

IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE ARRANCADORES SUAVES PARA MOTORES TRIFÁSICOS EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE ELECTRICIDAD.
IMPLEMENTATION OF A DIDACTIC MODULE OF SOFT STARTERS FOR THREE-PHASE MOTORS IN THE LABORATORY OF THE ELECTRICITY DEGREE

Ing. Diego Paul Romero Carrión; Ing. Roberto Carlos Ortega Ordoñez; Ing. Alex Fabian Estrella Quispe; Est. Batallas Zambrano Enrique Marcelo, Est. Gonzaga Anaguano Alexander Joel

Resumen

Con la implementación de este módulo didáctico de arrancadores suaves se regulará las corrientes altas producidas al momento de arrancar un motor, ayudando así a mantener los niveles de corriente similares a los nominales y no tener posibles efectos en la red, también ayudará a los estudiantes a mejorar sus conocimientos y aprendizajes al momento de realizar prácticas, con los demás elementos del módulo. Se basó en la normativa IEC 1082-1 para la simbología de cada uno de los elementos del módulo, y se utilizó para diseñar los planos de forma fácil de interpretación los elementos, se utilizó la investigación de enfoque mixto que sirvió para obtener y analizar datos cuantitativos, cualitativos en un mismo estudio, el proyecto se desarrolló mediante una investigación de campo para permitir tener datos reales para examinarlos y observar las variaciones de magnitudes eléctricas de los dispositivos, se empleó varias herramientas digitales tales como AutoCAD para realizar el diseño de planos, CADE SIMU para el diseño de circuitos eléctricos, Excel para elaboración de tablas y motores de búsqueda para recolección de información.

Palabras clave: Arrancador suave, control eléctrico industrial, motor eléctrico, corrientes de arranque, dimensionamiento de dispositivos.

Abstract

With the implementation of this didactic module of soft starters, the high currents produced when starting a motor will be regulated, thus helping to maintain current levels similar to the nominal ones and not having possible effects on the network, it will also help students to improve their knowledge and learning when doing practices with the other elements of the module. It was based on the IEC 1082-1 standard for the symbology of each of the elements of the module, the same one that allowed the plans to be designed in an easy way to interpret the elements, and the mixed approach research was used with which data was obtained. quantitative and qualitative in the same study, the project was developed through a field investigation to acquire real data that the variations of electrical magnitudes of the devices, where various digital tools such as AutoCAD were used to carry out the design of plans, CADe SIMU for the design of electrical circuits, Excel for the elaboration of tables and search engines for gathering information.

Keywords: Soft starter, industrial electrical control, electric motor, starting currents, device sizing.

PROCESOS TECNOLÓGICOS Diciembre, V°2-N°4; 2021

- ✓ **Recibido:** 25/09/2021
- ✓ **Aceptado:** 05/11/2021
- ✓ **Publicado:** 30/12/2021

📍 **PAÍS:**
Ecuador

🏢 INSTITUCIÓN:

- 📍 Instituto Superior Tecnológico Tsáchila

✉ **CORREO:**

diegoromero@tsachila.edu.ec

☑ **ORCID:**

📄 **FORMATO DE CITA APA.**

Romero, D. P., Ortega, R. C., Estrella, A. F., Batalla, E. M., & Gonzaga A. J., (2021). Implementación de un módulo didáctico de arrancadores suaves para motores trifásicos en el laboratorio de la carrera de electricidad... *Revista G-ner@ndo*, V°2 (N°4), 57- 80.

Introducción

Con la implementación de este nuevo módulo en el laboratorio de Electricidad se busca que los estudiantes obtengan nuevos conocimientos para manipular, programar e instalar los arrancadores suaves y conocer las características de trabajo, para que cuando estén en el campo laboral no ocasionen daños a las máquinas y provocar algún accidente. El arrancador suave está compuesto por algunos pares de tiristores los cuales se encuentran conectados en antiparalelo, esto depende del modelo del equipo debido a que pueden ser de tres pares, uno por fase, o de dos pares, quedando una fase libre, a esto se le denomina control de tres fases o control de dos fases, y se lo conecta en serie a el motor, donde este funciona como un interruptor y realiza mediante el cambio dirección de disparo ocasionado por el dispositivo microcontrolador alterando el voltaje de entrada del motor, produciendo así un arranque o parada suave de la máquina.

Este proyecto beneficiara de primera mano a los estudiantes de la carrera de electricidad del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila, este módulo de aplicación didáctica busca reducir el tiempo de montaje y cableado para los distintos tipos de arranques de los motores, ayudando a complementar los conocimientos adquiridos en la rama de Control Eléctrico Industrial y Control de Procesos y Automatización.

El presente proyecto de Implementación de un Módulo Didáctico de Arrancadores Suaves para motores trifásicos en el laboratorio de la carrera de Electricidad, ayudará para realizar prácticas en el laboratorio para que de esta manera los estudiantes aprendan a manipular, programar e instalar correctamente un arrancador suave y permitir avanzar de manera sucesiva y obtener conocimientos, aprendizajes en la carrera de Tecnología en Electricidad. El inconveniente existente es que, en el laboratorio de Electricidad al tener varios motores trifásicos de inducción, no se tiene un dispositivo que minimice las altas corrientes producidas al momento de arrancar el motor. El arrancador suave es la solución al problema debido a que la función es incrementar el voltaje progresivamente de forma lineal, para que de esta manera la corriente de

arranque se limite a niveles cercanos a los nominales y así no tener una elevada factura eléctrica para el Instituto Superior Tecnológico Tsáchila (ISTT).

