



Manual de Módulos de Entrenamiento en Automatización y Procesos Eléctricos

**Romario Faria Perez Machado
Alejandro José Urieles Salcedo
José Alfredo de la Hoz Ballena
Alfredo José Jaraba Ahumada**

Universidad Magdalena
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Electrónica
Santa Marta, Colombia
2022



Índice

Índice.....	2
Lista de ilustraciones	3
Introducción	5
Instrucciones de seguridad	6
Recomendaciones de uso	8
Datos Técnicos.....	11
Módulo de entrenamiento.....	11
Contactores.....	12
Arrancador suave.....	12
Variador de frecuencia	12
PLC S7-1200.....	13
PLC LOGO.....	14
KP300	15
Dimensiones y distribución	17
Conexiones.....	23
Advertencias y sugerencias	35

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Contactos energizados cuando el totalizador y breaker del tablero eléctrico están en ON.	6
Ilustración 2. Vista posterior de bornera de paso.	8
Ilustración 3. Formas de conectar un terminal a una bornera. a) forma correcta; b) forma incorrecta.....	9
Ilustración 4. Señalización de advertencias y peligros de dispositivos.	11
Ilustración 5. Bornes de usuario de variador de frecuencia.	13
Ilustración 6. Dimensiones de módulo de entrenamiento, vista cenital.....	17
Ilustración 7. Dimensiones de módulo de entrenamiento, vista lateral.	18
Ilustración 8. Dimensiones de módulo de entrenamiento, vista frontal.	19
Ilustración 9. Distribución de rieles de módulos de entrenamiento.	20
Ilustración 10. Distribución de elementos en riel superior.	21
Ilustración 11. Distribución de elementos en riel inferior.	21
Ilustración 12. Distribución de elementos en rieles N°1 y N°2.	22
Ilustración 13. Distribución de elementos en rieles N°3, N°4 y N°5.	22
Ilustración 14. Esquema de alimentación de riel superior	23
Ilustración 15. Esquema de alimentación de riel inferior.	24
Ilustración 16. Tablero eléctrico de módulos de entrenamiento.....	25
Ilustración 17. Conexión a la red eléctrica del módulo de entrenamiento.	25
Ilustración 18. Conexión interna de bobinas del motor.....	26
Ilustración 19. Trayectoria del cableado de contactos del motor.	27
Ilustración 20. Trayectoria del cableado de contactos del contactor K1 y el contacto auxiliar de K1.	28
Ilustración 21. Trayectoria del cableado de contactos del contactor K2.	28
Ilustración 22. Trayectoria de cableado de contactos del contactor K3.	29
Ilustración 23. Trayectoria de cableado de contactos del temporizador.	29
Ilustración 24. Trayectoria de cableado de contactos del arrancador suave.	30
Ilustración 25. Trayectoria de cableado de contactos del variador de frecuencia.	31
Ilustración 26. Trayectoria de cableado de contactos de PLC S7–1200.....	31
Ilustración 27. Trayectoria de cableado de contactos de PLC LOGO.....	32
Ilustración 28. Trayectoria de cableado de contactos de módulos de expansión del PLC LOGO.	33

Ilustración 29. Trayectoria de cableado de conexión a tierra..... 34

Introducción

El módulo de entrenamiento en automatización y procesos eléctricos es un banco de trabajo diseñado para la instrucción académica de estudiantes de ingeniería electrónica en las asignaturas de máquinas eléctricas, electrónica de potencia, electrónica industrial y automatización y control industrial.

Los elementos que componen los módulos de entrenamiento son un compendio de dispositivos de uso común en el sector industrial que proporcionan al estudiante un primer acercamiento al ejercicio profesional bajo la seguridad y control de un entorno de laboratorio.

Este manual tiene como finalidad ofrecer información técnica, instrucciones de seguridad y recomendaciones de uso sobre los módulos de entrenamiento en automatización y procesos eléctricos disponibles en el laboratorio de señales e instrumentación de la Universidad del Magdalena.

Instrucciones de seguridad

El Reglamento de Instalaciones Eléctricas – RETIE establece que el riesgo eléctrico debe minimizarse lo mayor posible. Los módulos de entrenamiento, al operar con una alimentación trifásica de 120 V por línea, tienen un riesgo eléctrico intrínseco que nunca debe ser pasado por alto.

Con el fin de evitar accidentes en el laboratorio, se entregan las siguientes instrucciones.

- 1- Al momento de utilizar los módulos de entrenamiento, la primera acción a tomar es revisar el tablero eléctrico del laboratorio y verificar el estado del totalizador y el breaker respectivo del módulo que desea utilizar.

Tenga siempre en consideración, que para energizar completamente un módulo de entrenamiento deben estar activos (ON) tres disyuntores: el totalizador, el breaker respectivo en el tablero eléctrico, y el breaker en el módulo de entrenamiento. No obstante, en caso de que solo los disyuntores del tablero eléctrico estén en ON, quedan energizados los terminales superiores del breaker del módulo de entrenamiento, aunque estos estén inactivos (OFF).



Ilustración 1. Contactos energizados cuando el totalizador y breaker del tablero eléctrico están en ON.

- 2- La persona que utilice un módulo de entrenamiento debe portar la respectiva indumentaria de seguridad eléctrica. Bajo ninguna circunstancia manipule o energice los módulos de entrenamiento con calzado no aislante o si está mojado.
- 3- Siempre utilice cinta aislante o conectores al momento de realizar empalmes en el cableado que esté realizando. No utilice elementos no adecuados como bolsas plásticas, tela o papel a modo de material aislante.
- 4- No energice el módulo de entrenamiento sin haber finalizado las respectivas conexiones que se estén realizando. Tampoco manipule o modifique las conexiones mientras el módulo esté energizado.

Antes de realizar las pruebas, debe asegurarse de que las conexiones realizadas en el módulo de entrenamiento estén fijas.

- 5- No manipule los módulos de entrenamiento sin haber recibido la instrucción de algún docente del área o personal capacitado en el uso de los módulos de entrenamiento. En caso de necesitar hacer pruebas en los módulos sin el conocimiento adecuado, se debe pedir la supervisión de personal capacitado.
- 6- Ante un caso de emergencia moderada o peligro potencial, diríjase al tablero eléctrico y apague el totalizador (OFF).

En caso de accidentes que tengan como consecuencia lesiones graves o la muerte de una persona, o afectación grave de un inmueble por incendio o explosión; la persona que tenga conocimiento del hecho debe comunicarlo en el menor tiempo posible al personal encargado del laboratorio u otra autoridad competente.

Recomendaciones de uso

Con la finalidad de preservar el buen estado de los módulos de entrenamiento, así como de evitar potenciales daños, se entregan las siguientes recomendaciones:

- 1- La mayoría de conexiones que se realizan en los módulos de entrenamiento se hacen a través de las borneras de paso que tienen contacto a los terminales de los dispositivos. Tratarlas sin cuidado puede perjudicar en la realización de futuras conexiones.

Lo primero que debe considerar es lo siguiente. El contacto en las borneras se realiza a través de dos cámaras o cajas metálicas unidas mediante una placa conductora, donde las cámaras suben o bajan acorde a la graduación de un tornillo. El cable o terminal con que se realice una conexión debe ser introducido al interior de estas cámaras metálicas, y luego, graduar el tornillo para ajustarlo.

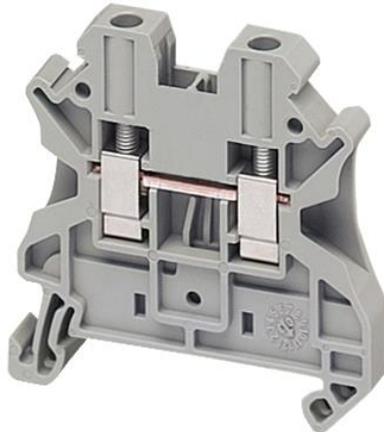
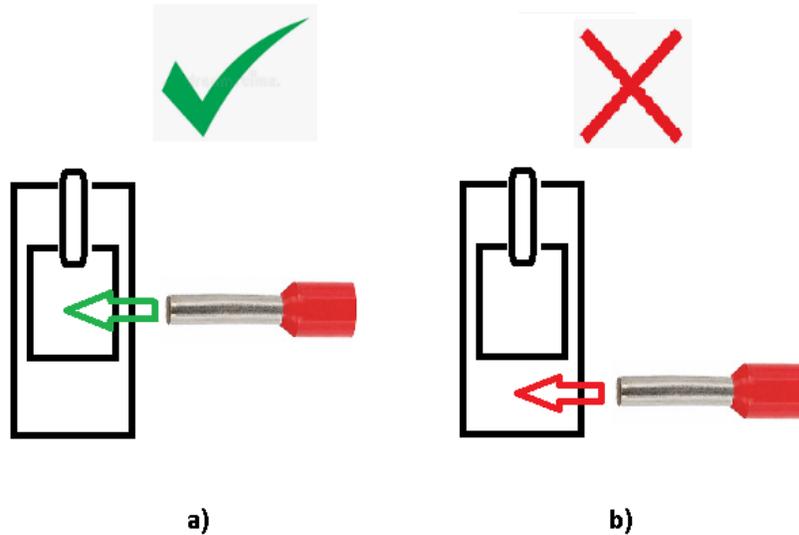


Ilustración 2. Vista posterior de bornera de paso.

La cámara metálica dónde se introduce el terminal de cable está inmersa dentro la estructura plástica de la bornera, formando lo que se puede describir como una cámara dentro de otra cámara. Cuando introduzca el terminal en la bornera, asegúrese de que lo está haciendo dentro de la cámara metálica y no debajo de ella como se aprecia en la Ilustración 3; de lo contrario, puede darse la situación en que por mucho que ajuste el tornillo nunca se fijará la conexión.



