

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Diseño de un banco de trabajo integral para las prácticas de laboratorio de accionamientos
eléctricos y automatización de procesos

Steven Leonardo Forero Sanabria y Cesar Javier Vega Rayo

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico

Director

Diego Fernando Motta Nieto

Ing. electricista / químico y Magister en gestión de la tecnología educativa

Codirector

Guillermo Humberto Galíndez Ortiz

Ingeniero Electrónico

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Ingeniería Electrónica

Bucaramanga

2024

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Tabla de contenido

Introducción.....	10
1. Objetivos.....	13
1.1. Objetivo general.....	13
1.2. Objetivos específicos.....	13
2. Conceptos previos	14
2.1. Automatización industrial.....	14
2.2. Accionamientos eléctricos	15
2.3. Bancos de laboratorio	15
2.4. Normas eléctricas	15
2.4.1. NTC 2050 (Norma técnica colombiana).....	16
2.4.2. Nema 250 (Asociación nacional de fabricantes eléctricos)	16
2.4.3. Normas IEC (Comisión electrotécnica internacional).....	16
3. Desarrollo de la solución	16
3.1. Diseño conceptual de la solución o metodología.....	16
3.1.1. Planeación del proyecto	18
3.1.2. Revisión detallada de estudios previos.....	19
3.2. Ingeniería de detalle	22
3.2.1. Planteamiento de diseño:.....	22
3.2.2. Selección de dispositivos, materiales y elementos	24
3.2.2.1. Evaluación de fabricantes	24
3.2.2.2. Materiales del banco	25
3.2.2.3. Dispositivos.....	25

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

3.2.2.4. Elementos.....	41
3.2.2.5. Evaluación de costos.....	43
3.2.2.6. Análisis de resistencia y durabilidad.	47
3.2.3. <i>Generación de documentación técnica</i>	48
3.2.4. <i>Manual de uso para el banco de trabajo</i>	49
3.2.5. <i>Presentación de la propuesta didáctica</i>	50
4. Conclusiones	52
5. Recomendaciones.....	54
Referencias	55
Apéndices	57

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Lista de Tablas

Tabla 1. Intensidad máxima admisible o de disparo de los dispositivos de protección de los circuitos derivados de motores contra cortocircuitos y fallas a tierra. Según norma NTC-2050..	27
Tabla 2. Aproximación de corriente máxima en circuito de control.	31
Tabla 3. Característica de los diferentes dispositivos de protección a sobrecorrientes.	32
Tabla 4. Tabla de licencias y talento humano.....	44
Tabla 5. Materiales y elementos del tablero de dispositivos.	44
Tabla 6. Elementos dispuestos en el tablero de conexiones.	46
Tabla 7. Sensores y dispositivos sobre contactores.	46

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Lista de Figuras

Figura 1. Diagrama funcional del banco de trabajo	17
Figura 2. Interfaz de plataforma AutoCAD2024.....	23
Figura 3. Interfaz gráfica de SolidWorks	23
Figura 4. característica de disparo C, interruptor termomagnético 5SJ	26
Figura 5. Curva característica de disparo para el dispositivo 3RV2021-4AA10	29
Figura 6. Característica disparo del relé de sobrecarga 3RU2126-4AB0	30
Figura 7. Diseño del banco de trabajo para el laboratorio de accionamientos eléctricos y automación de procesos.....	49
Figura 8. Representación en porcentaje de la pregunta 1 de la encuesta	57
Figura 9. Representación en porcentaje de la pregunta 2 de la encuesta	58
Figura 10. Representación en porcentaje de la pregunta 3 de la encuesta	58
Figura 11. Representación en porcentaje de la pregunta 4 de la encuesta	59
Figura 12. Distribución de los elementos en el banco de laboratorio	60
Figura 13. Plano estructural del banco de laboratorio	61
Figura 14. Plano tablero de conexionado a detalle	62
Figura 15. Medidas tablero con canaletas	63
Figura 16. Soporte tablero de conexiones y tablero de dispositivos.....	64
Figura 17. Mesa soporte de banco de laboratorio	65
Figura 18. Plano del tablero de conexionado	66
Figura 19. Plano estructural del tablero de dispositivos en 2D	67
Figura 20. Vista detalla del tablero de dispositivos	68
Figura 21. Renderizado, explosionado del banco de trabajo tipo	69

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 22. Banco de trabajo tipo Renderizado.	70
Figura 23. Plano eléctrico de circuito de alimentación	71
Figura 24. Plano eléctrico de contactos de protección circuito de control y contactos relés	72
Figura 25. Plano eléctrico de bobinas contactores, bobinas de relés y contactos auxiliares.	73
Figura 26. Plano eléctrico conexión variador de frecuencia	74
Figura 27. Plano eléctrico fuente 24VDC, PLC, Switch de comunicaciones y pantalla HMI	75

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Lista de Apéndices

Apéndice A. Encuesta	57
Apéndice B. Planos y distribución de los elementos	60
Apéndice C. Planos eléctricos	71

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Resumen

Título: Diseño de un banco de trabajo integral para las prácticas de laboratorio de accionamientos eléctricos y automatización de procesos*

Autor: Steven Leonardo Forero Sanabria y Cesar Javier Vega Rayo**

Palabras Claves: Banco de laboratorio, automatización industrial, accionamientos eléctricos, diseño de un banco de laboratorio.

Descripción:

En el campo de la ingeniería, el aprendizaje depende tanto de la teoría como de la práctica, y el uso adecuado de herramientas desempeña un papel crucial en la optimización de procesos, haciéndolos más funcionales. En este contexto, la actualización constante de los laboratorios es esencial, ya sea debido al deterioro, la obsolescencia, o con el objetivo de mejorar la calidad del aprendizaje. Es fundamental que los estudiantes trabajen con materiales y dispositivos que reflejen las tecnologías utilizadas en la industria, lo que no solo garantiza un aprendizaje significativo, sino que también motiva al trabajar en un entorno adecuado, funcional y seguro.

Este proyecto aborda el problema de la necesidad de actualización de los bancos de laboratorio de accionamientos eléctricos y automatización industrial, los cuales son fundamentales para la formación práctica de los estudiantes. El diseño propuesto de un banco de trabajo integral responde a esta necesidad, ofreciendo un entorno que incluye planos estructurales, planos de conexionado, un manual de usuario y propuestas didácticas para el desarrollo de prácticas.

La implementación de este banco tiene el potencial de impactar positivamente en la preparación de los futuros ingenieros, asegurando que adquieran las competencias necesarias para enfrentar los desafíos de la actualidad.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Ingeniería Electrónica. Director: Diego Fernando Motta Nieto. Magister en gestión de la tecnología educativa. Codirector: Guillermo Humberto Galíndez Ortiz. Ingeniero Electrónico.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Abstract

Title: Design of a comprehensive workbench for electrical drives and process automation laboratory*

Author(s): Steven Leonardo Forero Sanabria and Cesar Javier Vega Rayo**

Key Words: Laboratory bench, industrial automation, electrical drives, design of a laboratory bench.

Description:

In the field of engineering, learning depends on both theory and practice, and the proper use of tools plays a crucial role in optimizing processes, making them more functional. In this context, the constant updating of laboratories is essential, whether due to deterioration, obsolescence, or with the aim of improving the quality of learning. It is essential that students work with materials and devices that reflect the technologies used in the industry, which not only guarantees meaningful learning, but also motivates by working in a suitable, functional and safe environment. This project addresses the need to update the laboratory benches for electric drives and industrial automation, which are essential for the practical training of students. The proposed design of a comprehensive workbench responds to this need, offering an environment that includes structural drawings, connection drawings, a user manual and teaching proposals for the development of practices.

The implementation of this bench has the potential to positively impact the preparation of future engineers, ensuring that they acquire the necessary skills to face today's challenges.

*Degree Work

** Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Electronic Engineering. Director: Diego Fernando Motta Nieto. Master in educational technology management. Co-director: Guillermo Humberto Galíndez Ortiz. Electronic Engineer.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Introducción

En el mundo de la ingeniería eléctrica y electrónica, la brecha entre el aprendizaje teórico y la experiencia práctica puede ser considerable. Una educación efectiva debe ir más allá de la teoría, permitiendo que cada concepto aprendido se convierta en una realidad tangible la cual forme a profesionales competentes. En este contexto, el enfoque se centra en los campos de los accionamientos eléctricos y la automatización industrial, áreas que demandan una formación práctica intensiva. Teniendo en cuenta la complejidad de estos sistemas, es indispensable contar con una sólida comprensión teórica y habilidades prácticas para enfrentar los desafíos del mundo real.

En una era de constante evolución, la capacitación en automatización y accionamientos eléctricos es esencial para mantener la competitividad en la industria. Sin embargo, la universidad enfrenta un desafío monumental: los laboratorios de automatización están obsoletos, con bancos de trabajo deteriorados que no cumplen con los estándares tecnológicos actuales. Este problema se manifiesta en las aulas, afectando la preparación de los estudiantes y su formación profesional. Los bancos de laboratorio actuales presentan tecnología obsoleta y componentes deteriorados que debilitan los esfuerzos de enseñanza-aprendizaje. Aquí radica el dilema: la desconexión entre la teoría y la práctica, que deja a los estudiantes sin los conocimientos requeridos.

El diseño de este banco aborda la problemática expuesta. Este trabajo se ha realizado mediante ingeniería de detalle y está respaldado por tecnología de vanguardia, con el fin de cumplir con los requerimientos de las asignaturas. Aunque no se incluye su construcción física, este banco representa un recurso esencial para la enseñanza de accionamientos eléctricos y automatización de

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

procesos. Los estudiantes no solo podrán entender la teoría, sino también aplicarla en un entorno práctico que simula la realidad industrial.

Para el desarrollo de este proyecto, se utilizan programas de diseño como AutoCAD y SolidWorks, con estas herramientas, se presentan planos de disposición de los elementos en 2D y 3D, donde se aplican medidas exactas de los componentes y dispositivos, proporcionadas por los fabricantes, asegurando un diseño adecuado para su construcción. Así también se elaboran esquemas de conexión para cada elemento, facilitando la identificación de los puntos de conexión, dando a conocer un manual de usuario que sirve como guía para el uso correcto del banco, y una propuesta didáctica que incluye guías de laboratorio para realizar prácticas en el banco en las asignaturas correspondientes.

A partir de un enfoque metódico y colaborativo a base de ingeniería de detalle, diseñamos un banco de trabajo que se adapta a las necesidades de los estudiantes y profesores, fomentando la adquisición de habilidades prácticas esenciales con criterios que abarcan la eficiencia tecnológica, la sostenibilidad, la seguridad y la satisfacción de nuestros clientes (estudiantes y profesores). Buscando ser una solución completa, que no solo resuelva un problema crítico en la práctica de accionamientos eléctricos y automatización, contribuyendo a la formación de profesionales altamente competitivos para enfrentar los desafíos que se presenten en la industria de esta área.

El reto es claro la tecnología avanza de manera implacable, y los estudiantes no pueden quedarse atrás, por esa misma razón este proyecto no solo busca la renovación tecnológica, sino la creación de un entorno de aprendizaje que cumpla con los más altos estándares de eficiencia y calidad. Un banco de trabajo moderno, seguro y adaptable, que prepare estudiantes para destacar en este campo, por lo cual nos sumergimos en la resolución de problemas clave, que serían la falta

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

de acceso a equipos reales, la desconexión entre la teoría y la práctica, la resistencia al cambio en los métodos de enseñanza y la obsolescencia de los materiales de enseñanza son desafíos que enfrentamos con determinación.

Nuestro objetivo no es solo cumplir con los estándares, sino superarlos, al final de este proyecto, no solo tenemos un diseño de banco de trabajo mediante ingeniería de detalle que sirve como recurso fundamental en la enseñanza de las asignaturas de accionamientos eléctricos y automatización de procesos, sino un testimonio tangible de cómo la excelencia en la educación y la inversión en tecnología impactan de manera positiva en la industria y en la reputación de nuestra universidad.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Desarrollar la ingeniería de detalle de un banco de trabajo tipo como recurso fundamental del componente práctico de las asignaturas de accionamientos eléctricos y automatización de procesos de la Universidad Industrial de Santander y su propuesta didáctica que le acompaña para su futura implementación.

1.2. Objetivos específicos

Elaborar el diseño conceptual del banco de trabajo tipo lo que implica la creación de esquemas de conexiones y diagrama de modelos de los elementos físicos que se emplearán en el banco de trabajo.

Desarrollar la ingeniería de detalle basada en la ingeniería conceptual y teniendo en cuenta las restricciones técnicas, espaciales y presupuestarias.

Presentar el manual de usuario del banco de trabajo tipo con sus respectivos planos eléctricos, información técnica de los elementos, advertencias de seguridad e indicaciones del correcto uso del mismo.

Realizar propuestas didácticas para las asignaturas de accionamientos eléctricos y automatización que sirvan como referencias para practicas experimentales.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

2. Conceptos previos

El presente marco teórico incluye los conceptos fundamentales que son esenciales para comprender el contenido de este trabajo de grado. Estos términos y definiciones proporcionan el contexto necesario para interpretar adecuadamente los conceptos, procesos y tecnologías involucradas en el desarrollo del proyecto.

2.1. Automatización industrial

El término automatización industrial tiene múltiples definiciones y enfoques, como se observa en diversos textos especializados. Aunque estas definiciones pueden variar ligeramente, todas convergen en conceptos clave. En este sentido, se afirma: "La automatización industrial una disciplina vasta y diversa que abarca procesos, maquinaria, electrónica, software y sistemas de información, trabajando juntos hacia un conjunto común de objetivos: mayor producción, mejor calidad, menores costos y máxima flexibilidad" (Metha y Reddy, 2015 p. 1).

Por otro lado, se encuentra un enfoque más centrado en los sistemas de automatización de procesos, describiéndolos como:

Un sistema de automatización de procesos es un arreglo para el monitoreo y control automático del proceso industrial, destinado a obtener los resultados deseados sin intervenciones manuales. Un sistema típico ejecuta los pasos de manera secuencial, cíclica y continua, efectuando correcciones a la operación del proceso para lograr resultados consistentes (Sharma, 2011, p. 12).

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

2.2. Accionamientos eléctricos

En el ámbito de los accionamientos eléctricos, se puede consultar el libro *Industrial Automation Technologies*, el cual define:

Un accionamiento eléctrico es un sistema industrial que realiza la conversión de energía eléctrica en energía mecánica (en la automoción) o viceversa (en el frenado de un generador) para el funcionamiento de diversos procesos, como plantas de producción, transporte de personas o mercancías, electrodomésticos, bombas, compresores de aire, unidades de disco de ordenador, robots, reproductores de música o imágenes, etc. Aproximadamente el 50% de la energía eléctrica producida se utiliza en accionamientos eléctricos en la actualidad. (Boldea, I. y Nasar, S. A. 2016, p. 1).

2.3. Bancos de laboratorio

Los bancos de laboratorio son herramientas educativas que permiten a los estudiantes llevar a cabo prácticas y experimentos relacionados con los temas específicos para los cuales fueron diseñados. Estos bancos están equipados con diversos dispositivos, con el objetivo de emular el comportamiento de procesos que requieren ser analizados por el docente o profesional a cargo. Asimismo, brindan a los estudiantes la oportunidad de conocer y aprender a usar los equipos y sistemas comúnmente empleados en entornos industriales

2.4. Normas eléctricas

“Las normas de electricidad son un conjunto de reglas y especificaciones técnicas que establecen los requisitos mínimos que deben cumplir las instalaciones eléctricas para garantizar la seguridad de las personas y bienes. Estas normas son elaboradas por organismos especializados y

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

son de obligado cumplimiento en todo el territorio nacional”. Definición según Cedric Olivier (2024).

