

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Diseño de implementación del módulo 24VDC y alimentación
en tableros industriales de la Universidad del Valle de
Guatemala**

Trabajo de graduación presentado por José Andrés Barrios Reyes para
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2021

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Diseño de implementación del módulo 24VDC y alimentación
en tableros industriales de la Universidad del Valle de
Guatemala**

Trabajo de graduación presentado por José Andrés Barrios Reyes para
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2021

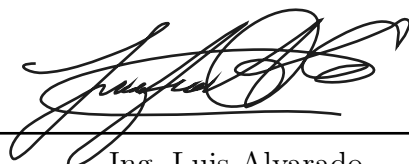
Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Kurt Kellner

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Kurt Kellner

(f) 
MAEB. Otto Girón

(f) 
Ing. Luis Alvarado

Fecha de aprobación: Guatemala, 18 de enero de 2021.

La elaboración de este trabajo de graduación surge ante la necesidad de incrementar la cantidad de tableros industriales como material didáctico dentro del laboratorio de Instrumentación y Automatización de la Universidad del Valle de Guatemala. Este trabajo ha sido desarrollado como parte de los requisitos de graduación en licenciatura en ingeniería mecatrónica de la Universidad del Valle de Guatemala. El objetivo general de este trabajo es diseñar la implementación del módulo de 24VDC y alimentación en cuatro tableros de control industrial con fines didácticos.

Quiero agradecer, en primer lugar, a Dios, por haberme permitido el estudio a nivel de licenciatura. En segundo lugar, agradezco a mi familia por su apoyo incondicional. En el plano académico, me gustaría dar las gracias a mi asesor, Ing. Kurt Kellner, por su orientación y soporte a lo largo de mi carrera universitaria, especialmente durante el proceso de este trabajo.

Prefacio	v
Lista de figuras	IX
Lista de cuadros	XI
Resumen	XIII
Abstract	XV
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	5
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo general	7
4.2. Objetivos específicos	7
5. Alcance	9
6. Marco teórico	11
6.1. Automatización	11
6.1.1. Controladores lógicos programables	13
6.2. Tablero industrial	14
6.2.1. IEC-61439	16
6.2.2. Identificación de cables y dispositivos	17
7. Identificación de conductores	21
7.1. Código de colores	21
7.2. Código de etiquetado	22

8. Diseño eléctrico	25
8.1. Diagramas unifilares	25
8.2. Dimensionamiento de conductores	27
8.2.1. Calibre	27
8.2.2. Longitud	30
8.2.3. Dimensionamiento de motor	33
8.3. Lista de materiales	35
8.3.1. Componentes	35
8.3.2. Cableado	37
8.3.3. Tornillería	38
9. Desarrollo de manuales	39
9.1. Modelo 3D CAD	39
9.2. Manual de instalación	42
9.3. Manual de usuario	42
10. Conclusiones	45
11. Recomendaciones	47
12. Bibliografía	49
13. Anexos	51
13.1. Manual de instalación	51
13.1.1. Video de instalación	51
13.2. Manual de usuario	51
13.3. Diagramas unifilares	51

Lista de figuras

1. Tableros industriales del laboratorio de instrumentación y automatización. . .	3
2. Distribución de los componentes.	4
3. Segmento de diagrama unifilar de un tablero industrial.	4
4. Pirámide de la automatización.	12
5. Proceso productivo automatizado.	13
6. Protección contra cables de tensión.	17
7. Etiquetado de componentes que conforman un tablero industrial.	20
8. Ubicación de código de identificación para grupos de borneras.	24
9. Secciones de diagrama unifilar.	26
10. Ampacidad permisible para cables y cordones flexibles [A temperatura ambiente de 30°C (86°F)]. [11]	28
11. Factores de corrección propuestos por la norma UNE-HD(60364-5-52:2014). [12]	29
12. Aproximación de longitud de un conductor.	30
13. Extracto de la Tabla A.52 de la norma UNE-HD 6036-5-52.	33
14. Código de identificación para grupos de borneras.	40
15. Modelo CAD.	41
16. Contenido del manual de instalación.	42
17. Contenido del manual de usuario.	43

Lista de cuadros

1. Verificaciones de diseño.	18
2. Código de color circuito AC según norma IEC.	19
3. Código de color circuito DC según norma IEC.	20
4. Código de colores a implementar.	22
5. Código de etiquetado a implementar.	23
6. Capacidad de corriente de conductores con factores de corrección.	29
7. Resultados de dimensionamiento de conductores.	32
8. Conductores necesarios para construir el módulo de 24VDC y alimentación.	32
9. Componentes requeridos en el sistema.	37
10. Conductores necesarios para realizar conexiones.	37
11. Terminales requeridas para los cables.	37
12. Accesorios para el cableado.	38
13. Tornillos requeridos para montaje.	38
14. Arandelas requeridas para montaje.	38
15. Tabla de tuercas necesarias para el montaje.	38

La Universidad del Valle de Guatemala ha experimentado un crecimiento en cantidad de estudiantes durante los últimos años. Ante este suceso y esperando que esta tendencia continúe en los próximos años, la universidad ha decidido aumentar la capacidad educativa a través de la construcción de un Centro de Innovación y Tecnología, CIT.

Este trabajo surge ante la necesidad de aumentar la capacidad de material didáctico dentro del laboratorio de Instrumentación y Automatización de la Universidad del Valle de Guatemala. Específicamente se desea aumentar la cantidad de tableros industriales en vista del aumento de estudiantes, especialmente en las carreras de Ingeniería Electrónica y Mecatrónica.

Para poder instalar un tablero industrial y que este funcione de una manera eficiente es necesario realizar un diseño electrónico que describa al sistema. Dentro de este, es importante considerar el dimensionamiento no sólo de conductores sino también de componentes para asegurar una correcta distribución de energía eléctrica a cada módulo del sistema. Por otro lado, realizar un diseño 3D asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés) ayuda a agregar un valor de realidad al sistema. En este se pretende representar el tablero industrial y la distribución de los componentes dentro de él.

El enlace diseñador-cliente se representa a través de dos manuales. El primero describe en una serie de pasos las instrucciones para armar y montar el sistema diseñado. Por otro lado, un manual de usuario pretende describir de forma detallada todas las funcionalidades, especificaciones y características del sistema.

Universidad del Valle de Guatemala has experienced a growth in the number of students in recent years. Faced with this event and hoping that this trend will continue in the coming years, the university has decided to increase educational capacity through the construction of a center for innovation and technology (Centro de innovación y tecnología CIT).

This work arises from the need to increase the capacity of didactic material within the instrumentation and automation laboratory of the Universidad del Valle de Guatemala. Specifically, it is desired to increase the number of industrial boards, in view of the increase of students in the careers of electronic and mechatronic engineering.

In order to install an industrial board and make it work efficiently, it is necessary to make an electronic design that describes the system. Within this, it is important to consider the sizing not only of conductors but also of components to ensure correct distribution of electrical energy to each of the system modules. On the other hand, performing Computer-Aided Design (CAD) helps to add a reality value to the system. This is intended to represent the industrial board and the distribution of the components within it.

The designer-client link is represented by two manuals. The first one describes the instructions for assembling the designed system in a series of ordered steps. On the other hand, a user manual aims to describe in detail all the functionalities, specifications and characteristics of the system.

CAPÍTULO 1

Introducción

Un tablero industrial o de distribución de baja tensión es una armazón metálica que protege a los dispositivos que se encuentran organizados dentro de él. Estos deben garantizar el funcionamiento óptimo de todos los procesos y, para ello, requiere una instalación eléctrica capaz de asegurar el correcto transporte y distribución de la energía eléctrica.

Actualmente el laboratorio de Instrumentación y Automatización de la Universidad del Valle de Guatemala cuenta con seis tableros industriales que son utilizados de forma didáctica. Ante la tendencia de crecimiento estudiantil, específicamente en las ingenierías mecatrónica y electrónica, el departamento ha decidido instalar cuatro tableros industriales adicionales. La limitación del espacio disponible en el laboratorio ha desaparecido con la construcción de un Centro de Innovación y Tecnología (CIT).

Para diseñar un tablero industrial es importante, como se mencionó anteriormente, asegurar el funcionamiento óptimo de todos los procesos o módulos. En los siguientes capítulos se describe el proceso de diseño que se llevó a cabo para definir los circuitos que aseguren el correcto transporte y distribución de la energía eléctrica. Asimismo se definió una distribución de componentes tal que permita realizar un cableado estructurado y seguro.

Con el fin de garantizar un buen enlace diseño-instalación se desarrolló un manual que describe detalladamente cada paso a seguir por un operario para montar el sistema propuesto y que este funcione apropiadamente. Para facilitar la comprensión del manual se diseñó, adicionalmente, un modelo 3D en el programa *AutoDesk Inventor*. Un segundo manual, de usuario, se desarrolló con el fin de introducir al operario al *hardware* del sistema. Este describe no sólo la funcionalidad sino también características del tablero industrial diseñado.

Dentro de este documento usted podrá encontrar información relevante del proceso que se llevará a cabo con el fin de diseñar la implementación los módulos de 24VDC y alimentación dentro de estos tableros industriales a instalar.

Actualmente el departamento de ingeniería electrónica, mecatrónica y biomédica de la Universidad del Valle de Guatemala cuenta con seis tableros industriales para uso en el laboratorio de Instrumentación y Automatización. Dichos tableros fueron diseñados y ensamblados por la empresa guatemalteca ESINSA en el año 2014. Los diagramas unifilares correspondientes a dichos tableros se encuentran disponibles en la administración de dicho laboratorio.



Figura 1: Tableros industriales del laboratorio de instrumentación y automatización.

Estos tableros industriales son alimentados por dos fuentes de poder. Los circuitos del PLC (controlador lógico programable, por sus siglas en inglés), HMI (interfaz humano-máquina, por sus siglas en inglés) y 24VDC son energizados por una fuente de alimentación estabilizadora de 24VDC que a su vez es alimentado por una tensión CA 120V. Estos circuitos están conformados por disyuntores, supresor, terminales de conexión, pantalla táctil, pulsadores y un PLC conformado por un CPU y 4 módulos.

Por otro lado, el circuito de control de motor, conformado por un disyuntor, cortacircuitos, contactor y un variador de frecuencia es alimentado mediante una tensión trifásica de 220V corriente alterna.

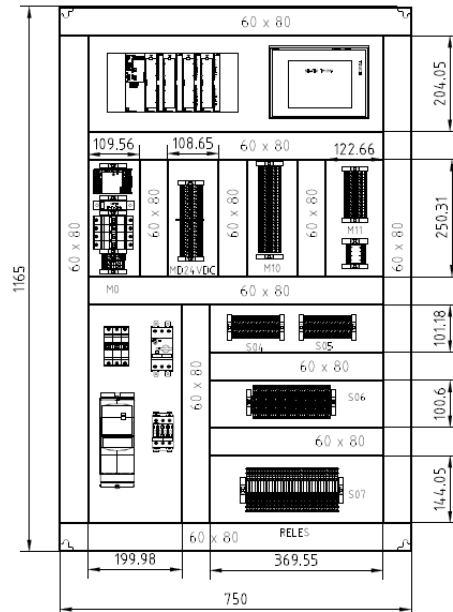


Figura 2: Distribución de los componentes.

Estos tableros no cuentan con un código de color ni de etiquetado para los conductores. Se han respetado las normas de cableado estructurado únicamente fuera de las canaletas.

En cuanto a los diagramas unifilares se ha utilizado la norma IEC. Dentro de ellos se encuentra especificada información de los dispositivos y de algunos conductores como el calibre y el color. Para comprender el código de referencias de señales es necesario conocer las reglas de la norma.

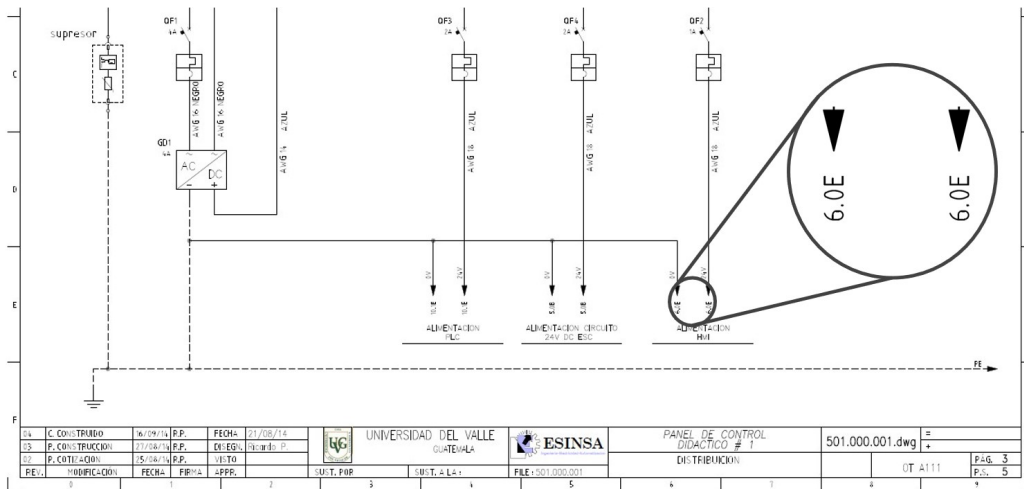


Figura 3: Segmento de diagrama unifilar de un tablero industrial.

Justificación

El incremento de estudiantes de las carreras electrónica y mecatrónica en la Universidad del Valle de Guatemala ha creado la necesidad de disponer de más tableros didácticos dentro del laboratorio de Instrumentación y Automatización. En respuesta a esta necesidad se pretende diseñar la implementación de cuatro tableros didácticos con una diferente distribución de los componentes. El propósito de modificar la distribución es reducir el material de conexión (cable eléctrico) y facilitar el uso a los estudiantes. Además se pretende implementar un código de colores a las conexiones para facilitar la comprensión de estas dentro del tablero, ayudando al estudiante a identificar las diferentes señales.

4.1. Objetivo general

Diseñar la implementación del módulo de 24VDC y alimentación en cuatro tableros de control industrial con fines didácticos, para uso en el laboratorio de instrumentación y automatización en la Universidad del Valle de Guatemala.

4.2. Objetivos específicos

- Definir un marco conceptual de reglas de diseño en diagramas unifilares y de cableado estructurado.
- Realizar diagramas unifilares bajo los estándares de la Comisión Electrónica Internacional (IEC).
- Implementar reglas de cableado estructurado y código de color estandarizado a los tableros.
- Definir código de etiquetado para identificación de cables.
- Modelar el tablero de control industrial propuesto en software de diseño 3D.
- Listar componentes necesarios, con sus respectivas especificaciones, para construir el sistema propuesto.
- Realizar manuales y animaciones de instalación del módulo 24VDC y alimentación en el tablero de automatización industrial.

Este trabajo consiste en diseñar un tablero industrial con fines didácticos para ser implementado dentro del laboratorio de instrumentación y automatización industrial de la Universidad del Valle de Guatemala. Este diseño se basa en diferentes reglas estandarizadas a nivel industrial con el fin de garantizar la seguridad del estudiante o cualquier operario. Además se implementan reglas de cableado estructurado, códigos de etiquetados y de colores para cumplir con que el sistema sea didáctico, en otras palabras, fácil de comprender y recordar.

Por otro lado, se diseña la implementación del sistema propuesto a través de un manual y un video de instalación. El primero pretende ser una guía ordenada de pasos para la instalación del sistema propuesto mientras que el segundo es la animación de una sección de este manual.

6.1. Automatización

Según la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (2009), la automatización se define como la aplicación de la automática al control de procesos industriales. Así mismo, define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales. [1]

Actualmente, dentro de la industria, la automatización se ha convertido en una necesidad para competir en el mercado. Esta herramienta permite a las industrias agilizar el proceso de producción sin comprometer la calidad del producto y al mismo tiempo, aumentar la rentabilidad del negocio reduciendo costos y tiempo de producción. El objetivo principal de la automatización es reducir parcial o totalmente la intervención humana en tareas complicadas, es por ello que se definen diferentes niveles de automatización:

- Operación manual: el ser humano utiliza herramientas para realizar tareas, sin intervención de una máquina. [2]
- Mecanizado: el ser humano opera maquinaria para realizar la tarea. [2]
- Automatización parcial: maquinaria realiza la tarea, sin embargo se requiere la intervención humana para colocar/retirar la pieza a trabajar. [2]
- Automatización total: maquinaria realiza la tarea de forma autónoma, la intervención humana es requerida solo para supervisión y mantenimiento. [2]
- Integración: se tiene una línea de maquinaria conectadas entre sí para trabajar colectivamente. [2]

La automatización está conformada de diferentes disciplinas de ingeniería dentro de las cuales destaca la electrónica, eléctrica, neumática, hidráulica y comunicación.