*Ilustración 3. Formas de conectar un terminal a una bornera.
a) forma correcta; b) forma incorrecta.*

Las conexiones que realicen deben quedar fijas; sin embargo, evite aplicar demasiada fuerza o colocar su peso sobre la bornera en caso de no poder ajustarla correctamente, verifique que esté utilizando un destornillador con la medida adecuada y en buen estado.

Por último, solo introduzca un (1) terminal en la cámara de la bornera, en caso de necesitar múltiples conexiones en el mismo punto, utilice empalmes en el otro extremo del cable ya sea con cinta aislante o conectores.

- 2-** Al momento de manipular los módulos de entrenamiento utilice los destornilladores descritos a continuación: a) destornillador de estrella 1/8" x 3" para las borneras de paso; b) destornillador de paleta 1/8" x 3" para las borneras de tierra; c) destornillador de paleta 5/6" x 3" para la bornera de neutro.

Si el destornillador no acopla correctamente en la ranura del tornillo, puede ocurrir que este se resbale y desgaste la ranura; o incluso que esta quede mellada. Insistir en aplicar fuerza cuando el destornillador resbala solo acelera el desgaste.

Otra buena consideración es mantener limpia la punta del destornillador, pues los residuos como limaduras metálicas que se adhieren reducen la superficie de contacto de la punta del destornillador y, por ende, reducen el agarre.

- 3- Antes de realizar las pruebas, asegúrese de haber realizado correctamente las conexiones, puesto que existen dispositivos con entradas para voltajes específicos que pueden verse afectados si se le inyecta un voltaje indebido.

Es recomendable utilizar un multímetro para medir la continuidad de las conexiones antes de energizar el módulo de entrenamiento.

- 4- No altere ni modifique los dispositivos o las conexiones propias de la estructura del módulo de entrenamiento; conectar erróneamente el cableado puede ir desde perjudicar el uso del módulo a otra persona hasta ocasionar daños a los dispositivos o accidentes en el laboratorio.

Solo el personal autorizado y capacitado puede manipular y modificar la estructura de los módulos de entrenamiento.

- 5- No ingiera alimentos ni bebidas mientras utiliza los módulos de entrenamiento, ni coloque sobre los módulos elementos ajenos a la conexión que se esté realizando.

Tenga cuidado de no introducir objetos pequeños dentro de los dispositivos o las borneras.

- 6- Una vez termine de utilizar los módulos de entrenamiento, apague el breaker del módulo de entrenamiento y también su breaker respectivo en el tablero eléctrico. En el caso del totalizador, si alguien más está utilizando los módulos de entrenamiento puede pasarlo por alto, pero si no hay nadie más, también apague el totalizador.

Datos Técnicos

Antes de manipular los módulos de entrenamiento, considere la siguiente información:

Cada dispositivo que conforma el módulo de entrenamiento tiene su respectivo manual entregado por el fabricante, el cuál contiene toda la información necesaria para su utilización, y también información relevante para la seguridad personal y la prevención de daños materiales.

Dentro de la información contenida en el manual de dispositivo, la información para su seguridad personal está resaltada con un triángulo de advertencia; las informaciones para evitar únicamente daños materiales, no. De acuerdo al grado de peligro, se clasifican según la Ilustración 4. Procure consultar la información de seguridad dispuesta en el manual de cada dispositivo antes de utilizarlo.

 PELIGRO
Significa que, si no se adoptan las medidas preventivas adecuadas se producirá la muerte, o bien lesiones corporales graves.
 ADVERTENCIA
Significa que, si no se adoptan las medidas preventivas adecuadas puede producirse la muerte o bien lesiones corporales graves.
 PRECAUCIÓN
Significa que si no se adoptan las medidas preventivas adecuadas, pueden producirse lesiones corporales.
ATENCIÓN
Significa que si no se adoptan las medidas preventivas adecuadas, pueden producirse daños materiales.

Ilustración 4. Señalización de advertencias y peligros de dispositivos.

Módulo de entrenamiento

El módulo de entrenamiento en automatización y procesos eléctricos trabaja con una tensión nominal de 120 V en cada fase.

Pueden usarse todos los dispositivos en simultáneo; no obstante, su operación continua no debe ser superior a 15 minutos y el motor debe ser operado en vacío.

Contactores

Los Contactores de potencia son de categoría AC-3, ideal para aplicaciones en motores de jaula de ardilla.

La tensión de alimentación del circuito de mando es de 220 V AC a 50/60 Hz y funciona en rango de temperatura de -25°C hasta 60°C .

Su accionamiento tiene un retardo de cierre de 9 – 38 ms y un retardo de apertura 4 – 16 ms.

Arrancador suave

El arrancador suave soporta tensiones de aislamiento de 220 – 480 V AC a 12.5 A. La tensión de alimentación del circuito de mando funciona a tensiones de 110 – 230 V AC/DC. En AC funciona a frecuencias de 50 y 60 Hz y su temperatura de operación oscila en un rango de -25°C hasta 60°C .

Cuenta con autoprotección electrónica, protección de sobrecarga del motor, reset externo y limitación de corriente ajustable. Tiene 2 contactos NA para contactos auxiliares y 1 contacto conmutado para contactos auxiliares.

Variador de frecuencia

El variador de frecuencia se alimenta a tensión de 200 – 240 V AC a frecuencias entre 47 y 63 Hz. Tiene factor de potencia 0.72, rendimiento de 0.98 y potencia nominal de 0.75 W/0.75 hp con sobrecarga del 150% durante 60 segundos. Opera a temperaturas en un rango de -40°C hasta 70°C . La tensión de salida es de 230 V a 4.2 A.

Posee 4 entradas digitales, 2 entradas analógicas, 1 salida digital conmutada como relé, una salida digital como transistor y una salida analógica.

Cuenta con los protocolos de comunicación USS y Modbus RTU.

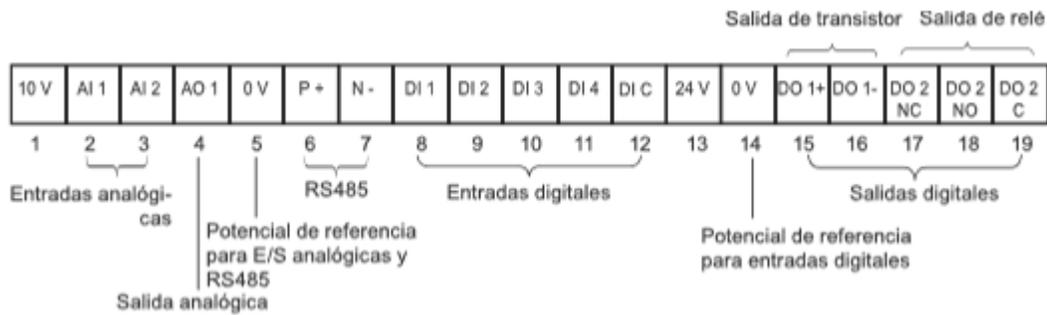


Ilustración 5. Bornes de usuario de variador de frecuencia.

PLC S7-1200

El PLC S7-1200 funciona con tensión nominal de 24 V DC – 20.4 V DC – 28.8 V DC y 120/230 V AC – 85 V AC – 264 V AC; a frecuencias de 47 – 63 Hz y un rango de temperatura de –20°C a 50°C en montaje vertical. El consumo nominal es de 500 mA solo para la CPU; siendo el consumo máximo de 1500 mA cuando se utiliza la CPU con todos los módulos de expansión.

Posee una memoria íntegra de 100 Kbyte no ampliable y reloj de hardware en tiempo real de 480h de duración de respaldo.

La información de las entradas digitales es la siguiente:

- 14 entradas digitales; 6 utilizables para funciones tecnológicas HSC (High Speed Counting)
- 14 entradas digitales atacables simultáneamente hasta 40 °C máx.
- Tensión de entrada para señal “0” 5 V DC con 1 mA
- Tensión de entrada para señal “1” 15 V DC con 2.5 mA
- Retardo de 0.2 ms en transición de “0” a “1”
- Retardo de 12.8 ms en transición de “1” a “0”.

La información de las entradas analógicas es la siguiente:

- 2 entradas analógicas
- Tensión de 0 – 10 V.
- Retardo de 10 ms a la salida con carga resistiva de “0” a “1”, máx.

La información de las salidas es la siguiente:

- 10 salidas relé
- Carga resistiva de 2 A, máx.
- Con carga tipo lampara 30 W DC, 200 W con AC.
- Retardo de 10 ms a la salida con carga resistiva de “0” a “1”, máx.
- Retardo de 10 ms a la salida con carga resistiva de “1” a “0”, máx.

No se suministra circuitería de protección contra cortocircuitos en las salidas DC de la CPU, módulos de señales (SM) y Signal Boards (SB).

PLC LOGO

El PLC LOGO funciona con tensión nominal de 115V – 240 V AC/DC con un margen admisible de 85 – 265 V AC y de 100 – 253 V DC; a frecuencias de 47 – 63 Hz y un rango de temperatura de 0°C a 55°C. El consumo en AC es de 20 – 40 mA a 115 V y de 15 – 30 mA a 240 V; el consumo en DC es de 10 – 25 mA a 115 V y de 5 – 15 mA a 240 V.

El reloj interno del LOGO sigue funcionando incluso si se produce una caída de la tensión de la red, es decir, posee una reserva de marcha. La duración de esta reserva de marcha depende de la temperatura ambiente. Para una temperatura ambiente de 25°C, la reserva de marcha usual es de 80 horas. Dispone de interfaz de ampliación y proporciona 30 funciones básicas y especiales para la creación de programas y temporizado semanal integrado.

Posee 8 entradas AC/DC de 115 – 240 V AC/DC con la siguiente información:

- Tensión de entrada para señal “0”, <40 V AC con 0.05 mA y <30 V DC con 0.06 mA
- Tensión de entrada para señal “1”, >79 V AC con 0.08 mA y >79 V DC con 0.13 mA

Posee 4 salidas de relé <240 V AC/DC a 10 A, con un margen máximo de 16 A.

