrama de control y señalización para la conexión de un módulo para una mesa de trabajo, el cual parte de la alimentación monofásica con conexión a tierra pasando por elementos de control y maniobra con protecciones eléctricas.

El valor de corriente nominal del interruptor termomagnético y del contactor ubicados en el tablero de control fue tomada de un proyecto de titulación realizada en (LTEE-ESFOT).

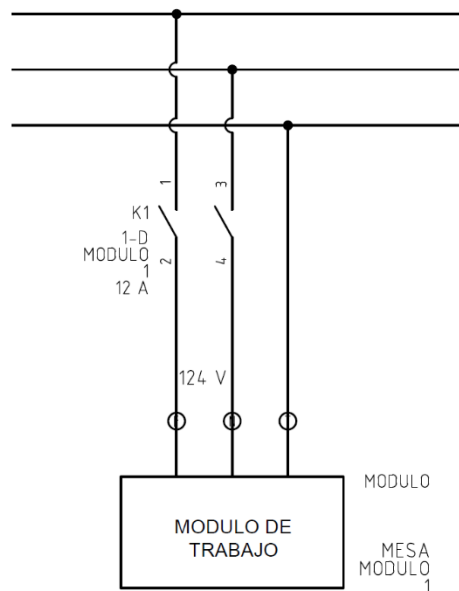
Se puede apreciar que la bobina del contactor (K1) se acciona mediante un mando piloto memorizado, al presionar un pulsador de marcha con un contacto NA (SF3), este pulsador se encuentra en un tablero de control, junto a un pulsador con un contacto NC (SF2) que corta la alimentación de la bobina del contactor, la misma acción realiza el pulsador con un contacto NC (SF1), este pulsador se encuentra ubicado en la mesa de trabajo.

Al accionarse la bobina del contactor, un contacto NA (K1) del mismo permite que la corriente circule con dirección a la mesa de trabajo.

El diagrama de control se lo realizó en base a la norma internacional IEC-60617 para la simbología.



**Figura 2.17** Diagrama de control y señalización

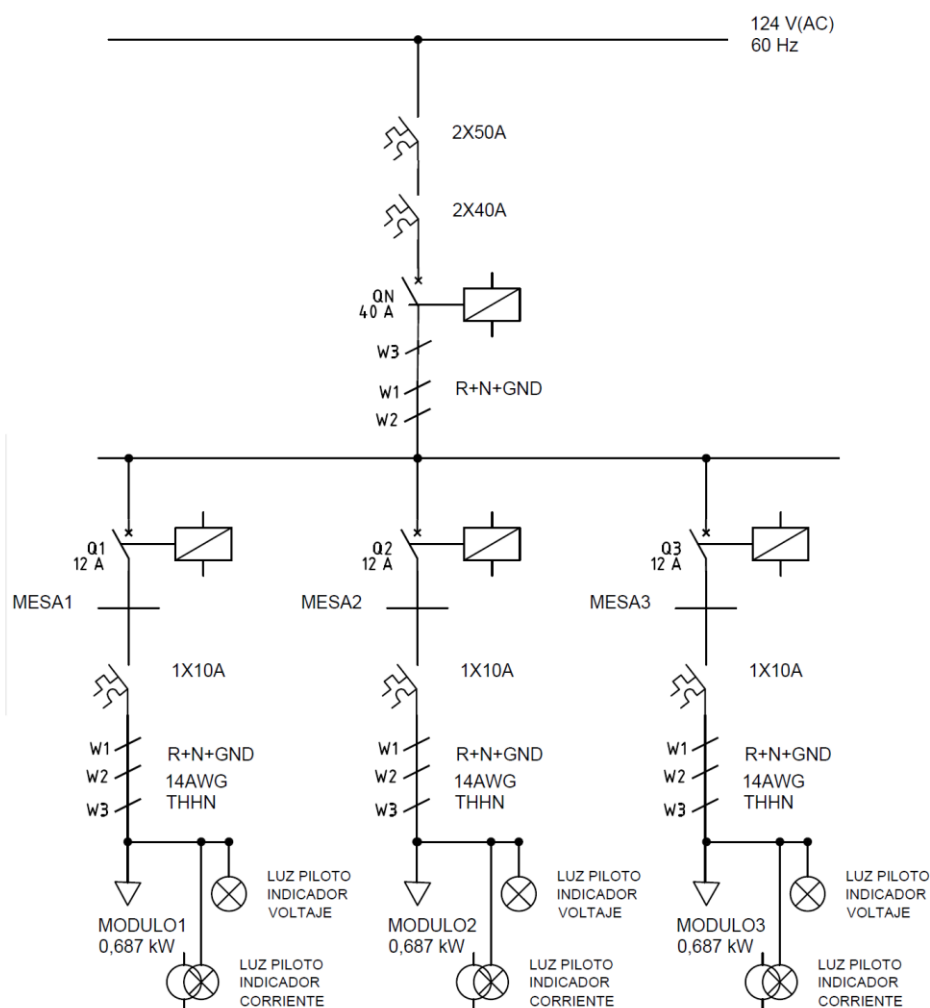


**Figura 2.18** Diagrama de potencia.

En el Anexo 4 se presenta en diagrama de control y potencia con el formato establecido por comisión de titulación de la carrera de tecnología superior en electromecánica.

En la Figura 2.19 se muestra el diagrama unifilar del sistema que va representado desde el tablero de derivación pasando por el tablero de control y distribución hasta cada una de las mesas de trabajo donde muestra los elementos de protección y maniobra de la instalación, se puede observar las características del tipo de cable y protecciones dimensionados.

**NOTA:** Los valores de corriente nominal de los interruptores termo-magnéticos y contactores de 40 (A) y 50 (A) fueron tomados de los proyectos de titulación realizados por compañeros de Tecnología Superior en Electromecánica, estos proyectos son el complemento del proyecto explicado en este documento.



**Figura 2.19** Diagrama unifilar del sistema de 3 mesas.

En el Anexo 5 se presenta el diagrama unifilar del sistema para 3 mesas con el formato establecido por comisión de titulación de la carrera de tecnología superior en electromecánica.

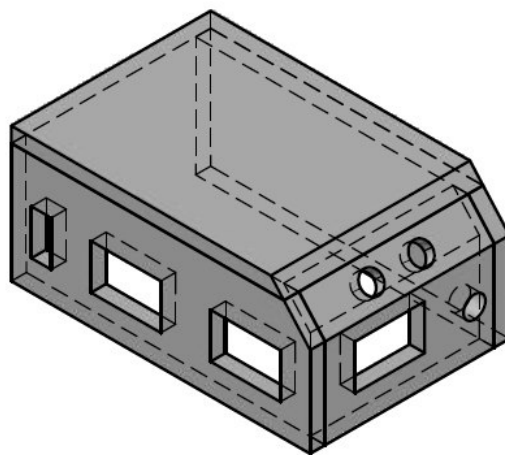
## 2.3 Implementación de los módulos de trabajo

### Diseño de los módulos de trabajo

Para el diseño de los módulos se verifico las medidas estándar de los componentes eléctricos y se realizó un modelo de la caja en el programa computacional AUTOCAD.