Para entender la complejidad de la automatización dentro de industria se utiliza la pirámide de automatización, la cual se muestra en la Figura 4. Como se puede observar, esta pirámide está compuesta por 5 niveles, sin embargo, se suele agregar un sexto:

- **Nivel 1 (Campo):** Actuadores, sensores y otros dispositivos operan en este nivel para convertir magnitudes físicas en magnitudes eléctricas o viceversa. [3]
- **Nivel 2 (Control):** En este nivel, se controla y manipulan los componentes en el campo que realizan el trabajo físico. El controlador lógico programable (PLC, por sus siglas en inglés) y el controlador PID (proporcional-integral-derivativo) opera en este nivel, este toma la información proveniente de dispositivos de entradas como sensores y switches para decidir sobre qué salidas activar. La ventaja del uso de PLC's es que estos contienen un procesador que permite retener la programación e información relevante, además de tener módulos de entradas y salidas. [3]
Si se combinan los sensores, actuadores y PLC's junto con las máquinas y el recurso humano, se obtiene un proceso productivo automatizado, se puede observar un esquema de este proceso en el Figura 5.
- **Nivel 3 (Supervisión):** Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA, por sus siglas en inglés) es utilizado en este nivel para monitorear y controlar diferentes sistemas desde un mismo lugar. En algunos casos se utiliza una interfaz llamada HMI "Human-Machine Interface" para controlar funciones de forma remota. [3]
- **Nivel 4 (Planificación):** En este nivel se monitorea el proceso completo, desde la materia prima hasta el producto final. Esto permite observar lo que realmente sucede en campo y tomar decisiones en base a ello. [3]
- **Nivel 5 (Empresa/Logística):** Alta gerencia puede ver y controlar las operaciones, desde manufactura, compras/ventas, datos financieros, etc. [3]
- **Nivel 6 (Nube):** Está compuesta de la transformación digital de la fábrica, aquí se encuentran los datos de los niveles anteriores. [3]

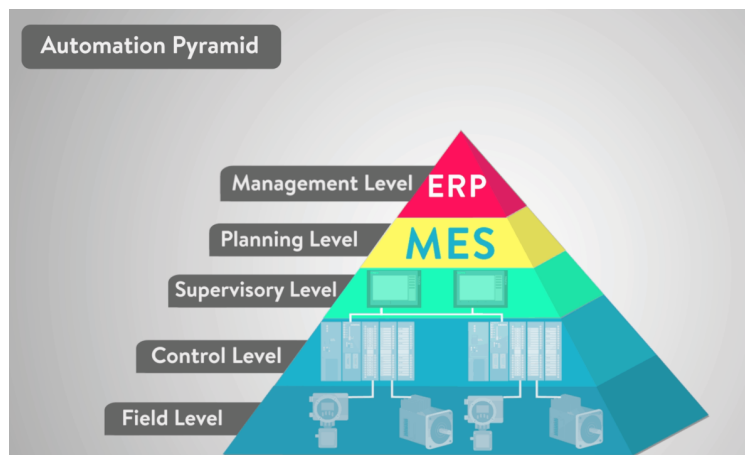


Figura 4: Pirámide de la automatización.

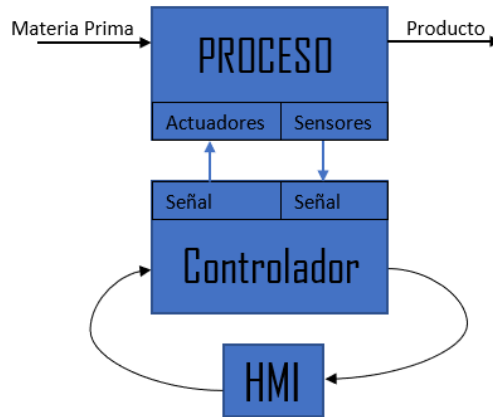


Figura 5: Proceso productivo automatizado.

6.1.1. Controladores lógicos programables

Como se menciona anteriormente, los controladores lógicos programables (PLC por sus siglas en inglés), junto con los sensores y actuadores, conforman una pieza fundamental para establecer un proceso automatizado, Figura 5. Un PLC es básicamente una computadora diseñada y fabricada de forma que pueda operar en condiciones hostiles, como de alta/baja temperatura, siendo inmune hasta cierto punto del ruido eléctrico, vibraciones e impactos. [4] Es fácil que dentro de una industria se presenten estas condiciones por lo que un PLC es adecuado para la automatización industrial, además de contar con múltiples señales de entradas y salidas (E/S) que le permite interactuar con el mundo real rápidamente.

La estructura del PLC es muy parecida a cualquier computadora programable, está constituido por una fuente de alimentación, una unidad de procesamiento central (CPU), interfaces de entradas y salidas (E/S), módulo de memorias y una unidad de programación. A continuación se describe cada uno de estos componentes y su función dentro del controlador. [5]

Fuente de alimentación Como cualquier fuente de alimentación, el propósito en un PLC es suministrar energía a los circuitos y a la CPU. Este dispositivo debe ser capaz de entregar 24VDC para los canales de lazo de corriente 20mA, 5VDC para alimentar las PCBs (tarjetas de circuitos impresos, por sus siglas en inglés) y 5.2VDC para alimentar al programador. [5]

Unidad de procesamiento central (CPU) En términos sencillos, es el cerebro del PLC y está constituida por microprocesadores y memorias. Su función es interpretar las señales de entrada, ejecutar el controlador y forzar las salidas. Esto se logra de forma permanente y en un corto tiempo. [5]

Interfaces de entradas y salidas Es el vínculo entre el CPU y los dispositivos que interactúan el medio físico. Existen cuatro tipos de estas interfaces, cada una puede manejar una señal discreta o analógica a un valor de tensión o corriente en corriente directa o alterna. [5]

Estos son:

- Módulos de entradas digitales
- Módulos de salidas digitales
- Módulos de entradas analógicas
- Módulos de salidas analógicas

Módulos de memorias Como cualquier tipo de memoria, su función es retener, de forma provisional o permanente[5]. En un PLC convencional se puede encontrar dos tipos de memorias:

- Volátiles (requiere de alimentación para retener información) como la RAM
- No volátil (no requiere de alimentación retener información) como EPROM y EEPROM.

Unidad de programación Es un la interfaz de comunicación entre el humano y la máquina. Generalmente están constituidos por teclados y una pantalla visual[5]. La norma internacional IEC 1131-3 estandariza los lenguajes de programación contemplando dos tipos de lenguajes de programación:

- Lenguajes gráficos: representación basada en símbolos gráficos que a su vez expresan una lógica de mando y control. Dentro de este tipo de programación podemos mencionar:
 - Carta de funciones secuenciales (Grafcet)
 - Plano de funciones
 - Diagrama de contactos
- Lenguajes textuales: conjunto de instrucciones compuesto de letras, códigos y números. Se utilizan para programar instrucciones sencillas o no programables en modo gráfico. Dentro de este tipo de programación podemos mencionar:
 - Lista de instrucciones
 - Texto estructurado

6.2. Tablero industrial

Dentro de la industria, es esencial garantizar el funcionamiento óptimo de todos los procesos. Es por ello que se requiere una instalación eléctrica capaz de asegurar el correcto transporte y distribución de la energía eléctrica. La sección importante dentro de esta instalación eléctrica relacionada con la automatización, es el tablero industrial o tablero de

distribución de baja tensión, el cual es un armazón metálica que protege a los dispositivos que se encuentran organizados dentro de él. Con el fin de proteger y alimentar las cargas eléctricas, es común encontrar en la acometida de estos tableros grupos de interruptores con relés de sobrecargas y cortocircuitos. [6]

Son fabricados de tal manera que sean capaces de soportar condiciones de industria como temperaturas altas, vibraciones, corrosión, humedad o fenómenos electromagnéticos. Las características de fabricación se separan utilizando grados de protección, el estándar es IP20 y el grado mayor es IP66 el cual garantiza protección contra polvo y agua.

Un tablero industrial puede variar en tamaño y forma sin embargo existen ciertas partes que estarán presente a pesar de la aplicación. Estas partes son: [7]

- Gabinete/Armario: Estructura, generalmente metálica, que contiene y protege físicamente a los dispositivos del circuito de control. Dispone de una puerta frontal y rejillas de ventilación, si es necesario disipar una mayor cantidad de calor, se instalan ventiladores dentro.
- Rieles metálicos: Utilizados para ubicar y montar los dispositivos dentro del gabinete.
- Barras colectoras: material conductor utilizado para suministrar altas corrientes eléctricas a los dispositivos del tablero que lo requieran.
- Borneras de conexión/Clemas: Conectores eléctricos utilizados para realizar una especie de empalme. Para ello, se inserta el cable en determinada entrada y asegura, normalmente con un tornillo, para obtener una misma señal, tensión o corriente en el extremo opuesto de este dispositivo.
- Componentes eléctricos/electrónicos: En este caso, si pueden variar en función de la aplicación. Sin embargo, se puede mencionar algunos componentes muy comunes como PLCs, fusibles, contactores, temporizadores, entre otros.
- Canaletas: Utilizados para contener los cables dentro del tablero de una forma ordenada.
- Prensa cables: es utilizado en la acometida del tablero para transportar los cables hacia dentro de él.

El conjunto de dispositivos debe ser montado de forma que cumpla requisitos de seguridad y cumpla con las funciones definidas de forma óptima. Actualmente se estos equipos cumplan ciertas solicitudes o exigencias, entre ellas:

- comunicarse con plataformas de control centralizado
- operar bajo distintas tensiones
- proteger cargas con una fuerte componente armónica
- otorgar continuidad de servicio
- entre otras...

Para satisfacer las exigencias anteriores en los tableros se ha desarrollado una solución bajo la norma IEC 61439, esta solución es "Tableros a Norma"(TAN). Para prevenir fallas y asegurar la salud del usuario, se requiere que un TAN sea diseñado, fabricado y ensayado bajo la norma mencionada. Dentro de las prevenciones podemos mencionar arcos eléctricos, cortocircuitos, sobre-calentamientos y perturbaciones electromagnéticas. [8]

6.2.1. IEC-61439

Estándar definido por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) que busca garantizar la concepción óptima y el buen funcionamiento de tableros eléctricos. De forma específica, certifica la seguridad tanto de la instalación como de las personas, mejora el desempeño eléctrico y aporta a la gestión de mantenimiento. Esta norma es aplicable a tableros eléctricos de baja tensión, si la corriente es continua, la tensión nominal máxima puede llegar a ser de 1.5kV, por el otro lado, la tensión nominal máxima debe ser 1kV para corriente alterna. [8] La norma, que entra en vigor en 2014, está desglosada de la siguiente forma:

- Norma básica
 - IEC-61439-1 → Reglas generales
- Norma específica de conjunto
 - IEC-61439-2 → Conjuntos armados
 - IEC-61439-3 → Tableros de repartición
 - IEC-61439-4 → Tableros de faena
 - IEC-61439-5 → Tableros de distribución
- IEC-61439-6 → Canalizaciones prefabricadas
- IEC-61439-7 → Vehículos eléctricos

Importante mencionar que un conjunto no es nada más que un sistema de componentes mecánicos y eléctricos destinados a ser armados según la norma. [8]

Para poder garantizar el cumplimiento de las exigencias de la norma de un conjunto, la misma norma define tres tipos de verificación, las cuales deben ser realizadas por el fabricante de dicho conjunto. [8]

Verificación mediante:

1. Ensayos: pruebas de laboratorio.
2. Comparación: con un diseño de referencia verificado mediante ensayo.
3. Evaluación: aplicación de cálculos y reglas de diseño.

Las diferentes características deben verificarse según el Cuadro [I] (anexo D de la norma).

Formas de separación interna: Para garantizar una mejor protección a la integridad física del operario es necesario separar internamente los conjuntos de baja tensión del armario en compartimientos o espacios protegidos cerrados. Esto se realiza para evitar algún contacto con partes que representen algún peligro y es útil también para permitir un acceso seguro para el mantenimiento. Cuatro formas diferentes de separación interna se especifican en la IEC-61439-2, cada una separada en dos grupos (a y b). La separación se realiza mediante el uso de barreras o placas metálicas/aislantes con el fin de evitar lo siguiente: [9]

- contactos directos con alguna parte peligrosa (ver Figura [6])
- entrada de cuerpos sólidos
- propagación de arcos eléctricos

6.2.2. Identificación de cables y dispositivos

Dentro de los tableros de distribución de baja tensión es común la gestión de una gran cantidad de cables y dispositivos eléctricos/electrónicos. La correcta identificación de estos componentes, ya sea por medio de código de colores y/o etiquetado, contribuye significativamente a lograr instalaciones no solamente estéticas sino eficientes y rentables dentro de la industria. [9]

Dentro de los beneficios que ofrece un sistema efectivo y consistente de identificación se pueden mencionar: [9]

- Incremento en productividad: esto se logra ya que la identificación facilita el reconocimiento de algún problema (solo 25 % del tiempo de un técnico es utilizado para arreglar un problema, el resto se utiliza para buscarlo).
- Mejoras en la rentabilidad: al obtener resultados estéticos profesionales y sistemas eficientes gracias a la identificación correcta.
- Mejor organización y facilidad de uso: se logra a través de la consistencia, para etiquetado se utiliza la norma IEC 60446, el código de color popular dentro de la industria es el de la norma IEC.

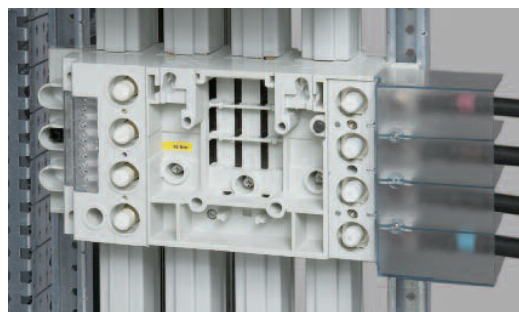


Figura 6: Protección contra cables de tensión.

No.	Característica	Opciones de verificación		
		Ensayos	Comparación	Evaluación
Resistencia de materiales y partes:				
1	Resistencia a la corrosión	✓	×	×
Resistencia de los materiales aislantes:				
2	Estabilidad térmica	✓	×	×
3	Resistencia al calor y al fuego por efectos eléctricos internos	✓	×	✓
4	Resistencia a la radiación UV	✓	×	✓
5	Elevación (para transporte)	✓	×	×
6	Impacto mecánico	✓	×	×
7	Marcado	✓	×	×
8	Grado de protección IP	✓	×	✓
9	Distancia de aislación	✓	×	×
10	Línea de fuga	✓	×	×
Protección contra descargas eléctricas e integridad de circuitos de protección:				
11	Eficacia en la continuidad entre las partes conductoras expuestas del conjunto y el circuito de protección	✓	×	×
12	Resistencia del circuito de protección frente a un corto circuito	✓	✓	×
13	Integración de aparatos de conexión y componentes	×	×	✓
14	Circuitos internos y conexiones	×	×	✓
15	Bornes para conductores externos	×	×	✓
Propiedades dieléctricas:				
16	Tensión soportada a frecuencia industrial	✓	×	×
17	Tensión soportada al impulso	✓	×	✓
18	Calentamiento	✓	✓	✓
19	Resistencia a cortocircuitos	✓	✓	×
20	Compatibilidad electromagnética	✓	×	✓
21	Funcionamiento mecánico	✓	×	×

Cuadro 1: Verificaciones de diseño.

IEC 60446: Esta norma define directrices básicas para la correcta identificación, mediante colores y/o números, de conductores eléctricos.

Código de colores para conductores: Para la identificación de cables individuales, los circuitos de distribución de energía tanto de corriente directa como de corriente alterna está codificado por colores. Los códigos de cableado de IEC utilizados en EEUU, Canadá y Japón se describen en el Cuadro 2 para conductores de corriente alterna y en el Cuadro 3 para circuitos de corriente directa. Sin importar la aplicación, es probable que se requieran más colores de los descritos en los cuadros 2 y 3 para la identificación de conductores. Es por ello que la norma propone los siguientes colores para identificar conductores: café, negro, verde, azul, rojo, turquesa, blanco, naranja, gris, amarillo, violeta y rosado así como combinaciones de dos de estos colores, exceptuando verde/amarillo. 10 Importante mencionar que, tanto el verde como el amarillo, son permitidos si y solo si es imposible confundirlo con el cable verde/amarillo de tierra física. Otra consideración a tomar en cuenta es que el color utilizado para el conductor neutro (azul claro) puede utilizarse únicamente para ese conductor, es incorrecto utilizarlo para algún otro tipo. 10

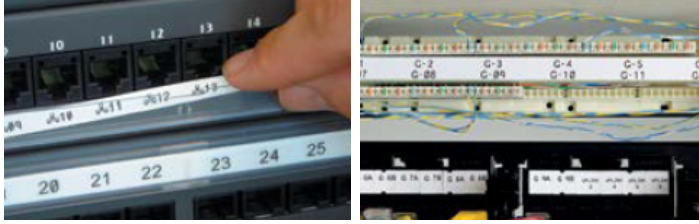
Etiquetas: En cuanto a este tipo de identificación, la norma no es muy específica. Indica que puede utilizarse letras y números arábigos para la identificación. Se debe subrayar los números 6 y 9 de la siguiente forma: 6, 9. Otra especificación es que es incorrecto etiquetar el cable verde/amarillo utilizado para tierra física. Se observan algunos ejemplos de esta etiquetas en la Figura 7. 10

Para una identificación correcta y duradera se deben tomar algunas consideraciones, las cuales se describen a continuación: 10

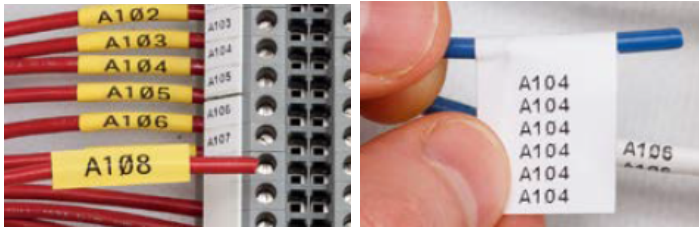
- tamaño, color y contraste de la etiqueta para una fácil y correcta lectura de la misma.
- calidad de la etiqueta debe ser adecuada para resistir las condiciones a las cuales estará expuesta en el lugar de instalación durante cierto período de tiempo
- la etiqueta debe ser impresa por una máquina

Function	Label	Color
Protective earth	PE	green-yellow
Neutral	N	blue
Line, single phase	L	brown
Line, 3-phase	L1	brown
Line, 3-phase	L2	black
Line, 3-phase	L3	grey

Cuadro 2: Código de color circuito AC según norma IEC.