Cuenta con los siguientes módulos de expansión:

El módulo AM2 funciona a tensión de 10.8 – 28.8 V DC y su consumo es de 25 – 30 mA a 12/24 V DC.

El módulo AM2 AQ funciona a tensión de 20.4 – 28.8 V DC y su consumo es de 30 – 82 mA a 24 V DC.

El módulo AM2 RTD funciona a tensión de 10.8 – 28.8 V DC y su consumo es de 25 – 30 mA a 12/24 V DC.

KP300

El display KP300 cuenta con una pantalla LCD monocromática de 31x87 mm con resolución de 240 pixeles en horizontal y 80 pixeles en vertical. Cuenta con mando por teclado y es configurable con software Open Source.

Funciona con tensión de alimentación de 24 V DC con un rango admisible de 19.2 – 28.8 V DC y tiene un consumo nominal de 0.1 A.

Cuenta con un procesador RISC de 32 bits, memoria flash, memoria RAM y 1 Mbyte de memoria usable para datos de usuario. Utiliza protocolo de comunicación PROFINET, Modbus y soporta protocolos para Ethernet/IP

Relé Temporizador RE17L

El temporizador funciona a una tensión de alimentación nominal de 24 — 240 V AC a frecuencias de 47 — 63 Hz. Tiene una intensidad de salida de 20 A máximo. La corriente mínima de conmutación es de 10 mA y la tensión máxima de conmutación es de 250 V AC. Trabaja en un rango de temperaturas de –20°C a 60°C.

Tiene los siguientes tiempos de retardo:

- Retardo a la puesta en marcha.
- Retardo a la conexión desconexión.
- Intervalo.
- Retraso apagado.
- Parpadeo simétrico.

Tiene los siguientes rangos de temporización.

- 1 a 10 segundos.
- 6 a 60 segundos.
- 6 a 60 minutos.
- 1 a 10 horas.
- 10 a 100 horas.
- 1 a 10 minutos.
- 0.1 a 1 segundo.

Dimensiones y distribución

El soporte del módulo de entrenamiento consiste en un gabinete de hierro de 70.5 cm de ancho, 50.5 cm de alto y 50 cm de profundidad con forma de silla declinada. La base horizontal tiene 35.5 cm de profundidad y la base vertical 41 cm con una inclinación de 15°. El gabinete está pintado con pintura gris metálico con anticorrosivo.

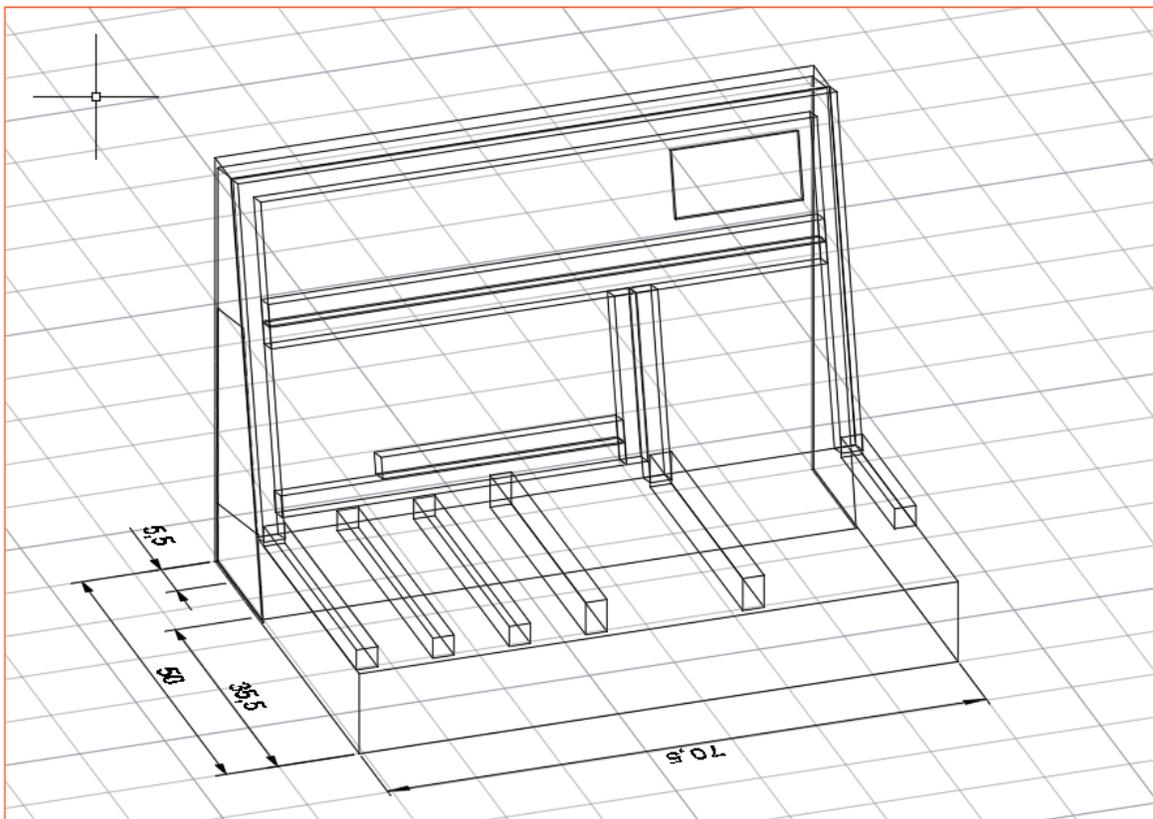


Ilustración 6. Dimensiones de módulo de entrenamiento, vista cenital.

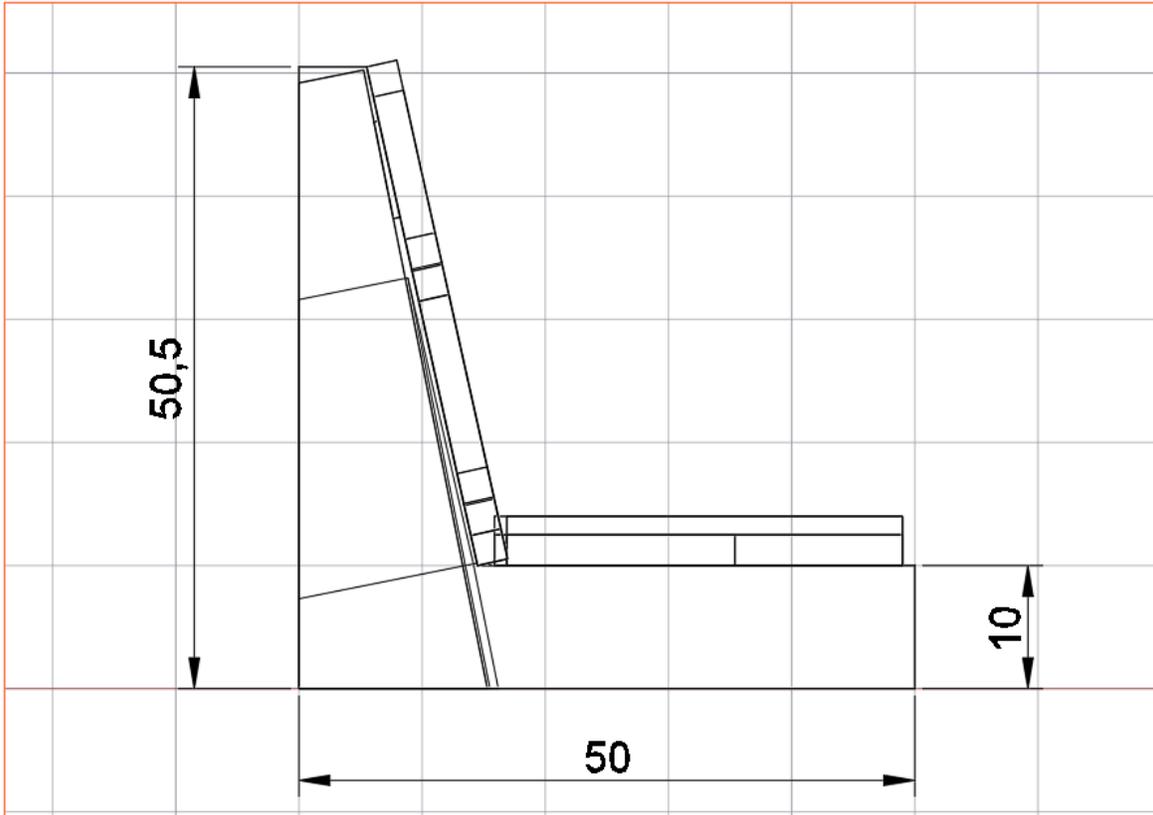


Ilustración 7. Dimensiones de módulo de entrenamiento, vista lateral.

El gabinete posee un agujero rectangular de 15 cm de ancho y 8 cm de alto próximo a la esquina superior derecha desde la perspectiva del espectador, dispuesto para la colocación de un monitor SIMATIC KP 300.

Se utilizaron en su mayor parte canaletas ranuradas de 25x25 mm para la contención del cableado, salvo por dos canaletas de 25x40 mm en la base horizontal.