La educación a nivel nacional cada día está progresando por parte de la tecnología debido a que los centros educativos más que todo el nivel superior necesita tener experiencia para estar acorde a las necesidades que la vida profesional requiere. Además de aportar los conocimientos técnicos, tanto teóricos como prácticos para la solución de problemas en el ámbito residencial e industrial, el Instituto Superior Tecnológico Tsáchila está formando jóvenes prometedores y capaces de escoger el camino en el ámbito laboral como un Tecnólogo Eléctrico del Ecuador.

Dentro del laboratorio de Electricidad las prácticas se van a realizar por medio de cables cortados en varias medidas con terminaciones en plugs tipo banana, lo cual ahorra tiempo en cortar y retirar aislamiento para realizar conexiones entre terminales de los diferentes equipos o dispositivos, todo esto con el objetivo de finalizar las prácticas un menor tiempo posible al armar algún circuito eléctrico. Este módulo no solo servirá para realizar prácticas en el laboratorio sino también para dar exposiciones en otros lugares, es de fácil transporte dándole un coste menor adicional al Trabajo de Integración Curricular, se espera que sirva de modelo para la construcción de otros módulos de este tipo y completar los tiempos de intelecto y enseñanza. La falta de un módulo de arrancadores suaves, los estudiantes no tienen conocimientos de estos equipos, por cual se implementará este módulo para de esta manera aprovechar al máximo las capacidades técnicas de los equipos del laboratorio de electricidad y minimizar la cantidad de cable para ahorrar espacio y tiempo al momento de realizar la práctica. Estos equipos son diseñados o utilizados para controlar los picos de corriente y el par de arranque de un motor, mediante la utilización de (SCR) Rectificador Controlado de Silicio, la aplicación de los arrancadores suaves depende de las características de motor y se dividen en aplicaciones estándar o severas.

Debemos tener en cuenta que sin práctica no hay formación profesional, pero sin teoría no podemos acceder a prácticas por lo tanto primero debemos investigar cual es el funcionamiento

de estos equipos y de cómo se deben manipular, programar e instalar, para al momento de realizar una práctica no tener una indecisión de conocimientos prácticos. Este trabajo práctico tiene como finalidad tener un control total de la corriente del arranque del motor mediante el arrancador suave y de este modo se beneficiará a los estudiantes obteniendo conocimiento del arranque de estos equipos, y también al laboratorio al contar con una seguridad para no exceder el factor de potencia.

Materiales y Métodos

La modalidad de esta investigación es de carácter mixto o también conocida como investigación integrativa o múltiple, debido a que permitió recolectar, analizar y complementar datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, con el cual nos entregó la solución al problema como es precisamente la temática de la implementación de un módulo didáctico de arrancadores suaves, para el laboratorio de Electricidad. La solución al problema se basó en realizar pruebas técnicas del motor en un arranque directo y después con los arrancadores suaves para posteriormente examinarlos y verificar mediante un cuadro comparativo las diferencias que existen, y mediante los resultados observados se comprobó la necesidad de la implementación del módulo didáctico. La investigación que se ha realizado servirá de utilidad para docentes, estudiantes y público en general del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila en la carrera de Electricidad, con el objetivo de que los estudiantes conozcan el propósito del funcionamiento de estos dispositivos para reforzar su formación académica y por otro lado evitar efectos en la red y posibles caídas de tensión.

Análisis de resultados

Se seleccionaron estos elementos, para realizar prácticas con motores ya sea con carga o sin carga, para realizar diferentes tipos de arranque como directo y también mediante arrancadores suaves para observar las diferencias en las corrientes de arranque que existen, por tal motivo se dispone de dos contactores, además se analizó la cantidad de pulsadores,

selectores, junto a ello también las luces piloto. En la parte de protecciones se eligió guardamotors para proteger los motores del laboratorio e interruptores termomagnéticos paraprotección del módulo en la parte fuerza y control.

Por parte de la institución en la carrera Tecnología Superior en Electricidad, se recibieron dos equipos para la implementación en el módulo didáctico de arrancadores suaves, los cuales serán detallados a continuación.

Tabla 1. equipos entregados por el laboratorio de electricidad.

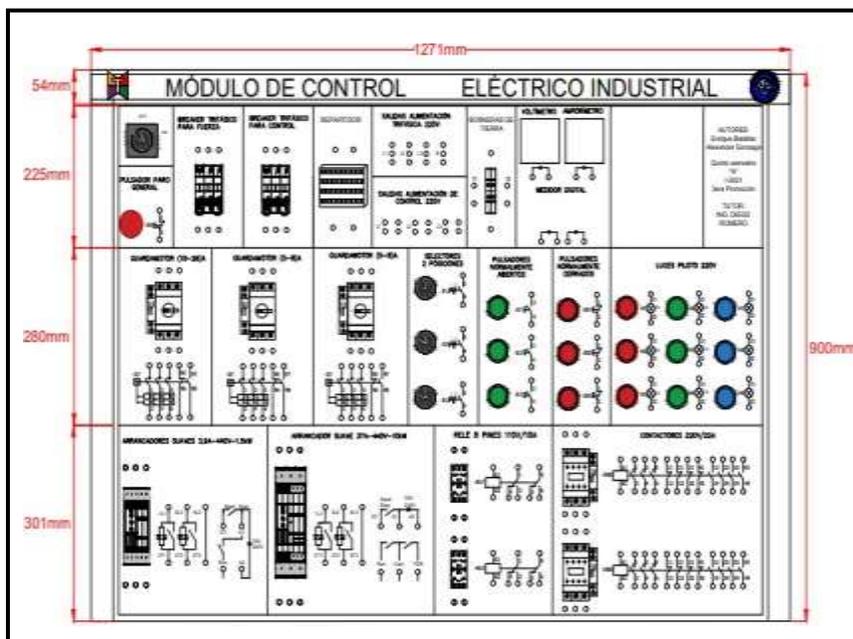
EQUIPOS ENTREGADOS POR EL LABORATORIO DE ELECTRICIDAD					
DESCRIPCIÓN	CORRIENTE (A)	VOLTAJE (V)	POTENCIA (HP)	POTENCIA (KW)	MARCA
Arrancador suave	37	230	10	7,5	ABB
Motor eléctrico trifásico	2,1	220/380	0,5	0,37	WEG

Nota. Detalles de los equipos obtenidos por el laboratorio de electricidad. **Fuente:** Elaboración propia.