(a) Etiquetado de dispositivos.



(b) Etiquetado de cables.

Figura 7: Etiquetado de componentes que conforman un tablero industrial.

Function	Label	Color
Protective earth	PE	green-yellow
2-wire unearthed DC Power System		
Positive	L+	brown
Negative	L-	grey
2-wire earthed DC Power System		
Positive (of a negative earthed) circuit	L+	brown
Negative (of a negative earthed) circuit	M	blue
Positive (of a positive earthed) circuit	M	blue
Negative (of a positive earthed) circuit	L-	grey
3-wire earthed DC Power System		
Positive	L+	brown
Mid-wire	M	blue
Negative	L-	grey

Cuadro 3: Código de color circuito DC según norma IEC.

Identificación de conductores











En el diseño industrial es importante utilizar estándares para garantizar que cualquier operario sea capaz de interpretar o entender el sistema. Para diseñar el tablero industrial es importante primero definir las estándares a tomar en cuenta en el diseño del sistema, código de colores, etiquetado a implementar entre otras consideraciones. A continuación se presenta la serie de pasos a seguir y los resultados previos al diseño del tablero industrial.

Con el fin de mejorar la didáctica del tablero se diseñó un sistema de identificación de cables a través de un código de colores y código de etiquetado. Para ambos se utiliza la norma IEC 60446 como directriz para la correcta identificación. A continuación se describe cada uno de ellos y con qué base se han definido dichos códigos.

7.1. Código de colores

Considerando las recomendaciones de norma IEC 60446 descritas anteriormente se puede observar en el Cuadro 4 el código que se ha definido.

Importante mencionar que se hacen modificaciones a la norma IEC 60446 con el fin de cumplir con los objetivos de este trabajo. La primera modificación realizada se presenta en los colores utilizados para los conductores de la fase CA. La norma establece que estos deben ser café, negro y gris; sin embargo se decide utilizar el código de colores utilizado en los tableros actuales: negro, rojo y blanco tal y como se indica en el Cuadro 4. Se toma en consideración que, para una sola fase, se utiliza el primer color de las líneas trifásicas. En cuanto al código de color del neutro y conductor de protección no existen diferencias respecto a la norma.

Señal	Color
Línea, 3fases	 negro
Línea, 3fases	 rojo
Línea, 3fases	 blanco
Conexión a tierra	 verde/amarillo
Neutro	 azul claro
24VDC	 café
0V	 gris
Señales variador de frecuencia	 violeta
Señales analógicas	 naranja
Señales digitales	 amarillo

Cuadro 4: Código de colores a implementar.

Por otro lado, se define un código de colores para indicar al usuario las señales que utilizará en el laboratorio. En primer lugar se establecen colores café y gris para alimentar y cerrar circuitos respectivamente, naranja y amarillo para diferenciar entre señales analógicas y digitales, y un color violeta para las señales digitales utilizadas para controlar el variador de frecuencia.

Aunque se realizan cambios a la norma, se respetan los colores permitidos y el conductor de color amarillo es muy difícil de confundirlo con el conductor verde/amarillo de conductor a tierra pues estos se utilizarán en diferentes secciones del tablero, como se podrá apreciar en el modelo 3D, sección [9.1](#).

7.2. Código de etiquetado

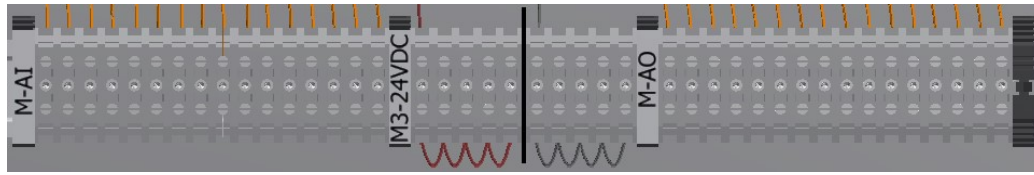
De igual forma se utilizaron las directrices del código IEC 60446 para generar un código de etiquetado tanto para cables como para los grupos de borneras del tablero. El código utilizado para los dispositivos es el que se establece en la norma. Este código puede observarse en el Cuadro [5](#). Nótese que, a diferencia del código de colores, hace falta el código de etiquetado de la conexión a tierra pues esta no debe identificarse de otra forma más que con el código de color, tal y como lo indica la norma IEC 60446.

Adicionalmente, las etiquetas de las señales del variador de frecuencia y de las entradas/salidas analógicas y digitales tienen un código alfanumérico. El número indica el pin al cual se encuentra conectado pues hay 30 conductores que conectan al variador de frecuencia y 16 conductores para entradas/salidas digitales y analógicas. Importante resaltar que se debe subrayar los números 6 y 9 de la siguiente forma: 6, 9.

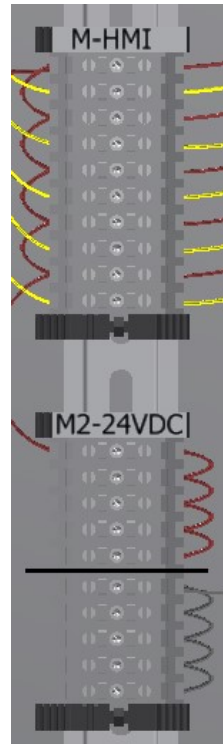
El código de identificación de los grupos de borneras deberá ser indicado al inicio de cada grupo, a la izquierda si la distribución es horizontal y arriba si es vertical como se muestra en la Figura [8\(a\)](#) y [8\(b\)](#) respectivamente.

Nombre	Código etiquetado
Conductores	
Linea, 3fases	L1
Linea, 3fases	L2
Linea, 3fases	L3
Neutro	N
24VDC	24VDC
0V	0V
Señales variador de frecuencia	VFD(01-30)
Entradas analógicas	PLC-AI-(00-15)
Salidas analógicas	PLC-AO-(00-15)
Entradas digitales	PLC-DI-(00-15)
Salidas digitales	PLC-DO-(00-15)
Grupos de borneras	
Primer módulo de alimentación 24VDC	M1-24VDC
Segundo módulo de alimentación 24VDC	M2-24VDC
Tercer módulo de alimentación 24VDC	M3-24VDC
Módulo de salidas analógicas	M-AO
Módulo de entradas analógicas	M-AI
Módulo de relés (salidas digitales)	M-KA
Módulo de entradas digitales	M-DI
Módulo del variador de frecuencias	M-VFD
Módulo de alimentación corriente alterna, una fase	M-VAC-1F
Módulo de interfaz humano-máquina	M-HMI
Dispositivos	
Fuente de alimentación	GD1
Disyuntor 1P	QF(1-4)
Disyuntor 3P	QF5
Cortacircuitos 3P	QF6
Contactador 3P	KM1
Variador de frecuencia	VFD1
Paro de emergencia	SB1
Stop	SB2
Start	SB3
Switch Selector	SA1

Cuadro 5: Código de etiquetado a implementar.



(a)



(b)

Figura 8: Ubicación de código de identificación para grupos de borneras.

La última sección del Cuadro 5 describe los códigos de identificación de los dispositivos de acuerdo a la norma IEC. Este código se utiliza también en los diagramas unifilares que se encuentran en la sección de anexos. Las etiquetas de identificación deben colocarse sobre una superficie plana del dispositivo al que se refiere y debe ser fácil de identificar para el operador.

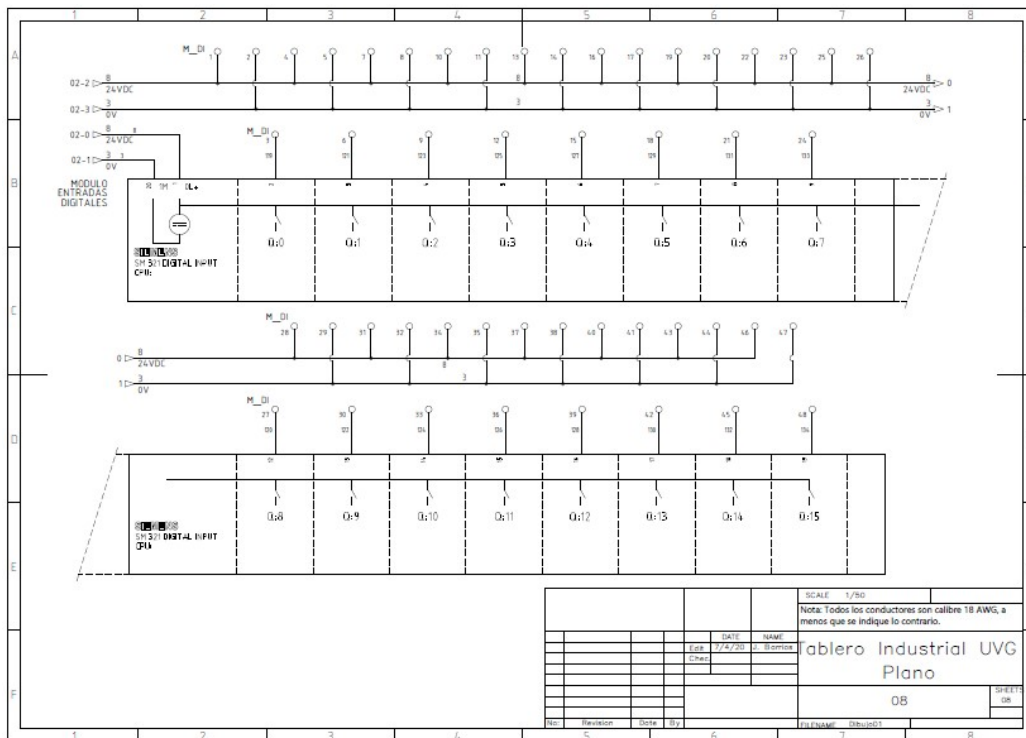
El tablero industrial tiene dos fuentes de alimentación de corriente alterna, 120V monofásica y 220V trifásica. Se identifica únicamente el grupo de borneras que conecta a la línea monofásica y alimenta a la fuente de alimentación estabilizadora. Esto con el fin de diferenciar las dos secciones que alimentan cada una de estas fuentes de alimentación.

Habiendo considerado los estándares que definirán el diseño se procedió a diseñar los circuitos que conformarán al sistema. En este capítulo se presentan las consideraciones tomadas en cuenta para el diseño eléctrico así como los resultados del mismo.

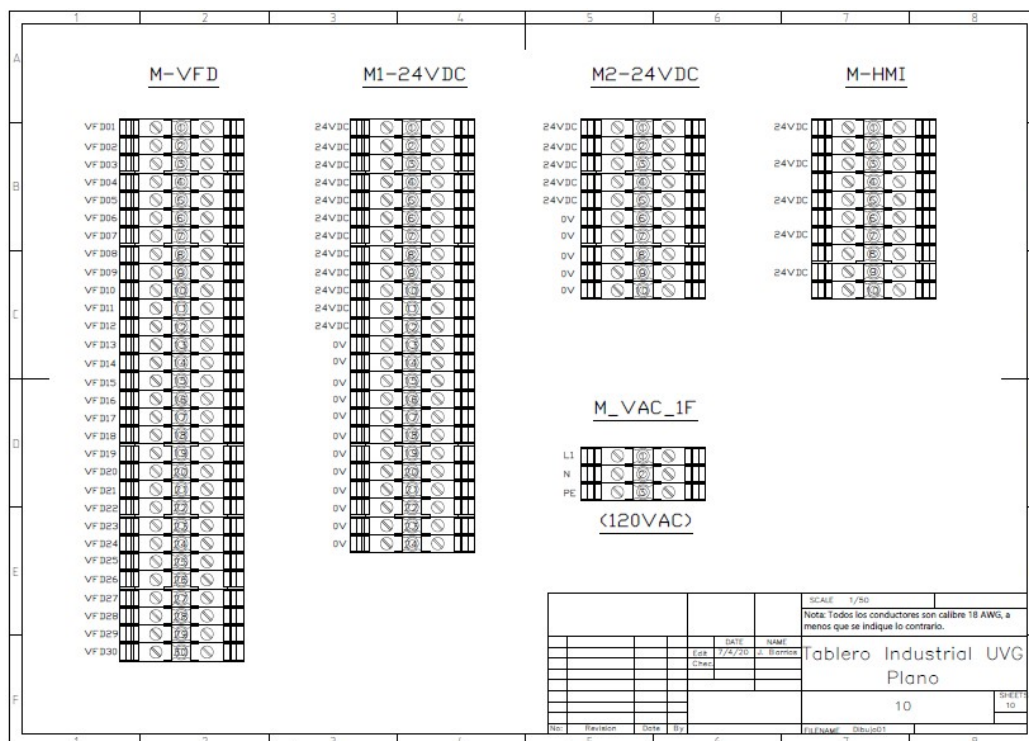
El diseño del sistema se divide en dos: diseño eléctrico y mecánico. El primero está compuesto por diagramas unifilares que detallan en planos las conexiones necesarias para alimentar las cargas distribuidas en el tablero. Por otro lado, el diseño mecánico se realizó con el fin de poder visualizar el sistema una vez instalado así como una ayuda para los manuales de instalación y de usuario. Ambos diseños son asistidos por computadora (CAD, por sus siglas en inglés).

8.1. Diagramas unifilares

Utilizando el *software AutoCAD Electrical* se realizaron los diagramas unifilares correspondientes a cada circuito del sistema. Estos son una guía para la instalación y operación del sistema. Los diagramas se realizaron considerando las directrices y símbolos estandarizados de la norma IEC con el objetivo de hacer de ellos un trabajo cercano a lo que se encuentra dentro de la industria. Importante mencionar que se han realizado modificaciones al código de referencias de señales ya que es necesario conocer las normas de IEC para que estas tengan sentido, el código utilizado se detalla más adelante. En estos planos se representan características de los componentes y de los conductores que ayudan a comprender el diseño de los circuitos dentro del sistema. La herramienta *AutoCAD Electrical* incluye librerías de los símbolos utilizados en la norma IEC por lo que hace más eficiente el diseño.



(a)



(b)

Figura 9: Secciones de diagrama unifilar.

Los circuitos se encuentran distribuidos en diferentes hojas por lo que se definió un código de referencias por flechas ya que, como se menciona anteriormente, es necesario conocer la norma para comprender el utilizado por la norma IEC. Este código consta de dos números: el primero indica el número de página de destino o de fuente de la señal (según sea el caso); el segundo indica el número de señal que coincide con la referencia de destino o de fuente. Si la fuente y el destino se encuentran en la misma página el código contiene solamente el número de señal. En la sección de Anexos se puede observar el diagrama unifilar y en la Figura 9 algunas secciones de este.

Con el fin de apoyar a los estudiantes ante cualquier duda que tengan sobre las conexiones eléctricas en el sistema se ha decidido crear un acceso directo a través de un código QR al diagrama unifilar correspondiente al sistema. Este código se encuentra en la parte posterior de la puerta del armario del sistema, como se puede observar en la Figura 15.

8.2. Dimensionamiento de conductores

Para alimentar las cargas distribuidas en el tablero es necesario seleccionar cables adecuados. En este caso se ha dimensionado tanto los calibres como las longitudes necesarias de cada conductor para garantizar el correcto funcionamiento del tablero y a su vez, proteger al operario y al sistema de cualquier fenómeno eléctrico que pueda causar algún daño como una sobre-tensión.

8.2.1. Calibre

Para dimensionar el calibre de los conductores de los módulos de 24VDC y alimentación, se partió de la información de la hoja de datos de la fuente de alimentación a instalar. Ésta indica que la entrada es una corriente alterna de 2.25A con un valor nominal de tensión de 120V, el dispositivo entrega 24VDC a 4 amperios. Esta corriente de salida será utilizada para alimentar tres circuitos: PLC, circuito de 24VDC y HMI (Interfaz Máquina-Humano, por sus siglas en inglés). La carga será mayor para los primeros dos por lo que los disyuntores que habilitan la alimentación a dichos circuitos tienen una corriente nominal mayor (2A) que el disyuntor del tercer circuito (1.6A). Importante mencionar que el valor nominal del disyuntor del circuito de alimentación del PLC se elige con base en la recomendación de la hoja de datos del CPU. En cuanto al circuito de control de motor, se consideró la intensidad de entrada asignada al variador de frecuencia, el cuál tiene un valor de entrada de 8.2A y 3.9A de salida.

Teniendo en cuenta esta información, se procedió a definir el tipo de cable a utilizar. Se optó por un conductor tipo TFF que suele utilizarse para conexiones en tableros de baja tensión y donde se requiere alta flexibilidad. Es un conductor de cobre flexible con aislamiento de policloruro de vinilo (PVC) retardante a la llama. Estas características hacen que este tipo de conductor sea adecuado para el sistema propuesto.