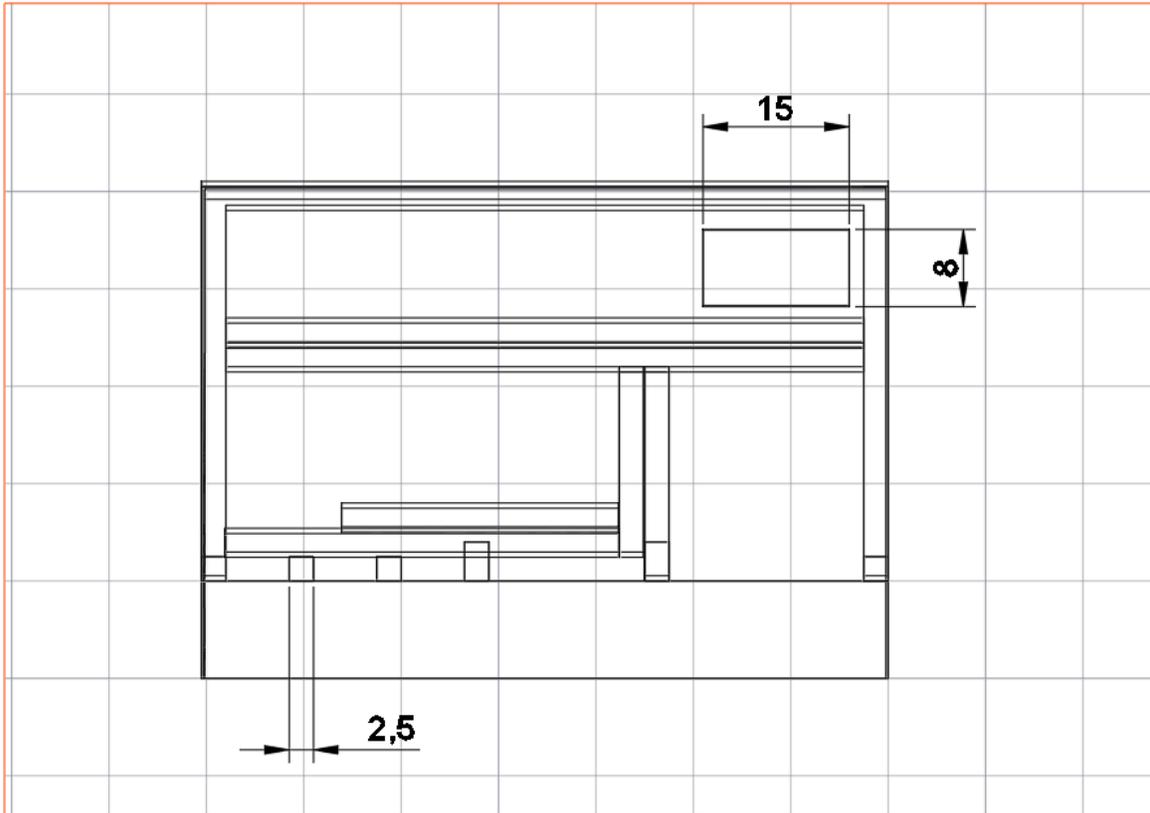


Ilustración 8. Dimensiones de módulo de entrenamiento, vista frontal.

En la base vertical, la canaleta horizontal alta tiene longitud 70 cm y las dos canaletas verticales de los laterales una longitud de 41 cm. Las dos canaletas horizontales del medio tienen una longitud de 65.5 cm y las dos canaletas horizontales bajas tienen longitudes de 30 cm y 44.5 cm, respectivamente. Por último, las dos canaletas verticales del medio tienen una longitud de 19.5 cm.

En la base horizontal, todas las canaletas tienen una longitud de 32 cm salvo por una canaleta de 20 cm ubicada más a la derecha del motor desde la perspectiva del espectador.

Salvo el motor, todos los dispositivos y elementos del módulo de entrenamiento están dispuestos sobre rieles DIN simétricos de 35 mm de ancho. Los rieles dispuestos sobre la vertical son identificados como superior e inferior, respectivamente; los rieles dispuestos sobre la base horizontal están numerados desde el 1 hasta 5, siendo el riel N°1 el más cercano al motor.

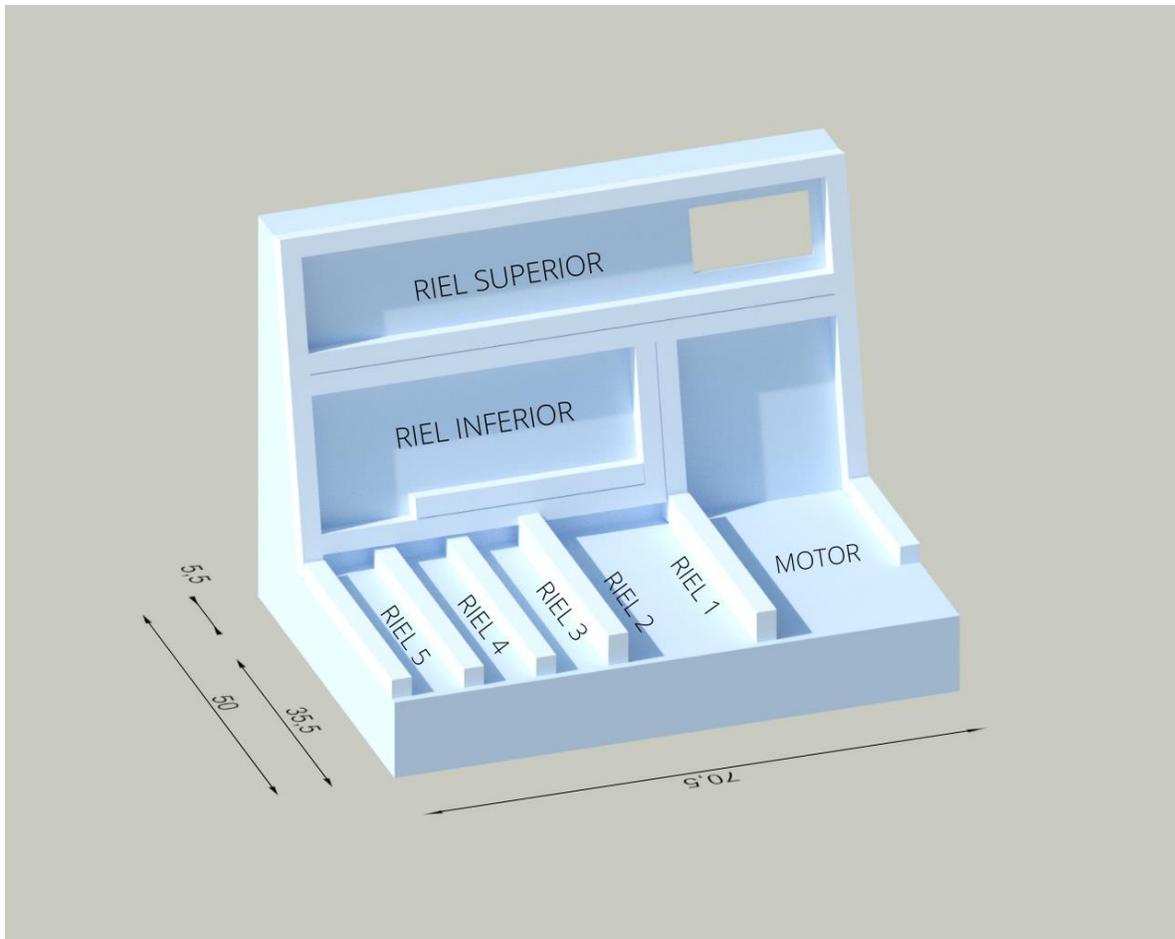


Ilustración 9. Distribución de rieles de módulos de entrenamiento.

El riel superior tiene una longitud de 48 cm y está centrado respecto al agujero para el monitor. Sobre este riel están dispuestos en orden de izquierda a derecha: dos borneras de tierra, una bornera para neutro, un breaker tripolar, un breaker bipolar, un PLC LOGO, tres módulos de expansión, una fuente para PLC, un PLC S7-1200 y una bornera de tierra.

El PLC S7-1200 y el monitor KP 300 están conectados entre sí por un cable ethernet. Este cable pasa a través del gabinete por un orificio ubicado debajo del PLC S7-1200 al interior de la canaleta media superior.



Ilustración 10. Distribución de elementos en riel superior.

El riel inferior tiene una longitud de 32.25 cm. Sobre este riel están dispuestos en orden de izquierda a derecha: dos bornera de tierra, un arrancador suave, tres contactores, un temporizador y una bornera de freno. Al mismo nivel, está ubicado el variador de frecuencia entre la canaleta lateral izquierda y el arrancador suave, atornillado directamente al gabinete del módulo de entrenamiento.

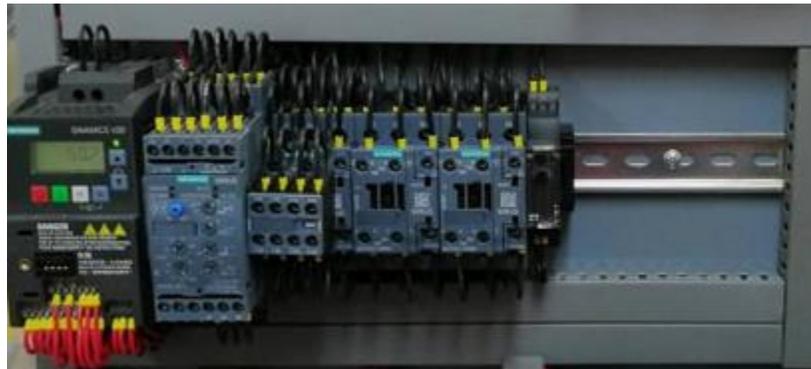


Ilustración 11. Distribución de elementos en riel inferior.

En la base horizontal, los rieles N°1 y N°2 tienen una longitud de 28 cm y tienen una separación de 1.5 cm respecto a las canaletas y de 5 cm entre sí, con un margen de 1 cm respecto al borde del módulo de entrenamiento. Sobre ellos están dispuestos en orden de al frente hacia atrás: una bornera de freno, 50 borneras de paso y una bornera de tierra.



Ilustración 12. Distribución de elementos en rieles N°1 y N°2.