2.4.1. NTC 2050 (Norma técnica colombiana)

“La Norma Técnica Colombiana (ntc 2050) se basa en el National Electrical Code (NEC), donde su objetivo principal es el de salvaguardar a las personas y sus bienes contra los riesgos que pueden emanar del uso de la electricidad”. Definido por Carlos Arturo Amaya (2024).

2.4.2. Nema 250 (Asociación nacional de fabricantes eléctricos)

“La edición actual de esta norma es NEMA 250-2018: Cajas para equipos eléctricos (1000 voltios máximo). NEMA 250-2018 describe las especificaciones para brindar protección a los equipos cerrados contra condiciones ambientales específicas”. Escrito por Felipe Argüello (2021).

2.4.3. Normas IEC (Comisión electrotécnica internacional)

“IEC es una organización sin fines de lucro que se dedica a la elaboración y publicación de normas internacionales en el campo de la electrotecnia, la electrónica y las tecnologías relacionadas (...). La norma IEC es necesaria para garantizar la calidad y seguridad de los productos eléctricos y electrónicos, y para evitar el riesgo de electrocución, incendio, radiación o cualquier otro tipo de peligro”. Marcos Flores Miranda (2023).

3. Desarrollo de la solución

3.1. Diseño conceptual de la solución o metodología

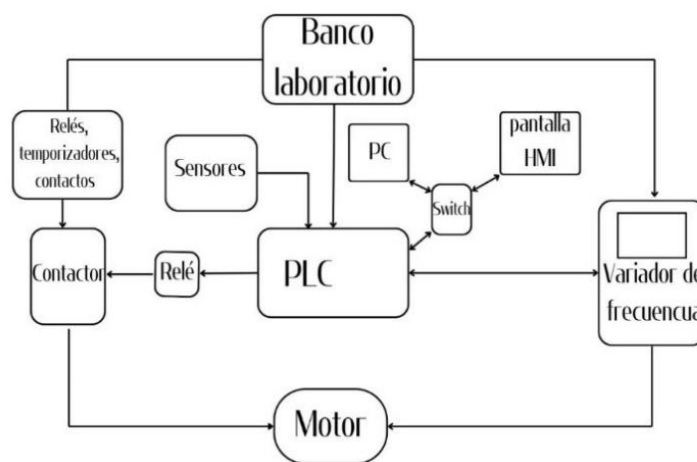
La metodología de este proyecto se centra en el diseño de un banco de trabajo integral para prácticas de automatización de procesos y accionamientos eléctricos en el laboratorio, que emplea

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

dos tipos de software: AutoCAD y SolidWorks. Con estas herramientas, se implementa de manera eficiente características detalladas de los dispositivos de última tecnología que conforman el banco de trabajo. Para lograr este objetivo, se ha definieron una serie de pasos fundamentales, los cuales fueron esenciales para cumplir con los requisitos y metas del proyecto.

Figura 1.

Diagrama funcional del banco de trabajo.



Después de verificar las necesidades específicas del laboratorio y realizar un diagrama funcional del banco de trabajo enfocado en prácticas de automatización de procesos y accionamientos eléctricos orientado al control de un motor, se optó por desarrollar un diseño con las siguientes restricciones:

Tensión de Alimentación del Banco: El sistema se alimentará con una tensión de 220VAC, que será la base de la alimentación del motor y su control mediante lógica cableada.

Fuente DC: la disposición de una fuente DC para alimentar los circuitos de control, principalmente el PLC, sensores y dispositivos de comunicación y control, establecida en 24VDC.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Contactores con control 220VAC: Controlar el encendido y apagado de circuitos eléctricos de potencia como el de alimentación del motor, con señal de control de 220VAC

Relés con control de 220VAC: los cuales permiten controlar las cargas mediante el control lógico cableado mediante la conmutación de sus contactos

Relés con control de 24VDC: los cuales permiten el control de cargas que no se pueden conectar directamente al PLC, para realizar conmutaciones seguras.

PLC: Emplear un PLC como el cerebro del sistema de control. Este dispositivo recibirá señales de entrada desde sensores y dispositivos de mando, para luego procesarlas y enviar señales de control a los relés de 24VDC o al variador de frecuencia.

Variador de Frecuencia: Un variador de frecuencia para ajustar la velocidad y el par del motor eléctrico, lo que permite ensayar diferentes condiciones de operación.

Sensores: dispositivos que detectan cambios físicos en el entorno y convierten esa información en una señal eléctrica o digital que puede ser interpretada por el sistema de control

3.1.1. Planeación del proyecto

Inicialmente, se identificaron las necesidades claves que poseen los actores implicados en el desarrollo de las actividades de laboratorio, incluyendo profesores y estudiantes del área de ingeniería eléctrica y electrónica. A través de una encuesta, con el fin de comprender las necesidades específicas en cuanto a la infraestructura y las expectativas de aprendizaje del laboratorio de accionamientos eléctricos y automatización industrial, con lo cual se establecieron los objetivos y requisitos del proyecto, definiendo el alcance y las limitaciones que podrían surgir

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

durante el proceso de diseño. La encuesta realizada a 42 estudiantes pertenecientes a la escuela de ingeniería eléctrica, electrónica y telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander evidenció la necesidad de un banco de laboratorio actualizado, funcional y la integración de componentes como PLC, pantalla HMI, entre otros. Las preguntas de la encuesta y los resultados completos se encuentran en el apéndice A.

3.1.2. Revisión detallada de estudios previos

En la investigación se encontraron varios estudios de universidades en las cuales se implementaron bancos de trabajo similares en sus proyectos.

Uno de las cuales es un proyecto de grado en la Universidad Santo Thomas (2020), donde presenta las siguientes adaptaciones a un banco de laboratorio:

Se hicieron adecuaciones para que este pudiese ser móvil y se adaptara a diferentes modalidades de uso que involucran el uso de sistema PLC en diferentes zonas del laboratorio u otro lugar. Cuenta con dos motores de diferente caballaje con los cuales se pueden hacer pruebas de potencia. Proporciona un sistema de entradas y salidas que permiten la conexión con el PLC y a su vez con el banco neumático. (C, Parra y A. Barahona, 2020, p. 3)

Así como también un proyecto de grado en la Universidad Católica de Colombia (2019) el cual presenta los dispositivos esenciales que se considero debía contener un banco de prueba de motores, entre ellos se encuentran: protecciones eléctricas, contactores, relés para control con PLC, relés temporizadores, medidor de energía consumida, elementos indicadores de variables como tensión y corriente, elementos de señalización como luminarias y por último elementos de mando

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

como pulsadores, además de lo anterior también presento las temáticas del contenido curricular de las asignaturas de Control automático y Electrónica industrial, se proponen los siguientes temas para desarrollar en 4 guías de laboratorio: Arranque de motores eléctricos e inversión de giro, Automatismo para arranque en secuencia de motores, Control de motores con PLCs, Control de velocidad con variador (Cruz Federman, 2019).

Un artículo publicado en la IEEE en el cual los autores proponen un “Banco didáctico para apoyar el aprendizaje de la automatización - Educación en la industria 4.0”. Este banco está diseñado para realizar un control de calidad según la altura de las piezas contenidas en recipientes cilíndricos, luego introduciéndolas a la cinta transportadora y realizar su clasificación mediante cilindros neumáticos que las empujan fuera de la cinta, emulando así un proceso industrial de calidad. Para controlar este proceso se emplean varios elementos cruciales en la industria de la automatización: PLC, pantalla HMI, cilindros neumáticos, detectores de presencia, torre de LEDs, pulsadores y un motor trifásico. (F. Pereira, R. Lopes, R. Sarmento y C. Felgueiras, 2022).

En el mismo artículo mencionado anteriormente los autores hacen una investigación de algunas empresas las cuales comercializan plataformas educativas de laboratorios de automatización como Festo Inc., SMC Corporation y EXSTO Technology y de los laboratorios con los que cuentan las siguientes universidades: Instituto Superior Técnico (IST) y Universidad de Minho (Portugal) y Universidad de León (España). Se menciona algunas características de las plataformas comercializadas por las empresas y de los laboratorios presentes en las universidades por lo cual concluyen:

Ambos tipos de soluciones brindan una enseñanza de calidad con acceso remoto, sin embargo las soluciones desarrolladas en instituciones educativas tienen ventajas en la

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

medida en que los estudiantes involucrados en su desarrollo están aprendiendo y poniendo en práctica conceptos y conocimientos muy importantes de diferentes áreas de la ingeniería. Esto demuestra claramente la ventaja de desarrollar un proyecto desde cero, en lugar de adquirir una solución lista para usar. La solución para desarrollar será más confiable, estará dotada de un software más flexible sin necesidad de mantenimiento o actualizaciones por parte del fabricante, lo que se reflejará en un menor costo en comparación con las soluciones comerciales. (F. Pereira, R. Lopes, R. Sarmiento y C. Felgueiras, 2022)

Se tuvo en cuenta el informe final del proyecto llamado Industry Automation and Controls Lab de Departamento de Ingeniería Eléctrica Universidad Politécnica Estatal de California, tomamos el siguiente fragmento donde los autores describen una parte del desarrollo del proyecto:

Para el laboratorio, la investigación condujo a múltiples diseños diferentes de cómo distribuir el riel DIN y otros equipos. Nuestro diseño final puso un fuerte énfasis en la reducción de costos, incluida la eliminación de una placa posterior de metal y el uso de un sistema de montaje flexible para la pantalla táctil. Los resultados que se muestran en el trabajo ilustran la flexibilidad de la configuración del banco de laboratorio en el futuro, ya que los futuros estudiantes necesitarán espacio para crecer a medida que continúan desarrollando el laboratorio. (K. Nadir, Campos. M, Bituen S, 2019)

Estos estudios proporcionan información detallada sobre los enfoques de diseño, tecnologías utilizadas y los resultados obtenidos en términos de mejora del aprendizaje estudiantil, aunque cada diseño es propio de las necesidades y objetivos que se tengan previstos.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

3.2. Ingeniería de detalle

Se desarrolla la ingeniería de detalle basada en el diseño conceptual, considerando los siguientes aspectos clave: el planteamiento del diseño, la selección de dispositivos, materiales y elementos, junto con los análisis de costos y durabilidad.

3.2.1. Planteamiento de diseño:

En esta fase, el enfoque se desplaza hacia la materialización del diseño conceptual mediante herramientas de software especializadas como AutoCAD y SolidWorks. Esta parte es crucial, se traduce las ideas y requisitos identificados en las fases anteriores en un diseño detallado y visualmente representativo del banco de trabajo tipo, utilizando el software de ingeniería no solo facilita la creación de modelos precisos, sino que también permite la planificación detallada de las conexiones eléctricas, planos y la disposición eficiente de los componentes.

Realizamos diferentes actividades específicas como: creación de un modelo tridimensional detallado del banco de trabajo considerando las dimensiones específicas y la disposición de los bloques funcionales; modelado de conexiones y rutas donde se planificará el conexionado eléctrico, asegurando una disposición lógica y eficiente.

La visión en este punto es desarrollar un diseño que ofrezca un entorno similar al que se encuentra en las industrias, con los dispositivos montados sobre rieles tipo DIN y los cables organizados en canaletas, todo dispuesto en un tablero de soporte que cumpla con las normas aplicables a gabinetes eléctricos. El objetivo es mejorar la experiencia de los estudiantes durante las prácticas, permitiéndoles trabajar en un entorno más cercano a la realidad industrial. Además,

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

el diseño busca facilitar la sustitución de componentes, el recableado y el mantenimiento, asegurando que el equipo mantenga su operabilidad de forma eficiente y duradera.

Figura 2.

Interfaz de plataforma AutoCAD2024.

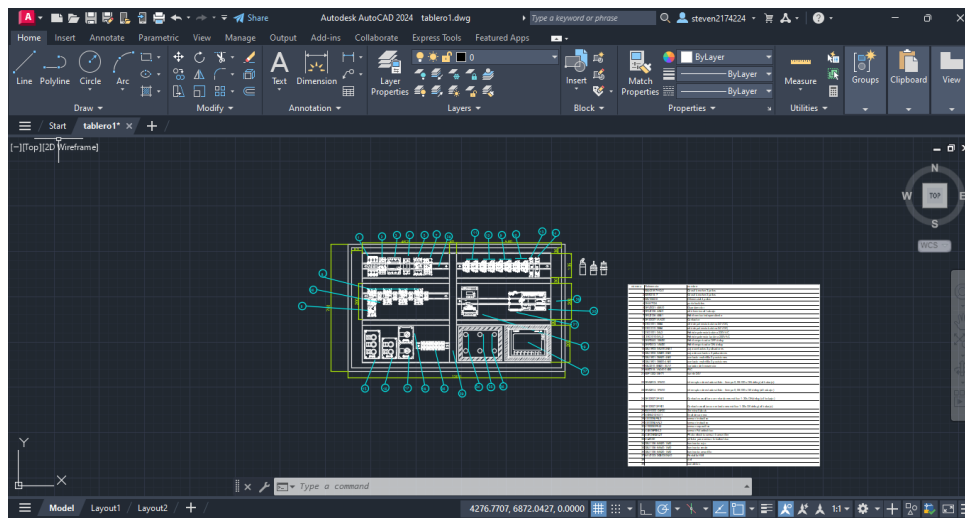
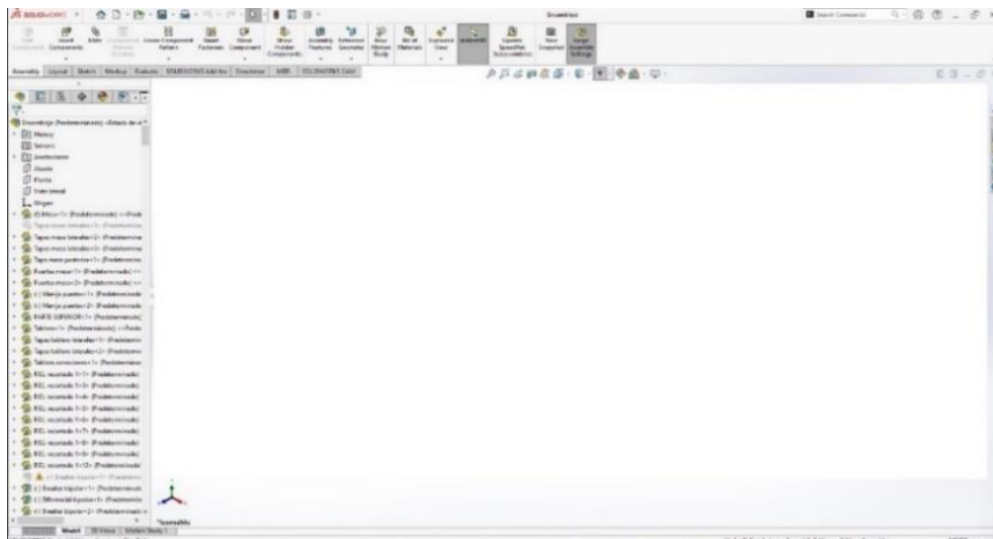


Figura 3.

Interfaz gráfica de SolidWorks



DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

3.2.2. Selección de dispositivos, materiales y elementos

Este paso fue uno de los más cruciales del proyecto, ya que implicó la selección de los dispositivos, materiales y elementos, tomando en cuenta sus diversas características, especificaciones y fabricantes disponibles en el mercado. Primero, se consideró el mejor fabricante dependiendo su disponibilidad en el mercado, su soporte y su variedad de productos. Segundo, cada componente fue sometido a una evaluación detallada para asegurar su idoneidad, incluyendo la revisión exhaustiva de hojas de datos y el cumplimiento de normas técnicas, lo cual permitió realizar una selección adecuada. Tercero, teniendo en cuenta que todos dispositivos no exactamente están cubiertos por un solo fabricante se dispuso de otros para completar los necesarios para el banco. Los resultados de este proceso se presentan a continuación:

3.2.2.1. Evaluación de fabricantes. En esta etapa, se optó por seleccionar la mayoría de los dispositivos de un mismo fabricante, sin embargo, como un solo proveedor podría no ofrecer todos los equipos necesarios, para los faltantes se recurre a otros fabricantes que puedan proporcionar la misma calidad. Para esto, se evaluaron tres empresas destacadas en el mercado colombiano: Siemens, Schneider Electric y Chint.