Para dimensionar el calibre de los conductores se utilizó la tabla 400.5 (A) del artículo 400 (Cordones y cables flexibles) del Código Eléctrico Nacional (NEC, por sus siglas en inglés) (Figura 10) y factores de corrección de la norma de instalación de baja tensión

UNE-HD(60364-5-52:2014) (Figura 11).

Calibre AWG	Termoplásticos Tipos TPT y TST	Termofijos Tipos C, E, EO, PD, S, SJ, SJO, SHOW, SJOO, SJOOW, SO, SOW, SOO, SOOW, SP-1, SP-2, SP-3, SRD, SV, SVO y SVOO		Tipos HPD, HPN, HSJ, HSJO, HSJOO
		Termoplásticos Tipos ET, ETLB, ETP, ETT, SE, SEW, SEO, SEOW, SEOOW, SJE, SJEW, SJEO, SJEOW, SJEOOW, SJT, SJTW, SJTO, SJTOW, SJTOO, SJTOOW, SPE-1, SPE-2, SPE-3, SPT-1, SPT-1W, SPT-2, SPT-2W, SPT-3, ST, SRDE, SRDT, STO, STOW, STOO, STOOW, SVE, SVEO, SVT, SVTO y STVOO		
		Columna A+	Columna B+	
27*	0.5	--	--	--
20	--	5**	--	--
18	--	7	10	10
17	--	9	12	13
16	--	10	13	15
15	--	12	16	17
14	--	15	18	20
12	--	20	25	30
10	--	25	30	35
8	--	35	40	--
6	--	45	55	--
4	--	60	70	--
2	--	80	95	--

Figura 10: Ampacidad permisible para cables y cordones flexibles [A temperatura ambiente de 30°C (86°F)]. 11

Importante mencionar que la letra de tipo de conductor a utilizar (TFF) según la NEC es **E** (véase Tabla 400.4 de la NEC) y se consideran ternas de conductores (Columna A+) en vez de duplas (Columna B+).

De la Figura 11, se aplican los factores de corrección de “Profundidad de instalación (m)” igual a 0.4m y el “Número de cables o ternas de la zanja” de 10 en contacto. Estos factores de corrección se deben a la canalización y agrupación de gran cantidad de conductores (no más de 30) en ella. Además se considera un factor de seguridad de 0.9.

1. Profundidad del terreno diferente a 0,70m

Factores de corrección para diferentes profundidades de instalación

Profundidad de instalación (m)	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
Factor de corrección	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95

Tabla 2

2. Temperatura del terreno diferente a 25 °C

Factores de corrección para diferentes temperaturas

Tª terreno (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Tª servicio 90 °C	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78
Tª servicio 70 °C	1,15	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82	0,75	0,67

Tabla 3

3. Resistividad térmica media del terreno diferente a 1 K.m/W

Factores de corrección para resistividad térmica del terreno

Resistividad térmica del terreno	0,80	0,85	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,65	2,00	2,50	2,80
Cable unipolar	1,09	1,06	1,04	1,00	0,96	0,93	0,87	0,81	0,75	0,68	0,66
Cable tripolar	1,07	1,05	1,03	1,00	0,97	0,94	0,89	0,84	0,78	0,71	0,69

Tabla 4

4. Número de cables tripolares o ternas de unipolares y la distancia entre ellos

Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternas de cables unipolares

Nº de cables o ternas de la zanja	2	3	4	5	6	8	10	12
D = 0 En contacto	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47
Separación entre los cables o ternas	D = 0,07m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53
	D = 0,10m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55
	D = 0,15m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59
	D = 0,20m	0,88	0,79	0,74	0,70	0,68	0,64	0,62
	D = 0,25m	0,89	0,80	0,76	0,72	0,70	0,66	0,64

Tabla 5

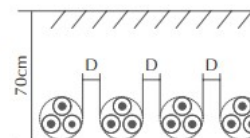


Figura 11: Factores de corrección propuestos por la norma UNE-HD(60364-5-52:2014). [12]

De acuerdo a las normativas, las capacidades de los calibres de interés aplicando factores de corrección son:

Calibre (AWG)	Capacidad de corriente (A)
12	9.27
14	6.95
16	4.64
18	3.24

Cuadro 6: Capacidad de corriente de conductores con factores de corrección.

De acuerdo al Cuadro [6] se seleccionaron conductores calibre 18AWG para el módulo de 24VDC. El conductor de calibre 16AWG se utilizará para alimentar la fuente de alimentación estabilizada y para conectar la salida de esta a cada disyuntor que habilite algún circuito. Para el circuito de control de motor, se utilizará calibre 12AWG.

El calibre a utilizar para cada uno de los conductores se encuentran tabulados en el Cuadro [7] e indicados en los diagramas unifilares los cuales se adjuntan en anexos.

8.2.2. Longitud

El dimensionamiento de longitud de los conductores se realizó utilizando el software *Tracker* de la compañía *Open Source Physics (OSP)*. Esta tarea consistió en utilizar una vista frontal del sistema y establecer una cinta de calibración. El *software* requiere una medida de referencia para poder realizar los cálculos. Se seleccionó la altura del armario como referencia por conveniencia. Luego se midió la distancia que debía recorrer cada conductor a lo largo de la canalización para cumplir su función. Se puede observar un resultado de este procedimiento en la Figura 12.

Es importante mencionar que el resultado del dimensionamiento de longitudes es, aunque acertado, únicamente una aproximación. La situación actual de salud en el país y las restricciones de movilidad imposibilitan el acceso al campus para realizar medidas físicas. El resultado de las longitudes de cada uno de los conductores a utilizar se encuentran tabuladas en el Cuadro 7.

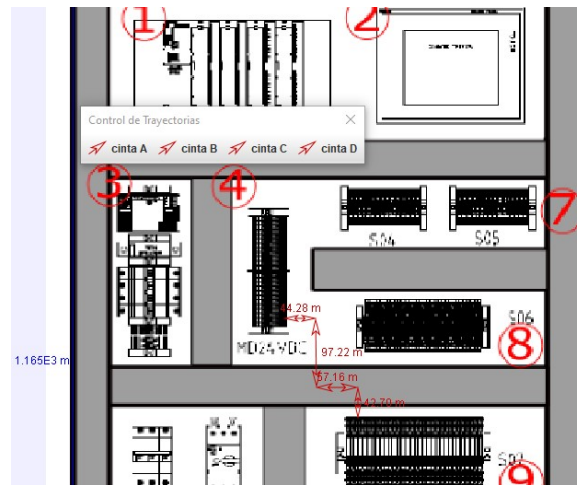


Figura 12: Aproximación de longitud de un conductor.

Descripción*	Código de conductor**	Calibre (AWG)	Longitud (cm)	Cantidad
Acometida-(M-VAC-1F)	L1	16	250	1
Acometida-(M-VAC-1F)	N	16	250	1
Acometida-(M-VAC-1F)	PE	16	250	1
QF1 - Alimentación convertidor	L1	16	17	1
(M-VAC-1F) - Alimentación convertidor	N	16	30	1
Supresor - Alimentación convertidor	PE	16	15	1
Supresor - QF1	L1	16	8	1
(M-VAC-1F) - QF1	L1	16	15	1
(M-VAC-1F) - Supresor	PE	16	21	1
Bornera - (M-VAC-1F)	PE	16	25	1
(M-VAC-1F) - Aterrizaje de armario	PE	16	48	1
Acometida-QF5	L1	12	250	1
Acometida-QF5	L2	12	250	1
Acometida-QF5	L3	12	250	1
QF5 - QF6	L1	12	25	1
QF5 - QF6	L2	12	25	1
QF5 - QF6	L3	12	25	1
QF6 - KM1	L1	12	17	1
QF6 - KM1	L2	12	17	1
QF6 - KM1	L3	12	17	1
QF5 - VFD1	L1	12	68	1
QF5 - VFD1	L2	12	68	1
QF5 - VFD1	L3	12	68	1
Bornera - VFD1	PE	12	68	1
Conexión entre disyuntores	24VDC	16	8.5	2
Convertidor - Disyuntor(QF2)	24VDC	16	17	1
Bornera-Bornera (juntas)	24VDC	18	5	19
Bornera-Bornera (1 de por medio)	24VDC	18	6	4
Bornera-Bornera (2 de por medio)	24VDC	18	7	15
M-HMI - M2-24VDC	24VDC	18	12	1
Alimentación M1-24V	24VDC	18	13.5	1
Alimentación PLC	24VDC	18	45	1
Alimentación HMI	24VDC	18	66	1
M1-24V - M3-24V	24VDC	18	40	1
M1-24V - M-DI	24VDC	18	38	1
M1-24V - M-HMI	24VDC	18	90	1
Alimentación módulo AI	24VDC	18	38	1
Alimentación módulo AO	24VDC	18	35	1
Alimentación módulo DI	24VDC	18	35	1
Alimentación módulo DO(1)	24VDC	18	40	1
Alimentación módulo DO(2)	24VDC	18	35	1
M-HMI - Contacto switch selector	24VDC	18	87	2
M-HMI - Contacto pulsador doble	24VDC	18	108	2
M-HMI - Contacto paro emergencia	24VDC	18	130	1

Descripción*	Código de conductor**	Calibre (AWG)	Longitud (cm)	Cantidad
Convertidor - M1-24V	0V	16	50	1
Bornera-Bornera (juntas)	0V	18	5	19
Bornera-Bornera (2 de por medio)	0V	18	7	15
M1-24V - M-DI	0V	18	24	1
M1-24V - M-KA	0V	18	50	1
M1-24V - M2-24V	0V	18	110	1
M1-24V - M3-24V	0V	18	60	1
Alimentación HMI	0V	18	70	1
Alimentación PLC	0V	18	45	1
Alimentación módulo AI	0V	18	40	1
Alimentación módulo AO	0V	18	40	1
Alimentación módulo DI	0V	18	38	1
Alimentación módulo DO	0V	18	45	2












Cuadro 7: Resultados de dimensionamiento de conductores.

Notas:

(*) Los códigos a los que se hace referencia se pueden encontrar en el Cuadro 5 en las secciones de “grupo borneras” y “Dispositivos”.

(**) Los códigos a los que se hace referencia se pueden encontrar en el Cuadro 5 en la sección de “conductores”.

Como resultado de la investigación y diseño anteriores se obtuvieron las especificaciones de los conductores requeridos para la instalación del tablero industrial. El detalle de los conductores se encuentra en el Cuadro 8. Importante mencionar que la cantidad se sobrestima como medida de seguridad ya que es posible cometer errores al trabajar con el conductor durante la instalación.

Calibre (AWG)	Cantidad (m)	Color
16	0.4	 café
18	14	 café
16	0.5	 gris
18	7.7	 gris
16	3	 negro
		 azul claro
16	3.6	 verde/amarillo
12*	3.6	 negro
		 rojo
		 blanco
12	1	 verde/amarillo

Cuadro 8: Conductores necesarios para construir el módulo de 24VDC y alimentación.

Notas:

(*) Conductor trifásico

8.2.3. Dimensionamiento de motor

Una vez definidos el calibre y tipo de conductor es posible determinar la carga que estos son capaces de alimentar. Como parte del trabajo de investigación se ha dimensionado la potencia nominal máxima del motor trifásico que puede controlarse utilizando el sistema propuesto.

Como se puede observar en el Cuadro 7 el calibre de los conductores unipolares de cobre que alimentan la carga del motor es de 12AWG los cuales poseen una sección de 3.3mm^2 . Se conoce también que la alimentación del motor es una corriente alterna trifásica con tensión nominal de 220V. Se asume que el rendimiento del motor es del 80 %, un factor de potencia de 0.9 y que la caída de tensión a lo largo de la línea de 40 metros es de 5 %. Para dimensionar el motor se utilizan las directrices establecidas por la norma UNE-HD 6036-5-52.

Es necesario establecer cuál es el método de instalación, para ello se utilizó la Tabla A.52.3 de la norma, se puede observar un extracto de esta Tabla en la Figura 13. Se seleccionó el método B1 ya que la instalación se realizará con conductores unipolares dentro de un conducto.




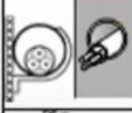


Métodos de instalación de referencia		
	Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1
	Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2
	Conductores unipolares en un conducto sobre pared o empotrado en ella	B1
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared o empotrado en ella	B2
	Cables unipolares; o multipolares sobre una pared de madera/manp.	C
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D

Figura 13: Extracto de la Tabla A.52 de la norma UNE-HD 6036-5-52.

Por la hoja de datos, se sabe que el variador de frecuencia es capaz de entregar una corriente máxima de 3.9A. Utilizando la siguiente ecuación se calcula la potencia admisible para este conductor.

$$I = \frac{P_{adm}}{\sqrt{3} * V * fp}$$

$$P_{adm} = I * \sqrt{3} * V * fp = 3.9 * \sqrt{3} * 220 * 0.9 = 1,337.5W$$

Se calcula la potencia nominal del motor multiplicando la potencia admisible por la eficiencia del motor:

$$P_n = P_{adm} * \eta = 1,337.5 * 0.8 = 1,070W$$

Lo cual representados en caballos de fuerza resulta en 1.45Hp. Este es el resultado considerando la corriente que es capaz de entregar el variador de frecuencia.

Ahora se calcula según la sección del conductor:

$$S = \frac{L * P_{adm}}{C * \mu * V}$$

En donde S es la sección del conductor en mm^2 , L es la longitud del conductor, C es la conductividad del cobre en $\frac{m}{\Omega * mm^2}$ y μ es la caída de voltaje en voltios (V*5%).

$$P_{adm} = \frac{S * C * \mu * V}{L} = \frac{3.3 * 48.47 * (220 * 0.05) * 220}{40} = 9,677W$$

Se calcula la potencia nominal del motor multiplicando la potencia admisible por la eficiencia del motor:

$$P_n = P_{adm} * \eta = 3,703 * 0.8 = 7,741.6W$$

Lo cual representados en caballos de fuerza resulta en 10.52Hp. Este es el resultado considerando la corriente admisible por el conductor.

Se obtienen dos resultados, se considera el peor caso como la solución, siendo este un motor de 1.45Hp a una tensión trifásica de 220VAC.

Actualmente en el laboratorio de instrumentación y automatización de la Universidad del Valle de Guatemala, se utiliza un motor de 0.75Hp a una tensión de 220V. Para dicho motor, es posible utilizar un calibre 18AWG incluso el fabricante recomienda dicho calibre.

8.3. Lista de materiales

8.3.1. Componentes

Esta lista presenta las partes y dispositivos que son necesarios para instalar el sistema propuesto así como el fabricante y el respectivo código.

Parte	Cant	Fab.	Código	Descripción
Armario	1	Schneider Electric	NSYCRNG 128300	Puerta lisa, sin placa de montaje, H1200xW800xD300mm
Placa de montaje	1	Schneider Electric	NSYMM128	Placa montaje metálica 1200X800mm
Riel Simatic S7-300	1	Siemens	6ES7390- 1AF30-0AA0	Riel de fijación simatic S7-300, longitud: 530mm
Riel DIN	3	Ferrules Direct	TH3575T	Riel DIN de acero, 35x7.5mm, longitud: 1m
Canal de cableado	4	Phoenix Contact	CD 60X80- 3240199	Gris, ancho: 60 mm, altura: 80 mm, longitud: 2000 mm
Tapadera canal de cableado	4	Phoenix Contact	CD 60X80- 3240199	Gris, ancho:60 mm, altura: 80 mm, longitud:2000 mm
Conector acometida	1	Ferrules Direct	NMLT1125	Conector hermético de nailon (1-1/4")
Carrete de cable	1	AMES-A	SKU:09625	Porta manguera, 18", polipropileno
Bloque de terminales	170	Ferrules Direct	UKJ6	Bornera de alimentación, tornillo de sujeción, gris, 8mm
Bloque de terminales de tierra	4	Ferrules Direct	UKJ6JD	Bornera de alimentación, tonrillo de sujeción, verde/amarillo, 8mm
Bloque final	30	Ferrules Direct	UD1BK	Bloque final de fijación a presión
Relé	16	Phoenix Contact	REL-MR- 24DC/ 21-2961105	Relé de potencia en miniatura enchufable, con contacto de potencia, tensión de entrada 24 VDC
Zócalo de relé	16	Phoenix Contact	RIF-0-BPT/ 21-2900958	Zócalo para relés miniatura de potencia, conexión "push-in"
Cubierta de bornera	8	Ferrules Direct	UKJW25- 10FG	Cubierta final de bornera, gris
Soporte para etiquetas	10	Ferrules Direct	UTDB1	Bloque para pegar etiquetas
CPU - S7-300	1	Siemens	6ES7315- 2AH14-0AB0	Simatic S7-300 - CPU (315-2DP) con interfaz MPI
Módulo entradas analógicas	1	Siemens	6ES7331- 7KF02-0AB0	Simatic S7-300 - Módulo de entradas analógicas
Módulo salidas analógicas	1	Siemens	6ES7332- 5HF00-0AB0	Simatic S7-300 - Módulo de salidas analógicas