Los rieles N°3, N°4 y N°5 tienen una longitud de 20.5 cm y tienen una separación de 1.5 cm entre canaletas, con un margen de 1 cm respecto al borde del módulo de entrenamiento. Sobre ellos están dispuestos en orden de al frente hacia atrás: una bornera de freno, 28 borneras de paso y una bornera de tierra.

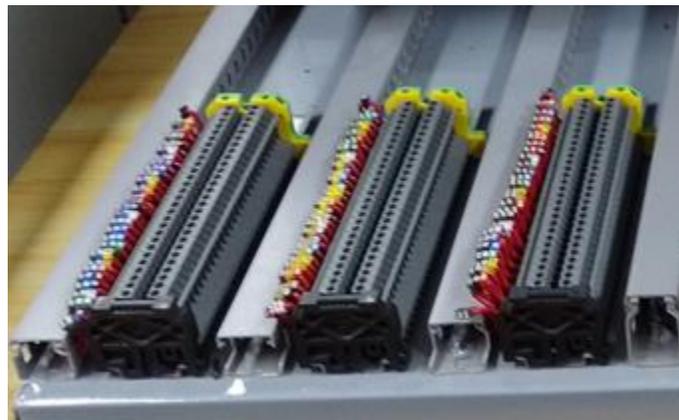


Ilustración 13. Distribución de elementos en rieles N°3, N°4 y N°5.

Conexiones

El cableado de alimentación de los módulos de entrenamiento sigue los esquemas de las ilustraciones 9 y 10.

Del breaker bipolar se alimenta el PLC LOGO y la fuente para PLC. Desde la fuente para PLC se hacen dos conexiones: la primera es una alimentación directa al PLC S7-1200; la segunda es un nodo que alimenta a los módulos de expansión del PLC LOGO y al monitor KP 300. El nodo se realiza detrás de los módulos de entrenamiento, los cables positivos y de masa pasan respectivamente por dos orificios al interior de la canaleta, ubicados por encima de los módulos de expansión. Para todas las conexiones se utiliza cable calibre 18 color negro.

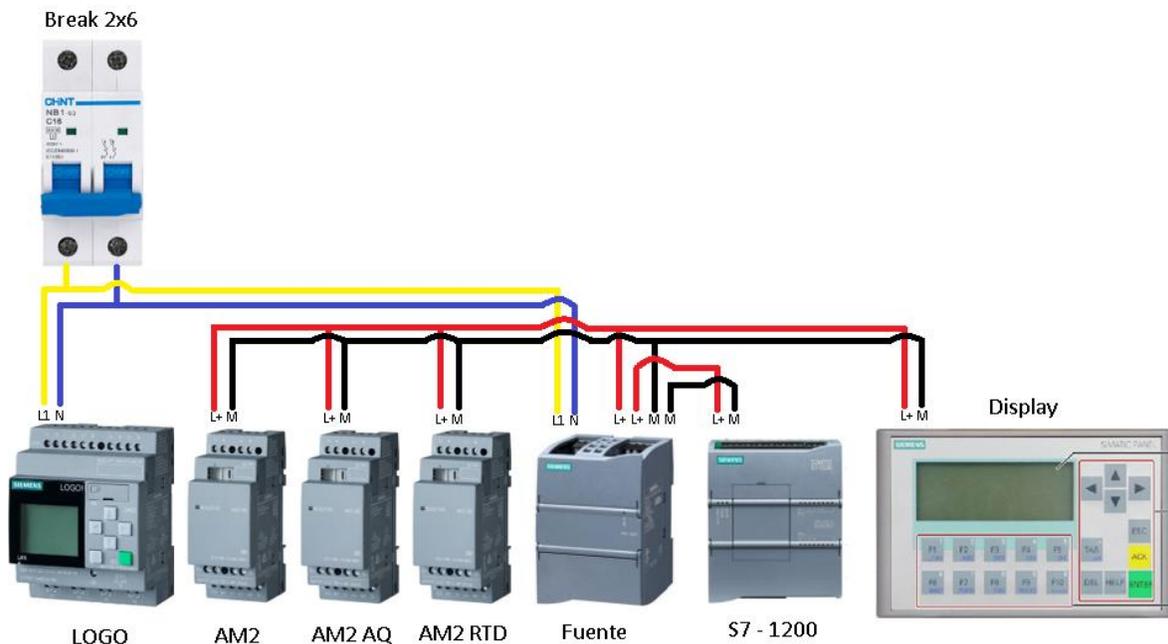


Ilustración 14. Esquema de alimentación de riel superior

Del breaker tripolar se alimenta el variador de velocidad, arrancador suave y los dos contactores más a la izquierda de riel inferior. Directamente del breaker se alimentan por cables independientes el variador de velocidad y el arrancador suave. Desde las entradas L1, L2 y L3 del arrancador suave, se utilizan otros tres cables para alimentar al contactor

K1, y lo mismo del contactor K1 al contactor K2. Adicionalmente, desde el contactor K2 se utilizan otros tres cables para alimentar las borneras 48, 49 y 50 del riel N°1 que actúan como acceso directo a las fases.

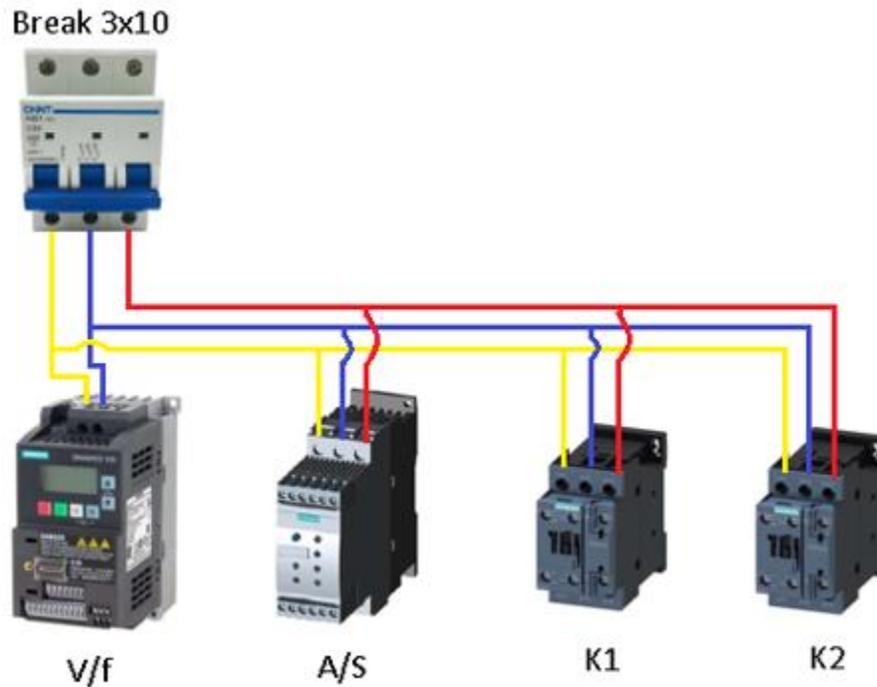


Ilustración 15. Esquema de alimentación de riel inferior.

La red eléctrica que llega al laboratorio pasa a través de un totalizador eléctrico de 150 A y se distribuye en diez disyuntores tripolares de 10 A que corresponden a cada módulo de entrenamiento. Todo está dispuesto en un tablero eléctrico visible en el laboratorio.



Ilustración 16. Tablero eléctrico de módulos de entrenamiento.

Desde el tablero se distribuyen a cada módulo de entrenamiento tres líneas de fase (amarillo, azul y rojo), una línea de tierra (amarillo-verde) y un neutro (azul-blanco). Las fases se conectan directamente al breaker tripolar de los módulos de entrenamiento y desde allí se hace puente de dos fases al breaker bipolar.

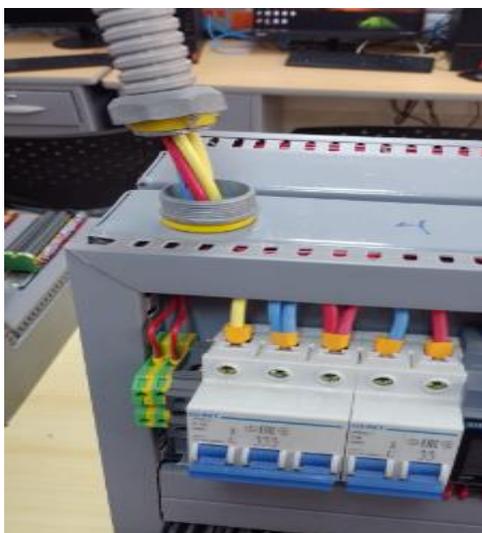


Ilustración 17. Conexión a la red eléctrica del módulo de entrenamiento.

Los demás terminales de los dispositivos son conectados a una de las borneras de paso dispuestas sobre los rieles del N°1 hasta el N°5. La información exacta sobre la conexión de estos contactos se puede encontrar en el documento *Tablas de conexiones de módulos de entrenamiento* disponible en el laboratorio de señales e instrumentación de la Universidad del Magdalena.

El motor de los módulos de entrenamiento posee 6 bobinas las cuales fueron conectadas internamente en paralelo de acuerdo con la Ilustración 18. Las bobinas del motor ocupan las borneras del 1 al 12 del riel N°1, considerando que están duplicadas del 1 al 6 y del 7 al 12. El cableado del motor fue realizado con cable calibre 20 color rojo y se distribuye al riel N°1 de acuerdo con la Ilustración 19.