Finalmente, se eligió Siemens por su liderazgo global en automatización industrial y accionamientos eléctricos. Su software, ampliamente reconocido y utilizado en variadores de frecuencia y controladores lógicos programables (PLCs), facilita la integración en diferentes aplicaciones industriales. Además, su sólida red de soporte técnico en Colombia garantiza una respuesta rápida y un respaldo continuo durante la implementación de los proyectos. Estos factores, sumados a la amplia documentación y recursos en línea, hacen de Siemens la mejor opción para equipar el banco de laboratorio.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

3.2.2.2. Materiales del banco. En la selección del material del banco de laboratorio se decidió seguir las especificaciones de la norma (NEMA 250, 2003). Enclosures for Electrical Equipment (1000 Volts Maximum). Contiene todas las especificaciones para gabinetes eléctricos, para construcción establece que los gabinetes deberán estar hechos de metal o poliméricos. En su apartado de protección contra corrosión menciona que si se usa cobre o bronce que contenga un 80% de cobre, acero inoxidable o aluminio no es necesario tener alguna protección adicional para la corrosión, llegado el caso que no se cumpla lo anterior establece que para gabinetes en interiores se debe tener en cuenta una protección con esmaltado, galvanizado u otros medios equivalentes.

Para cumplir la norma NEMA y como recomendación de construcción se decidió usar acero 1020 conocido como acero cold rolled común para gabinetes eléctricos, con pintura electrostática tipo epoxi para la protección contra la corrosión, garantizando la durabilidad del banco con el paso del tiempo.

3.2.2.3. Dispositivos. En este proceso se tuvieron en cuenta los dispositivos esenciales que hacen parte de un banco de trabajo para el laboratorio de accionamientos eléctricos y automatización, por lo cual se dividió esta fase en dispositivos de protección para garantizar la seguridad del banco y los usuarios; dispositivos de control o mando que como su nombre lo indica permiten el control o manejo de la carga, en este caso el motor; dispositivos programables los cuales hacen parte de la automatización de los procesos, sensores los cuales son claves para la monitorización del proceso que requiera la carga o motor y otros dispositivos que integran el banco para su correcto funcionamiento.

Los dispositivos se seleccionaron teniendo como base los motores de 2hp, presentes en el laboratorio de la marca DeLorenzo ref. DL 1021N asíncrono de jaula de ardilla.

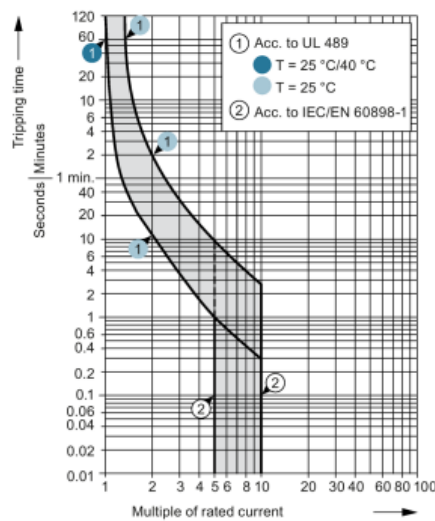
DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

3.2.2.3.1. Dispositivos de protección. Son los encargados de proteger el banco de trabajo de las diferentes fallas eléctricas que pueda presentar, en los que se encuentran los cortocircuitos, sobrecargas y corrientes de fuga a tierra, de esta manera se seleccionaron los siguientes:

Un **interruptor termomagnético de 3 polos** con la referencia 5SJ4318-7HG41, el cual tiene una intensidad nominal de 15A, una característica de disparo tipo C, y una capacidad de corte de 14kA, es una elección adecuada para la protección del circuito de alimentación dado que este dispositivo cuenta con protección combinada contra cortocircuitos y sobrecargas prolongadas, su capacidad para soportar corrientes de arranque elevadas, que pueden ser entre 5 y 10 veces la corriente nominal del motor entre 2 y 10 segundos, lo hace ideal para aplicaciones como el motor de laboratorio mencionado, el cual tiene una corriente nominal de 12A según la placa.

Figura 4.

característica de disparo C, interruptor termomagnético 5SJ.



Tripping characteristic C
Primarily used in lamp and motor circuits with higher starting currents.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Nota. Característica de disparo C, interruptor termomagnético 5SJ. Tomada de Siemens Configuration Manual Sentron, Protection devices, Miniature circuit breakers (2024). (p. 148).

Tabla 1.

Intensidad máxima admisible o de disparo de los dispositivos de protección de los circuitos derivados de motores contra cortocircuitos y fallas a tierra. Según norma NTC-2050.

Tipo de motor	En porcentaje de la intensidad a plena carga			
	Fusible sin retardo **	Fusible con retardo (de dos componentes) **	Interruptor automático de disparo inmediato	Interruptor automático de disparo inverso
monofásico	300	175	800	250
polifásico de c.a. sin rotor bobinado				
De jaula de ardilla				
todos menos los tipo E	300	175	800	250
los tipo E	300	175	1100	250
síncronos #	300	175	800	250
con rotor bobinado	150	150	800	150
de c. a. (tensión constante)	150	150	250	150

Nota. Adaptada de la tabla 430-152 de la norma NTC-2050 en la cual se menciona los rangos máximos en porcentaje de corriente nominal que pueden tener los interruptores automáticos.

Teniendo en cuenta la tabla anterior el 5SJ4318-7HG41 está dentro de los rangos estipulados por la norma.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

El **interruptor diferencial** ref. 5SV3342-6KK03 se utiliza para proteger contra corrientes de fuga a tierra que puedan presentarse en las líneas de alimentación de un motor u otros equipos eléctricos, funciona detectando la diferencia de corriente entre las fases y el neutro, cuenta con cuatro polos para conectar las 3 líneas de alimentación trifásica y el neutro. Este dispositivo actúa cuando detecta una fuga de corriente superior a 30 mA, y tipo de corriente de defecto A para instalaciones estándar de corrientes residuales en corriente CA y corrientes pulsantes, protegiendo así tanto a personas como a los equipos de posibles contactos indirectos y evitando riesgos de incendio.

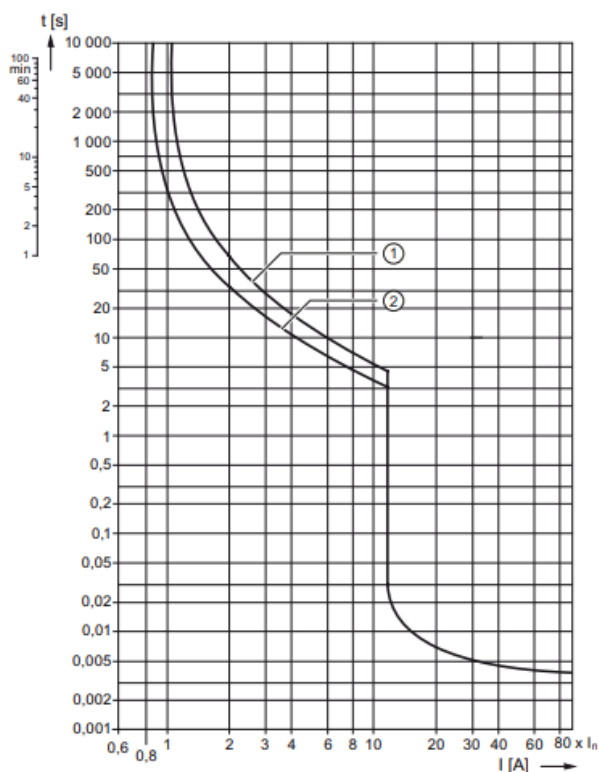
Un **interruptor automático** ref. **3RV2021-4AA10** conocido como guardamotor o motor starter protector, son comúnmente usados en la industria debido a que están diseñados específicamente para la protección de motores en los circuitos de alimentación, para esta referencia cuenta con una protección de sobrecarga ajustable de 10 a 16A, una protección de cortocircuito a 208A, y disparo es clase 10; su inclusión en el banco incluye la protección del variador de frecuencia cuando se integra para control del motor. El manual Siemens Protective Devices for SINAMICS V20 (2023) presenta una serie de tablas donde recomiendan las diferentes protecciones basadas en las normas IEC y también las UL para variadores de frecuencia, para el caso del variador que seleccionamos para el banco (características mencionadas en la sección 6.5.3.3. Dispositivos programables, variador de frecuencia), a una tensión de alimentación 200-240VAC recomienda usar un guardamotor de la familia 3RV20.1-4AA. (p. 7), de acuerdo con esto el dispositivo elegido es ideal y cumple con la recomendación del fabricante para la protección adecuada del variador de frecuencia. En la figura 10 se muestra la curva característica de disparo la cual indica que puede soportar corrientes de arranque del motor, según el manual de interruptores automáticos los aparatos SIRIUS en los cuales se incluye los 3RV están sujetos a la

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

norma de producto IEC 60947-4-1 la cual regula los interruptores automáticos para aplicaciones industriales.

Figura 5.

Curva característica de disparo para el dispositivo 3RV2021-4AA10.



Nota. curva característica de disparo del guardamotor, múltiplos de corriente nominal vs tiempo en segundos. Tomada de Siemens, control industrial, Aparatos de protección Interruptores automáticos SIRIUS 3RV, Manual del producto (2023). (p. 36).

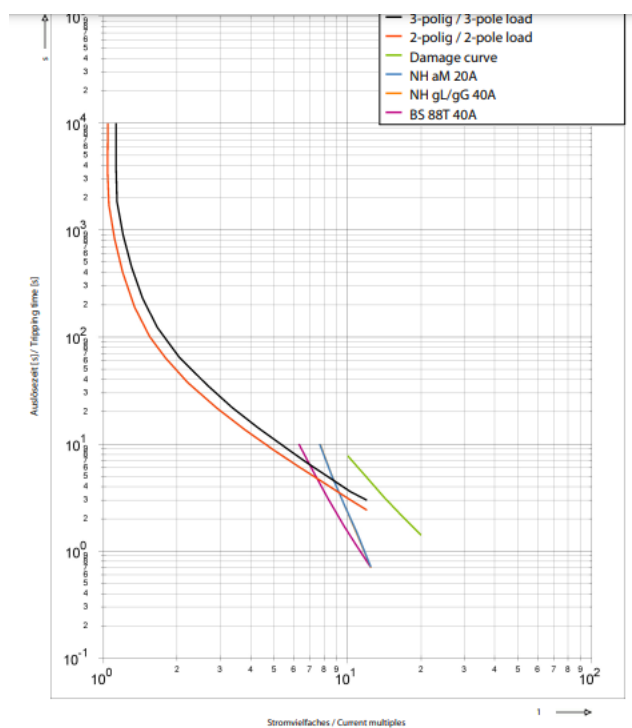
Dos **relés de sobrecarga**, uno ref. 3RU2126-4AB0 para montaje en contactor y otro ref. 3RU2116-4AB1 para montaje independiente, ambos relés están tienen ajuste entre 11 y 16A para la protección de motores, los cuales cumplen con los parámetros establecidos en la norma NTC-2050 la cual establece que para motores que tengan factor de servicio menor a 1.15 y no tenga rotulado el aumento de temperatura a más de 40°C se debe ajustar a 115% equivalente a la corriente

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

nominal, teniendo en cuenta que la corriente nominal del motor es de 12A el ajuste debería fijar en aproximadamente 13.8A, dado lo anterior los relés son adecuados para la protección contra sobrecarga para el motor.

Figura 6.

Característica disparo del relé de sobrecarga 3RU2126-4AB0.



Nota. Característica de disparo del relé de sobrecarga, múltiplos corriente nominal vs tiempo en segundos. Tomada de siemens característica de disparo, 4NEP65125012100001 (2009) (p.1).

Un **interruptor termomagnético de dos polos 5SY6215-7** que tiene una intensidad nominal de 1.6A, una característica de disparo tipo C, y una capacidad de corte de 6kA, es una elección adecuada para la protección del circuito de control o mando, dado que este dispositivo cuenta con protección combinada contra cortocircuitos y sobrecargas prolongadas, en este caso la norma NTC-2050 en su artículo 430-72 menciona la protección de sobrecorrientes para circuitos

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

de control de motores y nos remite al artículo 725-23 para protección de circuitos clase 1, el cual establece que las protecciones se deben calcular de acuerdo a la capacidad nominal de intensidad del conductor estipulado para el circuito y propone que si es un cable de 18AWG la máxima protección debe ser máximo de 7A.

Por otro lado, se hace el cálculo de la intensidad de corriente que el circuito de control necesita para funcionar y en base a eso se escoge el interruptor de protección conjunto a lo estipulado en la norma, En la tabla 2 se muestra el caculo de intensidad de corriente que es necesaria para activar el circuito de control en el banco basada los datasheet proporcionados por el fabricante de cada uno de los dispositivos en el circuito de control.

Tabla 2.

Aproximación de corriente máxima en circuito de control.

Elementos	cantidad	consumo aprox. en mA	consumo total aprox. en mA
bobina contactor	4	10	40
bobina relé potencia	4	18	72
bobina relé temporizador	2	8,3	16,6
luminarias	6	20	120
total			248,6

Nota. Esta tabla representa un cálculo aproximado de corriente máxima de los dispositivos de control sin tener en cuenta sus picos de corriente al energizarse.

Teniendo en cuenta la tabla 2 y la norma NTC-2050 el valor del interruptor ref. 5SY6215-7 es adecuado para la protección de sobrecorrientes en el circuito de control del banco, por otro lado el fabricante menciona en el datasheet que al momento de energizar las bobinas de los contactores y relés temporizadores hay corrientes que superan el valor nominal durante un corto periodo de tiempo, en el caso del contactor puede durar hasta 40ms y la corriente puede ser hasta

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

de 265mA en uno sola bobina y los relés temporizadores de hasta 5A con una duración máxima de 0.3ms por ese motivo la característica de disparo se determina como tipo C.

Un **portafusibles** ref. 3NW7024 con señalizador led, con **fusible** 3NW6002-1 cilíndrico gG de tamaño 10x38mm e intensidad de empleo de 2A de corriente AC, para la protección del circuito de control contra sobrecorrientes, la norma NTC-2050 establece en su artículo 725-23 protección de circuitos clase 1, la cual se debe hacer teniendo en cuenta el calibre del cable conductor. En la tabla 3 proporcionada por el fabricante se muestra la intensidad a la que la clase gG funciona.

Tabla 3.

Característica de los diferentes dispositivos de protección a sobrecorrientes.

Overcurrent protection device	characteristic	Non-tripping current	Tripping current
Melting fuse	gG	1,25 In	1,45 In *)
SH circuit breaker	E	1,05 In	1,20 In
Miniature Circuit breaker	B	1,13 In	1,45 In

*) Fusing current to VDE 06 36, special test for line protection

Nota. Rango operación fusible Característica gG. Adaptada de Siemens Sentron Fuse Systems Technology Primer (p. 59).