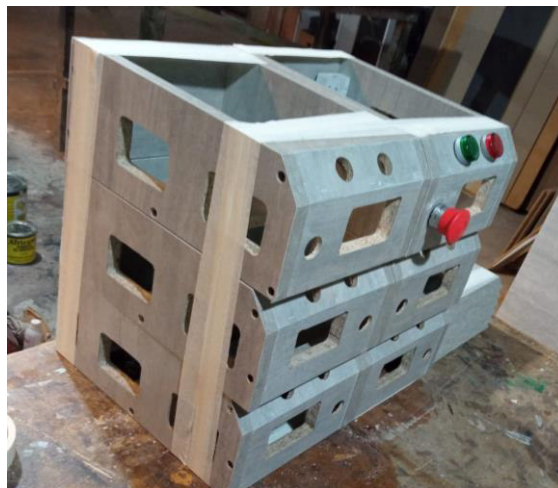
En el Anexo 6 se presenta el diseño con las medidas estándar de la caja para montar los elementos eléctricos.

La Figura 2.20 muestra el diseño de la caja.



**Figura 2.20:** Diseño de la caja de los módulos

En la Figura 2.21 se muestra la caja realizada en material de madera aglomerada color cemento con los respectivos orificios donde se instalaron los elementos eléctricos propuestos.

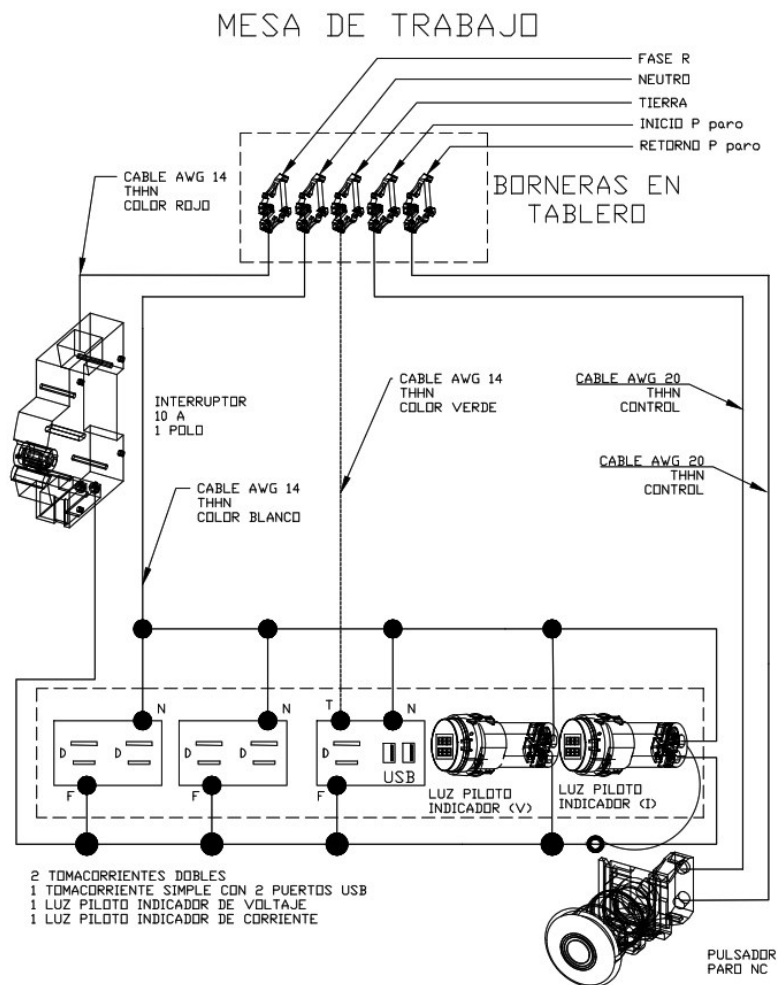


**Figura 2.21:**Caja del Módulo realizado

## Diseño de montaje del sistema

El diseño del módulo en la mesa de trabajo cuenta con dos tomacorrientes dobles sin conexión a tierra, un tomacorriente simple con dos puertos USB con conexión a tierra y una luz piloto indicadora de voltaje y corriente.

En la mesa de trabajo existe un pulsador con un contacto NC que es parte de la conexión de control con los componentes del tablero, este actúa como pulsador de paro que corta la energía que alimenta a la bobina del contactor y corta el flujo de corriente que se dirige a las mesas de trabajo, esto como medida de seguridad para equipos de medición, cargas y personas en caso de existir malas conexiones o fallas en circuitos realizados en el laboratorio.



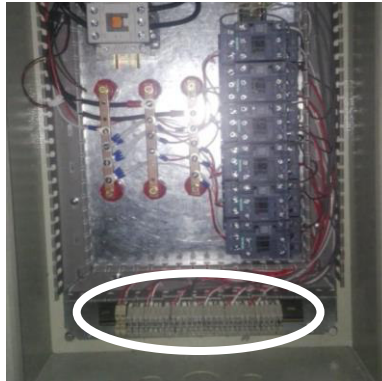
**Figura 2.22:** Diagrama de montaje de elementos en el módulo de trabajo

En el Anexo 7 se presenta el diagrama de montaje con el formato establecido por comisión de titulación de la carrera de tecnología superior en electromecánica.

## Instalación de los módulos en las mesas de trabajo

Para la instalación de los módulos y la conexión eléctrica se consideró las características del tablero de control y distribución instalado en el laboratorio.

En la parte inferior del tablero existen 30 borneras, se determinó cual era la clasificación del grupo de borneras para alimentar los módulos de trabajo como se muestra en la Figura 2.23.

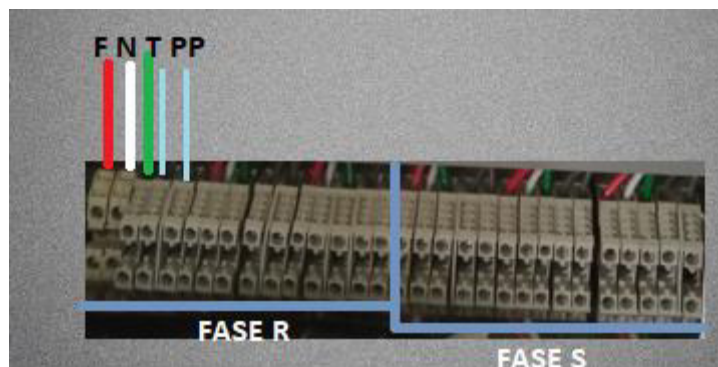


**Figura 2.23** Borneras industriales

Existe un total de 30 borneras donde se consideró 6 grupos de 5 elementos respectivamente, cada grupo consta de una fase, un neutro, una tierra, una salida y retorno del paro de emergencia.