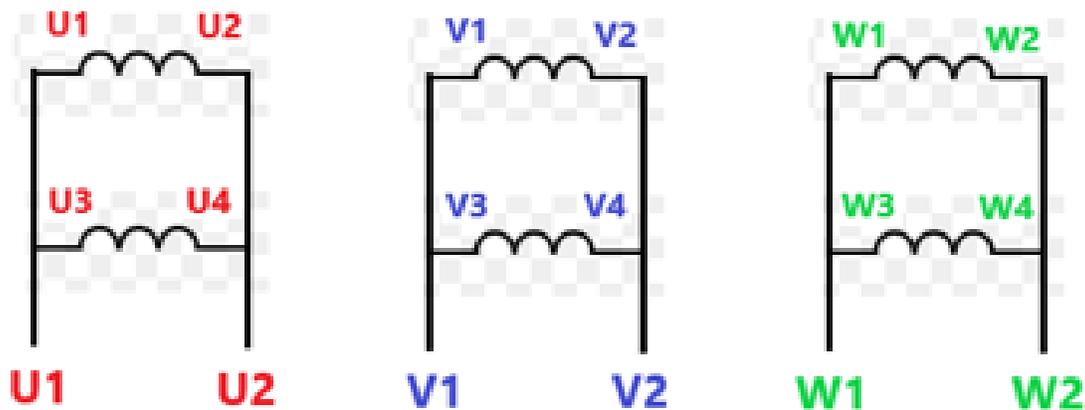


Ilustración 18. Conexión interna de bobinas del motor.

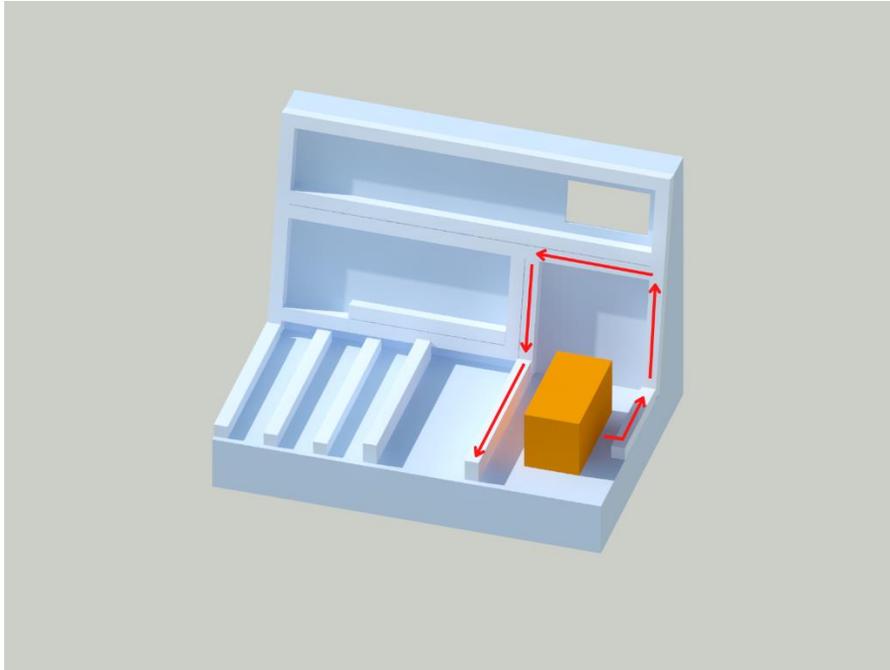


Ilustración 19. Trayectoria del cableado de contactos del motor.

Los contactores de los módulos de entrenamiento se identificaron como K1, K2 y K3, respectivamente, siendo K1 el contactor ubicado más a la izquierda del riel inferior. La disposición de los contactores fue la siguiente: primero, distribuir las entradas L1, L2 y L3 de K3; segundo, distribuir las salidas T1, T2 y T3 de los tres contactores secuencialmente; tercero, distribuir los demás terminales de cada contactor y su contacto auxiliar, también secuencialmente. El cableado de los contactores fue realizado con cable calibre 18 color negro y se distribuyen entre el riel N°1 y N°2 de acuerdo con las ilustraciones 20, 21 y 22.

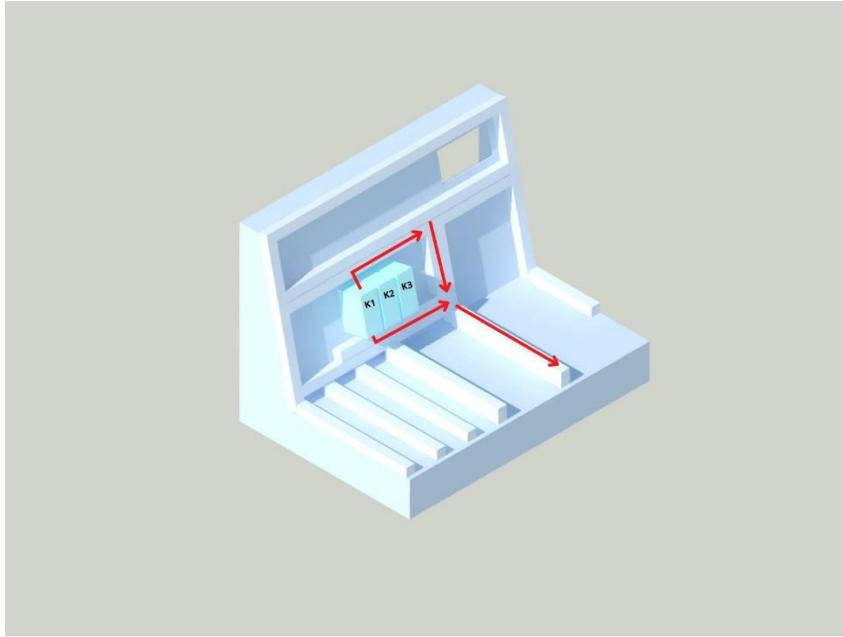


Ilustración 20. Trayectoria del cableado de contactos del contactor K1 y el contacto auxiliar de K1.

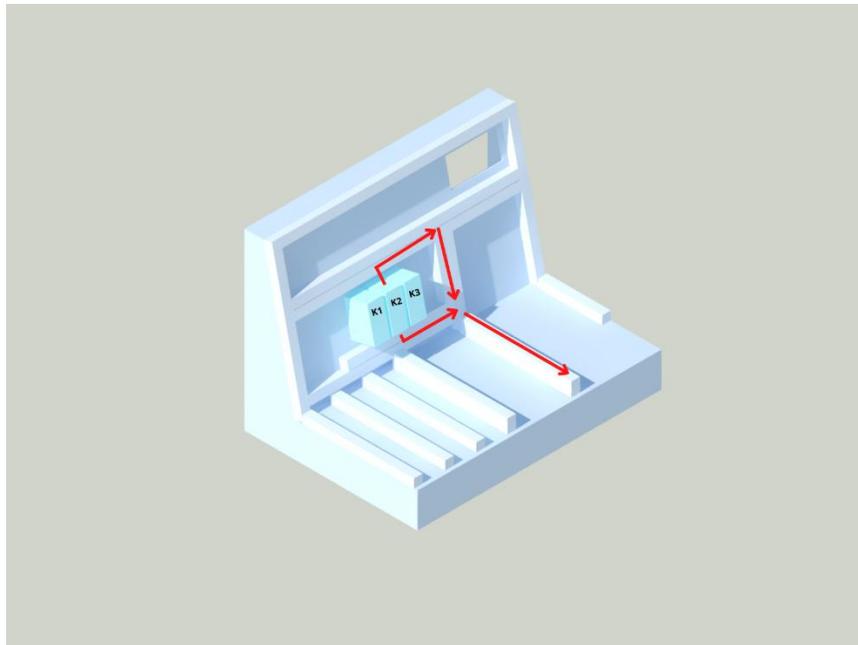


Ilustración 21. Trayectoria del cableado de contactos del contactor K2.

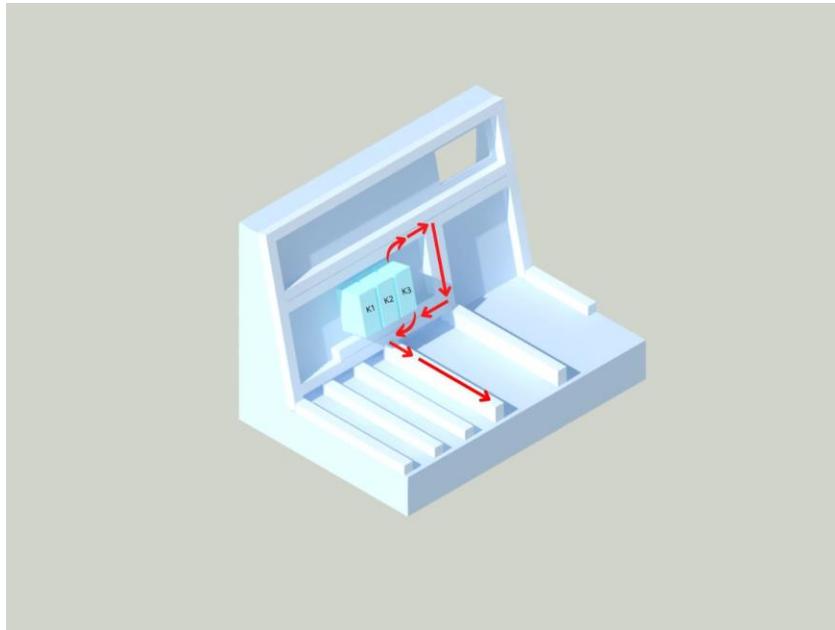


Ilustración 22. Trayectoria de cableado de contactos del contactor K3.

Para la conexión de los terminales del temporizador del módulo de entrenamiento se utilizó cable calibre 18 color negro y se distribuyó en el riel N°2, de acuerdo con la Ilustración 23.