Un **Interruptor termomagnético** de dos polos ref. 5SY4201-6 para la protección de la fuente de 24VDC y el PLC, teniendo en cuenta el datasheet de la fuente el cual dice que para una tensión de alimentación de 230VAC monofásico la corriente nominal es de 0.67A. el fabricante presenta los datos técnicos de la fuente recomendando un interruptor magnetotérmico de 10A, con una curva de disparo tipo C para su protección según SIEMENS SIMATIC PM1207 6EP1332-1SH71, instrucciones de servicio (resumidas) (p. 2), por SIEMENS 2022

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

3.2.2.3.2. Dispositivos de control o mando. Estos dispositivos controlan el motor de manera eficiente y segura, funcionando de forma independiente del circuito principal de alimentación. Se utilizan en diferentes tipos de accionamientos eléctricos, tanto en sistemas con lógica cableada como en aquellos controlados mediante dispositivos lógicos programables, garantizando flexibilidad y automatización en el control de los motores. Los dispositivos seleccionados fueron los siguientes:

Contactores ref. 3RT2026 dispositivos encargados del encendido y apagado del motor mediante el cierre y abertura de sus contactos controlados por un circuito de control conectado a la bobina que integra cada contactor. En selección de estos se debe tener en cuenta la categoría de empleo, en este caso es AC-3, los cuales están diseñados para controlar motores asíncronos de jaula de ardilla y soportan sin ningún problema las corrientes de arranque del motor, según el manual electrotécnico Telesquemario de Schneider Electric España (1999) se debe ajustar la capacidad de intensidad del contactor comercial que sea mayor a la corriente nominal del motor. debido a lo anterior se seleccionó un contactor de 25A el cual garantiza la durabilidad en el tiempo ante las corrientes elevadas del arranque del motor.

Relés de potencia ref. 3TG1001-0AL2 y ref. 3TG1010-0AL2 estos dispositivos cuentan con contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados; el primero cuenta con 3NA y 1NC y el segundo con 3NC y 1NA que se accionan o conmutan cuando se energiza la bobina que integran a 220VAC, estos dispositivos soportan una corriente de 8.4A a 400VAC según el fabricante y su categoría de empleo es AC-3, lo cual garantiza el funcionamiento sin ningún problema de los relés en el circuito de control que funciona a 220VAC y su corriente máxima es

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

inferior a 1A. su bobina de tensión AC tiene un consumo de 4W por ende la corriente necesaria para activarla es de 18mA. Se usan principalmente en circuitos de control de motores con lógica cableada y en este caso se integran para realizar las diferentes prácticas en el banco de laboratorio.

Relés de potencia ref. 3TG1001-0BB4 y ref. 3TG1010-0BB4 estos dispositivos cuentan con contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados; el primero cuenta con 3NA y 1NC y el segundo con 3NC y 1NA que se accionan o conmutan cuando se energiza la bobina que integran a 24VDC, estos dispositivos soportan una corriente de 8.4A a 400VAC según el fabricante y su categoría de empleo es AC-3, lo cual garantiza el funcionamiento sin ningún problema de los relés en el circuito de control que funciona a 220VAC y su corriente máxima es inferior a 1A. su bobina de tensión DC tiene un consumo de 4W por ende la corriente necesaria para activarla es de 166mA. se usan principalmente en circuitos de control de motores con PLC como intermediarios y así poder accionar las bobinas de los contactores a 220VAC con el controlador, en este caso se integran para realizar las diferentes prácticas en el banco de laboratorio.

Temporizador On Delay o con retardo a la conexión ref. 3RP2513-1AW30 este dispositivo cuenta con un rango de tiempo ajustable entre 5 y 100s, el control de este dispositivo se hace mediante la bobina que integra la cual se energiza a una tensión entre 12-240 V AC/DC, y una frecuencia de AC entre 50 y 60Hz, sus contactos soportan corriente hasta de 3A ya que su categoría de empleo es AC-15 con 230VAC, cuenta con un contacto conmutado para su uso en circuito de control, este tipo de temporizadores son indispensables en los bancos de laboratorio y se integran principalmente por su uso en el control de motores en lógica cableada para arranques de motores en estrella-delta, inversión de giro, entre otras más, además se puede controlar mediante PLC para practicas con controlador.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Temporizador OFF Delay o con retardo a la desconexión ref. 3RP2540-1BW30 este dispositivo cuenta con un rango de tiempo ajustable entre 0.05 y 600s, con 7 rangos de tiempo ajustables, el control de este dispositivo se hace mediante la bobina que integra a una tensión entre 12-240 V AC/DC, y una frecuencia de AC entre 50 y 60Hz, sus contactos soportan corriente hasta de 3A ya que su categoría de empleo es AC-15 con 230VAC, Cuenta dos contactos conmutados para uso en circuito de control: Los temporizadores no pueden faltar en los bancos de laboratorio y se integran principalmente por su uso en el control de motores en lógica cableada para arranques de motores en estrella-delta, inversión de giro, entre otras más, además se puede controlar mediante PLC para practicas con controlador.

Interruptores de estado sólido ON Delay y OFF Delay ref. 3RA2813-1FW10 y ref. 3RA2814-1FW10 respectivamente, Su montaje es sobre contactor, el rango de tiempo es ajustable entre 0.05 y 100s con rango de tensión entre 12 y 240V AC/DC, la categoría de empleo es AC-15 por lo tanto con 240VAC sus contactos soportan una corriente máxima de 3A, son temporizadores que se activan con la bobina de los contactores dependiendo su característica estos activan o desactivan sus contactos con el tiempo que se configure, estos dispositivos facilitan las conexiones de circuito de control debido a su montaje por lo que se activan o desactivan directamente con la bobina del contactor.

3.2.2.3.3. Dispositivos programables. Estos dispositivos permiten el ajuste de parámetros para controlar y monitorear procesos automatizados mediante la programación de entradas y salidas. Entre ellos se incluyen los controladores lógicos programables (PLC), los variadores de frecuencia para regular la velocidad y torque de los motores, y las pantallas HMI, que actúan como interfaz entre el PLC y el proceso.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Para este banco de laboratorio se eligió un **PLC Siemens** de la serie S7-1200, específicamente el modelo CPU 1215C, la cual se alimenta con una tensión de 24VDC y un valor nominal de corriente de 500mA, este dispositivo cuenta con 14 entradas digitales de 24VDC de ellas 6 con HSC (High speed counting), 10 salidas digitales de 24VDC de ellas 4 salidas rápidas, 2 entradas analógicas de 0 a 10V, y 2 salidas analógicas de 0 a 20mA. Cuenta con protocolo de comunicación estándar Profinet, ethernet/ip, entre otros. Estas especificaciones son adecuadas para las aplicaciones del banco y para la propuesta didáctica que se va a presentar junto con los diseños de este.

De la familia S7-1200, solo las CPU 1215C y 1217C incluyen entradas y salidas analógicas considerando la necesidad de contar con estas para simulaciones que requieran una señal analógica, entre estas dos se eligió la CPU 1215C por ser más económica y cubrir las necesidades del banco, mientras que las capacidades adicionales del 1217C, como las entradas/salidas RS-485, no se consideraron necesarias al no haber más de un dispositivo que disponga de este protocolo de comunicación.

La razón de elegir un PLC serie 1200 son los diferentes controladores que proporciona el fabricante debido a esto se evaluó también el S7-1500, sin embargo, sus capacidades avanzadas exceden las necesidades de este proyecto e incrementaría su costo significativamente, por lo cual se descartó. Por otro lado, se consideró el controlador LOGO!, pero este no es reconocido como un PLC por el fabricante debido a sus funciones limitadas, y su programación es distinta, lo que no se ajusta al enfoque educativo del banco de laboratorio.

El variador de frecuencia SINAMICS V20, referencia 6SL3210-5BB21-5UV1, está diseñado para motores de 2 HP. Su alimentación de entrada es monofásica, mientras que su salida

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

es trifásica, proporcionando una potencia de 1.5 kW y una corriente de 7.81 A, con una frecuencia de operación ajustable entre 0 y 550 Hz. La entrada del variador soporta tensiones entre 200 y 240 VAC y frecuencias de 47 a 63 Hz, con un factor de potencia de 0.72. El dispositivo cuenta con 4 entradas digitales, 2 salidas digitales (una de tipo relé y otra de tipo transistor), 2 entradas analógicas y 1 salida analógica, además de un puerto de comunicación USS Modbus RTU. El variador puede funcionar en modo manual o automático, configurándose mediante parámetros y macros con modos de control predefinidos. En el modo automático, se controla a través de sus entradas digitales, analógicas y también por su puerto de comunicación, lo que permite su fácil integración con PLCs o mediante interruptores y pulsadores. En el modo manual, el control se realiza directamente desde los botones integrados en el dispositivo. Su salidas tanto digitales como analógicas están diseñadas para poder tener las señales del funcionamiento de este. Este variador es fundamental en sistemas de accionamientos eléctricos y automatización de procesos, ya que permite gestionar de manera eficiente la velocidad, el arranque, el frenado y otras funciones clave en el control de motores. Su selección fue cuidadosamente verificada para garantizar su compatibilidad con el motor del laboratorio, asegurando un control preciso y eficiente de las operaciones.

La pantalla SIMATIC HMI, referencia 6AV2123-2GB03-0AX0, es un dispositivo táctil de 7 pulgadas con tecnología TFT, diseñada para facilitar la interacción entre el usuario y el proceso que se está monitoreando o controlando. Utiliza el protocolo de comunicación PROFINET, y también es compatible con Ethernet/IP, lo que le permite intercambiar información de manera eficiente con el PLC. Su alimentación es de 24V y consume una potencia de 5.5W. Está equipada con un procesador ARM, junto con memoria flash y RAM, cuyas especificaciones adicionales se pueden consultar en su hoja de datos. Gracias a su interfaz gráfica, esta pantalla

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

permite el control y monitoreo en tiempo real de los procesos, lo que mejora la eficiencia operativa y aumenta la productividad. Es especialmente útil en aplicaciones donde el control debe realizarse de forma remota o desde ubicaciones separadas del proceso, como ocurre en muchas instalaciones industriales. La elección de este dispositivo se fundamenta en su uso generalizado en entornos industriales, lo que hace que su programación y manejo sean esenciales para optimizar la automatización y el control de procesos.

3.2.2.3.4. Sensores. Los sensores son dispositivos diseñados para detectar cambios que pueden surgir en su entorno de medición, por lo general estos cambios los transforman en señales eléctricas que dependiendo la aplicación pueden accionar un actuador o convertirse en variables para un controlador, teniendo en cuenta lo anterior se incluyeron los siguientes sensores del fabricante Telemecanique Sensors en el banco de laboratorio para su uso en las prácticas:

Sensor de proximidad inductivo ref. XS130BLPAL2 tipo PNP y ref. XS130BLNAL2 NPN. Están diseñados para propósitos generales, los cuales accionan cuando se acerca algún tipo de metal a una distancia nominal de 10mm cerrando su contacto normalmente abierto, la tensión para su uso es de 12 a 24VDC, la frecuencia de switcheo máxima es de 500Hz. Estos sensores usarse para simular aplicaciones reales donde se controle el motor cuando se detecte un metal

Sensor de proximidad capacitivo ref. XT530B1PAL2 de tipo PNP, funcionan accionando un contacto normalmente abierto cuando se acercan distintos tipos de materiales, el fabricante lo expone como materiales aislantes y materiales conductores, la distancia nominal de medida es de 10mm, su sensibilidad puede ajustarse mediante un potenciómetro que incluye en su parte posterior y su tensión de uso es de 12 a 24VDC, su frecuencia de switcheo máximo es de 250Hz, se puede usar en entornos de simulación para el control de motores en distintas aplicaciones

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Sensor fotoeléctrico ref. XUB0BPSNL2 multimodo de propósito general, con diferentes funciones para detección con infrarrojo, sus funciones son: difusor infrarrojo con medición hasta 0.30m de distancia; difusor infrarrojo con supresión de fondo con medición hasta de 0.12m; haz de luz con paso infrarrojo de medición hasta de 20m, pero para esta aplicación debe usarse un transmisor ref. XUB0BKSNL2T y por último reflejo polarizado con una distancia de 3m usando un reflector ref. XUZC50, en su datasheet menciona que su contacto puede ser normalmente abierto o normalmente cerrado con una frecuencia máxima de switcheo de 250Hz, este sensor es esencial por su detección de su haz de luz infrarrojo el cual cuenta con muchas aplicaciones en la industria y su uso en el banco para simular distintas aplicaciones en el control de motores

Final de carrera ref. XCKN2121G11 el sensor cuenta con dos contactos, uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado, funciona detectando la posición final de algún objeto cuando hace acción sobre este mediante un émbolo de palanca de rodillo con retorno por resorte termoplástico. Este dispositivo puede funcionar tanto a 240V en categoría AC-15 como en DC-13 a 24V, entre otras más. Son comúnmente usados en muchas aplicaciones del control de motores de diferentes tipos, se puede usar como contacto simulando alguna aplicación en entornos educativos

3.2.2.3.5. Otros dispositivos. En esta sección se encuentran los dispositivos seleccionados que no se clasifican en las secciones anteriores, pero son de vital importancia para el funcionamiento óptimo del banco, los cuales son los siguientes:

Se seleccionaron **dos cajas de pulsadores** ref. 3SU1803-0AD00-2AB1 y 3SU1802-0AB00-2AB1; **dos cajas de interruptores selectores** ref. 3SU1801-0BA00-4AB1y 3SU1801-0BE00-4AB1 para prácticas en el banco de laboratorio de accionamientos eléctricos y

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

automatización industrial, estos elementos son indispensables para el funcionamiento del banco por que activan o desactivan los dispositivos abriendo o cerrando los circuitos. Teniendo en cuenta lo anterior se cuenta en total con tres pulsadores normalmente abiertos y dos normalmente cerrados, un interruptor selector de dos posiciones y uno de tres posiciones

Se seleccionaron módulos de **lámparas de señalización** de tres colores los cuales son: rojas ref. 3SU1156-6AA40-1AA0, verdes ref. 3SU1156-6AA40-1AA0, amarillas ref. 3SU1156-6AA30-1AA0, estos módulos incluyen: modulo del led, soporte universal y la lampara de señalización, su alimentación es de 230VAC con una tolerancia del 20% y su corriente de consumo máxima por cada una es de 20mA, se usan en las industrias para indicar el estado de los procesos que se realizan, se incluyeron dos de cada color para un total de seis lámparas para la realización de las practicas

Switch de comunicaciones ref. 6GK5005-0BA00-1AB2 para mantener la comunicación entre la pantalla, el plc y computadores por medio de protocolos estándar de ethernet, este dispositivo cuenta con 5 entradas tipo hembra RJ45 y una tasa de transferencia entre 10 y 100Mbps, su selección se debe a la necesidad de interconectar los dispositivos y así poder cargar mediante conexión cableada los diferentes programas a la pantalla HMI y al PLC para las prácticas en el banco de trabajo

La Fuente de 24VDC seleccionada para la alimentación la cual cuenta con una tensión nominal de entrada de 120/230 VAC monofásica con cambio automático de rango y corriente nominal de entrada de 1.15/0.7A respectivamente, su tensión de salida es de 24VDC y 2.5A, su selección debe a la necesidad de alimentación para el circuito de control a 24VDC que incluye PLC, entradas y salidas, y bobinas de relés de potencia que funcionan a esta tensión (necesitan

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

18mA cada una para activarse), esta fuente es presentada por el fabricante como fuente de alimentación para la línea de controladores S7-1200.