Al existir 6 grupos, estos sirven para alimentar 6 mesas de trabajo, el proyecto actual consta de la implementación de 3 módulos, estos módulos están alimentados con la fase (R).

En la Figura 2.24 se muestra las divisiones por fase que dejaron los estudiantes que realizaron el tablero de control y distribución,



**Figura 2.24** División de grupo de borneras



### Instalación de la canaleta y sistema eléctrico

Teniendo en cuenta el número de cables con su respectivo calibre ya dimensionados, se procedió a verificar en diferentes tablas propuestas por fabricantes de canaletas sus dimensiones para realizar la instalación

En la Tabla 2.14 se muestra el número de cables que van en una canaleta según sus dimensiones y el tipo AWG del conductor.

**Tabla 2.14** Dimensiones de las canaletas por cantidad de cables AWG.[13]

ALTURA (mm)	DIMENSIONES (mm)	Cantidad de cables que acepta según tipo			
		12AWG	14 AWG	16 AWG	18 AWG
10	10X10	2	2	3	3
7	13X7	2	2	3	3
12	20X12	4	5	11	12
	32X12	6	8	18	20
13	60X13	4	8	12	14
16	60X16	13	28	35	38
20	20X20	8	9	15	17
25	25X25	9	11	20	20
	40X25	17	28	35	49
40	40X40	35	49	71	77
	60X40	66	81	120	749

El cableado eléctrico se partió desde los módulos de trabajo con destino al tablero de control y distribución.

Para el cableado que parte del módulo que recorre por una de las patas de la mesa hacia el piso se utilizó una canaleta con dimensiones de 32 x 12 (mm), teniendo en cuenta las consideraciones de la Tabla 2.14.

En la Figura 2.25 se muestra la canaleta a utilizar.



**Figura 2.25** Canaleta 32 x 12 (mm).[13]

Para el cableado que parte de la mesa hacia la pared se utilizó una canaleta de piso con dimensiones de 32 x 12 (mm), teniendo en cuenta las consideraciones de la Tabla 2.14.

En la Figura 2.26 se muestra la canaleta a utilizar.



**Figura 2.26** Canaleta de piso de 60 x 13 (mm).[13]

Para realizar el cableado que van instaladas sobre la pared se utilizan canaletas de plástico de 32 x 40 (mm),

En la Figura 2.27 se muestra la canaleta a utilizar.



**Figura 2.27** Canaleta 40 x 25 (mm) sin división[13]

Se realiza el cableado eléctrico teniendo en cuenta el número de cables y consideraciones técnicas de instalaciones eléctricas.

En la Figura 2.28 se muestra el cableado del sistema que va por las patas de las mesas y por el piso.



**Figura 2.28** Cableado de las mesas al piso

En la Figura 2.29 se muestra el cableado hacia el tablero de control y distribución.

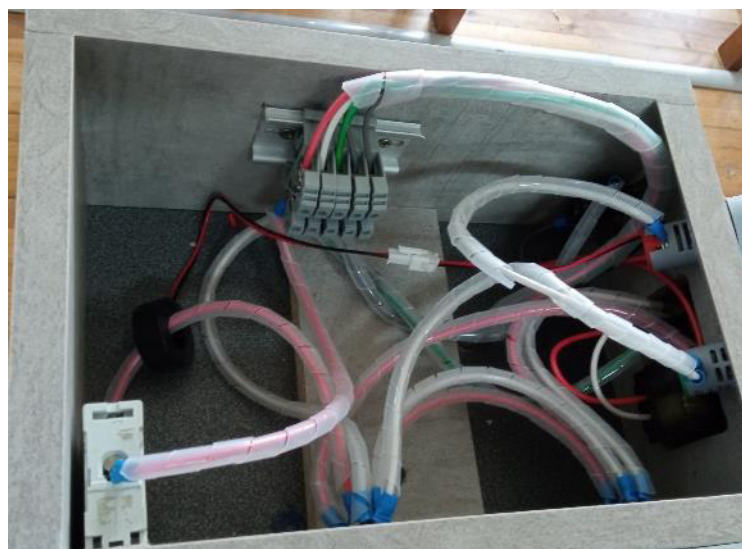


**Figura 2.29:** Cableado en las canaletas de pared

**Montaje de los elementos y conexión eléctrica en los módulos.**

Una vez realizado la distribución eléctrica para las mesas trabajo, se monta los elementos y se realiza la conexión eléctrica de los mismos.

En la Figura 2.30 se muestra la implementación del cableado eléctrico del módulo de trabajo.



**Figura 2.30** Conexión de los elementos eléctricos en el módulo

## **2.4 Manual de mantenimiento**

Con el fin de extender la vida útil de los elementos en los módulos de las mesas de trabajo, se ha realizado un documento para el mantenimiento preventivo del sistema, esto a fin de prevenir mantenimientos correctivos en los elementos de control y en los dispositivos montados en los módulos y accesorios.

### **Introducción**

Los sistemas de distribución, control, maniobra y señalización para el laboratorio de electrónica de potencia poseen dispositivos como: interruptores termo-magnéticos, cables, indicadores que poseen una vida útil que es proporcionada por el fabricante, sin embargo, pueden verse afectados por diversos eventos como sobrecargas o cortocircuitos. Por lo que es necesario tener un plan de mantenimiento.

### **Plan de mantenimiento**

En la Tabla 2.15 se observa un cuadro de mantenimiento donde se muestran las actividades, descripción, periodo y observaciones al momento de realizar un respectivo mantenimiento.

**Tabla 2.15** Actividades de mantenimiento

Actividad	Descripción actividad	Periodo de tiempo	Observaciones
Estado de elementos instalados en los módulos.	Revisión del correcto ajuste de los tornillos de todos los elementos montados en el módulo de trabajo.	6 meses	Verificar que se encuentren desenergizadas las mesas de trabajo para realizar esta actividad
Estado de conductores y canaletas que alimentan la instalación eléctrica.	Revisión de los conductores eléctricos y canaletas que conforman la instalación	6 meses	Comprobar con el multímetro la continuidad en todos los puntos de trabajo. Revisar el estado de las canaletas.
Estado de los elementos de control y señalización.	Revisión de las luces pilotos indicadores de voltaje, corriente y pulsador de paro.	6 meses	Comprobar que los valores de voltaje y corriente dadas por las luces indicadores tengan un margen de error mínimo con respecto a un instrumento de medición certificado.
Estado de la caja de los módulos en las mesas de trabajo.	Limpieza interna de la caja donde se encuentran instalados los elementos.	6 meses	Realizar una limpieza interna de los módulos, retirando residuos o polvo.