Parte	Cant	Fab.	Código	Descripción
Módulo entradas digitales	1	Siemens	6ES7321-1BH02-0AA0	Simatic S7-300 - Módulo de entradas digitales
Módulo salidas digitales	1	Siemens	6ES7322-1BH01-0AA0	Simatic S7-300 - Módulo de salidas digitales
Fuente alimentación estabilizada	1	Siemens	6EP1332-5BA10	SITOP PSU100C 24V/4A, entrada: AC120-230V(DC110-300V), salida: DC24V/4A
Supresor	1	Iskra	ISPRO C(R)40	Dispositivo de protección contra sobretensiones, 1 polo
Disyuntor	1	ABB	S201-C4	Disyuntor - S200 - 1Polo - C - 4A
Disyuntor	2	ABB	S201-K6A-C2	Disyuntor - S200 - 1Polo - C - 2A
Disyuntor	1	ABB	S201-C1,6NA	Disyuntor - S200 - 1Polo - C - 1.6A
Variador de Frecuencia	1	Siemens	6SE6420-2AB17-5AA1	Micromaster 420, Clase A, 200-240V1AC, par constante 0.75 kW, 173x 73x 149 (HxWxD), sin AOP / BOP
Módulo PROFIBUS	1	Siemens	6SE6400-1PB00-0AA0	Módulo Micromaster 4 PROFIBUS
Panel de operador	1	Siemens	6SE6400-0AP00-0AA1	Panel de operador avanzado MICROMASTER 4 (AOP)
Disyuntor	1	ABB	S203-C40	Disyuntor - S200 - 3P - C - 40A
Corta-circuitos	1	Siemens	3RV1021-1CA10	Interruptor automático, CLASE 10A-liberación 1.8 ... 2.5 A Cortocircuito liberación 33 A
Contactador	1	Siemens	3RT1024-1AP00	De potencia, AC-3 12 A, 5.5 kW/ 400 V 230 V AC, 50 Hz 3 polos
Panel táctil	1	Siemens	6AV6642-0AA11-0AX1	SIMATIC TP 177A, Pantalla de 5.7", interfaz MPI/PROFIBUS DP, configurable desde WinCC
Soporte de montaje en panel	1	Siemens	A5E00336554	Kit de soportes de montaje del panel a estructura.
Base montaje HMI	1	-	-	Base para insertar el panel táctil y asegurarlo a la placa de montaje.
Conexión PROFIBUS	3	Siemens	6ES79720BB520XB0	SIMATIC DP, clavija de conexión para PROFIBUS, hasta 12 Mbit/s, resistencia terminal con función de aislamiento.
Paro de emergencia	1	Salinco	SB5(LA68SXB5)-AS452	Interruptor de botón de parada de emergencia con cabeza de hongo, giro de bloqueo para liberar
Switch selector	1	Salinco	SB5(LA68SXB5)-AD25	Interruptor selector giratorio estándar de tres posiciones
Pulsador doble	1	Salinco	SB5(LA68SXB5)-AW84B5	Interruptor de botón de doble cabeza NA/NC
Base abrazadera	5	Ferrules Direct	HC100S4N	Adhesibles, 12.5 x 12.5 x 3.2mm.















Parte	Cant	Fab.	Código	Descripción
Espiga eléctrica	1	EAGLE	1709C	Espiga 20A 250V
Espiga eléctrica (TwistLock)	1	EAGLE	L515-P	Espiga Lock 3W 15A

Cuadro 9: Componentes requeridos en el sistema.

8.3.2. Cableado

Las siguientes tablas indican el material de conexión eléctrico que se requiere para realizar las conexiones de los circuitos y los accesorios necesarios para garantizar un cableado estructurado.

Conductores:

Calibre (AWG)	Cantidad (m)	Color
16	0.4	 Café
18	14	 Café
16	0.5	 Gris
18	7.7	 Gris
16	3	 Azul claro
16	3.6	 Verde/Amarillo
16	3	 Negro
12	3.6	 Negro
12	3.6	 Rojo
12	3.6	 Blanco
18	15	 Naranja
18	34	 Amarillo
20	13	 Violeta
PROFIBUS	3	 Violeta

Cuadro 10: Conductores necesarios para realizar conexiones.

Terminales:

Calibre (AWG)	Cantidad	Descripción
12	25	Tubo terminal
16	50	Tubo terminal
18	375	Tubo terminal
20	75	Tubo terminal
16	5	Terminal de anillo

Cuadro 11: Terminales requeridas para los cables.

Accesorios:

Nomre	Cantidad	Descripción
Base para abrazadera	50	Adhesibles, 12.5 x 12.5 x 3.2mm
Abrazadera	100	-
Tubo Espiral	4 m	Diámetro 3/8"

Cuadro 12: Accesorios para el cableado.

8.3.3. Tornillería

Estas listas presentan los tornillos necesarios para el montaje de los canales de cableado, rieles de montaje y pantalla táctil.

Tornillos:

Fabricante	Código	Cabeza	Mortaja	Material	Medida	Cantidad
RS Pro	553-699	Alomada	Phillips	Acero	M6X20mm	30
RS Pro	553-560	Alomada	Phillips	Acero	M4X20mm	40
RS Pro	527-511	Hexagonal	-	Acero	M8X25mm	5
RS Pro	8066689	-	-	Acero	M6x50mm	5

Cuadro 13: Tornillos requeridos para montaje.

Arandelas:

Fabricante	Código	Norma	Material	Métrica	Cant.
RS Pro	525-947	DIN 125A	Acero	M6	35
RS Pro	525-925	DIN 125A	Acero	M4	40
RS Pro	527-634	DIN 125A	Acero	M8	5

Cuadro 14: Arandelas requeridas para montaje.

Tuercas:

Fabricante	Código	Material	Métrica	Tipo	Cant.
RS Pro	293-088	Acero	M6	Cabeza de domo	5

Cuadro 15: Tabla de tuercas necesarias para el montaje.

El diseñador debe ser capaz de transmitir al cliente la forma correcta de montar, poner en marcha y operar el sistema. Se han desarrollado manuales que, de forma sencilla y ordenada, indiquen la forma correcta de montar, conectar, probar y arrancar el sistema diseñado. A continuación se presenta el proceso que se llevó a cabo para garantizar un buen enlace diseño-instalación.

9.1. Modelo 3D CAD

Como se menciona anteriormente, el modelo 3D se realizó con el fin de representar el sistema y la distribución de los componentes dentro de este. Para realizarlo se utilizó el *software Inventor* y se descargó cada uno de los modelos 3D de los componentes que conforman el sistema.

Con el fin de cumplir el objetivo de este diseño se modelaron también las conexiones necesarias entre componentes para el correcto funcionamiento del sistema, respetando el código de colores propuesto anteriormente. Este modelo no solo se realizó para representar el sistema de forma digital, sino también para generar, posteriormente, una guía de instalación en forma de video que puede encontrarse en la sección de Anexos.

Se puede observar el resultado del modelo 3D en la Figura [15](#). Nótese la separación de los módulos en diferentes compartimientos, especialmente del módulo de control de motor, el cual es alimentado por una tensión alta. Esto se realizó con el fin de conservar la integridad del operador y del sistema, evitando contactos con alguna parte peligrosa o la propagación de arcos eléctricos.

El código de identificación de dispositivos y grupo de borneras es clave para poder comprender el sistema y su diagrama unifilar. Es por ello que tanto en los diagramas unifilares como en el hardware se utiliza el mismo código indicado en la sección 7.2, de esta forma, la lectura del diagrama unifilar es más eficiente.

En la Figura 14 se puede observar la distribución de los grupos de borneras y sus respectivos códigos de identificación. Los 3 módulos de alimentación de 24VDC se encuentran separados en dos secciones por una tapadera que evita que exista contacto: la primera contiene las borneras de 24VDC y la segunda las borneras de 0V. Los grupos de borneras de entradas y salidas analógicas presentan un orden sencillo, de izquierda a derecha las terminales conectan a los pines correspondientes en el módulo del PLC, al igual que el grupo de relés de salidas digitales. Caso especial es el módulo de entradas digitales, este grupo presenta una distribución periódica de 24VDC-0V-Señal Digital, para facilitar el acceso de la alimentación de 24VDC al usuario. El grupo de alimentación monofásica contiene tres señales: línea, neutro y tierra físicas distribuidas en ese orden de arriba a abajo. Por último, el grupo de borneras HMI contiene una distribución periódica de 24VDC-Señal Digital, la primera es utilizada para alimentar los contactos de los pulsadores o switch y la segunda para conectar al grupo de borneras de entradas digitales.

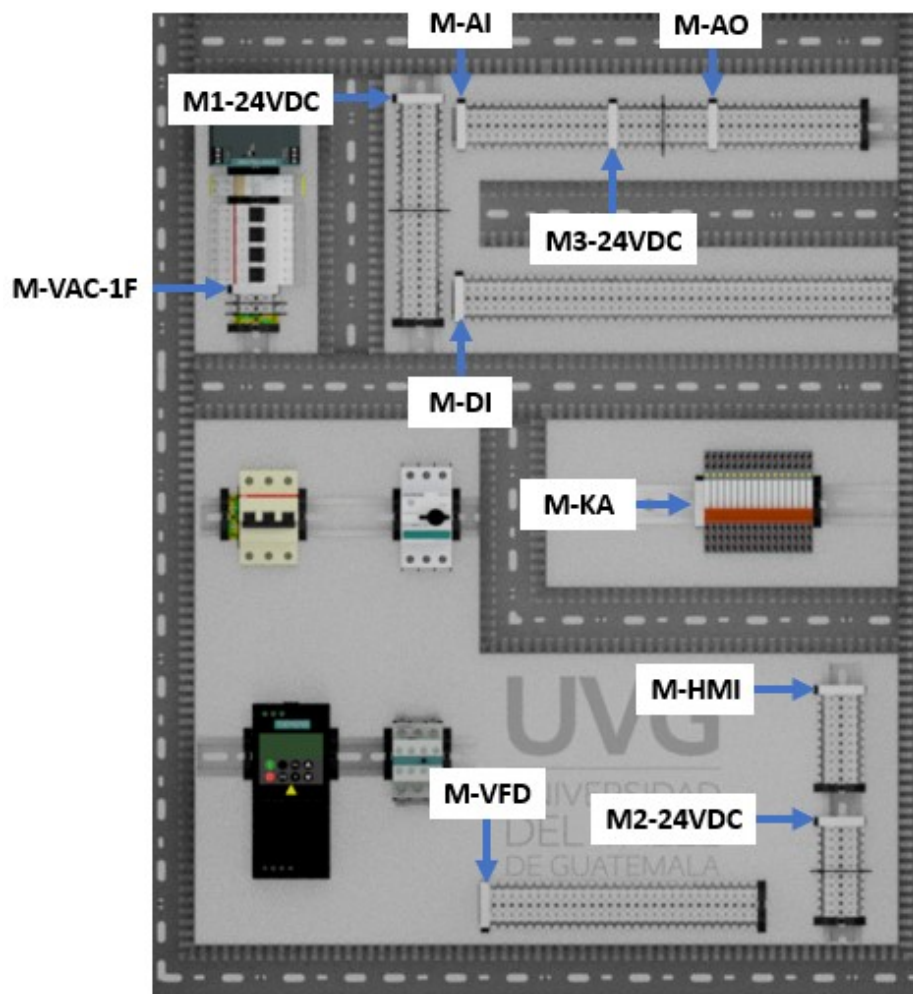


Figura 14: Código de identificación para grupos de borneras.

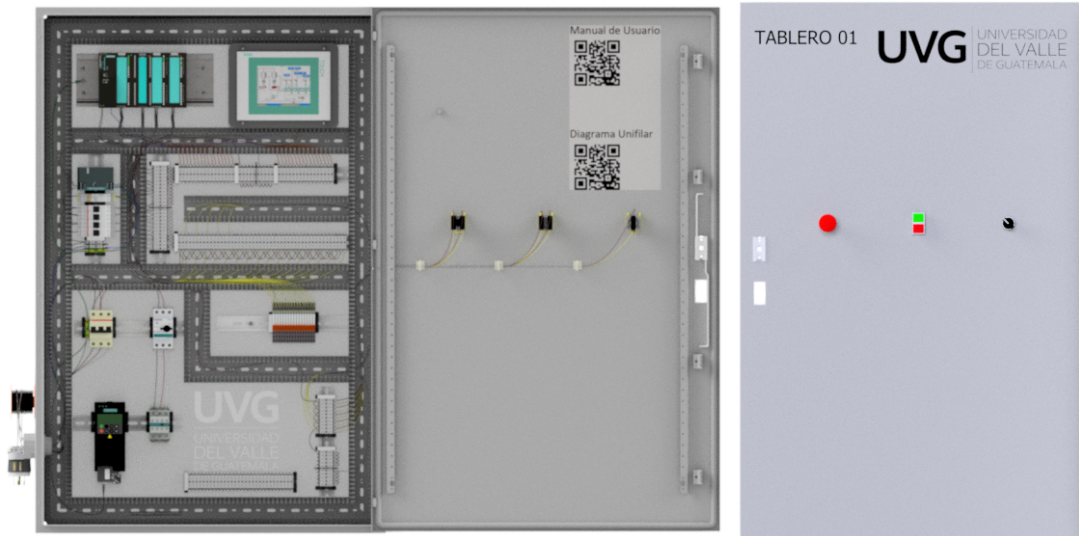


Figura 15: Modelo CAD.

9.2. Manual de instalación

Con el fin de minimizar los errores durante la instalación se ha desarrollado una guía de pasos ordenados a seguir para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. En esta guía se detallan los pasos de la instalación y también las consideraciones previas y posteriores a esta misma. El manual especifica las instrucciones de seguridad a seguir durante el procedimiento, las herramientas y los componentes necesarios para la instalación, además de la preparación de componentes y una inspección final del sistema instalado. El índice de este manual se puede observar en la Figura 16.

Se ha desarrollado este manual con el objetivo que cualquier persona con poco conocimiento en el área de automatización sea capaz de instalarlo sin cometer ningún error, en otras palabras, es un manual muy bien detallado con instrucciones sencillas e imágenes que describen cada instrucción.

Como complemento a este manual se ha creado un video de instalación en donde se anima la sección de fijación de componentes. El manual y el video se pueden observar en la sección de Anexos.



Índice

- Introducción
- Instrucciones de seguridad importantes
- Especificaciones y herramientas
- Antes del ensamblaje
- Componentes
- Tornillería
- Cableado
- Instalación
 - Preparación de componentes
 - Fijación de componentes
 - Cableado
 - Inspección final

Figura 16: Contenido del manual de instalación.

9.3. Manual de usuario

Este manual se refiere al funcionamiento y especificaciones del sistema. Se ha desarrollado como una guía introductoria al hardware del sistema. En él se puede encontrar información acerca de las funciones generales, funciones de las distintas partes, conexiones básicas, entre otras características del sistema como los códigos de color y etiquetado utilizados. El índice de este manual se puede observar en la Figura 17.

El fin de este manual es que el estudiante tenga un primer acercamiento al sistema y se familiarice con este a través de una guía fácil de entender y de leer. Además se quiere que el acceso a este debe ser fácil e inmediato por lo que se ha decidido crear un acceso directo al mismo a través de un código QR en la puerta del armario del sistema como se observa en la Figura 15. Este manual se puede observar en la sección de Anexos.

Índice

Introducción

Funciones generales

Alimentación

Código de colores

Código de etiquetado

Componentes

Diagrama Unifilar

Partes del sistema y sus funciones

Interruptores

Módulos de alimentación 24VDC

Módulos analógicos

Módulos digitales

Módulo control motor

Módulo de interfaz humano-máquina

Figura 17: Contenido del manual de usuario.

- Se separaron los módulos alimentados por baja tensión (24V DC) en compartimentos aislados entre ellos y del módulo de alta tensión para garantizar la integridad del operario y del sistema.
- Se definió un código de colores ajustando la norma IEC60446 para cumplir con los requerimientos del trabajo, considerando en todo momento las reglas básicas de la norma.
- Respetando las directrices de la norma IEC60446, se definió un código de etiquetado tanto para conductores como para grupos de borneras. De esta forma existe concordancia entre el diagrama unifilar y los dispositivos y componentes eléctricos que conforman el sistema.
- Se realizó un listado de componentes necesarios para la instalación de los tableros industriales en la Universidad del Valle de Guatemala.
- Se diseñó un modelo 3D por medio de software asistido por computadora, que representa la distribución, agrupación de componentes, reglas de cableado estructurado, código de colores y de etiquetado.
- Se diseñó un video de instalación con el propósito de minimizar errores por parte del personal que instale el equipo. El sistema se puede instalar utilizando solamente el manual de instalación sin embargo, la animación de este manual contribuye a minimizar errores de instalación.

- Fijar el sistema en la pared para evitar accidentes relacionados al movimiento periódico del sistema para trabajar con él.
- Si se decide montar el sistema en un lugar fijo, instalar el panel táctil en la puerta del armario y así poder interactuar con el sistema con el armario cerrado.
- Realizar un manual de usuario especificando funciones del software.
- Corroborar el cálculo del calibre del conductor del circuito de motor con los datos correspondientes a la instalación eléctrica del laboratorio en el edificio CIT.
- Revisar artículo 409 (Paneles de control industrial) del Código Eléctrico Nacional (NEC) y asegurarse que el modelo propuesto cumpla con todas las normas de seguridad indicadas en este artículo.
- Montar una línea de producción que pueda ser conectada al sistema propuesto y así obtener un sistema parecido a los que se encuentran dentro de la industria.