3.2.2.4. Elementos. Los elementos seleccionados que complementan a los dispositivos y materiales del banco los cuales son esenciales para su correcto funcionamiento son los siguientes:

Cable para el circuito de fuerza del motor 12AWG, fue seleccionado de acuerdo a la norma NTC-250 en la sección 430-22 en la cual los conductores que alimenten un solo motor deben tener un porcentaje mínimo del 125% de la corriente nominal del motor, según la tabla 310-16 de la misma norma donde se especifican las intensidades máximas admisibles de los conductores a temperaturas de 60°C y 90°C, pero no más de 3 conductores en una canalización, refiere que un calibre 12 AWG soporta una corriente de 30A, como se tiene más de 3 conductores en la canalización se recurre a las notas de las tablas 310-16 a 310-19, específicamente la nota 8 la cual contiene la tabla de ajuste dependiendo el número de conductores en una canalización, pero en la sección 352-4 número de cables en canalizaciones metálicas menciona que si no se tienen más de 30 cables en tensión, el número de cables no supera el 20% de la canaleta y la sección transversal de la canaleta es mayor a $2580mm^2$ entonces no aplicar el porcentaje de ajuste mencionado anteriormente

Cable para el circuito control del motor 18AWG fue seleccionado de acuerdo con la norma NTC-2050 en la sección 430-71 define los circuitos de control de motores, se considera como circuito clase 1, y en la norma 725-27 donde definen los calibres de los conductores dependiendo su intensidad, explica que se permite usar 16 y 18AWG si el circuito no supera la corriente establecida en la sección 402-5 y que estén instalados en una canalización. La sección

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

402-5 contiene el cuadro 402-5 el cual explica que para intensidades de máximo 6 amperios el calibre del cable debe ser de 18AWG, por ende el cable seleccionado cumple con lo estipulado por la norma para circuitos de control de motores

Clavija área para conexión trifásica + N+ T, ref. 1508 marca ECBHQ, dispositivo tipo macho con 5 conexiones soporta tensión de 100 a 415VAC y diferentes rangos de corriente 16A, 32A, 65A. Seleccionado para facilitar el uso del banco conectándose y desconectándose de la alimentación cuando sea requerido, por lo que puede instalarse en cualquier lugar donde colocando un punto de conexión tipo hembra para alimentación y correcto funcionamiento

Adaptador de riel del variador de frecuencia ref. 6SL3261-1BA00-0AAz, los diseños del banco se hicieron con el objetivo de simular el montaje de un tablero real, con canaletas y riel din 35mm, pero el variador seleccionado no cuenta con este tipo de conexión, por lo que el fabricante comercializa un adaptador de riel para el variador el cual hemos seleccionado para poder hacer el montaje de este en el banco

Canaletas fueron dispuestas de secciones transversales en mm de 60x60, 60x40 y 60x30, para saber si eran adecuadas se recurrió a la norma NTC-2050 en la sección 352-49 muestra la fórmula para el calcular el número de cables en la canaleta de acuerdo con la sección transversal del conductor y la sección transversal de la canaleta

$$\# \text{ cables} = \frac{\text{superficie del canal } mm^2}{\text{area transversal de los cables } mm^2}$$

con un ajuste dependiendo el diseño de la canaleta, es decir, si sus uniones son externas entonces se debe ajustar al 40% y si son internas al 25%

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Teniendo en cuenta que la sección transversal en mm del cable calibre 12AWG es aproximado a $4mm^2$:

$$\#cables = \frac{60mm \times 60mm}{4mm^2} = 900; \text{ ajustado al } 25\% \quad 900 \times 0,25 = 225 \text{ máximo de cables}$$

del circuito de potencia en una canaleta 60x60mm

Teniendo en cuenta que la sección transversal en mm del cable calibre 18AWG es aproximado a $1mm^2$:

$$\#cables = \frac{60mm \times 40mm}{1mm^2} = 2400; \quad \text{ajustado al } 25\% \quad 2400 \times 0,25 = 600 \text{ máximo de}$$

cables del circuito de control en canaleta 60x40.

3.2.2.5. Evaluación de costos. En lo que refiere a los costos se hace una estimación del presupuesto necesario para la implementación del proyecto, se presenta en una serie de 4 tablas debido a la cantidad de componentes que se seleccionaron, las cuales contienen el costo de las licencias de los programas, de talento humano, de los dispositivos y de los materiales con una cotización de los elementos principales en la página web de Wiautomation (2024) y para el material del banco FAJOBE S.A.S (2024) de esta manera se obtuvo que el proyecto tiene un costo por cada banco de trabajo de: \$ 51.000.438.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Tabla 4.

Tabla de licencias y talento humano.

ANÁLISIS DE PRESUPUESTO				
Ítem	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Talento humano				
Ingeniero Electrónico	Hora	50	\$ 14.423	\$ 721.150
Director/Supervisor	Hora	10	\$ 390.000	\$ 3.900.000
Mano de obra	Producción	N/A	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
AutoCAD	Licencia	1	\$ 7.354.766	\$ 7.354.766
SolidWorks	Licencia	1	\$ 7.500.000	\$ 7.500.000
total				\$ 21.475.916

Nota. Primera tabla de la presentación del presupuesto.

Tabla 5.

Materiales y elementos del tablero de dispositivos.

ANÁLISIS DE PRESUPUESTO				
Ítem	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Materiales que estarán visibles en el banco				
Estructura Banco de trabajo	Lamina (1.20mX2.40m)	7	\$ 240.000	\$ 1.680.000
Interruptor 3 polos	Unidad	1	\$ 349.241	\$ 349.241
Interruptor 2 polos	Unidad	1	\$ 167.116	\$ 167.116
Diferencial 4 polos	Unidad	1	\$ 646.568	\$ 646.568
protafusibles 10x38mm 2 polos	Unidad	1	\$ 39.974	\$ 39.974
Guardamotor	Unidad	1	\$ 269.340	\$ 269.340
relé térmico al trabajo	Unidad	1	\$ 207.987	\$ 207.987

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Relé térmico independiente	Unidad	1	\$ 292.607	\$ 292.607
Contactor	Unidad	4	\$ 542.740	\$ 2.170.960
relé de potencia bobina 24 V DC,	Unidad	2	\$ 132.334	\$ 264.668
relé de potencia bobina 24 V DC,	Unidad	2	\$ 108.548	\$ 217.096
Relé de potencia bobina 230V AC	Unidad	2	\$ 72.679	\$ 145.358
Relé de potencia bobina 230V AC	Unidad	2	\$ 70.084	\$ 140.168
Relé temporizador OFF delay	Unidad	1	\$ 1.198.747	\$ 1.198.747
Relé temporizador ON delay	Unidad	1	\$ 218.795	\$ 218.795
caja contactos 3 pulsadores	Unidad	1	\$ 185.664	\$ 185.664
caja de contactos 2 pulsadores	Unidad	1	\$ 259.571	\$ 259.571
contacto muletilla 2 posiciones	Unidad	1	\$ 94.861	\$ 94.861
contacto muletilla 3 posiciones	Unidad	1	\$ 243.855	\$ 243.855
variador de frecuencia	Unidad	1	\$ 1.321.454	\$ 1.321.454
PLC	Unidad	1	\$ 1.623.312	\$ 1.623.312
fuelle 24VDC para PLC	Unidad	1	\$ 378.502	\$ 378.502
Terminal block	Unidad	34	\$ 3.823	\$ 129.982
luminaria rojo	Unidad	2	\$ 57.105	\$ 114.210
luminaria verde	Unidad	2	\$ 57.105	\$ 114.210
luminaria amarillo	Unidad	2	\$ 57.105	\$ 114.210
Pantalla HMI	Unidad	1	\$ 1.864.194	\$ 1.864.194
Riel DIN 35mm	m	3	\$ 10.000	\$ 30.000
adaptador para riel del variador	Unidad	1	\$ 37.755	\$ 37.755
Interruptor 2 polos PLC	Unidad	1	\$ 217.096	\$ 217.096

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

clavija aérea para conector trifásico +N+T	Unidad	1	\$ 67.116	\$ 67.116
cartucho fusible	Unidad	2	\$ 3.700	\$ 7.400
switch de comunicaciones	Unidad	1	\$ 509.703	\$ 509.703
Canaleta 60x40	m	1	\$ 25.545	\$ 25.545
Canaleta 60x30	m	4	\$ 17.013	\$ 68.052
Canaleta 60x60	m	2	\$ 36.646	\$ 73.292
total				\$ 15.488.609

Nota. Segunda tabla de la presentación del presupuesto.

Tabla 6.

Elementos dispuestos en el tablero de conexiones.

ANÁLISIS DE PRESUPUESTO				
Ítem	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Materiales del tablero de conexiones				
Jack banana hembra 4mm (ROJO)	Unidad	62	\$ 1.800	\$ 111.600
Jack banana hembra 4mm (AMARILLO)	Unidad	84	\$ 1.800	\$ 151.200
Jack banana hembra 4mm (AZUL)	Unidad	163	\$ 1.800	\$ 293.400
Jack banana hembra 4mm (VERDE)	Unidad	83	\$ 1.800	\$ 149.400
Jack banana hembra 4mm (NEGRO)	Unidad	64	\$ 1.800	\$ 115.200
Jack banana hembra 4mm (BLANCO)	Unidad	81	\$ 1.800	\$ 145.800
total				\$ 966.600

Nota. Tercera tabla de la presentación del presupuesto

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Tabla 7.

Sensores y dispositivos sobre contactores.

ANÁLISIS DE PRESUPUESTO				
Ítem	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Materiales que no estarán visibles en el banco				
interruptor de estado sólido - tiempo 0,05-100 s ON delay (al trabajo)	Unidad	4	\$ 217.096	\$ 868.384
interruptor de estado sólido - tiempo 0,05-100 s Off delay (al trabajo)	Unidad	4	\$ 286.614	1.146.456
Contactos auxiliar con retardo neumático 1-30s ON delay (al trabajo)	Unidad	4	\$ 607.255	2.429.020
Contacto auxiliar con retardo neumático 1-30s Off delay (al trabajo)	Unidad	4	\$ 392.471	1.569.885
final de carrera	Unidad	4	\$ 33.649	134.596
sensor inductivo	Unidad	4	\$ 178.018	712.072
sensor capacitivo	Unidad	4	\$ 891.981	3.567.924
sensor Fotoeléctrico	Unidad	4	\$ 439.949	1.759.796
Photo-electric sensor transmitter	Unidad	4	\$ 188.769	755.076
reflector para sensor fotoeléctrico	Unidad	4	\$ 31.526	126.104
total				\$ 7.055.568

Nota. Cuarta tabla de la presentación del presupuesto

3.2.2.6. Análisis de resistencia y durabilidad. En esta fase, se evaluó la disposición de los bancos de trabajo, considerando su ubicación en el laboratorio de máquinas eléctricas del edificio de alta tensión de la universidad Industrial de Santander. Teniendo en cuenta lo anterior el entorno está protegido de posibles salpicaduras de agua o exposición al aire libre, El diseño del banco se ha enfocado en materiales adecuados para interiores, con láminas de acero Cold Rolled calibre 14, que tienen un espesor aproximado de 1.90 mm, lo que le confiere una excelente

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

resistencia mecánica y estructural; para protegerlo de la corrosión en ambientes controlados como el del laboratorio se debe aplicar un recubrimiento de pintura electrostática tipo epoxi, que ofrece una protección moderada contra la corrosión, así como resistencia a la humedad y durabilidad en condiciones de uso intensivo.

Con un mantenimiento adecuado, que incluya limpiezas regulares y revisiones periódicas cada 6 meses o cuando presente indicios de corrosión o humedad para prevenir daños en el recubrimiento, se estima que la estructura del banco puede superar fácilmente los 10 años de vida útil, proporcionando un rendimiento fiable y duradero en el entorno previsto.

3.2.3. Generación de documentación técnica

Se realizó una cuidadosa elaboración de planos técnicos que proporcionaran una representación gráfica exhaustiva del diseño del banco de trabajo. Estos planos contienen dimensiones precisas del banco y de los componentes, las especificaciones técnicas indicando materiales sugeridos y detalles constructivos que serán incorporados para orientar la fabricación. los resultados completos de este procesos los encontramos en el apéndice B

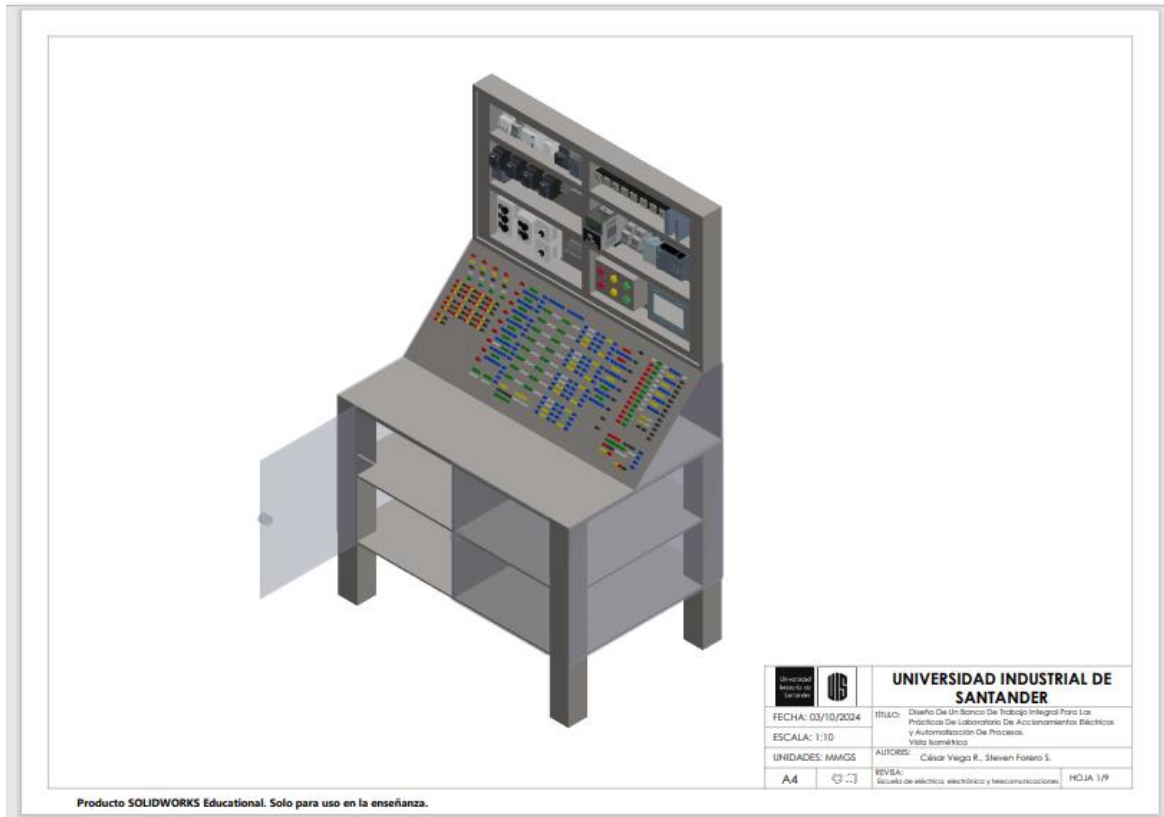
Se hizo una lista de materiales para organizar los componentes necesarios para garantizar una implementación coherente donde se ubique la identificación de componentes, materiales especificados, cantidad necesaria y proveedores sugeridos para facilitar su adquisición.

Se aprovecharon las capacidades de SolidWorks y AutoCAD, como software, para representar visualmente el ensamblaje, planos mecánicos y eléctricos, y un documento actualizable que permitió cambios o ajustes que surgieron durante la fase de elaboración.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 7.

Diseño del banco de trabajo para el laboratorio de accionamientos eléctricos y automatización de procesos.



Nota. Plano 3D generado en SolidWorks donde se observa el diseño final del banco.