### 3 RESULTADOS

En la Figura 3.1 se presenta el proyecto finalizado (3 módulos de trabajo), en Figura 3.2 la se muestra la canaletización final y en la Figura 3.3 se muestran los principales elementos que constituyen los módulos de trabajo.

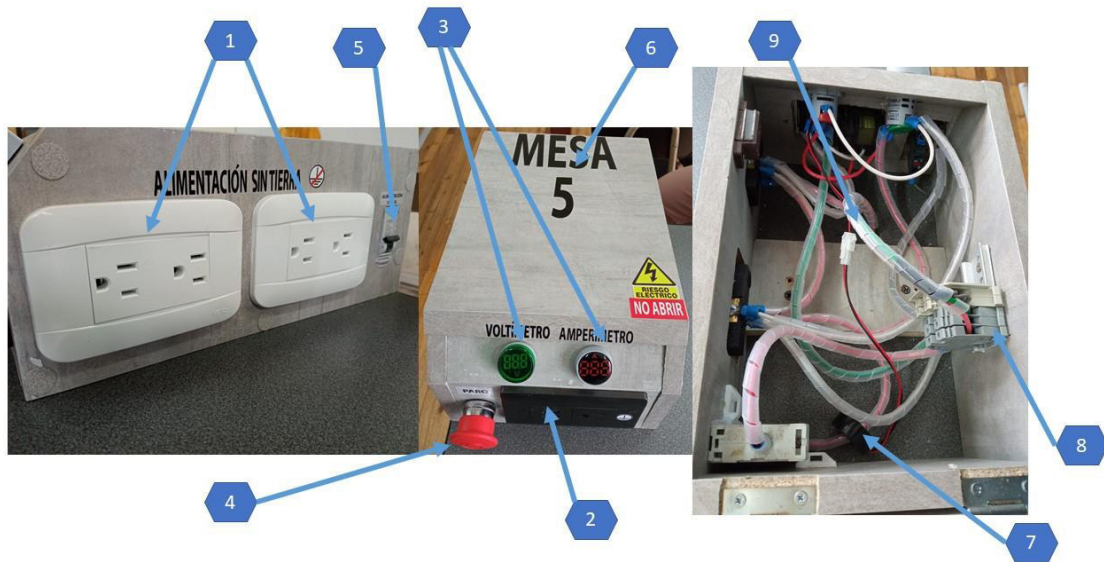


**Figura 3.1** Componente entregable módulos

Los módulos se encuentran instalados en una esquina de cada mesa de trabajo, ubicados en el laboratorio de electrónica de potencia 23-B.



**Figura 3.2** Componente entregable: canaletización.



**Figura 3.3** Elementos que componen el módulo de control

1. 2 tomacorrientes dobles sin conexión a tierra.
2. 1 tomacorriente mixto tipo USB de 5 (V<sub>DC</sub>) con conexión a tierra.
3. Luces piloto indicadores de voltaje y corriente.
4. 1 pulsador de paso tipo hongo.
5. 1 interruptor termomagnético 10 (A).
6. Adhesivos como parte de la señalización de los módulos.
7. Transformador de corriente de la luz piloto indicadora.
8. Borneras industriales ubicadas en el riel DIN.
9. Cable cubierto de serpentín transparente.

Se han preparado dos videos para la presentación de este trabajo de integración curricular.

En la Figura 3.4 se encuentra un video demostrativo del funcionamiento del sistema implementado y en la Figura 3.5 se encuentran las recomendaciones de mantenimiento para prolongar la vida útil del proyecto implementado.



**Figura 3.4** Código QR del enlace al video demostrativo de funcionamiento

**Enlace:** <https://youtu.be/qi4rYqL9rBE>



**Figura 3.5** Código QR del enlace al video con las recomendaciones de mantenimiento

**Enlace:** <https://youtu.be/cp-z1CFwSt0>





Se comprobó que los cables de fase, tierra, neutro y los cables del pulsador de paro no presentaban fallas de continuidad.

El multímetro certificado daba un valor de continuidad no mayor a 2 ( $\Omega$ ) y emitía un sonido.

### Prueba de voltajes en vacío.

Esta prueba se realizó con el objetivo de comprobar el margen de error que existe entre dos valores de voltaje, el primer valor es obtenido con un instrumento de medida certificado y el otro valor es el dado por la luz piloto indicadora de tensión, este porcentaje de error no debe ser superior a 10%.

En la Figura 3.7 se muestra los voltajes que medidos con un multímetro de marca *FLUKE* y los valores de voltaje de la luz piloto.



**Figura 3.7** Prueba de voltajes de salida

Esta prueba se realizó en vacío, sin cargas conectadas en las mesas 1, 2 y 3 las cuales están alimentadas a la fase R del sistema.

Se procede a calcular el porcentaje de error entre los dos valores de voltaje con la Ecuación 3.1.

$$E = \frac{|V_{\text{luz piloto}} - V_{\text{fluke}}|}{V_{\text{fluke}}} \cdot 100$$

**Ecuación 3.1** Porcentaje de error entre dos valores de voltaje.

Donde:

$V_{\text{fluke}}$ : Voltaje medido con multímetro marca *FLUKE*: 124 (V).

$V_{Luz\ piloto}$ : Voltaje dado por la luz piloto indicadora de voltaje: 124,8 (V).

En la Tabla 3.2 se muestra los valores obtenidos en las mesas 1,2 y 3 y el valor de voltaje que muestra la luz piloto indicadora, con su respectivo porcentaje de error.

**Tabla 3.2** Valores de voltaje obtenidos en los módulos sin carga.

Módulos De trabajo	Multímetro marca FLUKE (V)	Voltímetro del Módulo (V)	Porcentaje de error (%)
Mesa 1	125,1	124,6	0,4
Mesa 2	125	125	0
Mesa 3	124,8	124	0.64

En la Tabla 3.2 se puede comprobar que el porcentaje de error se encuentra dentro de los parámetros de tolerancia permitidos, lo que demuestra que los elementos usados sirven para la aplicación establecida, la cual es observar el voltaje a el cual está siendo sometido el módulo de trabajo.

### Prueba de accionamiento y cortocircuito

El objetivo principal de la prueba de accionamiento es verificar el funcionamiento del interruptor termomagnético cuando se lo activa y desactiva manualmente. Para la prueba de cortocircuito se tiene como objetivo verificar la reacción del dispositivo de protección cuando existan cortocircuitos en los módulos.

#### Prueba de accionamiento

Se procedió a cambiar el estado de las palancas de accionamiento de los interruptores termomagnéticos instalados en los módulos de trabajo y comprobar su funcionamiento.

En la Tabla 3.3 se muestra la reacción de los módulos cuando el interruptor cambia de estado.