Determinación de planos

Para esta parte primero se realizó el plano de la ubicación de los elementos con sus respectivas perforaciones de cada uno de los equipos y cableado del mismo, de esta manera se determinó el tamaño del módulo didáctico.

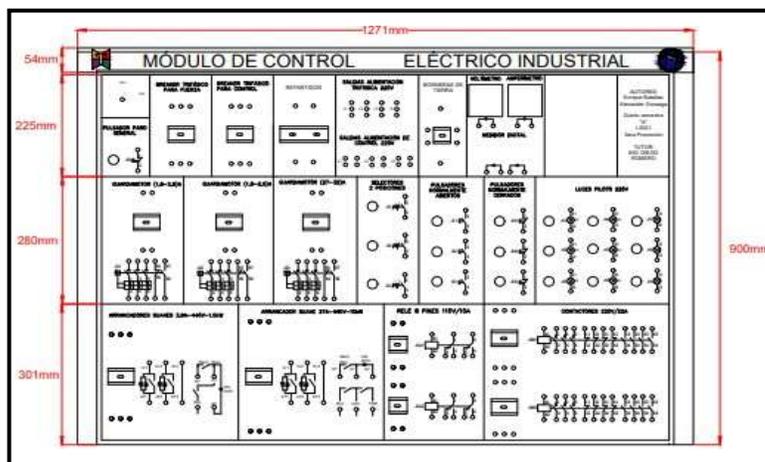
Figura 1. Vista frontal del módulo dibujado en AutoCAD.



Nota. Vista frontal del módulo didáctico, dibujado en AutoCAD. **Fuente:** Elaboración propia.

El siguiente plano hace referencia a la ubicación del riel din donde se instalaron los equipos del tablero y las perforaciones, se instaló los elementos teniendo en cuenta que las protecciones van al principio del tablero, luego en la segunda plancha se instalan los guardamotores con los elementos de control y en la última plancha, los arrancadores suaves y contactores.

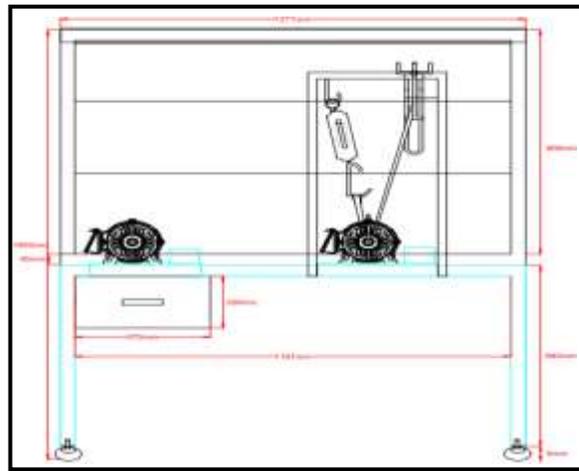
Figura 2. Vista frontal con riel din y perforaciones.



Nota. Vista frontal del módulo didáctico con las ubicaciones del riel din. **Fuente:** Elaboración propia.

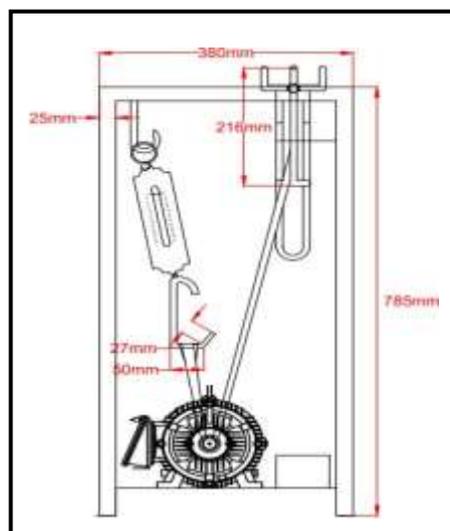
A continuación, se visualiza las medidas generales del módulo didáctico incluyendo la mesa, el freno de prony y bases donde se va a realizar el montaje de los motores trifásicos.

Figura 3. Medidas generales del módulo didáctico



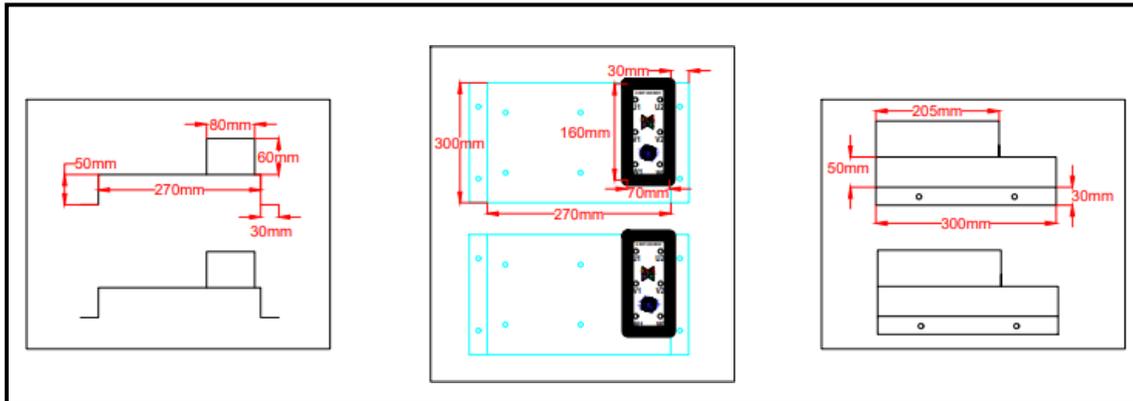
Nota. Medidas generales del módulo didáctico, dibujado en AutoCAD. **Fuente:** Elaboración propia.