3.2.4. Manual de uso para el banco de trabajo

La creación de un manual de uso y guías detalladas es esencial para maximizar la eficacia y seguridad del banco de trabajo integral. Estas herramientas educativas proporcionan información clave para estudiantes, profesores y cualquier persona que interactúe con el laboratorio. Se detallan las instrucciones de uso paso a paso para cada bloque funcional del banco. Esto incluye procedimientos de encendido, apagado y manipulación segura de equipos; se destacarán las pautas

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

de seguridad y se proporcionarán instrucciones claras sobre el manejo seguro de equipos, conexiones eléctricas y cualquier otro aspecto relevante

El manual de usuario es compartido mediante una carpeta en Google drive: [Manual de usuario](#)

3.2.5. *Presentación de la propuesta didáctica*

Se han desarrollado 8 propuestas didácticas para apoyar las prácticas en el laboratorio de accionamientos eléctricos y automatización industrial, enfocadas específicamente en el control de motores. Cada guía ha sido diseñada para abordar distintos procesos clave en este campo, proporcionando a los estudiantes una experiencia práctica y estructurada que facilita el aprendizaje de los conceptos teóricos y su aplicación en entornos reales, tituladas de la siguiente manera:

- Guía para Arranque Directo de Motor de Jaula de Ardilla.
- Guía para Control de Motor de Jaula de Ardilla con Inversión de Giro y Frenado por Inyección de Corriente DC.
- Guía para Arranque Estrella-Triángulo de Motor Jaula de Ardilla.
- Guía para Arranque Directo de Motor de Jaula de Ardilla con PLC S7-1200 Siemens.
- Guía para Control de Motor de Jaula de Ardilla con Inversión de Giro y Frenado por Inyección de Corriente DC con control por PLC.
- Guía para Arranque Estrella-Triángulo de Motor Jaula de Ardilla mediante PLC.
- Guía para Control de Velocidad de Motor con Variador de Frecuencia SINAMICS V20.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

- Guía para el Control de Motor como Simulación de Cinta Transportadora mediante PLC, Variador de Frecuencia, Pulsadores y Sensores.

Los documentos de las guías son adjuntados en una carpeta compartida en Google drive en el siguiente link: [Guías de laboratorio](#)

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

4. Conclusiones

El objetivo de este proyecto fue diseñar un banco de laboratorio para prácticas de accionamientos eléctricos y automatización de procesos, partiendo de la necesidad de contar con el concepto de un banco que permita simular procesos mediante el control de un motor de inducción. A partir de esto, se aplicó la ingeniería de detalle, obteniendo el banco de trabajo tipo para laboratorio, el cual cumple con normas técnicas como la NTC-250, la NEMA 250 y las IEC. El diseño final incluye planos eléctricos con las diferentes conexiones de alimentación y control del banco, planos estructurales que contiene las diferentes vistas detalladas del banco con medidas exactas y un modelado 3D, que permite visualizar claramente cómo sería el banco una vez construido.

Al realizar un análisis del costo necesario para la construcción del banco de trabajo tipo propuesto, considerando la cotización de los dispositivos (sin incluir los costos de envío), los materiales de construcción, la asesoría del director y codirector del proyecto, las licencias de software utilizadas y una aproximación del costo de la mano de obra, se determinó que la implementación tendría un costo estimado de aproximadamente \$51.000.438.

Se elaboró un manual de usuario del banco tipo propuesto que incluye la información técnica necesaria sobre los dispositivos, las conexiones de los elementos y los procedimientos de puesta en funcionamiento, garantizando así su correcto uso. El manual advierte sobre los riesgos eléctricos y mecánicos, proporcionando instrucciones claras para minimizar estos peligros. Además de cubrir la operatividad básica, el documento también abarca el mantenimiento preventivo, las pautas de seguridad y la interacción práctica con tecnologías industriales.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Se desarrollaron propuestas didácticas a partir de las capacidades del banco de trabajo que proporcionan un valioso recurso tanto para profesores como para estudiantes. Estas guías permiten a los estudiantes realizar una amplia gama de prácticas, que simulan escenarios industriales reales, facilitando la aplicación de conceptos teóricos. A través de estas actividades, los estudiantes pueden experimentar con diferentes configuraciones del banco, fomentar el pensamiento crítico y desarrollar habilidades técnicas que mejoran su preparación para enfrentar los desafíos del mundo profesional. Asimismo, los profesores pueden estructurar prácticas personalizadas y alineadas con el plan de estudios, aprovechando la flexibilidad del banco para ajustar la complejidad de las actividades y promover un aprendizaje activo.

El desarrollo de este proyecto dejó varias lecciones clave. En primer lugar, resaltó la importancia de planificar de manera detallada cada fase del diseño y la construcción. También se destacó la necesidad de mantener información actualizada sobre los fabricantes y el mercado, especialmente para estar al tanto de dispositivos discontinuados, características y especificaciones así como, nuevas tendencias tecnológicas. Además, se aprendió que la comunicación asertiva con el personal académico y los usuarios finales, como los estudiantes, es fundamental para garantizar que el equipo diseñado cumpla con las expectativas educativas y técnicas.

5. Recomendaciones

Se recomienda revisar otros fabricantes de dispositivos, como los relés temporizadores, ya que el fabricante seleccionado ofrece tiempos de temporización que exceden los requeridos para el banco de trabajo, lo que eleva su costo. Al optar por otro proveedor, sería posible reducir los costos sin comprometer la funcionalidad del equipo.

Un tema que podría ser de gran relevancia para investigaciones futuras es la creación de bancos de trabajo especializados en sistemas de energía renovable, como los accionamientos eléctricos para paneles solares o sistemas eólicos. Esta investigación sería particularmente pertinente dado el creciente interés global por la energía limpia. Además, la automatización de estos sistemas energéticos podría tener un impacto significativo en la formación de ingenieros orientados hacia las soluciones tecnológicas sostenibles.

Una tendencia creciente en el campo de los accionamientos eléctricos y la automatización de procesos es el uso de sistemas ciberfísicos e Internet de las Cosas (IoT) en entornos industriales. El diseño de futuros bancos de trabajo podría incorporar sensores conectados a la nube y sistemas de monitoreo remoto, lo que permitiría a los estudiantes trabajar con tecnología de vanguardia y obtener datos en tiempo real desde ubicaciones remotas. Esta área resulta prometedora debido al creciente interés de la industria en implementar la Industria 4.0.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Referencias

Argüello, F. (2021). *NEMA 250 edición 2018, cajas para equipos eléctricos*, Infoteknico.

Url:<https://www.infoteknico.com/nema-250-2018/>

Boldea, I. y Nasar S. A. (2016). *Electric Drives*. (3 ed.). Taylor & Francis Group.

Url:<https://books.google.es/books?id=hVEkDAAAQBAJ&lpg=PP1&ots=oBgjjRAy9a&dq=automation%20of%20industrial%20processes&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=automation%20of%20industrial%20processes&f=false>

Cruz – Moreno F., (2019) *BANCO DIDÁCTICO PARA PRUEBA DE MOTORES ELÉCTRICOS BIFÁSICOS Y TRIFÁSICOS EN LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA*. Trabajo de grado. Universidad Católica de Colombia. Url: <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/7d4408bb-ba80-49c8-bf4f-b73938d2e528>

F. Pereira, R. Lopes, R. Sarmiento and C. Felgueiras, "*Didactic bench to support automation learning - Industry 4.0 education*," 2022 Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (XV Technologies Applied to Electronics Teaching Conference), Teruel, Spain, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/TAAE54169.2022.9840744. keywords: {Industries;COVID-19;Automation;Education;Laboratories;Automata;Fourth Industrial Revolution;Automation;Router;PLC;Industry 4.0;Learning;HMI},

K. Nadir, Campos. M, Bituen S. (2019), *Industry Automation and Controls Lab*, Senior Project Report, Electrical Engineering Department California Polytechnic State University.

Url:<https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1494&context=eesp>

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Mehta B. R. and Reddy Y. J. (2015). *Industrial Process Automation Systems: Design and Implementation*. (1 ed), ELSEVIER.

Url:https://books.google.es/books?id=Iz_LAwAAQBAJ&lpg=PP1&ots=sNGf-iyRLe&dq=industrial%20process%20automation&lr&hl=es&pg=PR4#v=onepage&q&f=true

Olivier, C. (4 de junio de 2024). *Importancia de conocer y aplicar las Normas de Electricidad*.

Vogar. Url: <https://vogar.com.mx/blog/normas-de-electricidad#:~:text=Las%20normas%20de%20electricidad%20son,de%20las%20personas%20y%20bienes>

Parra Lamus, C.A., & Barahona Ruiz A.F. (2020) *ACTUALIZACIÓN DEL BANCO DE ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA MECÁNICA. UNIVERSIDAD SANTO TOMAS TUNJA*. Trabajo de grado. Universidad Santo Tomás.

Url: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/31530>

Sharma, K.L.S. (2015). *Overview of Industrial Process Automation*. (2 ed.), ELSEVIER.

Url:<https://books.google.es/books?id=hVEkDAAAQBAJ&lpg=PP1&ots=oBgjjRAy9a&dq=automation%20of%20industrial%20processes&lr&hl=es&pg=PR3#v=onepage&q=automation%20of%20industrial%20processes&f=false>

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Apéndices

Apéndice A. Encuesta

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto se describen los resultados de la encuesta aplicada durante el primer semestre del año 2024:

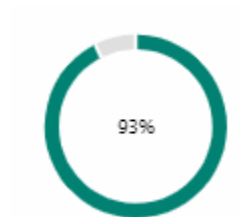
Pregunta 1:

Considera que el banco de trabajo existente para el laboratorio de accionamientos eléctricos y automatización de procesos es adecuado para las prácticas de laboratorio de estudiantes y profesores.

- Si.
- No.

Figura 8.

Representación en porcentaje de la pregunta 1 de la encuesta.



Nota. El 93% de los encuestados considera que el banco no es adecuado.

Pregunta 2:

Teniendo en cuenta el estado de los bancos de trabajo actualmente, usted propone:

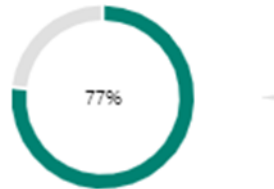
- Realizar mantenimiento y adecuaciones al banco existente.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

- Contar con un banco de trabajo nuevo y actualizado.

Figura 9.

Representación en porcentaje de la pregunta 2 de la encuesta.



Nota. El 77% de los encuestados propone contar con un banco nuevo y actualizado.

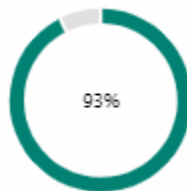
Pregunta 3:

Apoyaría una propuesta de diseño de un nuevo banco de laboratorio por parte de estudiantes en su trabajo de grado:

- Si.
- No.

Figura 10.

Representación en porcentaje de la pregunta 3 de la encuesta.



Nota. El 93% de los encuestados considera que si apoyara el trabajo de grado.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

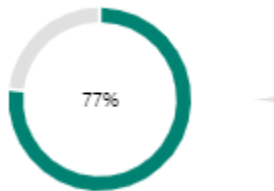
Pregunta 4:

¿Qué tipo de equipos consideras que debería tener agregarse al banco de laboratorio?

- Variador de frecuencia.
- PLC.
- Pantalla HMI.
- Todas las anteriores.

Figura 11.

Representación en porcentaje de la pregunta 4 de la encuesta.



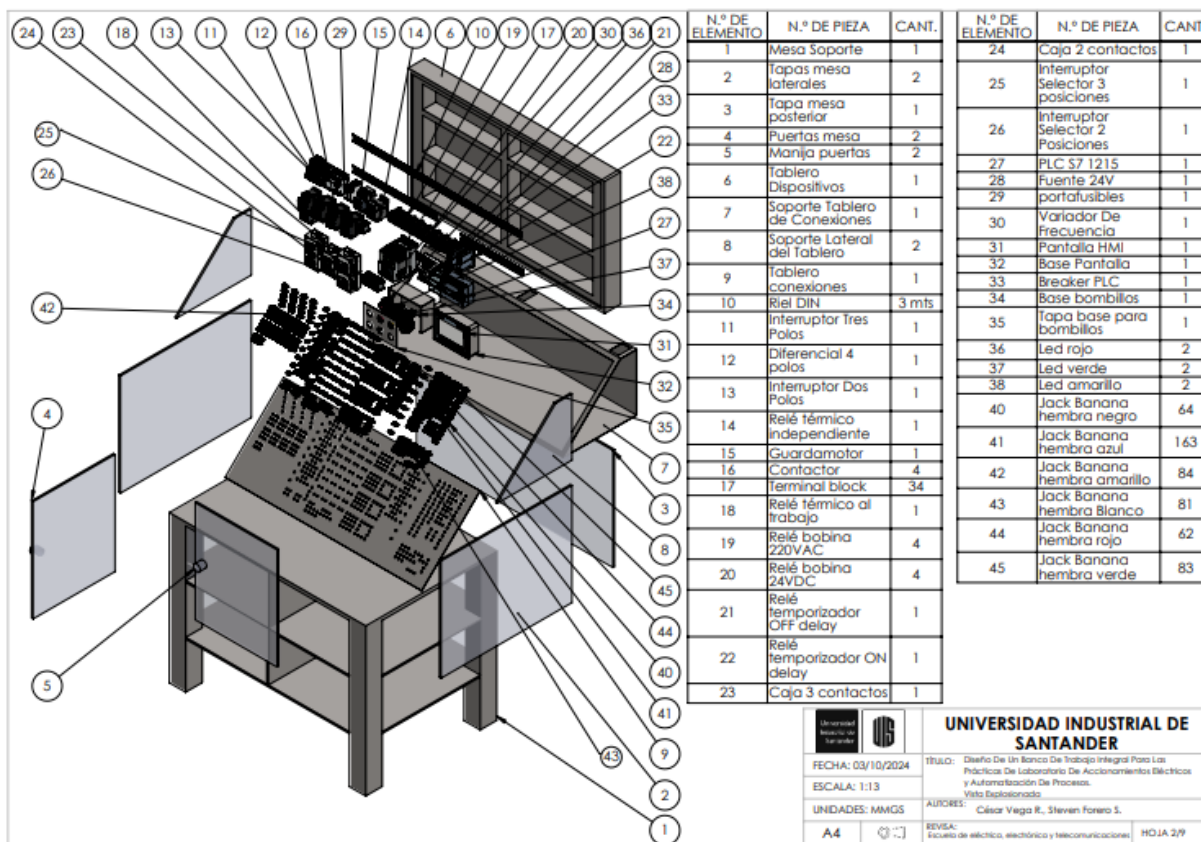
Nota. El 77% de los encuestados considera que el banco debe integrar variador, plc y pantalla HMI.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Apéndice B. Planos y distribución de los elementos

Figura 12.