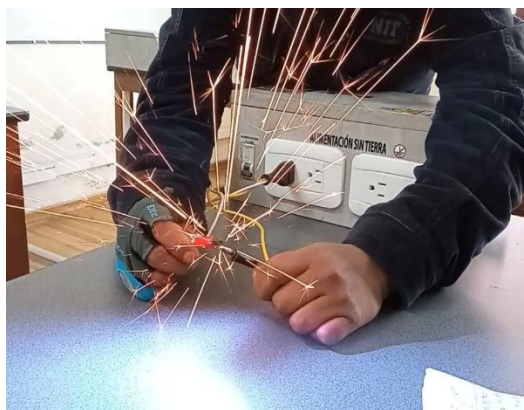
**Tabla 3.3** Reacción de los módulos de trabajo

Módulos De trabajo	Estado ON	Estado OFF
Mesa 1	Enciende	Apaga
Mesa 2	Enciende	Apaga

Mesa 3	Enciende	Apaga
--------	----------	-------

### Pruebas de cortocircuito

La Figura 3.8 muestra el procedimiento para crear un cortocircuito controlado, el cual consta de la unión de dos cables, uno de ellos conectado a la fase R y el otro cable conectado a neutro, se pudo observar como el interruptor termomagnético cambia de estado ante esa acción.



**Figura 3.8** Prueba de cortocircuito

Esta prueba se realizó en las mesas 1, 2 y 3, las cuales están alimentadas con la fase R del sistema.

En la Tabla 3.4 se muestra la reacción del dispositivo de protección en los módulos de trabajo.

**Tabla 3.4** Resultados de las pruebas en cortocircuito

Módulos De trabajo	Breaker Módulo	Breaker Tablero	Descarga en los elementos
Mesa 1	OFF	ON	No existe
Mesa 2	OFF	ON	No existe
Mesa 3	OFF	ON	No existe

Verificando los resultados de la Tabla 3.4 se puede concluir que las pruebas de accionamiento y cortocircuito realizadas a los interruptores termomagnéticos fueron exitosas.

## Caída de tensión

El objetivo de esta prueba es verificar que la caída de tensión de los módulos en las mesas de trabajo no exceda el 3% cuando se lo someta a la carga nominal de trabajo.

Para realizar esta prueba se conectaron cargas hasta llegar a una corriente estimada de 7 (A), este valor es el nominal calculado en el estudio de carga; para llegar a ese valor se conectó un calefactor y un foco incandescente.

Con la ayuda de una pinza perimétrica marca *FLUKE* como se muestra en la Figura 3.9 se mide la corriente que fluye por el conductor principal de la mesa de trabajo.



**Figura 3.9** Valor de corriente con carga de prueba.

Una vez obtenido el valor de corriente de 7 (A) se procedió a tomar valores de voltaje en el tablero de control y en los módulos de trabajo como se muestra en la Figura 3.10.



**Figura 3.10** Valores de voltaje en el tablero y en el módulo.

Se puede observar que el valor obtenido en el tablero es de 122,3 (V) y el valor obtenido en el módulo de trabajo es de 121,1 (V).

Se procede a calcular el porcentaje de error entre los dos valores de voltaje con la Ecuación 3.2

$$\% \Delta V = \frac{V_{\text{tablero}} - V_{\text{modulo}}}{V_{\text{tablero}}} \cdot 100\%$$

**Ecuación 3.2** caída de tensión.

Utilizando la Ecuación 3.2 se obtiene el siguiente resultado.

Donde:

$V_{\text{tablero}}$ : Voltaje medido en el tablero: 124,7 (V).

$V_{\text{modulo}}$ : Voltaje medido en el módulo: 123 (V).

$\% \Delta V$ : Caída de tensión.

Por lo tanto:

$$RV = 0,98 \%$$

Esta prueba se realizó en las mesas 1, 2 y 3 las cuales están alimentadas de la fase R del sistema.

La Tabla 3.5 muestra el porcentaje de caída de tensión con la carga nominal en las mesas de trabajo

**Tabla 3.5** Caída de tensión en los 3 módulos.

Módulos De trabajo	Voltaje Tablero (V)	Voltaje Módulo (V)	Porcentaje de caída de tensión $\Delta V$ (%)
Mesa 1	122,3	121,1	0,98
Mesa 2	122,1	120,9	0,98
Mesa 3	122,3	120,8	1,23

Se puede observar que la caída de tensión no sobrepasa el 3%, lo que determina que el cable dimensionado es el adecuado para el sistema. Cumpliendo con el porcentaje que determina las normas NEC. Además, se observa que la mesa 3 es la que tiene un mayor porcentaje de caída de tensión, esto se debe a que dicha mesa se encuentra más lejos del tablero de control.

## 4 CONCLUSIONES

- Se construyeron 3 módulos de trabajo para el laboratorio LTEE-ESFOT en el área de electrónica de potencia, estos representan un aporte importante para los estudiantes, debido a que estos les permitirán realizar sus prácticas y proyectos de titulación en un ambiente seguro y con los elementos necesarios de maniobra y protección eléctrica.
- Con la implementación de los módulos en las mesas de trabajo se reforzaron los conocimientos de como dimensionar conductores y protecciones eléctricas, para realizar una correcta instalación.
- Para el diseño de los módulos se realizó un estudio de las posibles cargas que pueden estar conectadas a cada mesa, las medidas del área de trabajo y del laboratorio y número de componentes eléctricos a instalar, como: tomacorrientes, luces pilotos, pulsador de paro e Interruptor termomagnético.
- Para el dimensionamiento de los conductores y protecciones se ha tomado como referencia la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), referente a instalaciones eléctricas de media y baja tensión, determinando como calibre del conductor un 14 AWG que se utilizó para la conexión de los módulos y un interruptor termomagnético de 10 (A) que servirá de protección a cada una de las mesas.
- Para la elaboración de los esquemas y diagramas eléctricos se ha usado el programa computacional *AutoCAD Electrical* y se ha trabajado con la norma internacional IEC-60617 para la simbología, en la cual se especifica el tipo de conductor a usar, los componentes eléctricos con su respectiva conexión.
- El tipo de madera para la construcción de los módulos es de tipo aglomerada color cemento, la cual es resistente a golpes y rozas. Se usaron tornillos de 2 pulgadas para la sujeción, además, se utilizó pegamento blanco, esto con el fin de que el resultado de la construcción sea robusto.
- Al realizar las diferentes pruebas de funcionamiento se llegó a la conclusión que los módulos de trabajo cumplieron con el objetivo de permitir la conexión de las diferentes cargas, esto con el fin de que los estudiantes puedan realizar las prácticas en el laboratorio.
- La elaboración de un manual de uso y mantenimiento del sistema permite al operador que realice esta actividad y llevar un registro, al momento de realizar una limpieza de los componentes o el cambio de los mismo por fallas.