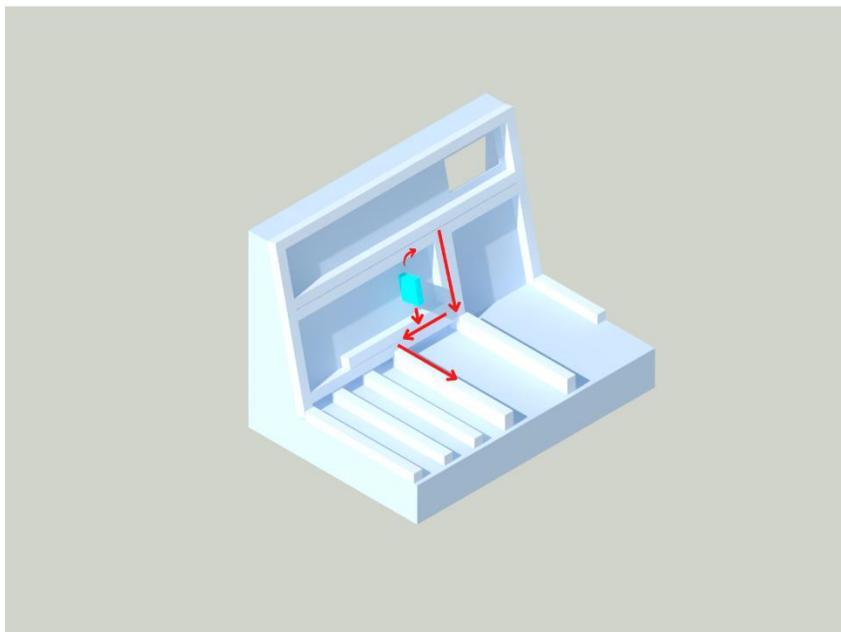


Ilustración 23. Trayectoria de cableado de contactos del temporizador.

Para la conexión de los terminales del arrancador suave del módulo de entrenamiento se utilizó cable calibre 18 color negro y se distribuyó en el riel N°2, de acuerdo con la Ilustración 24.

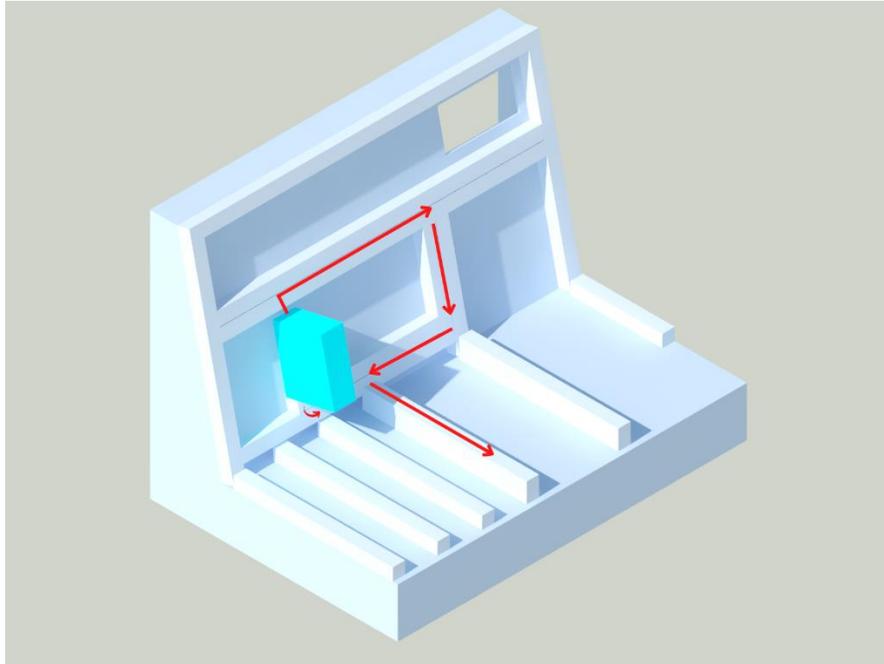


Ilustración 24. Trayectoria de cableado de contactos del arrancador suave.

Para la conexión de los terminales del variador de frecuencia del módulo de entrenamiento se utilizó cable calibre 18 color negro para los terminales U, V, W, DC- y DC+, y cable calibre 20 color rojo para el restante de terminales. La conexión se distribuyó entre los rieles N°2 y N°3 de acuerdo con la Ilustración 25.

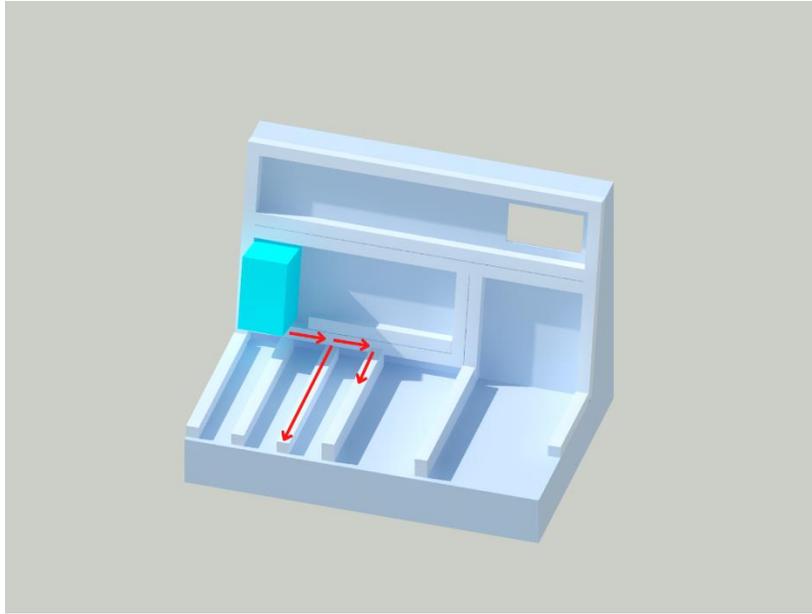


Ilustración 25. Trayectoria de cableado de contactos del variador de frecuencia.

Para la conexión de los terminales del PLC S7-1200 del módulo de entrenamiento se utilizó cable calibre 20 color rojo y se distribuyó la conexión entre los rieles N°3 y N°4, de acuerdo con la Ilustración 26.

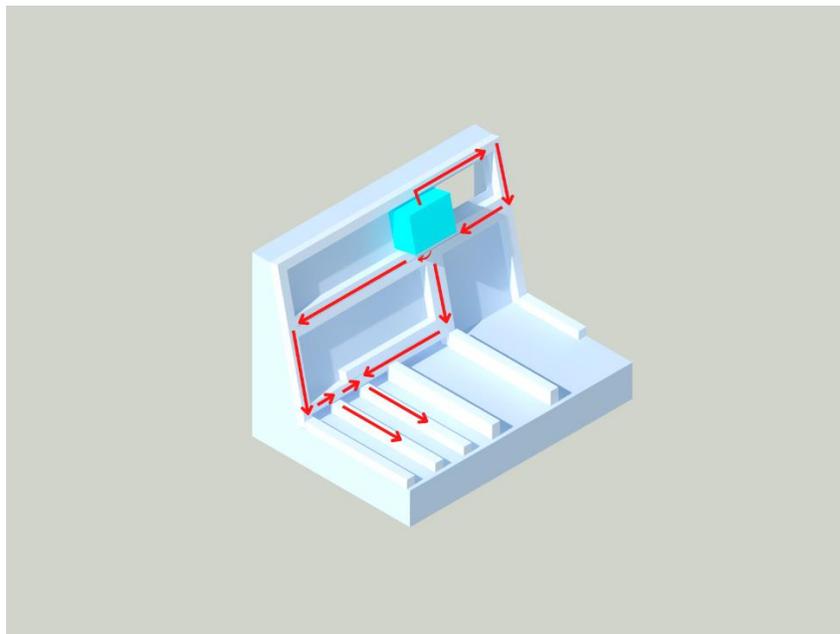


Ilustración 26. Trayectoria de cableado de contactos de PLC S7-1200.

Para la conexión de los terminales del PLC LOGO del módulo de entrenamiento se utilizó cable calibre 20 color rojo y se distribuyó la conexión en el riel N°5, de acuerdo con la Ilustración 27.

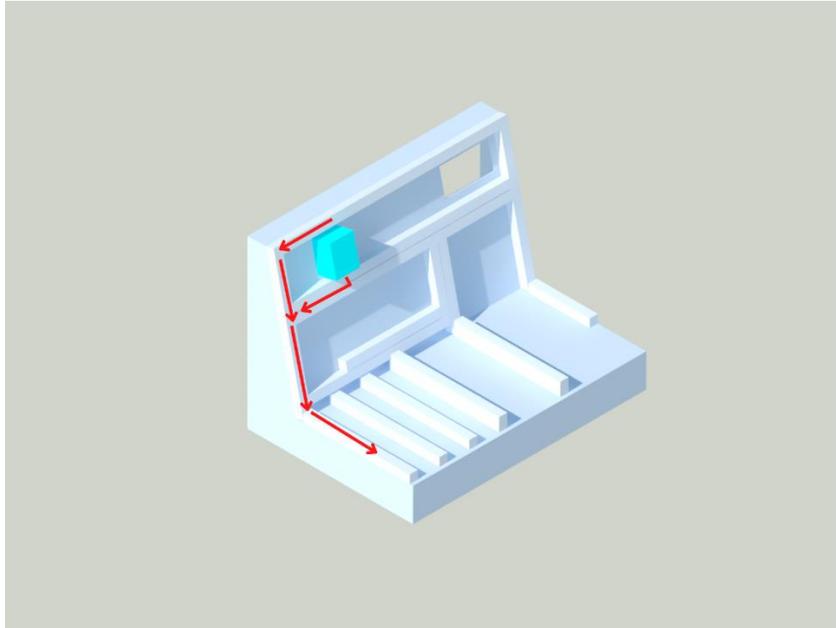


Ilustración 27. Trayectoria de cableado de contactos de PLC LOGO.

Para la conexión de los terminales de los módulos de expansión AM2, AM2 AQ y AM2 RTD del módulo de entrenamiento se utilizó cable calibre 20 color rojo. El módulo AM2 y AM2 RTD están totalmente distribuidos en los rieles N°4 y N°5, respectivamente; por su parte, el módulo AM2 AQ está distribuido entre ambos rieles.

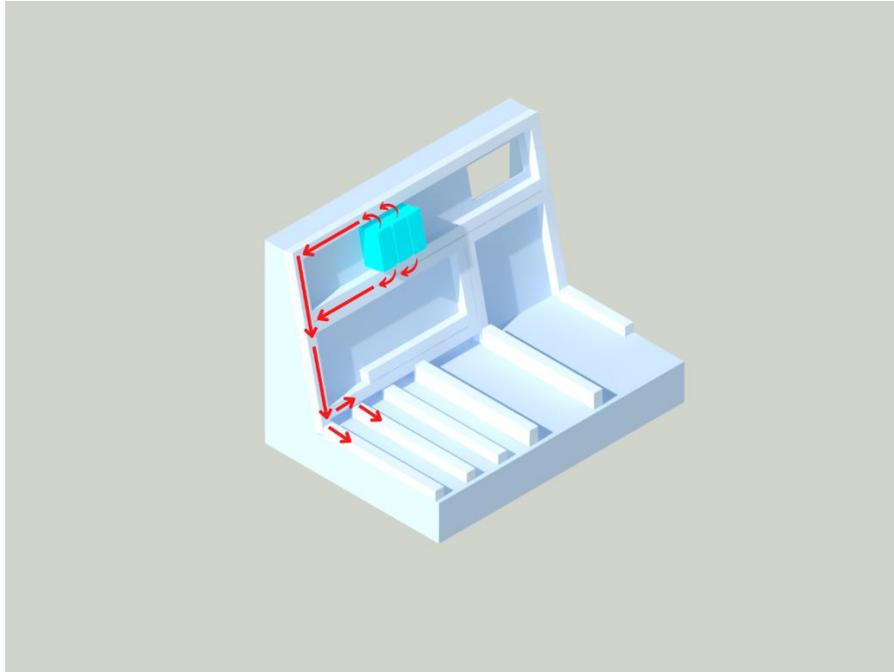


Ilustración 28. Trayectoria de cableado de contactos de módulos de expansión del PLC LOGO.

Por último, las conexiones a tierra se realizaron con cable calibre 20 color rojo. Todas las borneras de tierra, el chasis del motor y otros contactos a tierra de dispositivos convergen en un mismo nodo que se aterriza con el cable de tierra proveniente de la red eléctrica del laboratorio. El nodo se ubica detrás del módulo de entrenamiento, los cables pasan a través de tres orificios al interior de la canaleta lateral derecha a la altura del motor.

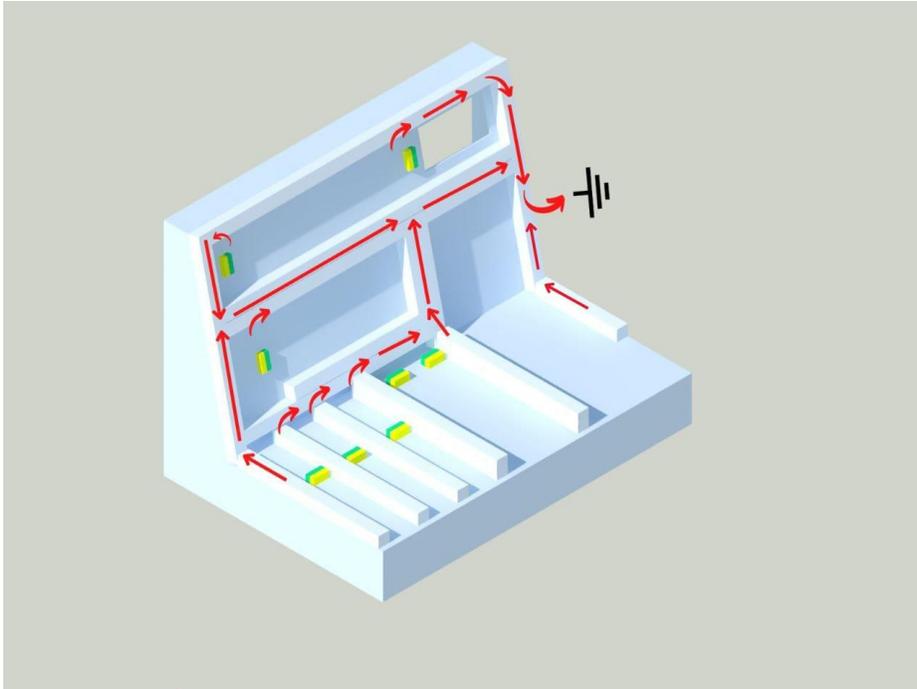


Ilustración 29. Trayectoria de cableado de conexión a tierra.

Advertencias y sugerencias

Con objetivo de evitar situaciones que puedan ser causa de riesgo eléctrico para las personas que utilizan el módulo de entrenamiento y minimizar el desgaste o posibles daños se entrega la siguiente información:

- Se recomienda hacer mantenimiento de los módulos de entrenamiento al final de cada semestre. En especial, revisar el estado del motor, contactores y las borneras de contacto.
- Acorde a los datos del motor, el cable para su alimentación debe ser calibre 18. No obstante, en los módulos de entrenamiento se utilizó cable calibre 20. Por tanto, el motor debe ser operado en vacío.
- Según normativas, el cableado al interior de las canaletas debe contar con un porcentaje suficiente de espacio libre para la correcta disipación de temperatura. No obstante, por limitaciones de diseño existen secciones en las canaletas dónde el cableado no cuenta con el espacio libre recomendado; por tanto, los módulos de entrenamiento no deben ser operados por periodos de tiempo superiores a los 15 minutos de forma continua.
- Ante cualquier modificación posterior de los módulos de entrenamiento, es responsabilidad de la Universidad del Magdalena realizar la respectiva actualización en el manual.

Por otro lado, con objetivo de dar a conocer posibles mejoras para el estado y uso de los módulos de entrenamiento en el laboratorio se sugiere lo siguiente:

- Colocar numeración en las borneras de contacto acorde al documento *Tabla de conexiones de los módulos de entrenamiento* para facilitar el proceso de identificación de los contactos.
- Colocar numeración en el cableado de los dispositivos para facilitar futuros procesos de mantenimiento o mejora.
- Colocar en los módulos de entrenamiento y el tablero eléctrico la debida señalización de riesgo eléctrico establecida por el RETIE.
- Adaptar un conector trifásico a los disyuntores de los módulos de entrenamiento para facilitar su portabilidad en casos de remodelación o reparaciones en el laboratorio.

- La presencia de un encargado capacitado en el uso de los módulos de entrenamiento para supervisar las pruebas de los estudiantes en el laboratorio en los espacios dónde no esté presente el docente del área.
- Es recomendable que al inicio de las cátedras dónde se utilicen los módulos de entrenamiento, el docente socialice las instrucciones de seguridad del manual con los estudiantes.
- Es recomendable que el docente del área informe al estudiante que los dispositivos del módulo de entrenamiento están dispuestos para su utilización en un ambiente de laboratorio, y fuera del entorno de laboratorio, este debe revisar los datos técnicos proporcionados por el fabricante.

Referencias

- [1] AUTONICS, «AUTONICS. Hoja de datos Temporizador,» [En línea]. Available: <https://www.industriasociadas.com/wp-content/uploads/2017/06/Temporizadores-Multifuncion-Autonics-Serie-AT11.pdf>. [Último acceso: 22 septiembre 2022].
- [2] SIEMENS, «SIEMENS. Hoja de datos Contactor 3RT2026,» [En línea]. Available: <https://media.automation24.com/datasheet/es/3RT20261BB40.pdf>. [Último acceso: 24 septiembre 2022].
- [3] SIEMENS, «SIEMENS. Hoja de datos Contactor Auxiliar,» [En línea]. Available: https://www.electricalautomationnetwork.com/PDF/PIM/SIE/ES_3RH2911-1HA22.pdf. [Último acceso: 24 septiembre 2022].
- [4] SIEMENS, «SIEMENS. Hoja de datos Relé Térmico,» [En línea]. Available: <https://media.automation24.com/datasheet/es/3RU21161JB0.pdf>. [Último acceso: 24 septiembre 2022].
- [5] SIEMENS, «SIEMENS. Manual de Arrancador Suave,» 10 septiembre 2022. [En línea]. Available: https://media.automation24.com/manual/es/38752095_Manual_SIRIUS_softstarter.pdf.
- [6] SIEMENS, «SIEMENS. Manual de Variador de Frecuencia,» [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/484/67267484/att_61462/v1/v20_OPI_es-SP_es-ES.pdf. [Último acceso: 20 septiembre 2022].
- [7] Schneider Electric, «Hoja de datos Relé temporizador multifuncional,» [En línea]. Available: file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/Zelio%20Time_RE17LMBM.pdf. [Último acceso: 3 octubre 2022].
- [8] SIEMENS, «SIEMENS. Hoja de datos de Motor,» [En línea]. Available: <https://admin.bombeo.co/media/docs/747f9c62-1c49-eb11-9460-00155d512601.pdf>. [Último acceso: 12 junio 2022].
- [9] SIEMENS, «SIEMENS. Manual de PLC LOGO,» [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf. [Último acceso: 28 junio 2022].

[10 SIEMENS, «SIEMENS. Hoja de datos KP300,» [En línea]. Available:
] <https://admin.bombeo.co/media/docs/395f5c94-a722-eb11-945c-00155d512601.pdf>.
[Último acceso: 2 octubre 2022].

[11 SIEMENS, «SIEMENS. Hoja de datos PLC 1200,» [En línea]. Available:
] https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att_42774/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf. [Último acceso: 28 julio 2022].