Distribución de los elementos en el banco de laboratorio

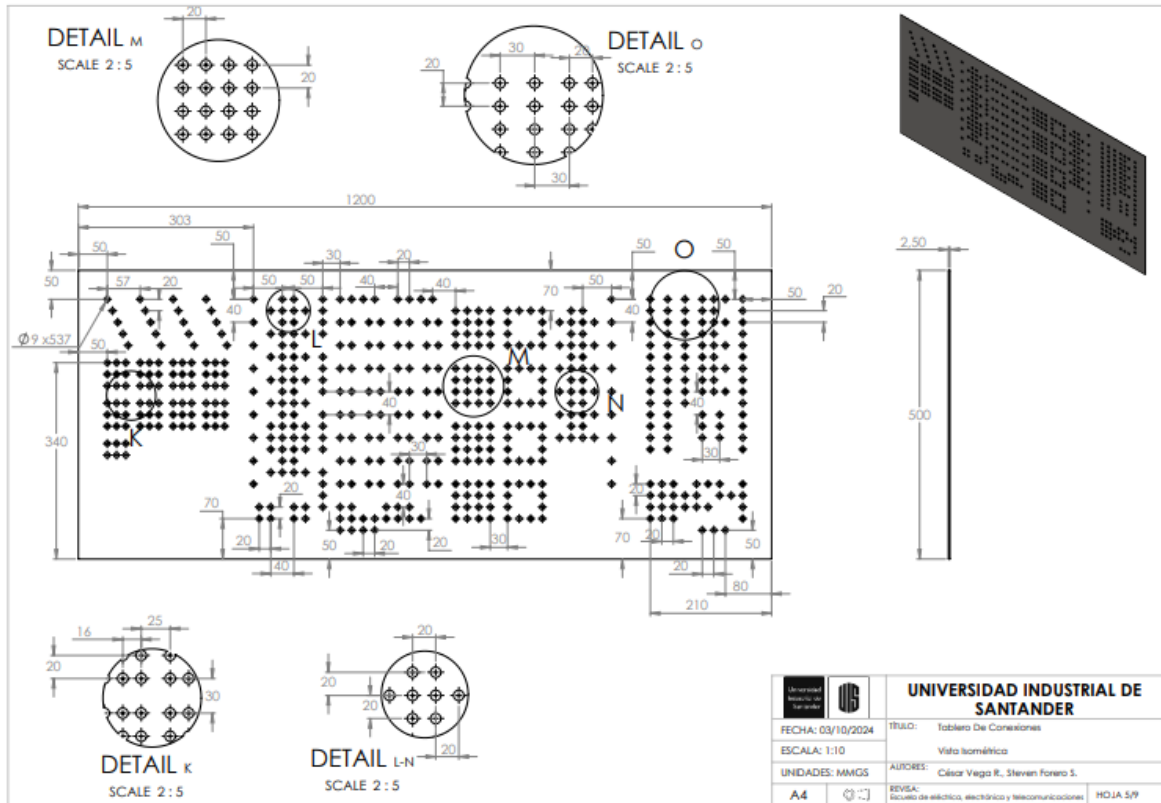


Nota. Explosionado del diseño del banco de laboratorio con la tabla de elementos en la parte derecha

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 14.

Plano tablero de conexionado a detalle.

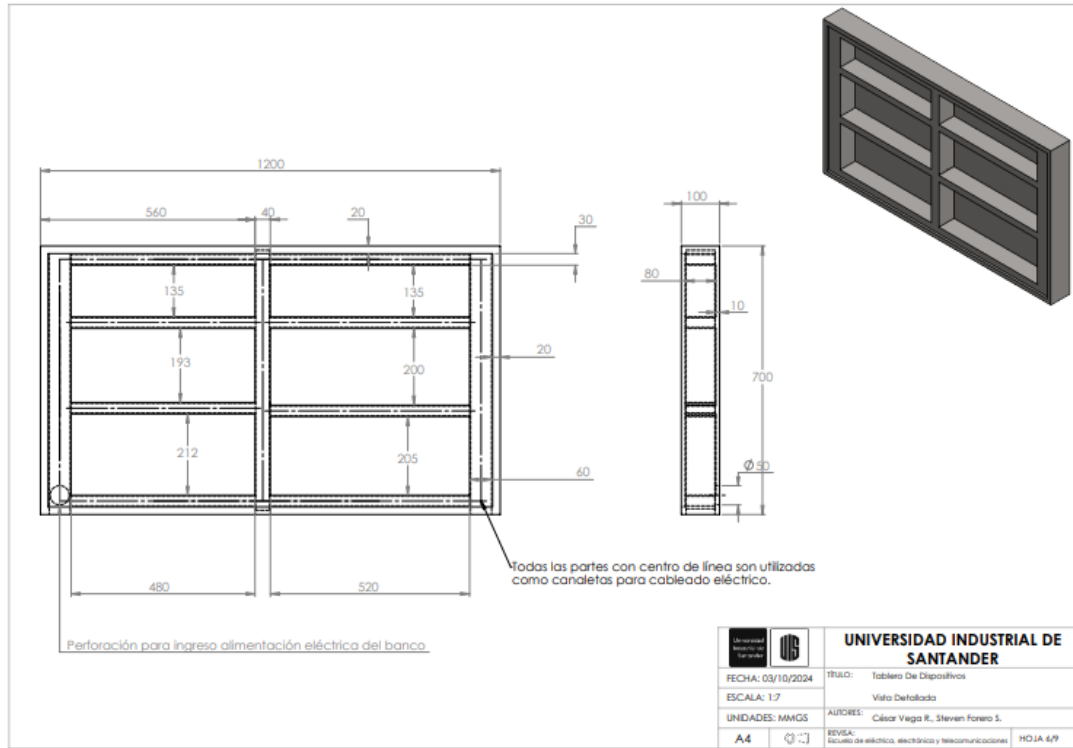


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 15.

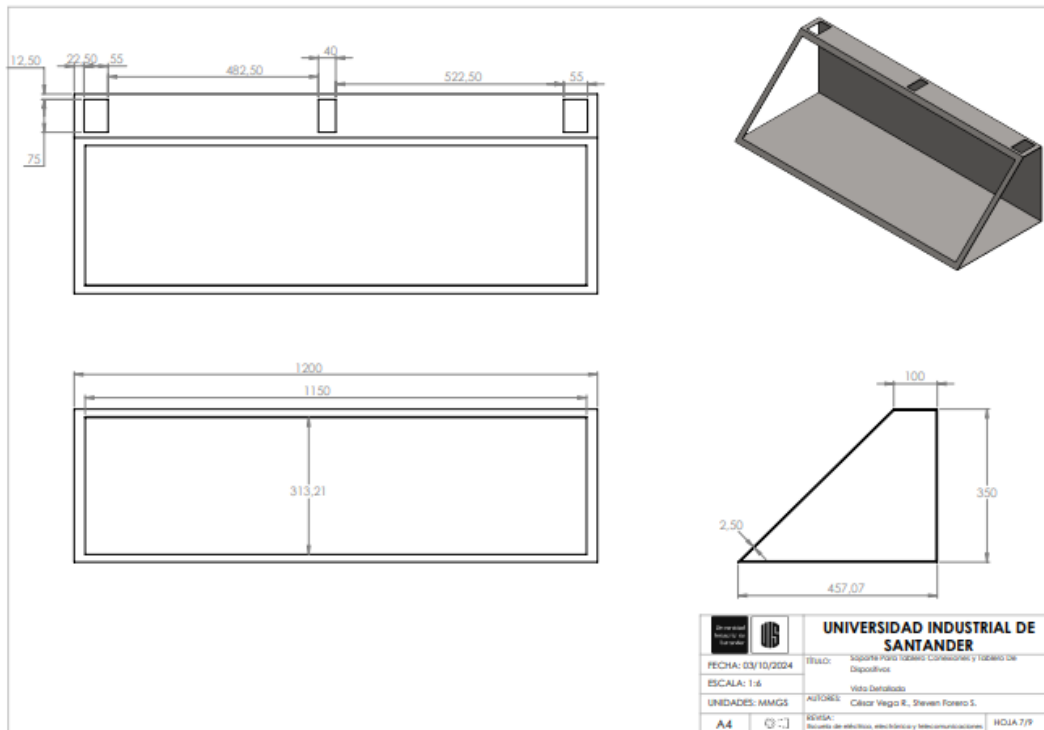
Medidas tablero con canaletas.



DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 16.

Soporte tablero de conexiones y tablero de dispositivos.

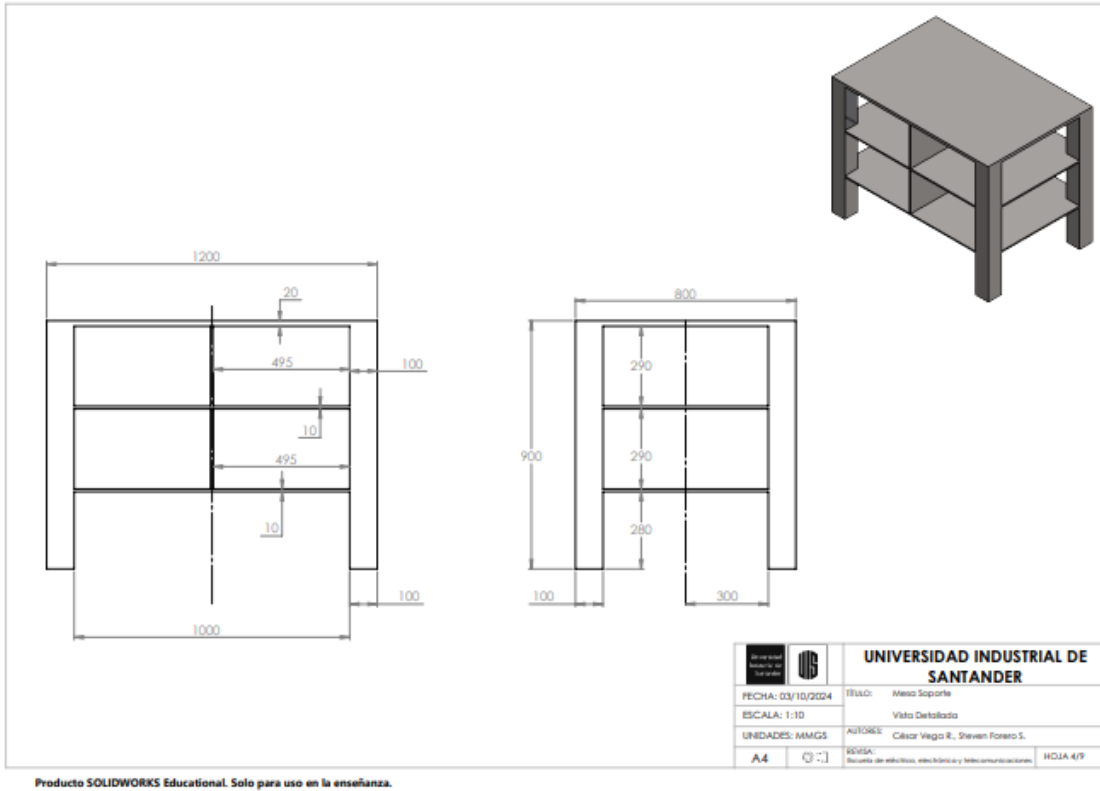


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 17

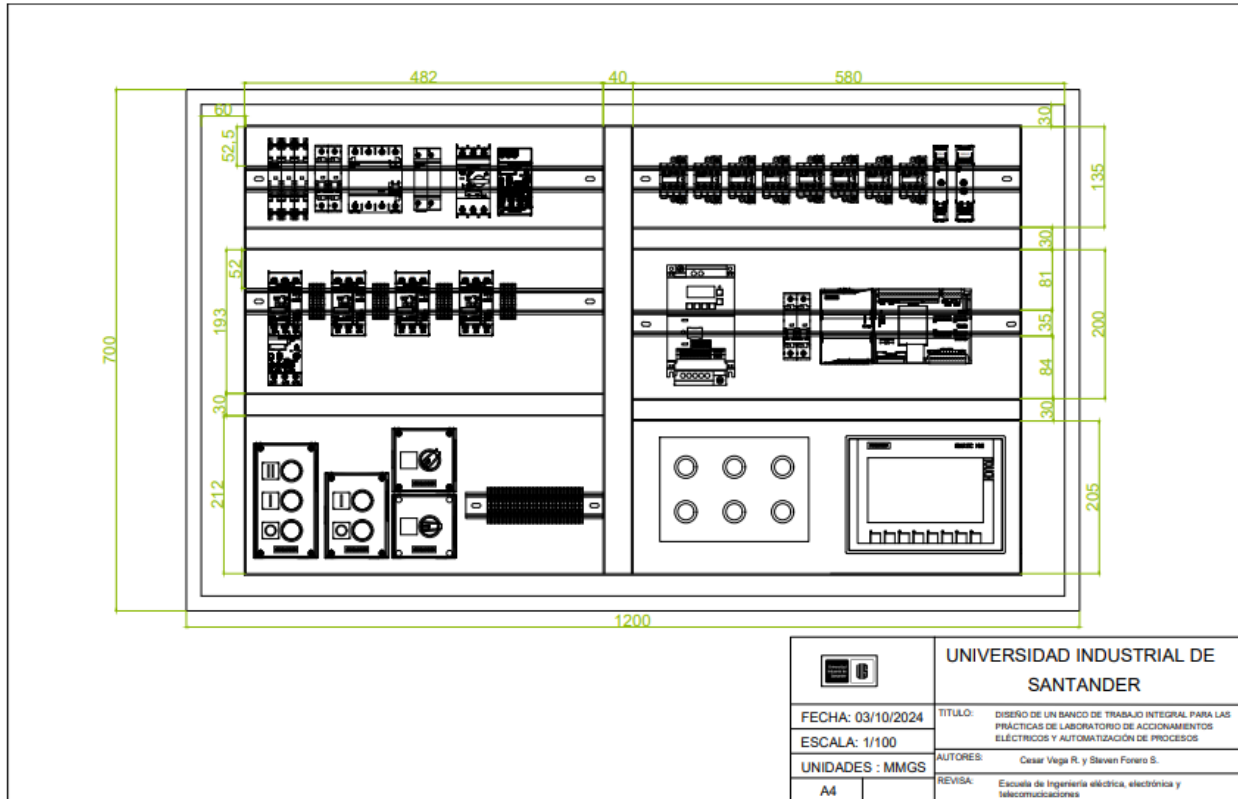
Mesa soporte de banco de laboratorio.



DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 19.

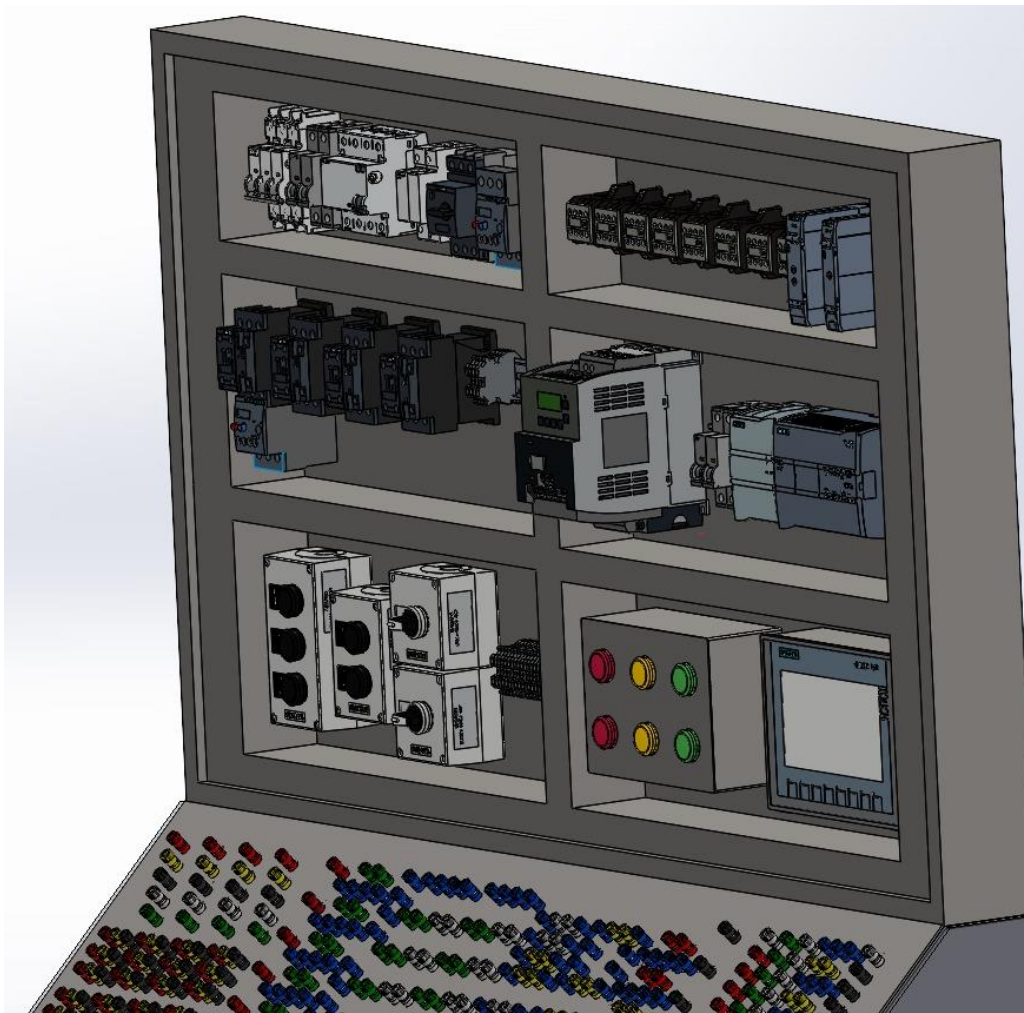
Plano estructural del tablero de dispositivos en 2D.



DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 20.

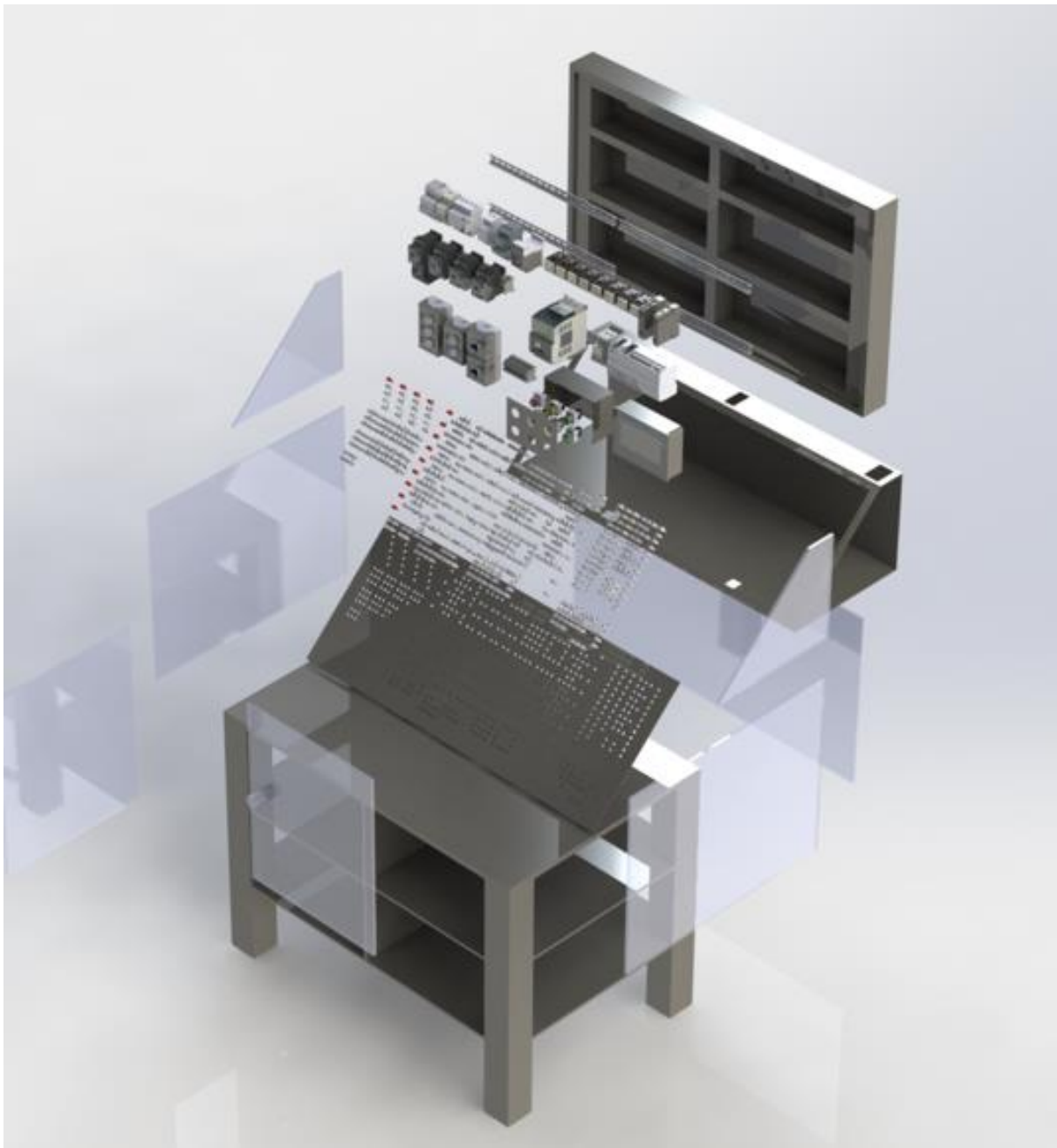
Vista detalla del tablero de dispositivos.



DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 21.

Renderizado, explosionado del banco de trabajo tipo.



DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 22.

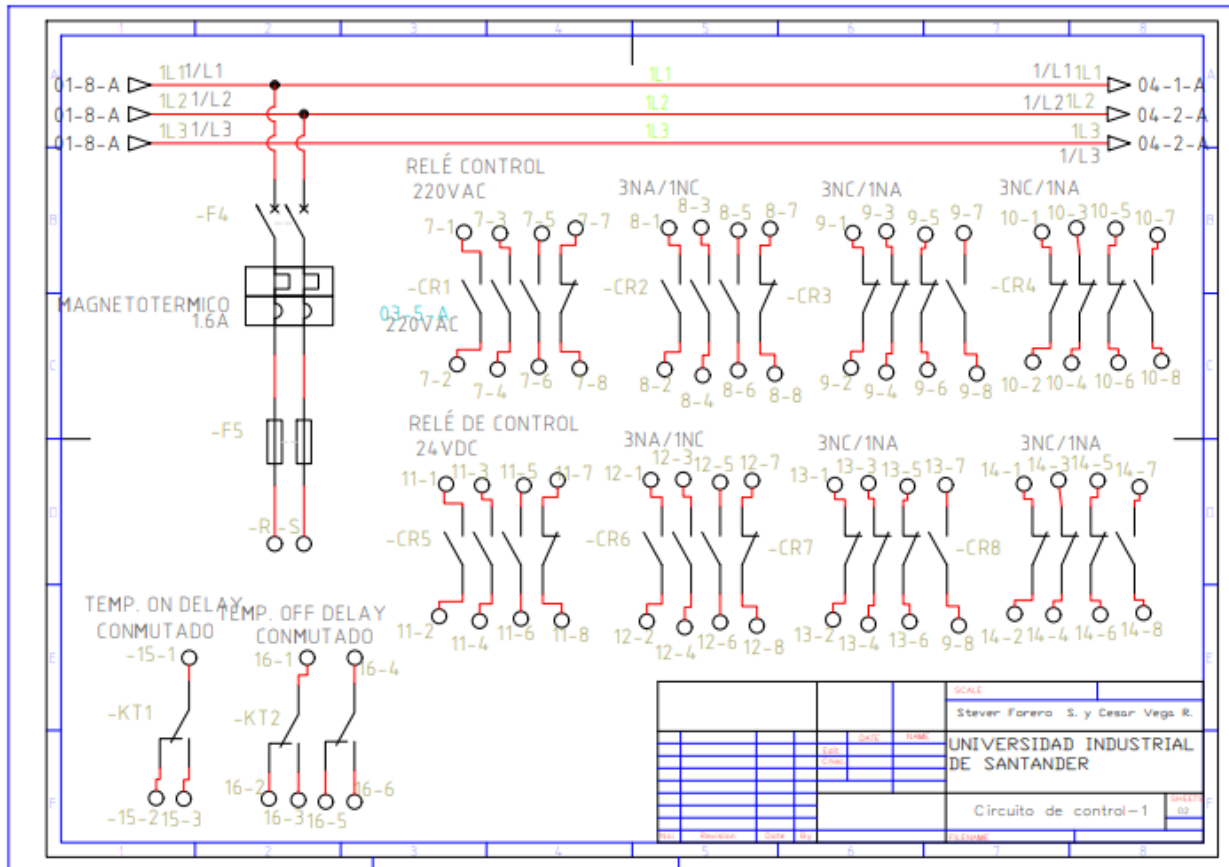
Banco de trabajo tipo Renderizado.



DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 24.

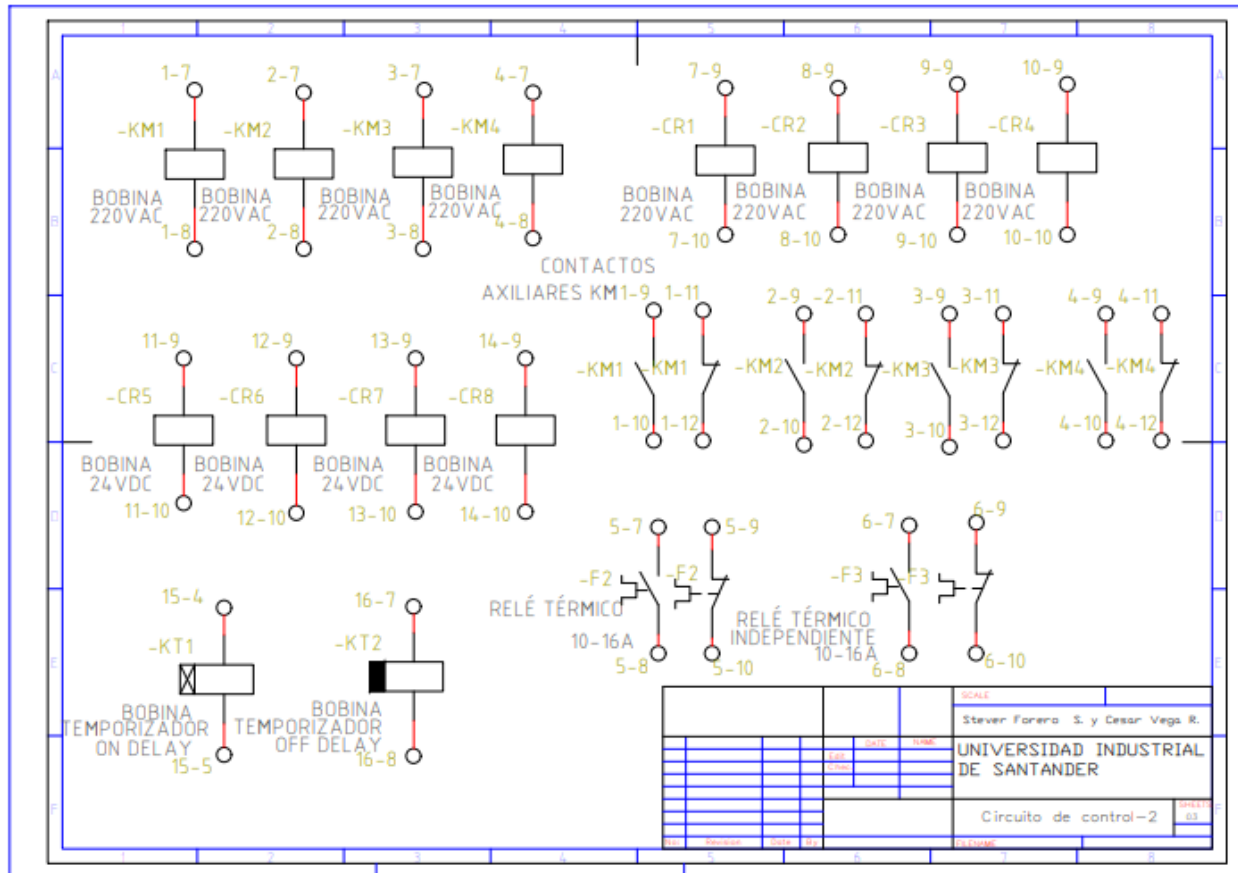
Plano eléctrico de contactos de protección circuito de control y contactos relés.



DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 25.

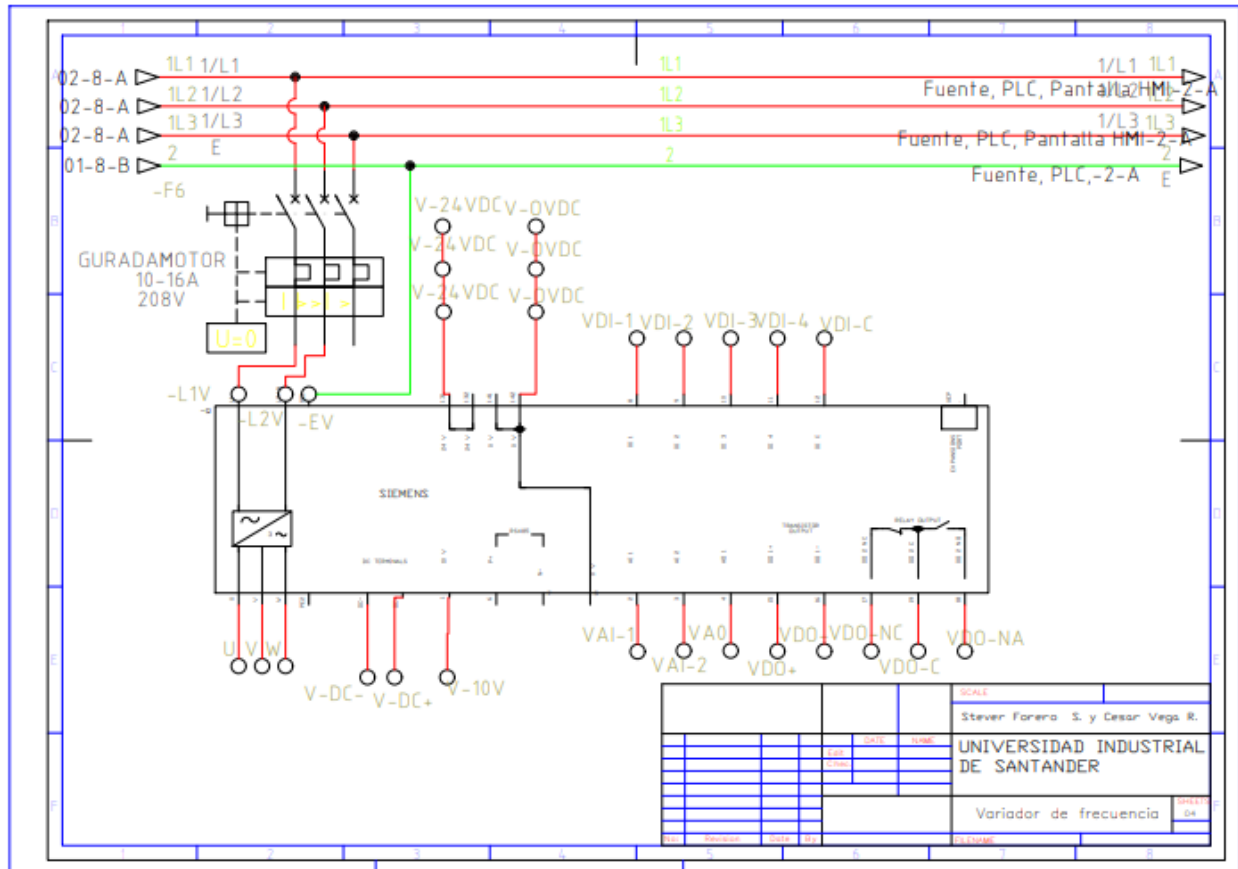
Plano eléctrico de bobinas contactores, bobinas de relés y contactos auxiliares.



DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 26.

Plano eléctrico conexión variador de frecuencia.



DISEÑO DE UN BANCO DE TRABAJO TIPO

Figura 27.

Plano eléctrico fuente 24VDC, PLC, Switch de comunicaciones y pantalla HMI