- [1] P. Ponsa y A. Granollers, “Diseño y automatización industrial”, *Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña*, 2009.
- [2] C. Ruedas, “Automatización Industrial: Áreas de aplicación en la Ingeniería”, *Boletín Electrónico*, vol. 10, 2010.
- [3] R. Kumar, “What is the five layer automation pyramid?”, *Medium*, 2019.
- [4] M. Quispe Quispe, “Diseño de un controlador de proceso industrial utilizando controladores lógico programables de siemens/simatic-s7 interactuando con la planta virtual its y monitorización Scada”, 2014.
- [5] C. R. Villarreal, “Controladores Lógicos Programables”, *Mailxmail. com*, vol. 23, 2017.
- [6] ElectricidadGeneral, *Tableros Industriales*, SF. dirección: <http://www.electricidadgeneral.com/Tableros-industriales.html>.
- [7] mecafenix, *Tipos de tableros eléctricos*, abr. de 2020. dirección: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tableros-electricos/>.
- [8] Legrand, *Tableros a Norma*, 2018.
- [9] Brady, “Guía para marcaje de alambre, cables y componentes”, págs. 1-32, 2015. dirección: BradyLatinAmerica.com/EtiquetasBMP21plus.
- [10] SA, *IEC 60446*, SF. dirección: <http://www16.helpes.eu/01232515/IEC60446>.
- [11] NEC, *Código Eléctrico Nacional*, 2020. dirección: [https://tsapps.nist.gov/notifyus/docs/wto_country/DOM/full_text/pdf/DOM223\(spanish\).pdf](https://tsapps.nist.gov/notifyus/docs/wto_country/DOM/full_text/pdf/DOM223(spanish).pdf).
- [12] cablesRCT, *Intensidad admisible de los conductores eléctricos de baja tensión*, 2020. dirección: https://www.cablesrct.com/descargas/varios/intensidades_admisibles.pdf?v=20190509.

13.1. Manual de instalación

<https://kekellner.gitlab.io/manual-jose-barrios/Instalacion/>

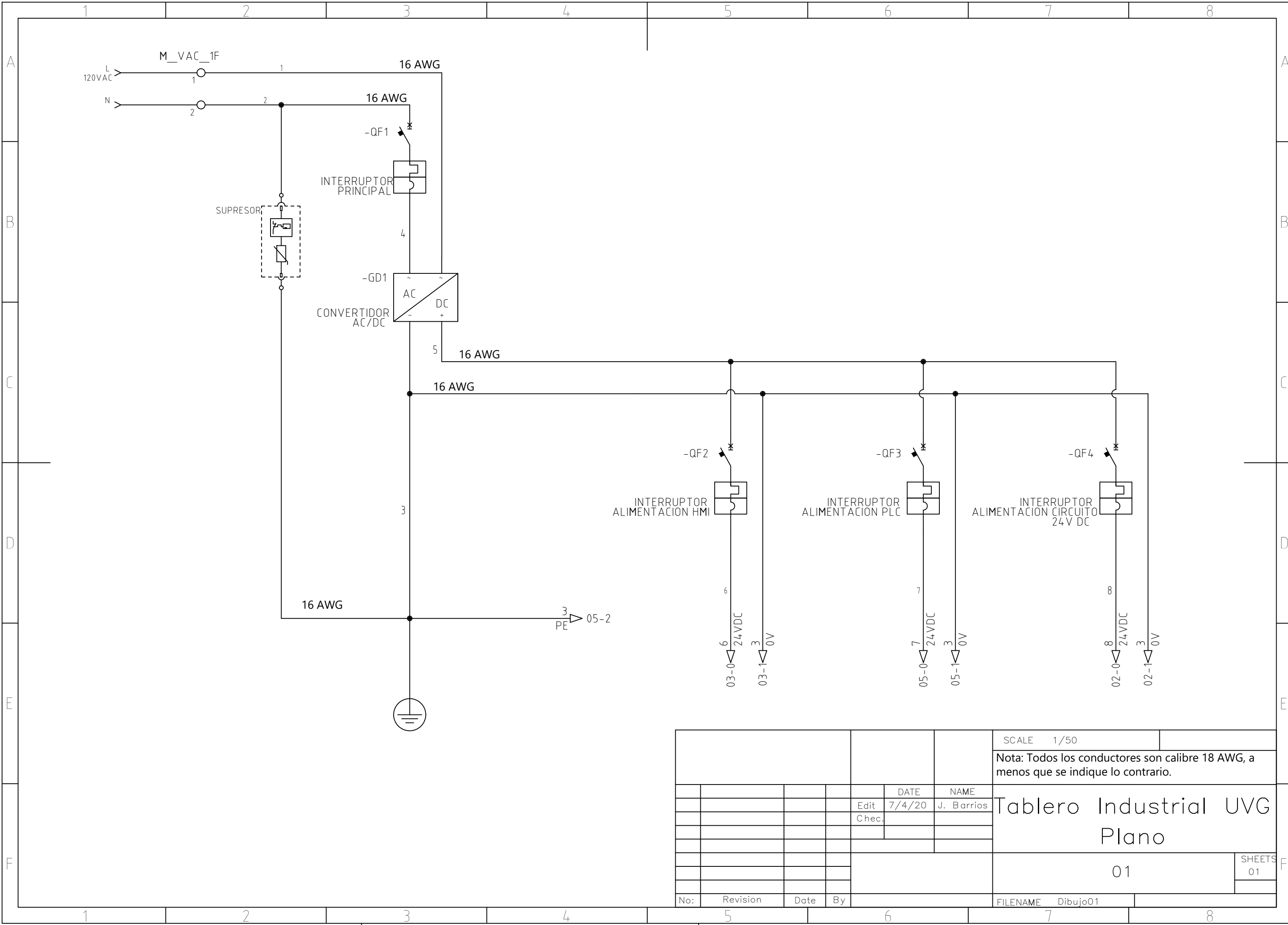
13.1.1. Video de instalación

<https://youtu.be/7Q9YJdB3tcc>

13.2. Manual de usuario

<https://kekellner.gitlab.io/manual-jose-barrios/Usuario/>

13.3. Diagramas unifilares



SCALE 1/50

Nota: Todos los conductores son calibre 18 AWG, a menos que se indique lo contrario.

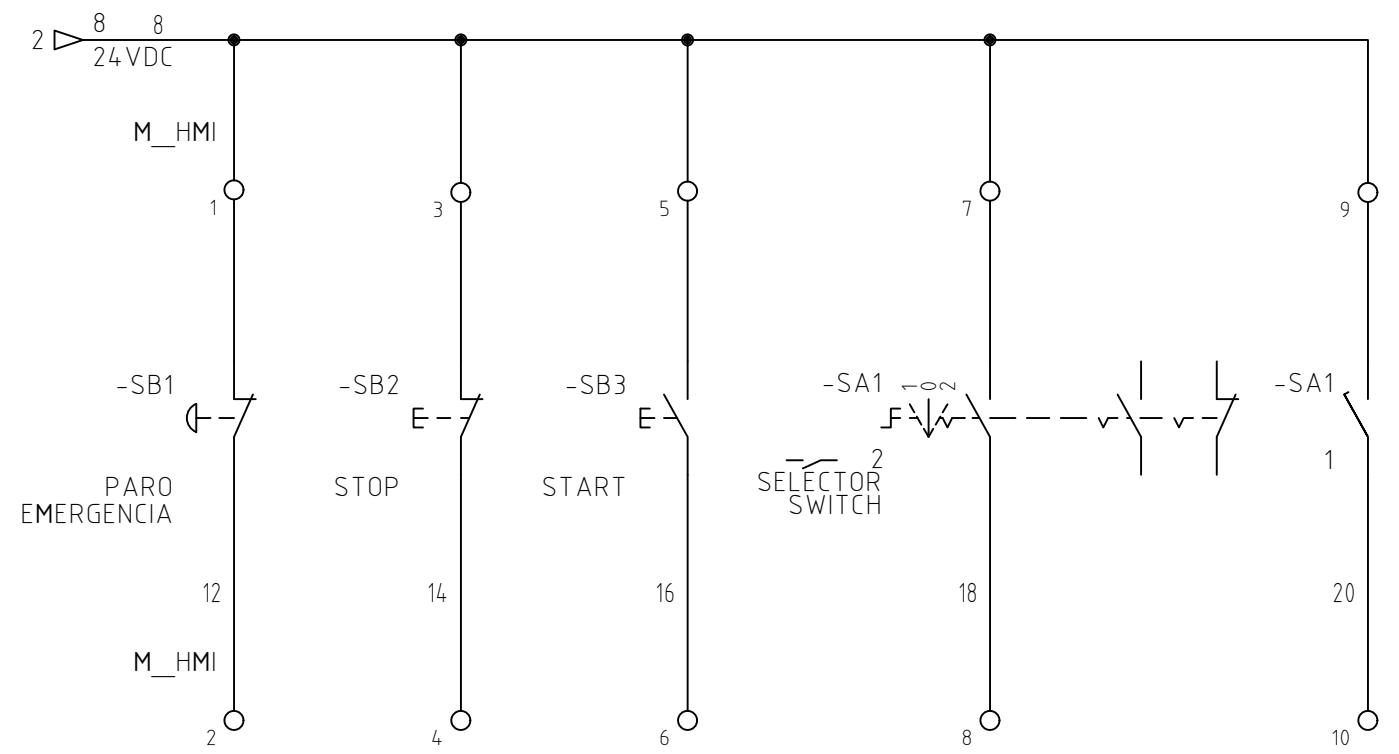
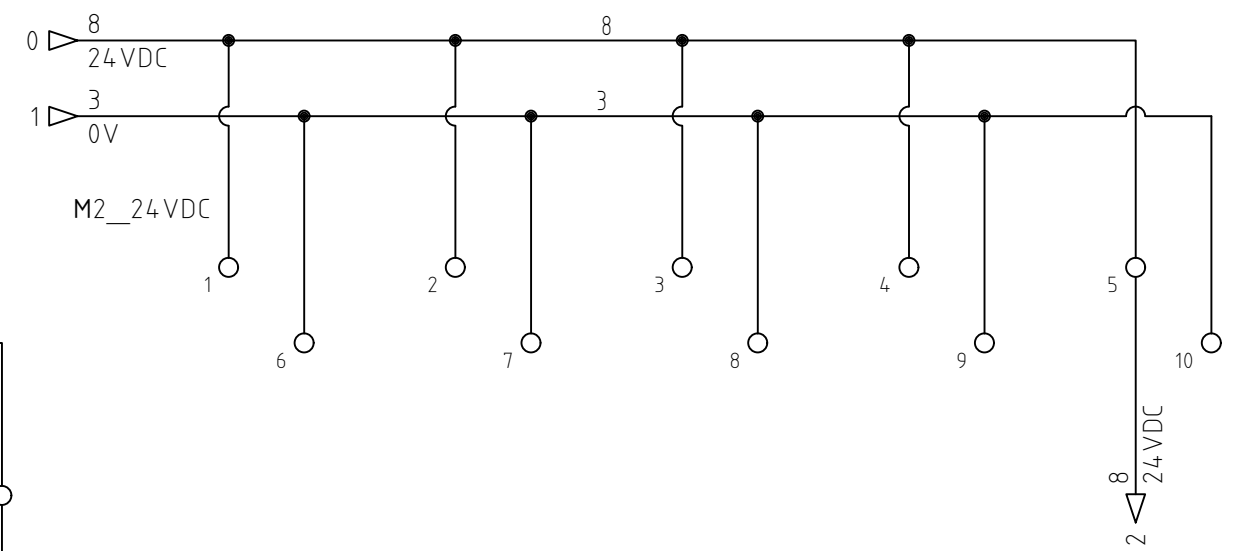
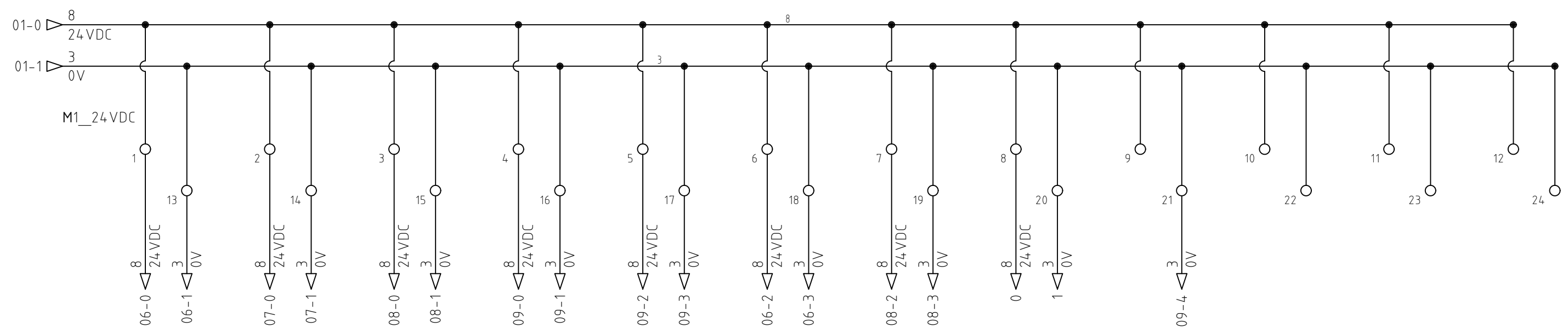
No:	Revision	Date	By	DATE	NAME
				7/4/20	J. Barrios

Tablero Industrial UVG
Plano

01

SHEETS
01

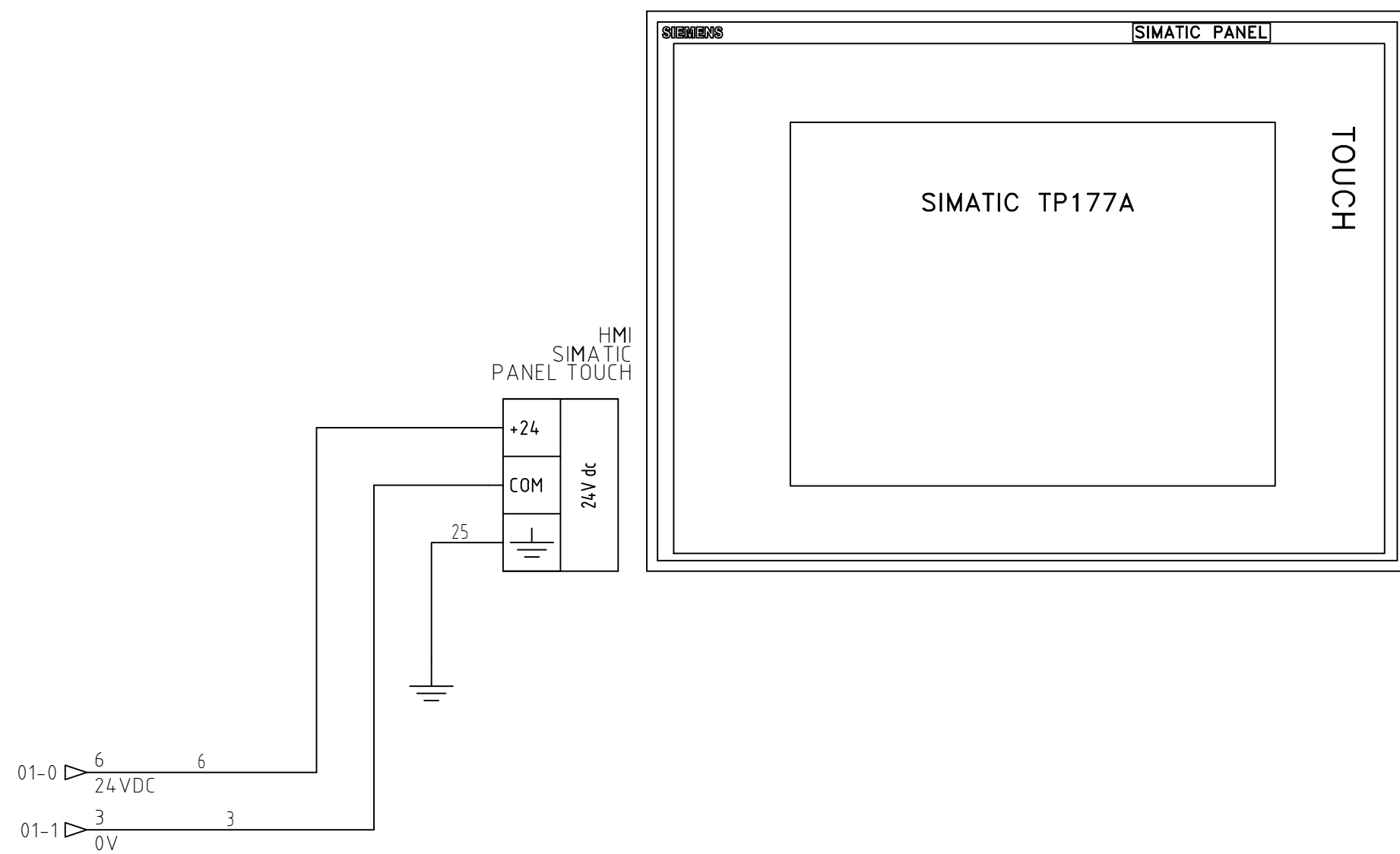
FILENAME Dibujo01



				SCALE 1/50			
				Nota: Todos los conductores son calibre 18 AWG, a menos que se indique lo contrario.			
				DATE	NAME	Tablero Industrial UVG Plano	
				Edit 7/4/20	J. Barrios		
				Chec.			
						02	
						SHEETS 02	
No:	Revision	Date	By	FILENAME Dibujo01			