Figura 4. Medidas del freno de prony



Nota. Medidas del freno de prony incluyendo las bases y el motor. **Fuente:** Elaboración propia

Figura 5. Medidas de las bases para los motores.



Nota. Medidas de las bases donde serán ubicados los motores. **Fuente:** Elaboración propia

Selección y construcción del tablero

Selección de protecciones.

Las protecciones para los tableros eléctricos, son los elementos más relevantes ya que debido a estos dispositivos se evita una destrucción de aparatos eléctricos, así mismo la protección ante sobrevoltajes y cortocircuitos, por lo tanto, es necesario elegir las protecciones para cada aplicación.

Tabla 2. Protecciones para los equipos del módulo didáctico.

EQUIPO	APLICACIÓN
Interruptor termomagnético	Protección principal
Interruptor termomagnético	Protección para control
Guardamotor	Protección para motores

Nota. Descripción de los equipos de protección que se van a utilizar para el módulo. **Fuente:**

Elaboración propia

Selección de breakers.

Para la selección de protección contra cortocircuitos, se utilizó un breaker principal y un breaker para los circuitos de control. El cálculo del breaker principal se realizó en función de 2 motores de 0.5 HP y los datos de un motor de 10 HP el cual no se encuentra en el módulo didáctico, pero queda dimensionado debido a que el arrancador suave entregado por el laboratorio de electricidad soporta esa potencia, los cálculos de las corrientes se detallan a continuación con sus características eléctricas.

- Los datos de las placas de los motores trifásicos se detallan en la parte de anexos.

Motor trifásico #1:	$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos}\varphi$
P = 0.5 HP	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\varphi}$
V = 220 V	$I = \frac{0.5 \text{ hp} \times 746 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ V} \times 0.69}$
Cos φ = 0,69	$I = 1,42 \text{ A} \times 1,25 = 1,78 \text{ A}$
	Breaker 3 polos 2A
Motor trifásico #2:	$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos}\varphi$
P = 0.5 HP	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\varphi}$
V = 220 V	$I = \frac{0.5 \text{ hp} \times 746 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ V} \times 0.72}$
Cos φ = 0,72	$I = 1,36 \text{ A} \times 1,25 = 1,7 \text{ A}$
	Breaker 3 polos 2A
Motor trifásico #3:	$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos}\varphi$
P = 10 HP	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\varphi}$
V = 220 V	$I = \frac{10 \text{ hp} \times 746}{\sqrt{3} \times 220 \text{ V} \times 0,88}$
Cos φ = 0,88	$I = 22,25 \text{ A} \times 1,25 = 27,81 \text{ A}$
	Breaker 3 polos 30A

- Breaker principal seleccionado debería ser un C30A, por la corriente que consume un motor de 10 HP, sin embargo, se adquirió un C40A debido a que la protección queda dimensionada para futura implementación en el módulo didáctico. La selección del breaker secundario o de control se lo hizo en función, de las corrientes obtenidas en los cálculos detallados anteriormente, por lo que la protección de los circuitos de control se seleccionó uno de 2 A, debido a que generalmente se utilizan de 2 a 4 A porque en la parte de control se consumen una corriente muy baja.

Selección de guardamotores.

Para la protección de los motores contra cortocircuitos y sobrevoltajes se seleccionó los guardamotores, los cuales poseen dichas características, en base a los cálculos realizados anteriormente se procedió a la selección de los equipos, dichas protecciones también concuerdan con tablas proporcionadas por los proveedores en función de la corriente nominal del motor como se observa en la tabla 4, en este caso se tomó datos del catálogo de la marca LS.

Tabla 3. Características para seleccionar un guardamotor en la marca LS.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
LSGUB-20100	LS GUARDAMOTOR 1/2HP 1.6 - 2.5A 220V 60HZ
LSGUB-20101	LS GUARDAMOTOR 1HP 2.5 - 4.0A 220V 60HZ
LSGUB-20102	LS GUARDAMOTOR 1 1/2HP 4.0 - 6.0A 220V 60HZ
LSGUB-20103	LS GUARDAMOTOR 2HP 5.0 - 8.0A 220V 60HZ
LSGUB-20104	LS GUARDAMOTOR 3HP 6.0 - 10A 220V 60HZ
LSGUB-20105	LS GUARDAMOTOR 3HP 9.0 - 13A 220V 60HZ
LSGUB-20106	LS GUARDAMOTOR 5HP 11 - 17A 220V 60HZ
LSGUB-20107	LS GUARDAMOTOR 7 1/2HP 18 - 26A 220V 60HZ
LSGUB-20108	LS GUARDAMOTOR 10HP 22 - 32A 220V 60HZ
LSGUB-20109	LS GUARDAMOTOR 15HP 28 - 40A 220V 60HZ

Nota. Se observa la corriente de motores a plena carga con el voltaje y la frecuencia, en la marca LS. **Fuente:** <http://www.grupoecmejia.com/guardamotores-ls>

Los guardamotores seleccionados para el módulo son los siguientes:

- Para el motor trifásico 1 y 2 de 0.5 HP a 220V, consume 1,70A y 1,78A y se seleccionó un guardamotor de (1,6 – 2,5A) Para el motor trifásico de 10 HP a 220V, consume 27,81A y se seleccionó un guardamotor de (22 - 32A)

Selección de contactores.