- La implementación se lo realizó en conjunto con otro compañero de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica que hizo la implementación de los módulos en las mesas 4, 5 y 6, se dividieron costos dando como total un aproximado de 500 (USD) en materiales eléctricos y de control.



## 5 RECOMENDACIONES

- Observar los planos y diagramas eléctricos para tener una idea clara de las distancias desde el tablero de control hasta las mesas de trabajo, teniendo en cuenta la dirección de las canaletas y poder adquirir el cable suficiente para la instalación.
- Observar el diagrama de montaje del sistema para tener una idea clara de la instalación y conexión de los componentes eléctricos, junto con la conexión del tablero de control.
- Adquirir componentes eléctricos de calidad, de esta manera se reducirá el mantenimiento continuo de los mismos, caso contrario se presentarán fallas con el transcurso del tiempo.
- Utilizar vestimenta y herramientas adecuadas, esto permitirá realizar un buen trabajo de implementación.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo cada 6 meses, como el ajuste de tornillos, esto para evitar posibles falsos contactos o que se puedan desconectar los cables y provocar cortocircuitos, esto se lo realiza con el módulo sin energía.
- Observar los elementos o componentes eléctricos y de control que se han escogido en el diseño de este proyecto, ya que se han investigado costos, teniendo en cuenta componentes de calidad y existentes en el mercado.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Construcción, “Norma Ecuatoriana De Construcción Nec Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas”, *Nec*, p. 173, 2013, [En línea]. Disponible en: <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>.
- [2] A. D. S. Unamuno, “Norma Ecuatoriana de la Construcción”, *Opt.Med S.a.*, p. 25, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>.
- [3] C. Andrade y B. Escorza, “ELABORACIÓN DE 6 MÓDULOS DE BAJA TENSIÓN PARA EL LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS – ESFOT”. p. 68, 2021, [En línea]. Disponible en: Repositorio EPN.
- [4] F. Maila, “CONSTRUCCIÓN DE 4 MESAS DE TRABAJO PARA EL ÁREA DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL”. [En línea]. Disponible en: Repositorio EPN.
- [5] A. Arregui y I. Bastidas, “Construcción de Acometida y Tablero de Control de Suministro de Energía para el Laboratorio de Análisis Instrumental”, p. 82, 2018, [En línea]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19537/1/CD-8934.pdf>.
- [6] C. Veto, “Catalogo de productos Catalogo de productos”, 2008.
- [7] C. Majivu, “Catálogo Mjivu 2021 - 2022”, 2022, [En línea]. Disponible en: <https://maviju.com/productos/material-electrico-y-de-construccion/>.
- [8] P. Schneider, Pulsador, “Ficha técnica del producto”, pp. 25–27, 2022, [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/a3twy>.
- [9] AliExpress Herramientas, “Luz piloto LED de 22mm 0-100A, indicador de voltaje, amperímetro digital, transformador de corriente”. <https://es.aliexpress.com/i/32979990700.html> (consultado ene. 25, 2022).
- [10] C. C. CONELSA, “cobre-final.pdf”, *INEN 2214*.
- [11] S. Electric y S. O. Line, “Manual y Catálogo del Electricista”, *Control*, pp. 0–3, 1982.
- [12] I. Termomagnético y R. Acti, “A9F74116 (10A-1P)”, pp. 16–18, 2021, [En línea]. Disponible en: <https://n9.cl/u6izs>.

[13] D. Schneider, Canaletas, "Nuestro territorio : vive y trabaja", [En línea]. Disponible en: [cacschneider@schneider electric.com](mailto:cacschneider@schneider electric.com).

## **7 ANEXOS**

ANEXO I. Reporte de Similitud Generado por Turnitin

ANEXO II. Certificado de Funcionamiento de Trabajo de Integración Curricular

ANEXO III. Diseño de la caja de los módulos

ANEXO IV. Diagrama unifilar del sistema para 3 mesas

ANEXO V. Diagrama de alimentación del sistema

ANEXO VI. Diagrama de control y potencia

ANEXO VII. Diagrama de montaje de los elementos en el módulo

# ANEXO I. REPORTE DE SIMILITUD GENERADO POR TURNITIN

DMQ, 09 de febrero de 2022

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro, 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, la cual ha sido realizada al documento desde el Resumen hasta el capítulo de conclusiones y recomendaciones, carátula incluida:

---

**Submission date:** 09-Feb-2022 12:59AM (UTC-0500)

**Submission ID:** 1758327801

**File name:** Trabajo\_UIC\_Electromec\_nica\_Gualoto\_Fabrizio\_final.pdf (2.78M)

**Word count:** 7841

**Character count:** 38733

## IMPLEMENTACIÓN DE 3 MÓDULOS DE TRABAJO PARA EL ÁREA DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA (LTEE-ESFOT)

---

### ORIGINALITY REPORT

<b>10%</b>	<b>9%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

---

Exclude quotes  On

Exclude matches  Off

Exclude bibliography  On

---



**DIRECTOR**

Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro., Msc.

## ANEXO II. CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

DMQ, 29 de enero de 2022

Yo, Pablo Andrés Proaño Chamorro, 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 la **“IMPLEMENTACIÓN DE 3 MÓDULOS DE TRABAJO PARA EL ÁREA DE ELECTRÓNICA DE POTENCIA DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA (LTEE-ESFOT)”**, el cual fue implementado por el estudiante Fabricio Daniel Gualoto Lincango.

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



---

**DIRECTOR**

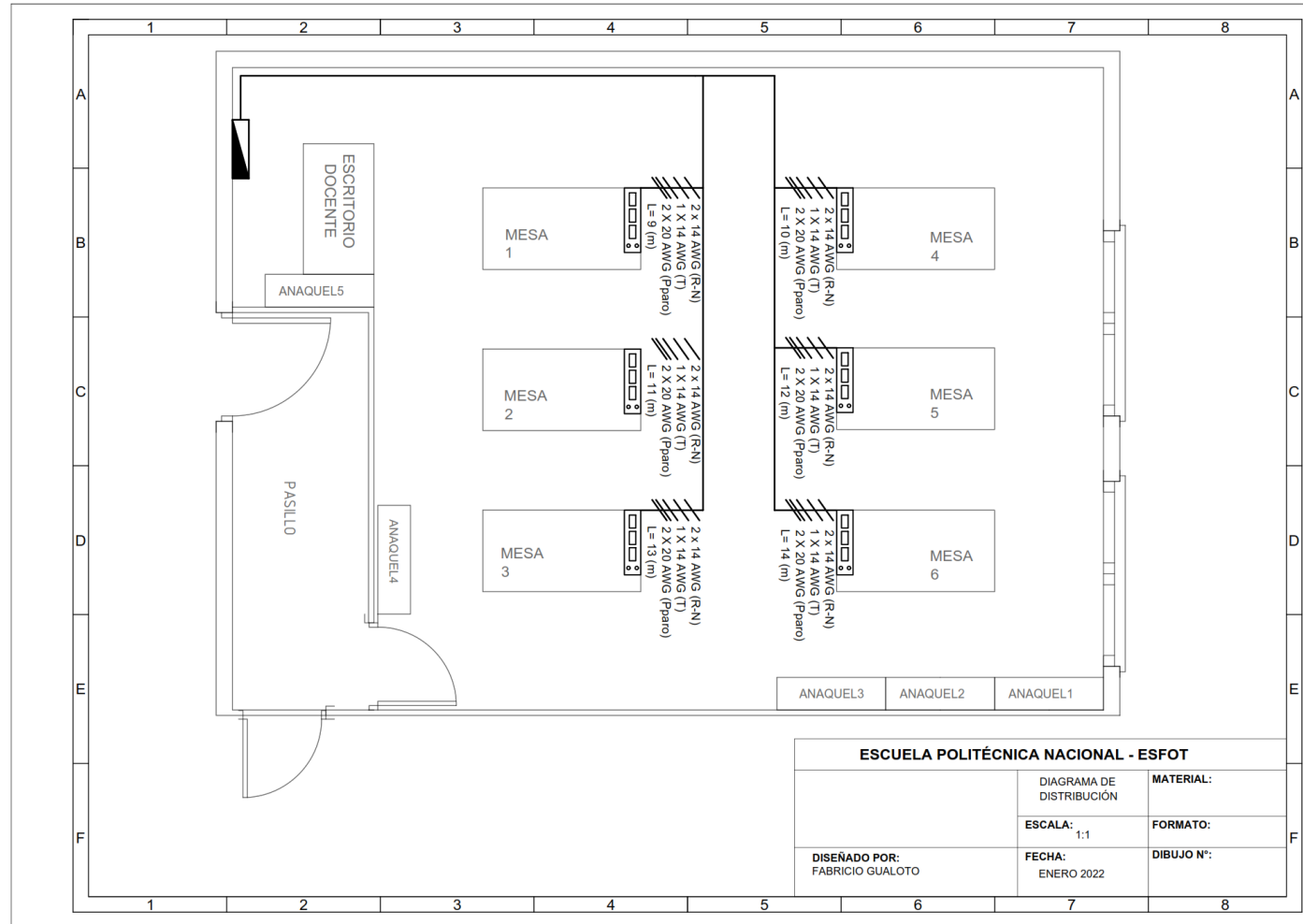
Ing. Pablo Andrés Proaño Chamorro., Msc.

---

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 7 | Oficina 28

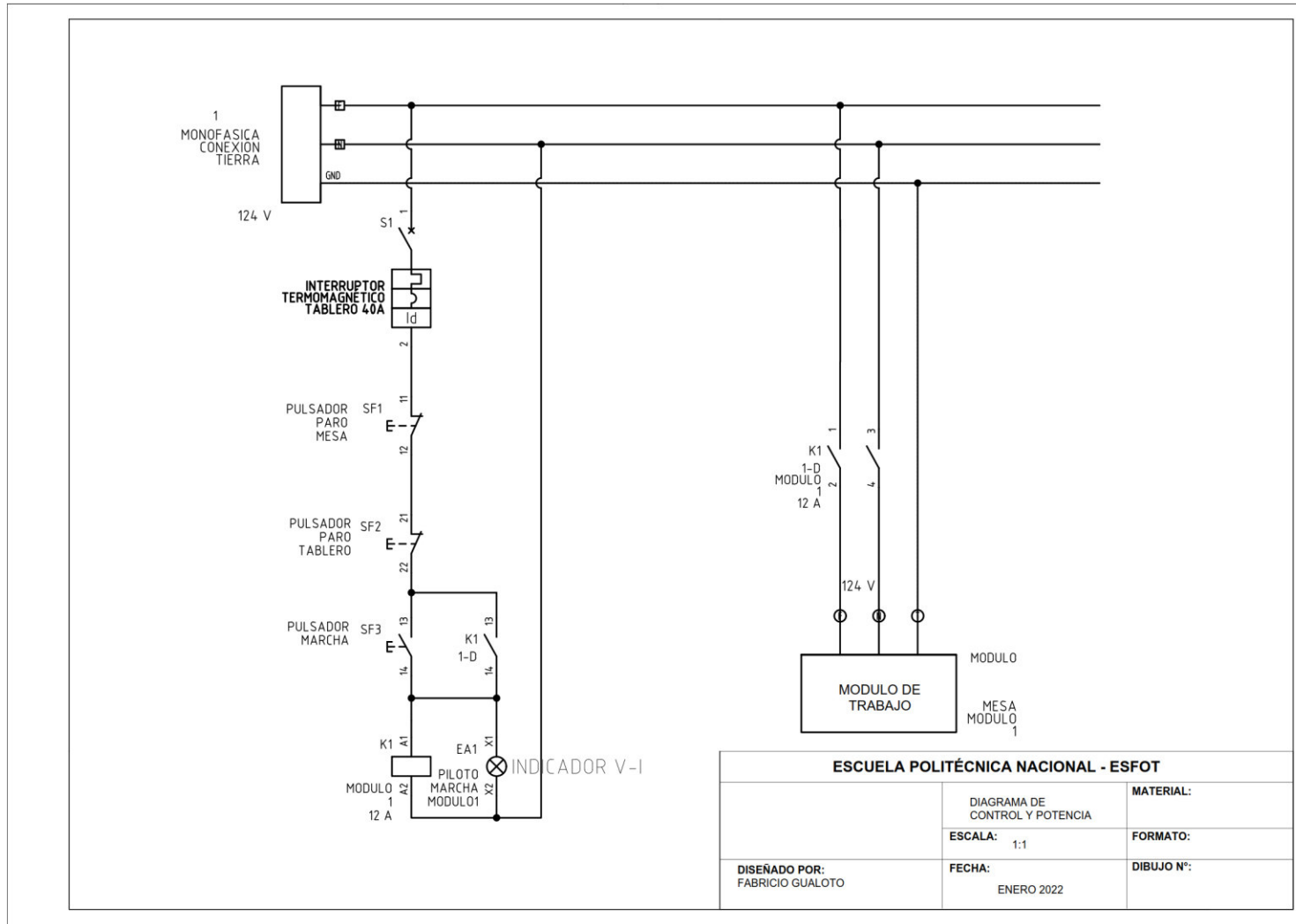
**Correo:** pablo.proano@epn.edu.ec | **Ext:** 2729

# ANEXO III. DIAGRAMA DE ALIMENTACIÓN



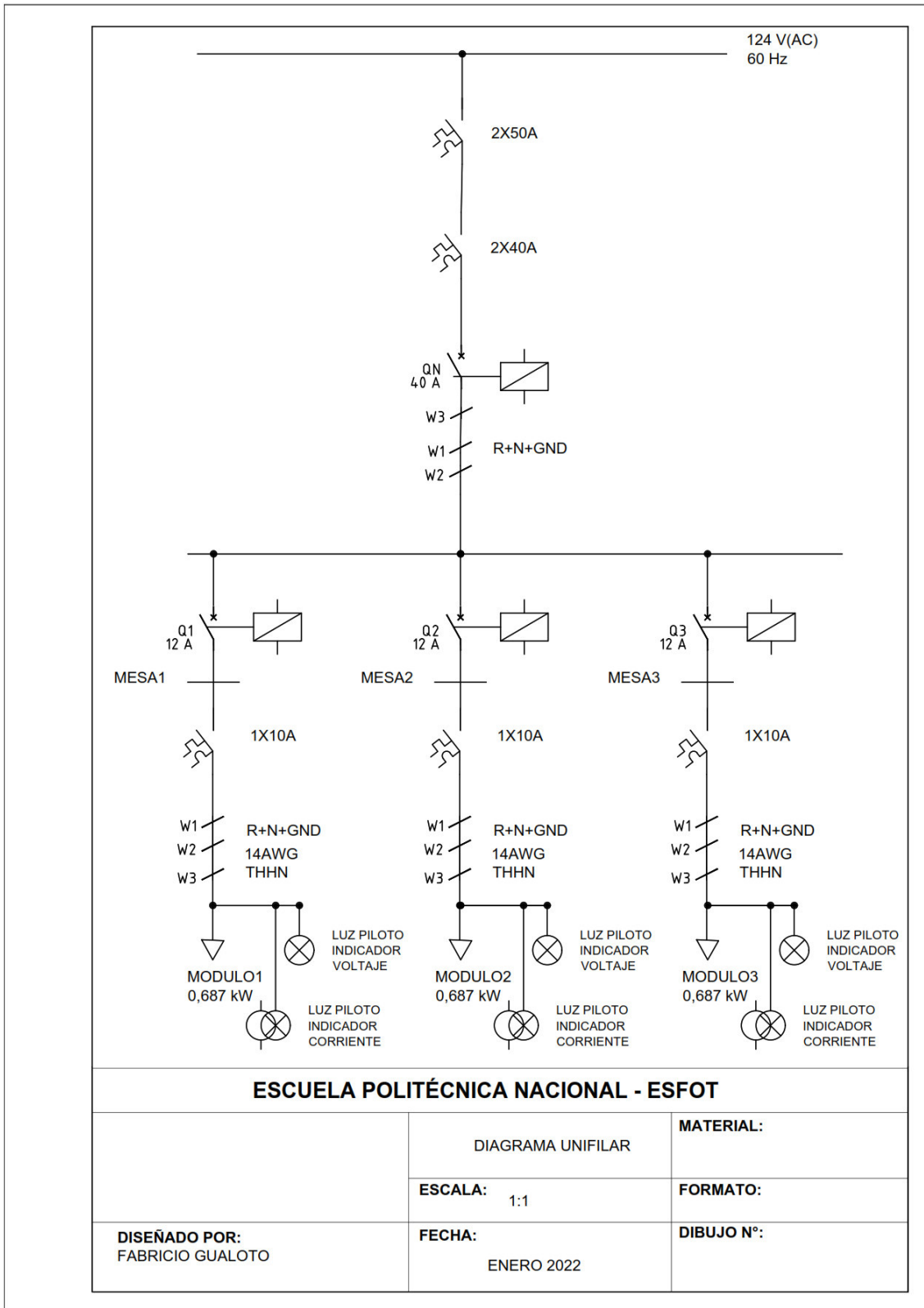
ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT		
	DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN	MATERIAL:
	ESCALA: 1:1	FORMATO:
DISEÑADO POR: FABRICIO GUALOTO	FECHA: ENERO 2022	DIBUJO N°:

# ANEXO IV: DIAGRAMA DE CONTROL Y POTENCIA

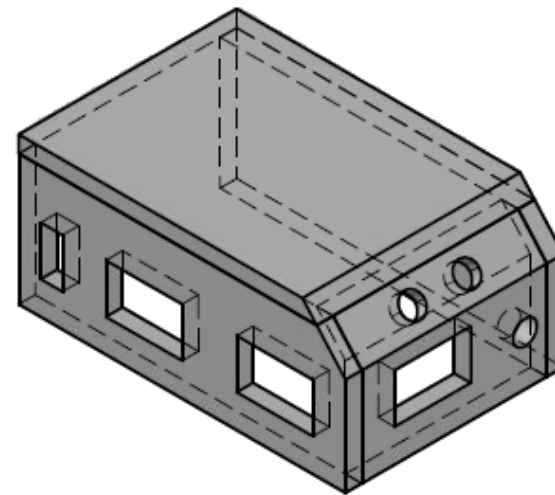
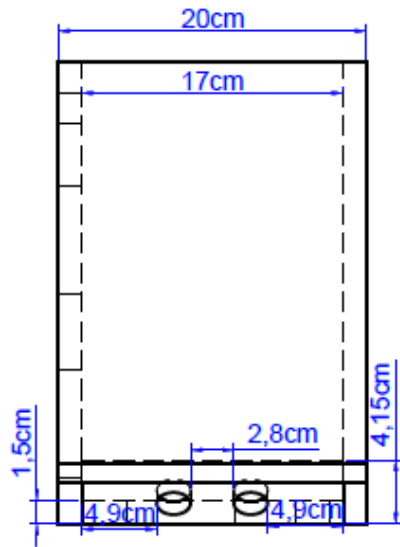
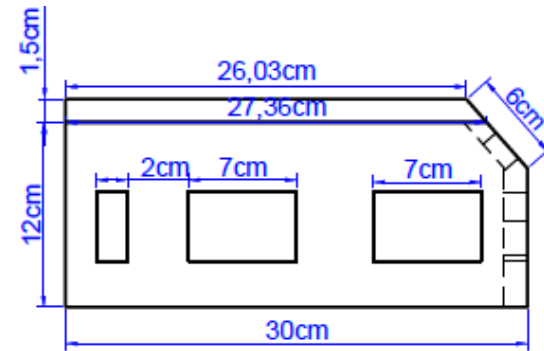
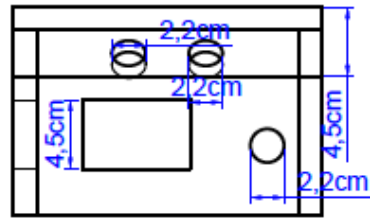




# ANEXO V: DIAGRAMA UNIFILAR



# ANEXO VI: DISEÑO Y MEDIDAS DE LA CAJA DEL MÓDULO.



## ANEXO VII: DIAGRAMA DE MONTAJE