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

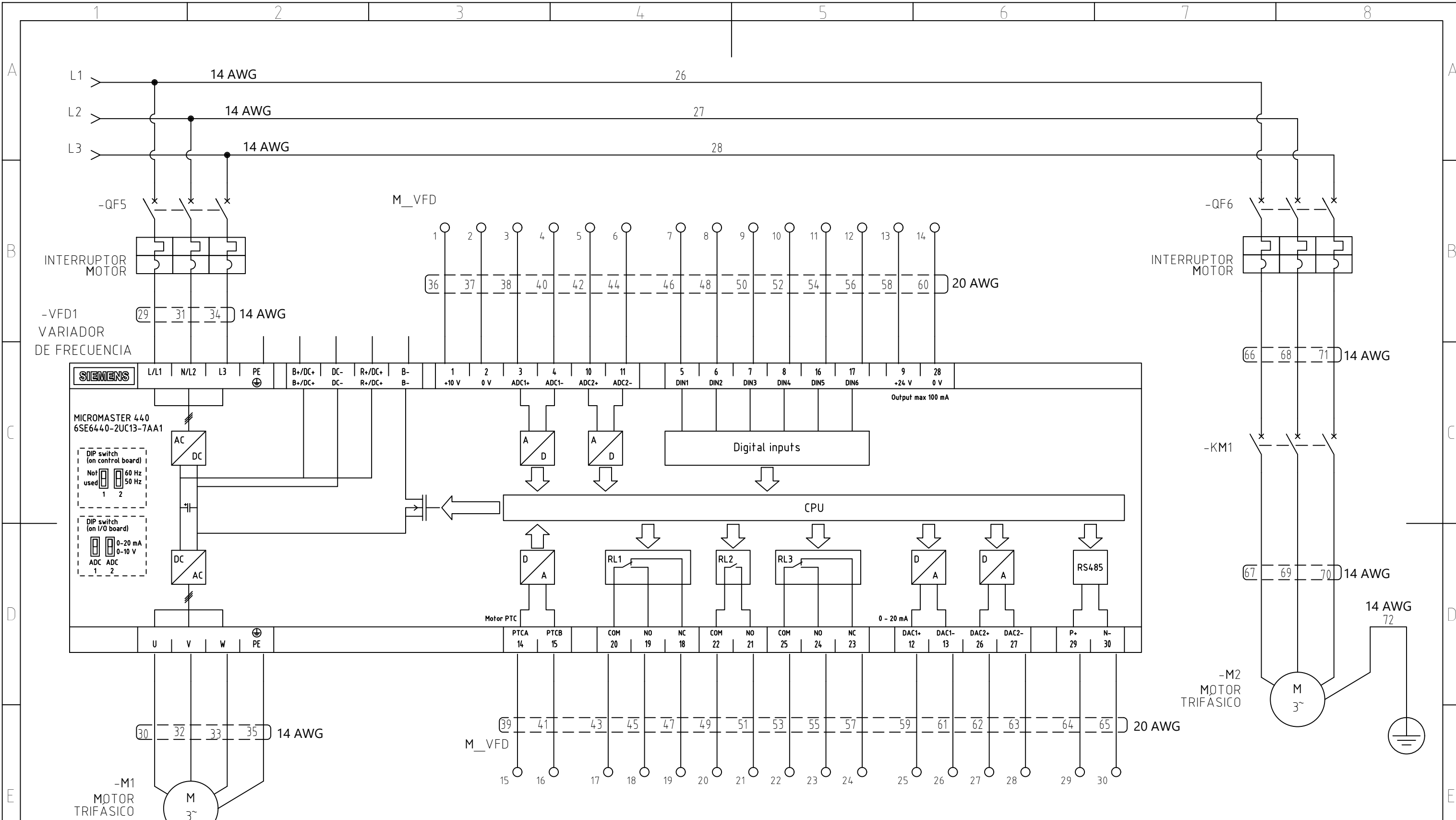


SCALE 1/50
 Nota: Todos los conductores son calibre 18 AWG, a menos que se indique lo contrario.

No:	Revision	Date	By	DATE	NAME
				Edit 7/4/20	J. Barrios
				Chec.	

Tablero Industrial UVG Plano

03 SHEETS 03
 FILENAME Dibujo01



SCALE 1/50

Nota: Todos los conductores son calibre 18 AWG, a menos que se indique lo contrario.

DATE	NAME
Edit 7/4/20	J. Barrios
Chec.	

Tablero Industrial UVG
Plano

04

SHEETS 04

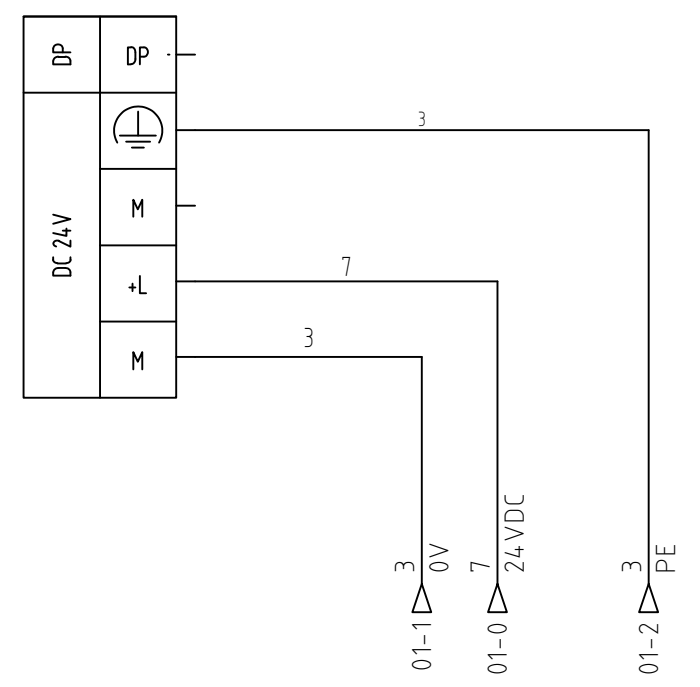
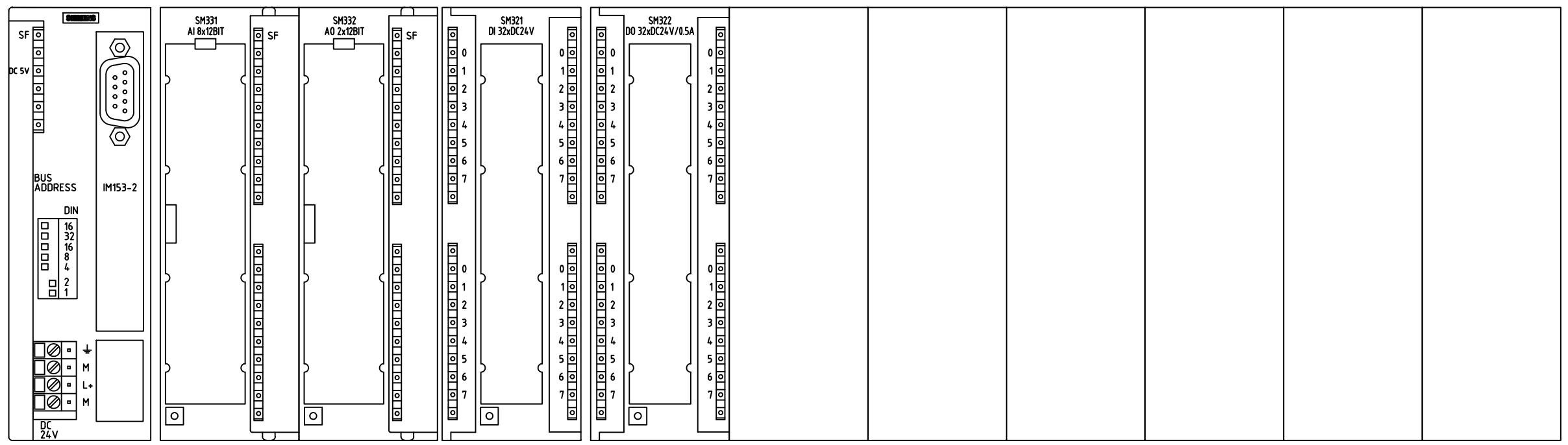
FILENAME Dibujo01

No:	Revision	Date	By

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

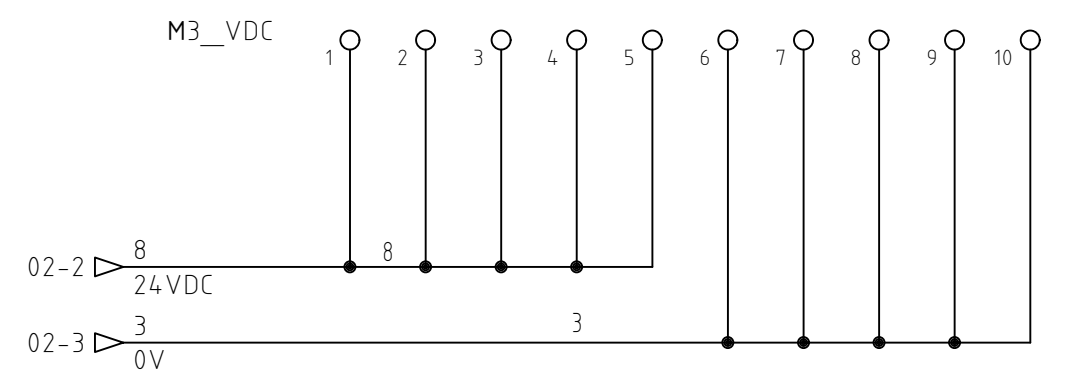
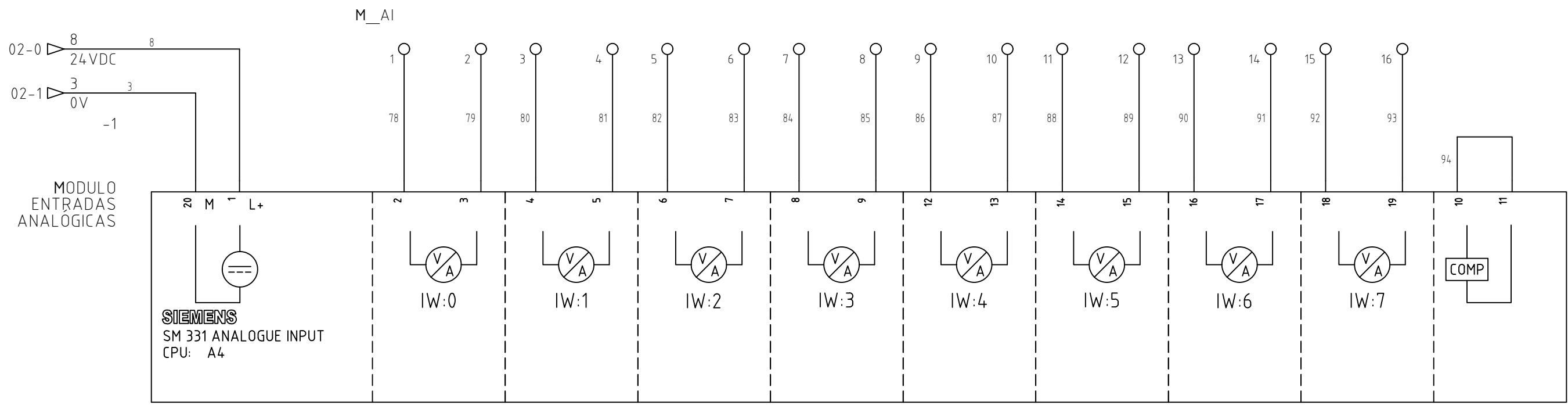
CPU
PLC



				SCALE 1/50				
				Nota: Todos los conductores son calibre 18 AWG, a menos que se indique lo contrario.				
				DATE	NAME			
				Edit 7/4/20	J. Barrios			
				Chec.				
					Tablero Industrial UVG Plano			
						05		SHEETS
								05
No:	Revision	Date	By	FILENAME Dibujo01				

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



SCALE 1/50

Nota: Todos los conductores son calibre 18 AWG, a menos que se indique lo contrario.

DATE	NAME
Edit 7/4/20	J. Barrios
Chec.	

Tablero Industrial UVG
Plano

06

SHEETS 06

FILENAME Dibujo01

No:	Revision	Date	By

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

MODULO
SALIDAS
ANALOGICAS

SIEMENS
SM 332 ANALOGUE OUTPUT
CPU:
RACK:
SLOT:

QW:0

QW:1

QW:2

QW:3

02-1 3 3
0V

02-0 8 8
24VDC

M_A0

SIEMENS
SM 332 ANALOGUE OUTPUT
CPU:
RACK:
SLOT:

QW:4

QW:5

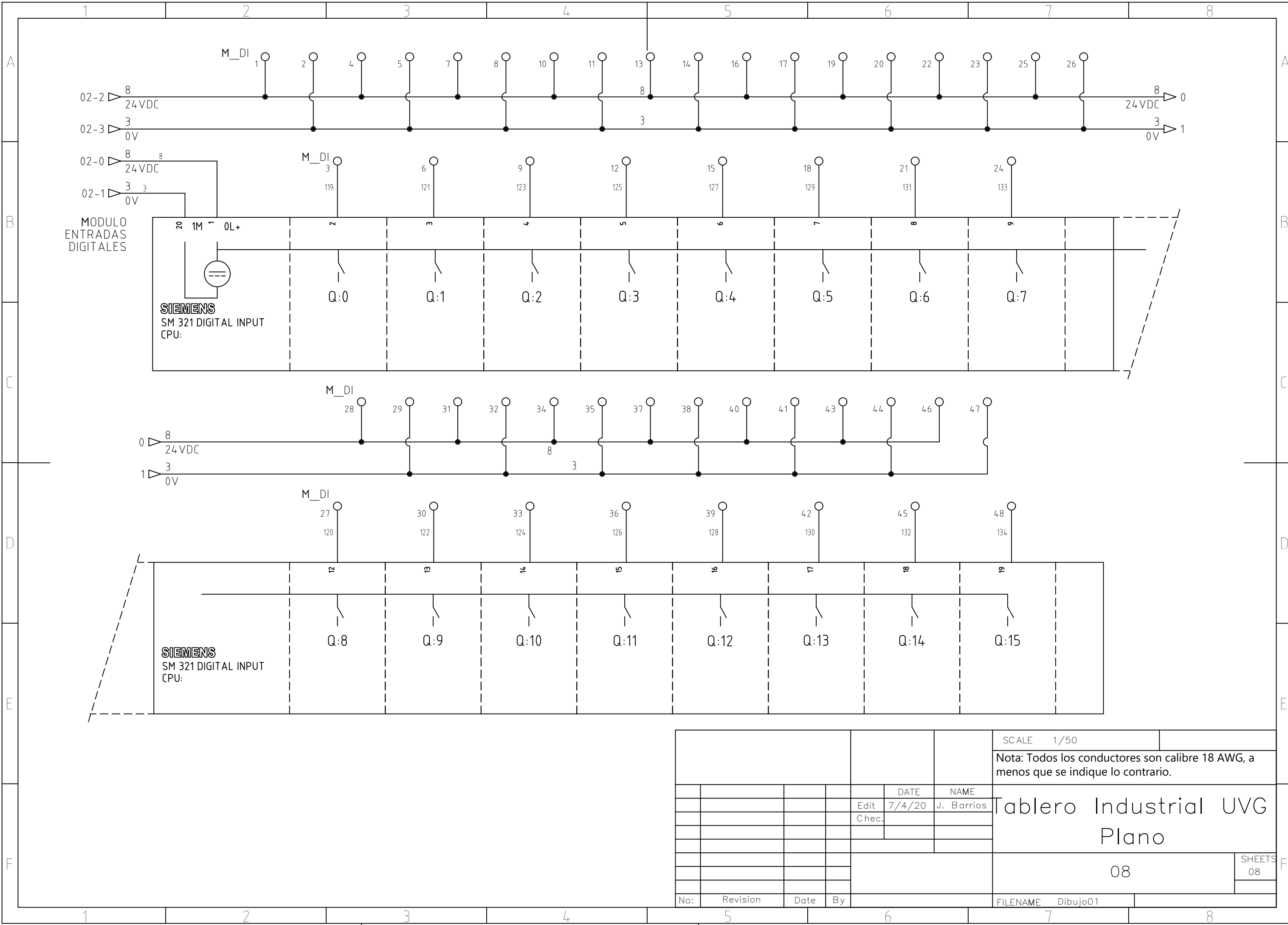
QW:6

QW:7

				SCALE 1/50	
				Nota: Todos los conductores son calibre 18 AWG, a menos que se indique lo contrario.	
				DATE	NAME
				Edit 7/4/20	J. Barrios
				Chec.	
				Tablero Industrial UVG Plano	
				07	
				SHEETS 07	
No:	Revision	Date	By	FILENAME Dibujo01	

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



SCALE 1/50

Nota: Todos los conductores son calibre 18 AWG, a menos que se indique lo contrario.

DATE	NAME
Edit 7/4/20	J. Barrios
Chec.	