Estos dispositivos se los seleccionaron de un mismo amperaje para los dos contactores que contiene el módulo didáctico, los cuales están dimensionados para a trabajar a 220 V, el amperaje es 32A. Se los escogió en base a la potencia del motor de 10 Hp según los datos de la tabla 4.

Tabla 4. Selección de un contactor.

SELECCIÓN DE CONTACTOR			
Intensidad (A)		Potencia del motor (HP)	
AC1	AC3	220VAC	440VAC
18	7	2.0	4.0
18	7	2.0	4.0
22	9	3.0	6.0
22	9	3.0	6.0
22	9	3.0	6.0
22	9	3.0	6.0
40	12	4.0	9.0
40	12	4.0	9.0
40	16	6.0	12.0
40	16	6.0	12.0
50	25	9.0	18.0
50	25	9.0	18.0
50	32	12.0	20.0
50	32	12.0	20.0
50	38	15.0	30.00

Nota. Selección de un guardamotor en base a la corriente y potencia del motor. **Fuente:** <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:>

Los contactores se eligieron en base a la normativa IEC 158 donde hace referencia a la categoría de empleo AC, se seleccionó a los contactores de categoría AC3, aptos para motores de jaula de ardilla con intensidades de arranque en el momento de la conexión de 5 a 7 veces la corriente nominal y el factor de potencia puede ser igual o mayor a 0,35.

Construcción del tablero. El diseño del tablero didáctico visual se lo realizó para que sean funcional y que los estudiantes visualicen todos los elementos y dispositivos, también cuenta con una mesa con las respectivas bases. El tablero fue construido en base a la normativa INEN 2589 que detalla que los tableros deben ser fabricados con acero para tener más resistencia.

Figura 6. Construcción del cuerpo y bases del módulo.



Nota. Construcción del cuerpo y bases del módulo. **Fuente:** Elaboración propia.

Después de haber realizado el plano referente a las perforaciones y revisado por nuestro tutor se procedió a imprimir el plano para poder realizar las perforaciones indicadas y que no exista equivocación en las medidas de los orificios, esto con la finalidad de realizarlos antes de pintar el tablero, debido que si se lo realiza luego puede dañar las características de la pintura.

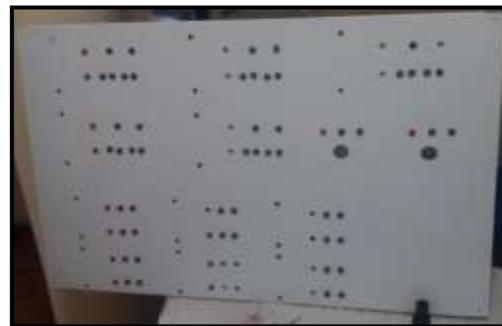
Figura 7. Perforaciones del tablero.



Nota. Perforaciones de las planchas del tablero. **Fuente:** Elaboración propia.

El pintado del tablero, se realizó en base a la normativa INEN 2589, la cual recalca que los gabinetes o tableros tienen que ser pintados con pintura electroestática y secados en horno. Se ocupó pintura blanca para las planchas y para las bases se utilizó azul.

Figura 8. Pintado de planchas del módulo.



Nota. El pintado de planchas se lo realizó con pintura dieléctrica y secado en horno. **Fuente:** Elaboración propia.

Implementación de equipos y accesorios del módulo

- Ubicación de conectores Jack banana tipo hembra.

Una vez ya adquiridos todos los equipos y accesorios, se procedió a colocar los plugs

en cada una de las perforaciones del módulo, teniendo en cuenta el color de los plugs que estén en el plano etiquetado.

Figura 9. Ubicación de los plugs en las perforaciones del módulo.



Nota. Perforaciones con sus respectivos plugs. **Fuente:** Elaboración propia

- Ubicación de riel din en las planchas de módulo

Después de colocar los plugs en las perforaciones, se procedió a tomar las medidas para saber dónde va a ir el riel din y colocar los autoperforantes de 1/2 para que logre sujetar el peso del elemento.

Figura 10. Ubicación del riel din.

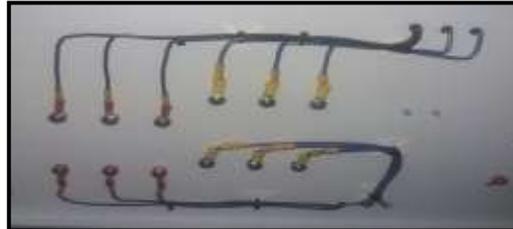


Nota. Ubicación del riel din con los respectivos autoperforantes. **Fuente:** Elaboración propia

- Marquillado de los elementos

En el siguiente paso, se procedió a marquillar los conductores tomando como referenciadel plano de etiquetado para tener una fácil identificación.

Figura 11. Marquillado de cable.

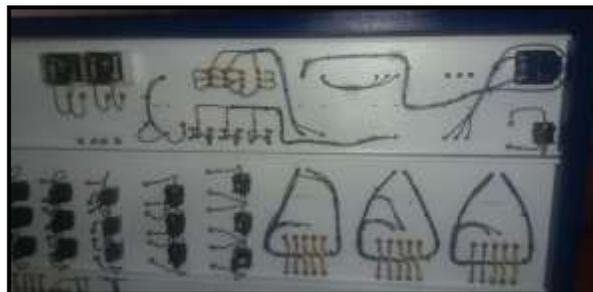


Nota. Marquillado de los conductores basándose en el plano de etiquetado. **Fuente:** Elaboración propia

Organización y montaje de elementos

Después del marquillado de los conductores se procede a colocar los elementos en el riel din para poder realizar la conexión, luego se procede a peinar y ubicar los cables de forma moderada donde se puede observar y manipular la conexión de sus contactos principales.

Figura 12. Organización del conductor.



Nota. Organización del conductor de cada elemento. **Fuente:** Elaboración propia

- Conexión de elementos

Una vez marquillado y organización por la parte posterior del módulo se procede a

conectar los cables a los elementos en la parte delantera para dar por terminado el conexionado de los elementos y poder realizar las respectivas pruebas.

Figura 13. Conexión de elementos.

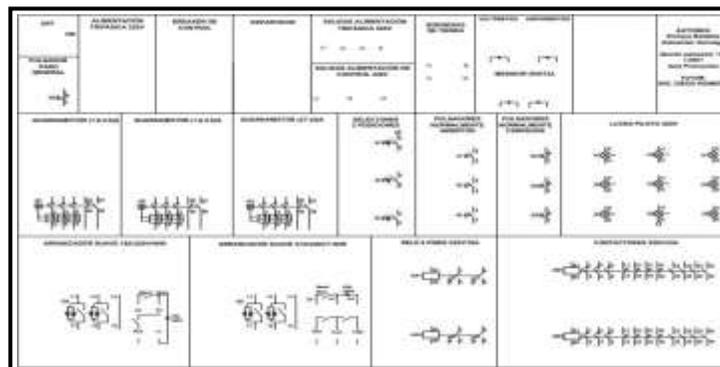


Nota. Conexión de elementos del módulo. **Fuente:** Elaboración propia

Elaboración del vinil para las planchas del módulo

El vinil que se realizó contiene la simbología de los elementos que conforman el módulo didáctico el cual se realizó en base a la normativa IEC 1082-1, que indica que los símbolos, gráficos y reglas numéricas o alfanuméricas deben utilizarse para identificar los equipos y así mismo el diseño de circuitos eléctricos.

Figura 14. Vinil para el módulo didáctico.



Nota. Elaboración del vinil para el módulo didáctico realizado en AutoCAD. **Fuente:** Elaboración propia

Pruebas con multímetro

Una vez finalizado el montaje de los elementos en el módulo se procede a la comprobación de continuidad con el multímetro, con el fin de tener seguridad del conexionado realizado en los elementos y el ajuste de los plugs flojos, debido que al existir un falso contacto en los terminales el multímetro detectará la falla que puede ser que este flojo el terminal o que está mal conectado, detectando este problema antes de energizar el módulo y realizar la corrección de la falla.

Figura 15. Pruebas con multímetro.



Nota. Comprobación del correcto cableado de los elementos, mediante una amperimétrica.

Fuente: Elaboración propia

Pruebas con alimentación del módulo

Después de realizar la prueba con el multímetro y verificar los contactos y terminales que se encuentren bien ajustados se procede a realizar con la alimentación del módulo. Se energizó el tablero para revisar la conexión de las bobinas en cada elemento y observar el

enclavamiento, también si los contactos auxiliares cambian de posición. Se comprobó el funcionamiento de cada elemento ya energizado, y simulando varias pruebas para el correcto estado de los dispositivos y la perfecta ejecución de cada equipo.

Figura 16. Prueba con alimentación.

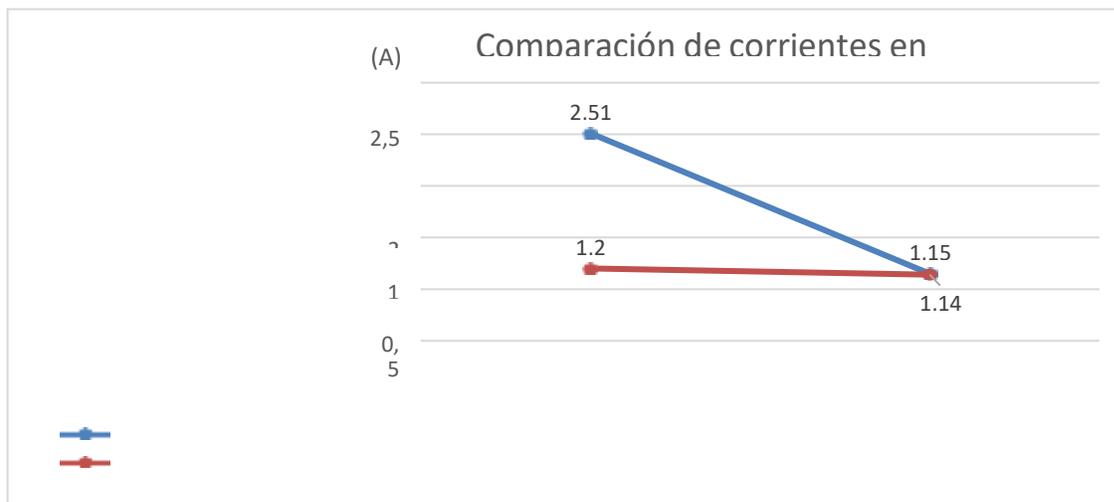


Nota. Funcionamiento de los equipos con alimentación. **Fuente:** Elaboración propia

Puesta en marcha

Se realizaron dos circuitos que se utilizan en procesos industriales los cuales son arranque directo y un arranque mediante un arrancador suave, para motores trifásicos de 0.5 Hpy obtener las diferencias de corrientes de arranque que existen. Para llevar a cabo la práctica se realizó los circuitos de control y fuerza en el programa de CADE SIMU después de observar su funcionamiento se procedió a ejecutarlo en el módulo didáctico.

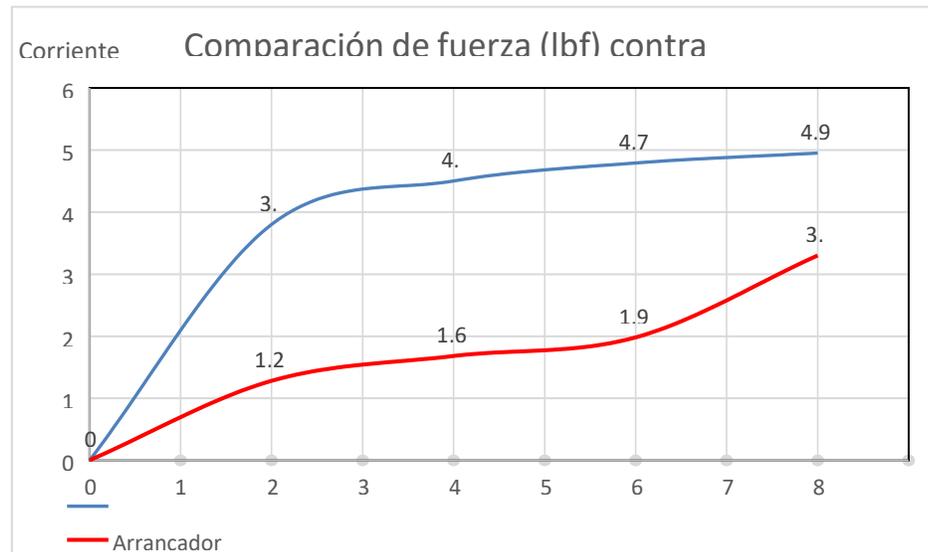
Primero se realizó la comparación de un arranque directo y un arranque con arrancador suave ambos trabajando en vacío, para de esta forma observar las corrientes de arranque que se generan al arrancar los motores, la cual se midió por medio de una pinza amperimétrica donde se utilizaron los siguientes elementos; un interruptor termomagnético, un contactor, un guardamotor, un arrancador suave y el motor trifásico de 0.5HP, a continuación, se detallan los resultados de las corrientes de arranque:

Gráfico 1 Comparación de corrientes en vacío.

	Corriente de arranque	Corriente Nominal
Arranque directo (en vacío)	2,51	1,15
Arranque con arrancador suave (en vacío)	1,2	1,14

Nota. Resultados de las corrientes de un arranque directo y un arranque con arrancador suave en vacío. **Fuente:** Elaboración propia

En el otro circuito se utilizaron los dos tipos de arranque anteriores pero esta vez se usó un freno de prony simulando una carga, para de esta manera obtener la corriente del motor trifásico a plena carga, a medida que se le aplicaba más presión al motor la corriente va aumentando hasta que llega el momento que el motor se frena, esto ocurre después que superelas 8 libra fuerza o 35,59 newtons, debido a que el motor no puede ejercer más potencia en el eje y al final esa energía es disipada en forma de calor por el freno .

Gráfico 2 Comparación de corrientes de motores a plena carga.

Nota. Resultados de las corrientes de un arranque directo y un arranque con arrancador suave con carga. **Fuente:** Elaboración propia

Conclusión

La construcción del módulo didáctico se realizó con los respectivos planos eléctricos mediante el programa de AutoCAD, se proyectó la cantidad de los elementos que se iban a utilizar para obtener las dimensiones del módulo general, así como las medidas específicas de las planchas, freno de prony, bases para motores entre otros. Antes de iniciar la implementación del módulo, se investigó sobre el equipo principal del tema como es el arrancador suave, después de haber comprendido el funcionamiento y sus respectivas características del dispositivo, se puso en marcha una práctica de un arranque con un motor trifásico para de esta manera obtener resultados reales. Después de que el docente haya dado la teoría requerida para instalar y parametrizar un arrancador suave, podemos realizar una práctica para aplicar lo aprendido en el módulo didáctico, al momento de conectar hacerlo con toda la seguridad para no realizar una mala conexión, debido que podemos dañar el equipo con una mala maniobra, para programar

se lo realiza mediante potenciómetros los cuales sirven para ajustar el tiempo de rampa de arranque, tiempo de rampa de parada y nivel de tensión ya sea inicial o final de la máquina.

Referencia

Agudelo, S. (25 de abril de 2020). Magnitudes Eléctricas. Obtenido de Moviltronics:
<https://moviltronics.com/magnitudes-electricas-conceptos-y-ejemplos/>

Álvarez, G., & José Antonio. (septiembre de 2015). QUÉ ES LA POTENCIA ELÉCTRICA. Obtenido de asifunciona.com:
http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_potencia/ke_potencia_elect_1.htm

Automatismo Industrial. (19 de octubre de 2012). Circuito de fuerza y mando. Obtenido de automatismoindustrial.com: <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-6-logica-cableada/esquemas-basicos/>

Automatismo Industrial. (6 de noviembre de 2012). Conductores de potencia y maniobra. Obtenido de automatismoindustrial.com: <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/estructura-de-un-sistema-automatico/>

BEKAN. (18 de enero de 2018). Luz piloto. Obtenido de http://bekam.cl/wp-content/uploads/2017/08/Luces_Piloto_final.pdf

Cardete, R. (6 de febrero de 2020). ¿Qué son los tableros eléctricos? Obtenido de ceac.es: <https://www.ceac.es/blog/que-son-los-tableros-electricos-y-de-que-se-componen>

Correia, A. (junio de 2011). ¿Que son los dispositivos de los sistemas eléctricos? Obtenido de monografias.com: <https://www.monografias.com/trabajos73/sistema-electrico/sistema-electrico.shtml>

Diccionario.sensagent. (mayo de 2013). Red eléctrica. Obtenido de <http://diccionario.sensagent.com/>:
<http://diccionario.sensagent.com/RED%20ELECTRICA/es-es/>

Duran Moyano, J., Martínez García, H., Gámez (aro , J., Domingo Peña, J., & Grau Saldes, A. (2012). Automatismos eléctricos e industriales. Barcelona: Marcombo.

- EcuRed. (15 de mayo de 2013). Motor eléctrico trifásico. Obtenido de ecured.cu: https://www.ecured.cu/Motor_el%C3%A9ctrico_trif%C3%A1sico
- EspacioHonduras. (28 de diciembre de 2015). Voltaje eléctrico. Obtenido de Espaciohonduras.net: <https://www.espaciohonduras.net/voltaje-electrico>
- Ezequiel. (11-13 de Octubre de 2018). Motor trifásico de inducción (continuación) - Métodos de arranque. Facultad de Ingeniería, 11-13. Obtenido de http://www3.fi.mdp.edu.ar/electrica/maquinasyaccionamientos/subir/1.Teoria_apuntes_de_catedra/mae_2019_apunte_catedra7_continuacion_mti_metodos_de_arranque.pdf
- Farina, P. I. (2018). Motores eléctricos trifásicos: arranque e inversión del giro. Revista Ingeniería Eléctrica, 1-7.
- Gandhi, M. (16 de enero de 2020). Ventajas y desventajas de un arrancador suave. Obtenido de autycom.com: <https://www.autycom.com/que-es-un-arrancador-suave/>
- Hdez. Hdez, B., Cornelio Aquino, S., & Miranda, Y. (2 de febrero de 2014). Elementos de protección. Obtenido de es.slideshare.net: <https://es.slideshare.net/wiwihdez/elementos-de-control-y-proteccion>
- Hoyos Rodríguez, J. É. (2013). Diseño e implementación de banco didáctico para pruebas de instrumentación eléctrica industrial [Tesis de Ingeniería, Institución Universitaria Pascual Bravo]. Repositorio institucional, Medellín. Obtenido de http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/jspui/bitstream/pascualbravo/685/1/Rep_I_UPB_Tec_Sis_Mecatr%C3%B3nicos_Banco_Pruebas.pdf
- Iguren. (20 de octubre de 2017). ¿Cómo funciona un arrancador suave? Obtenido de iguren.es/blog: <https://iguren.es/blog/como-funciona-un-arrancador-suave/>
- Inducom. (19 de marzo de 2020). Aplicaciones. Obtenido de inducom-ec.com: <https://inducom-ec.com/motor-el%C3%A9ctrico-trifasico-aplicaciones-y-ventajas/>
- Ingeniería Mecafenix. (29 de marzo de 2017). ¿Qué es el guardamotor? Obtenido de [www.ingmecafenix.com: https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/guardamotor/](https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/guardamotor/)
- Instalaciones eléctricas. (noviembre de 2019). ¿Qué es un esquema eléctrico? Obtenido de [instalacioneselectricas.xyz: https://instalacioneselectricas.xyz/esquema-electrico/](https://instalacioneselectricas.xyz/esquema-electrico/)

- Masvoltaje. (27 de abril de 2016). ¿Qué es un cable eléctrico? Obtenido de masvoltaje.com:
<https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>
- Medina Vargas, A. (2016). Pulsadores. Obtenido de docplayer.es:
<https://docplayer.es/12297312-Elementos-de-maniobra.html>
- Mora, H. (24 de noviembre de 2011). El contactor. Obtenido de es.slideshare.net:
<https://es.slideshare.net/HUGOMORA5006/el-contactor>
- Mora, H. (24 de noviembre de 2011). El contactor. Obtenido de es.slideshare.net:
<https://es.slideshare.net/HUGOMORA5006/el-contactor>
- Mora, J. F. (2008). Máquinas eléctricas, 6a edc. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2008.
- Ordóñez Sánchez, D., & Rezabala Lara, V. (27 de Mayo de 2020). Researchgate.net. Obtenido de CONTROL ELÉCTRICO INDUSTRIAL:
<https://www.researchgate.net/publication/342902311>
- Paco. (9 de agosto de 2014). Selector eléctrico rotativo. Obtenido de coparoman.blogspot.com:
<https://coparoman.blogspot.com/2014/08/selector-electrico-rotativo.html>
- Podo. (25 de Julio de 2018). ¿Qué es la corriente eléctrica? Obtenido de Mipodo.com:
<https://www.mipodo.com/blog/informacion/que-es-corriente-electrica/>
- Portilla Estevez, A., & Bolaños López, C. (2002). Arrancador suave para motores trifásicos de inducción [Tesis de ingeniería, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio institucional, Quito. Obtenido de
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10433/3/T2043.pdf>
- Redeweb. (2021). ¿Qué es una Resistencia? Revista Española de Electrónica, 1. Obtenido de
<https://www.redeweb.com/actualidad/resistencia-electrica/>
- Rivas, J. (16 de octubre de 2015). Lógica cableada y lógica programada. Obtenido de
<https://dissenyproducte.blogspot.com/2010/12/logica-cableada-y-logica-programada.html>
- Rojas Cruz, D. (2017). Implementación del módulo de control para la transferencia automática de energía eléctrica del grupo electrógeno de 50 KVA de la empresa CODABE [Tesis

de Ingeniería, Universidad Politécnica SALESIANA]. Repositorio institucional, Quito, Ecuador.
Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14052/1/UPS%20-%20ST003079.pdf>

Tolocka, E. (4 de enero de 2015). Inversión de giro de motores trifásicos. Obtenido de profetolocka.com.ar: <https://www.profetolocka.com.ar/2015/01/04/inversion-de-giro-de-motores-trifasicos/>

Tu Material Eléctrico. (17 de enero de 2021). ¿Qué es un cuadro eléctrico y para que sirve?
Obtenido de [tumaterialelectrico.com](https://www.tumaterialelectrico.com):
<https://www.tumaterialelectrico.com/es/actualidad/que-es-un-cuadro-electrico-y-para-que-sirve/n-9>