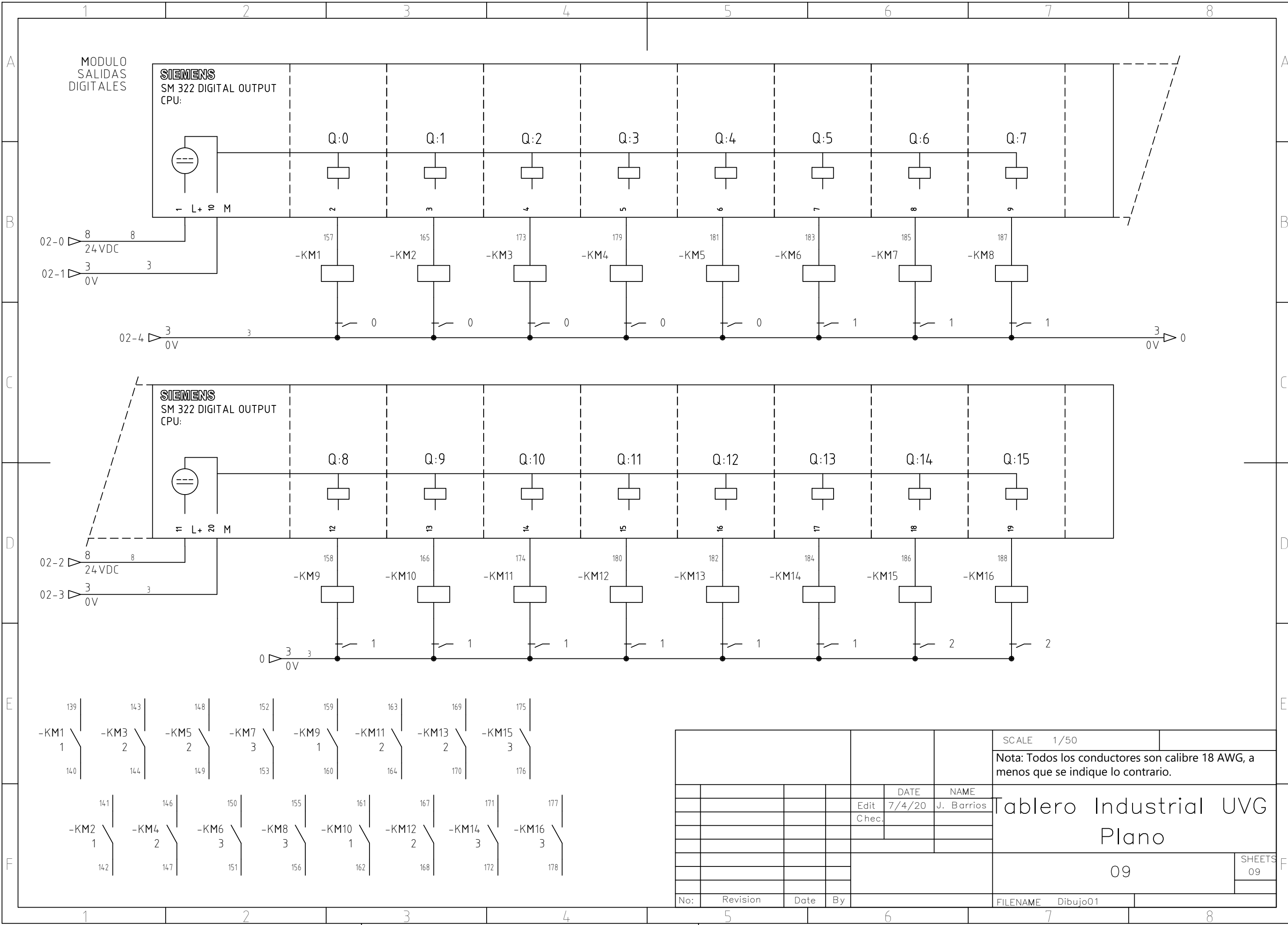
Tablero Industrial UVG
Plano

08

SHEETS 08

FILENAME Dibujo01

No:	Revision	Date	By

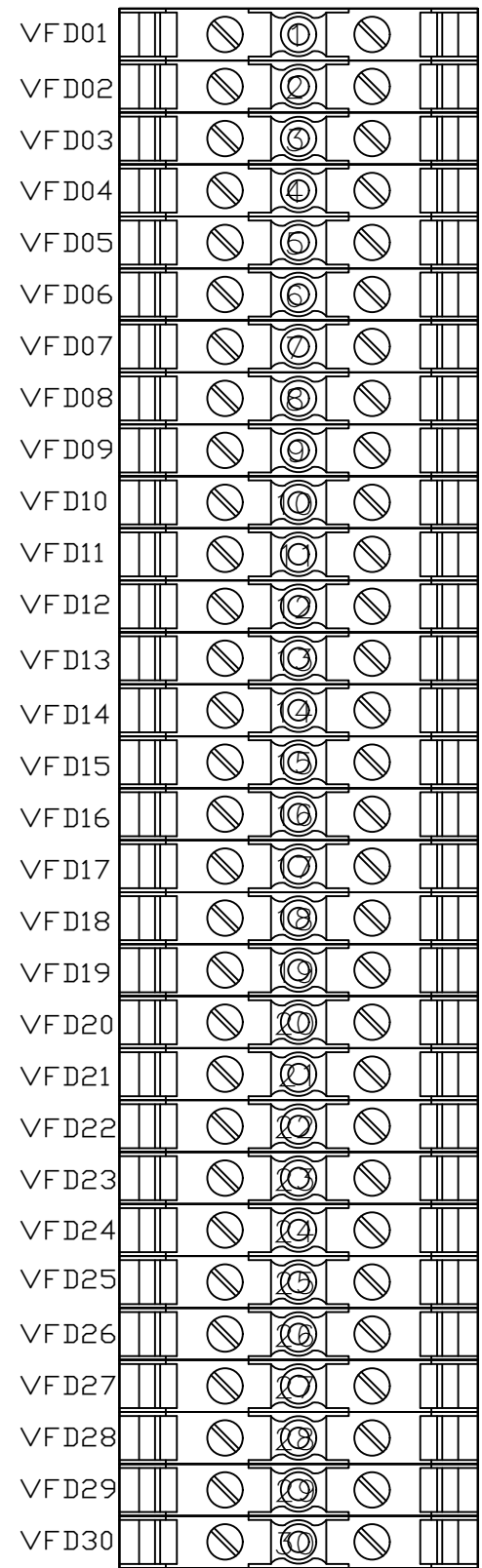


SCALE 1/50				
Nota: Todos los conductores son calibre 18 AWG, a menos que se indique lo contrario.				
DATE	NAME			
Edit 7/4/20	J. Barrios			
Chec.				
Tablero Industrial UVG Plano				
		09		
SHEETS 09				
No:	Revision	Date	By	FILENAME Dibujo01

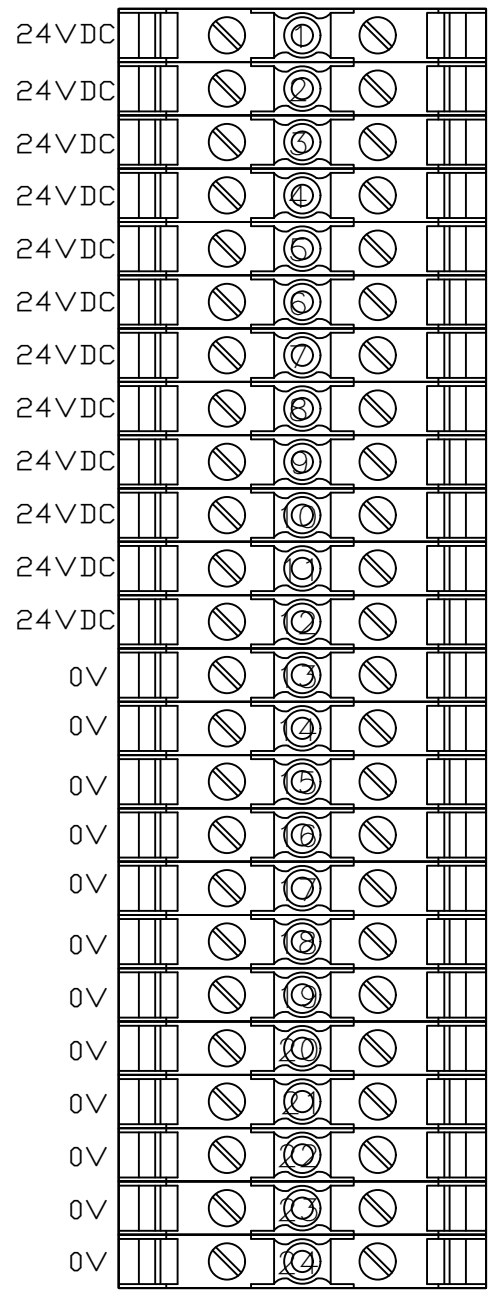
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

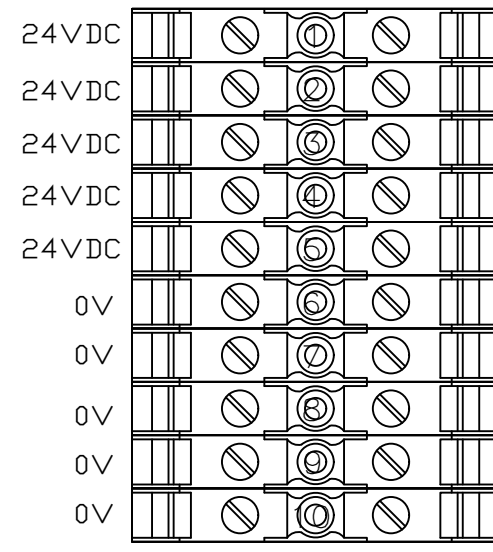
M-VFD



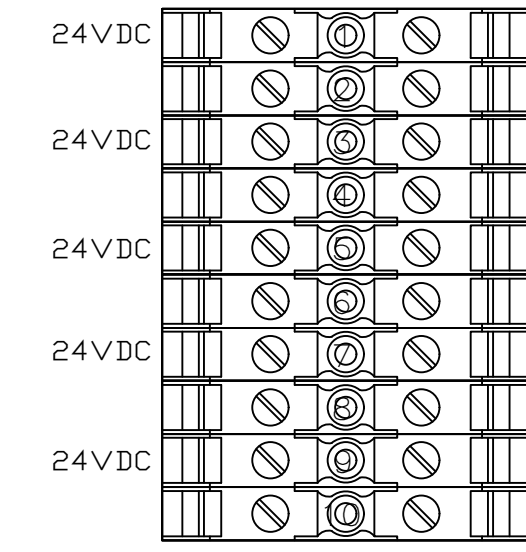
M1-24VDC



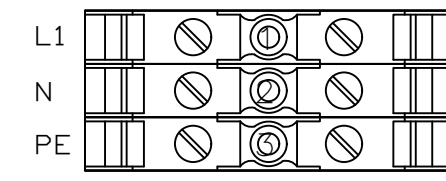
M2-24VDC



M-HMI



M_VAC_1F



(120VAC)

SCALE 1/50

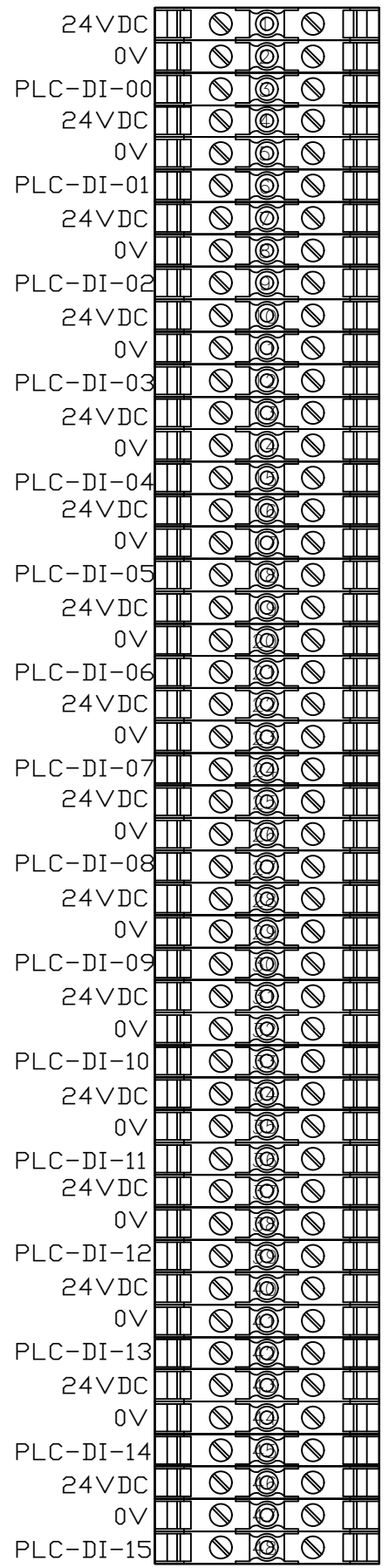
Nota: Todos los conductores son calibre 18 AWG, a menos que se indique lo contrario.

				DATE	NAME	Tablero Industrial UVG Plano	SHEETS 10
				Edit	7/4/20 J. Barrios		
				Chec.			
No:	Revision	Date	By			FILENAME	Dibujo01

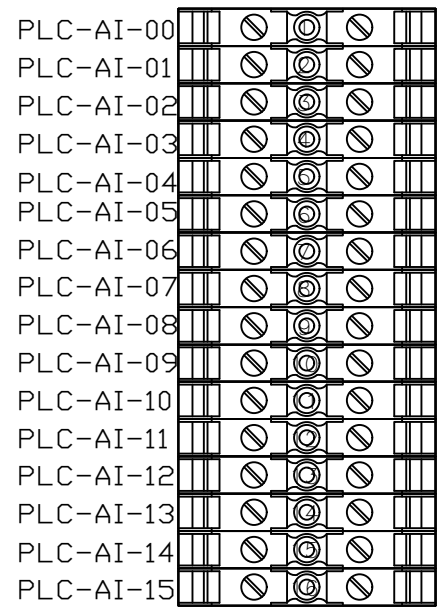
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

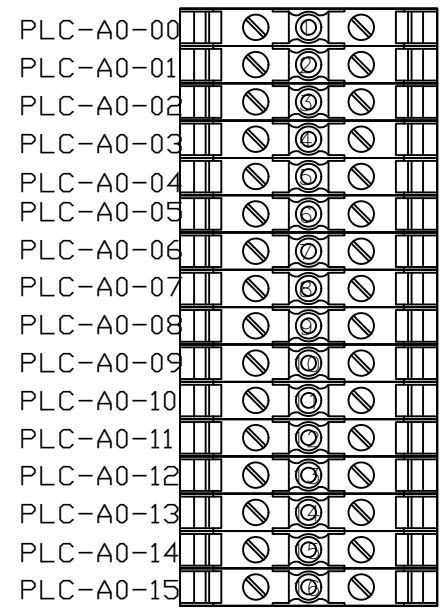
M-DI



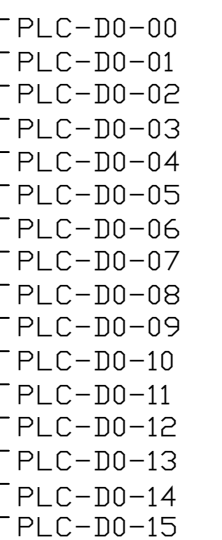
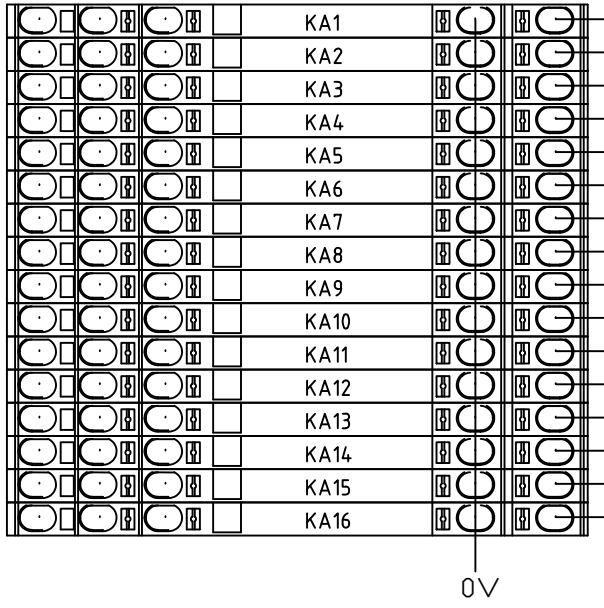
M-AI



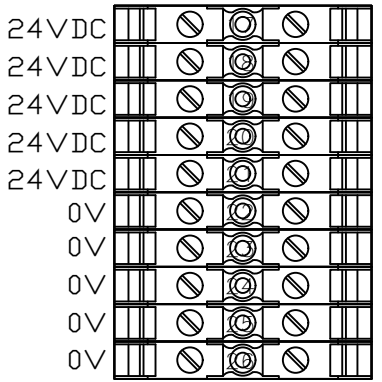
M-AO



M-KA



M3-24VDC



				SCALE 1/50			
				Nota: Todos los conductores son calibre 18 AWG, a menos que se indique lo contrario.			
				DATE	NAME	Tablero Industrial UVG Plano	
				Edit 7/4/20	J. Barrios		
				Chec.			
						11	
						SHEETS 11	
No:	Revision	Date	By	FILENAME Dibujo01			

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION