

Mantenimiento electromecánico y mejora al banco didáctico de control de variables industriales de proceso de la Universidad Antonio Nariño.

¹Johan Arley Vargas Aguirre ²Jhon Abraham Garzón Garzón
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica, Universidad Antonio Nariño
Villavicencio-Meta, Colombia

¹jvargas13@uan.edu.co

²jhgarzon03@uan.edu.co

Director: Haslyd Yaneth Bravo, Jose Cucaita

Coordinador.ingenierias.villavicencio@uan.edu.co

jcucaita@uan.edu.co

Resumen - En el marco del programa académico de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial en la Universidad Antonio Nariño, se plantea el proyecto "Mantenimiento electromecánico y mejora al banco didáctico de control de variables industriales de proceso de la universidad Antonio Nariño". Este proyecto tiene como objetivo principal mantener y mejorar "revitalizar" el banco didáctico existente utilizado para la enseñanza de automatización y control de procesos industriales. A través de la implementación de un riguroso mantenimiento preventivo y correctivo, se abordará el deterioro acumulado del equipo. Además, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la lógica de programación del Controlador Lógico Programable (PLC) y se optimizará su funcionalidad para garantizar su operatividad.

La culminación del proyecto será la creación de una plataforma de prácticas actualizada y eficiente que permitirá a los estudiantes del programa experimentar de manera práctica y efectiva con el control de variables de proceso, fortaleciendo así sus habilidades en el campo de la automatización industrial.

El proyecto no solo contribuirá a mantener y mejorar la infraestructura educativa, sino que también brindará a los estudiantes una experiencia más enriquecedora y alineada con las demandas actuales del sector industrial. Además, este enfoque en el mantenimiento y mejora del banco didáctico servirá como modelo para futuras iniciativas similares, promoviendo así la excelencia en la formación de profesionales en el ámbito electromecánico e industrial.

Palabras claves: Banco de procesos, PLC, mantenimiento, mejoramiento, HMI, electromecánica.

Abstract - In the context of the academic program in Industrial Electromechanical Maintenance Technology at Antonio Nariño University, the project "Electromechanical Maintenance and Improvement of the Didactic Industrial Process Variable Control Bench at Antonio Nariño University" is proposed. The main objective of this project is to maintain and enhance the existing didactic bench used for teaching industrial automation and process control. Through the implementation of rigorous preventive and corrective maintenance, the accumulated equipment deterioration will be addressed. Additionally, a comprehensive review of the programming logic of the Programmable Logic Controller (PLC) will be carried out, and its functionality will be optimized to ensure its operability. The culmination of the project will be the creation of an updated and efficient practice platform that will enable students in the program to gain practical and effective experience with process variable control, thereby strengthening their skills in the field of industrial automation.

The project will not only contribute to maintaining and improving the educational infrastructure but will also provide students with a more enriching experience aligned with the current demands of the industrial sector. Furthermore, this focus on the maintenance and enhancement of the didactic bench will serve as a model for future similar initiatives, thus promoting excellence in the training of professionals in the electromechanical and industrial fields.

Keywords: Process bench, PLC, maintenance, improvement, HMI, electromechanics.

I. INTRODUCCIÓN

En la educación técnica y la formación en ingeniería, la conjunción de conocimientos teóricos y aplicaciones prácticas se revela como fundamental para la preparación de profesionales capaces de afrontar los retos de la industria

contemporánea. En este contexto, surge el proyecto titulado "Mantenimiento electromecánico y mejora al banco didáctico de control de variables industriales de proceso de la Universidad Antonio Nariño," el cual se enmarca en el programa académico de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial de esta prestigiosa institución.

El propósito central de este proyecto es la revitalización de los bancos didácticos existentes, la implementación de prácticas de mantenimiento preventivo y la potenciación de la experiencia de aprendizaje a través de la optimización de sistemas, todo ello vinculado a los conceptos de automatización industrial y la comprensión práctica de las variables del proceso. En efecto, el objetivo radica en mantener y mejorar el banco didáctico existente, utilizado como recurso clave en la enseñanza de automatización y control de procesos industriales.

Como señalaba un estudio de 2017 de Smith & Jones [1], la obsolescencia de los equipos didácticos en instituciones educativas constituye un desafío común que puede mermar la calidad de la formación técnica. La constante utilización de estos equipos, unida a la falta de mantenimiento, puede acelerar su deterioro, perjudicando la experiencia educativa de los estudiantes. El mantenimiento preventivo, ampliamente reconocido como esencial, se erige como la solución para garantizar un funcionamiento eficiente y una prolongada vida útil de los equipos industriales, tal como afirmaban García, Martínez y López en su estudio de 2019 [2].

En paralelo, la automatización industrial se ha consolidado como una tendencia relevante en la optimización de procesos industriales. Según Ramanathan y Narayanan en 2020 [3], la automatización no solo mejora la eficiencia de los procesos, sino que también contribuye a elevar la precisión y controlabilidad en entornos industriales. La convergencia de estas dos áreas, mantenimiento preventivo y automatización industrial se presenta como una fórmula prometedora para formar a profesionales altamente capacitados y preparados para los retos que plantea la industria en la actualidad.

Este proyecto no solo busca mantener y mejorar la infraestructura educativa, sino que también aspira a brindar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más enriquecedora y alineada con las demandas actuales del sector industrial. Además, se espera que este enfoque en el mantenimiento y la mejora de los bancos didácticos sirva de modelo para futuras iniciativas similares, fomentando la excelencia en la formación de profesionales en el ámbito electromecánico e industrial.

II. MARCO TEÓRICO.

A. Análisis y valoración de equipos electromecánicos.

El análisis y valoración de equipos electromecánicos constituye una faceta esencial en el ámbito de la ingeniería y la formación técnica. Esta metodología, que se sitúa en el

corazón de proyectos como el presente, reviste una importancia fundamental al abordar el mantenimiento y mejora de sistemas electromecánicos, y se enfoca en la evaluación integral de componentes críticos para el funcionamiento eficiente de maquinaria industrial y sistemas de automatización [4].

El análisis implica una inspección meticulosa y una revisión detallada de los equipos electromecánicos en uso, con el propósito de identificar cualquier indicio de desgaste, deterioro o problemas potenciales que pudieran restringir su desempeño óptimo. Al evaluar estos componentes, no solo se busca diagnosticar posibles fallos, sino también determinar el estado de la maquinaria, su eficiencia operativa y su vida útil restante [5].

Este proceso integral no solo se limita a la identificación de problemas, sino que también abarca la implementación de medidas proactivas, como el mantenimiento preventivo. En la Fig. 1. se ilustra el mantenimiento preventivo de un tablero de control, esto incluye, actividades planificadas, como la lubricación, calibración y sustitución de piezas, con el fin de evitar averías costosas y tiempos de inactividad no programados. De esta manera, se garantiza que los equipos electromecánicos mantengan un funcionamiento eficiente y prolonguen su vida útil [6].



Fig. 1. Mantenimiento preventivo en gabinetes de control.

La valoración económica de estos equipos también es un aspecto relevante de este proceso. La determinación de su valor en función de su estado actual, vida útil remanente y costos de reemplazo puede ofrecer información esencial para tomar decisiones fundamentadas sobre la inversión en mantenimiento o la adquisición de nuevas tecnologías [4].

B. Mantenimiento electromecánico de equipos.

La preservación de equipos electromecánicos se torna indispensable con el fin de asegurar su funcionamiento en su punto óptimo y extender su ciclo de vida útil. Este proceso engloba una serie de acciones que abarcan desde la inspección y limpieza hasta la lubricación, ajuste, reparación y sustitución de componentes. Su propósito fundamental radica en la prevención de posibles fallos, la mejora del desempeño y la garantía de un entorno de trabajo seguro. Para lograr estos objetivos, se recurre a diversas estrategias, como el mantenimiento preventivo, predictivo y

correctivo, acompañadas de herramientas y técnicas especializadas. Asimismo, se emplean registros y sistemas de seguimiento para documentar las intervenciones realizadas y facilitar la toma de decisiones informadas en el proceso de gestión de activos electromecánicos [7].

1) El mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento preventivo de equipos electromecánicos comprende un conjunto de tareas programadas y organizadas que se ejecutan en un equipo o sistema electromecánico con el propósito de anticiparse a fallos y mantener su funcionamiento en condiciones óptimas. El enfoque central del mantenimiento preventivo es la prevención o reducción al mínimo de las posibles averías y los períodos de inactividad no programados, al mismo tiempo que se busca extender la vida útil del equipo [8].

El mantenimiento preventivo comprende la realización de inspecciones periódicas, ajustes, lubricaciones, la sustitución de componentes desgastados y otras labores de mantenimiento planificadas con antelación. Estas acciones se ejecutan siguiendo un cronograma preestablecido que se fundamenta en la experiencia previa, las directrices del fabricante y las condiciones operativas del equipo [9].

En el mantenimiento preventivo de equipos electromecánicos, se llevan a cabo diversas actividades habituales, Rodríguez & Martín [10] destacan las siguientes:

- **Inspección visual:** Se lleva a cabo una inspección visual minuciosa del equipo con el propósito de identificar indicios de desgaste, corrosión, daños o cualquier otro inconveniente evidente.
- **Limpieza:** Se procede a la limpieza de los componentes y las partes del equipo con el fin de eliminar cualquier acumulación de suciedad, polvo o residuos que pudieran tener un impacto negativo en su funcionamiento.
- **Lubricación:** Los lubricantes apropiados se administran en los lugares de lubricación designados con el propósito de asegurar un desempeño sin inconvenientes de los componentes móviles y reducir el desgaste.
- **Ajustes y calibraciones:** Se procede a la verificación y ajuste de los parámetros, configuraciones o calibraciones necesarios para garantizar el rendimiento óptimo del equipo.
- **Reemplazo de piezas desgastadas:** Se reemplazan las piezas que han experimentado desgaste o que se hallan fuera de los parámetros de funcionamiento aceptables.

- **Pruebas funcionales:** Se efectúan pruebas de funcionamiento con el fin de confirmar que el equipo opera de manera adecuada y cumple con las especificaciones previamente establecidas.



Fig. 2. Mantenimiento preventivo en bombas de trasiego.

El mantenimiento preventivo desempeña un papel crucial en la reducción de las interrupciones no programadas y los gastos relacionados con reparaciones y reemplazos significativos. Su propósito principal es prevenir el deterioro gradual del equipo y detectar problemas antes de que se conviertan en fallas graves. Al llevar a cabo estas tareas de manera periódica, se logra mantener un nivel óptimo de confiabilidad y eficiencia en los equipos electromecánicos [8].

2) El mantenimiento Correctivo.

El mantenimiento correctivo de equipos electromecánicos implica la adopción de medidas para reparar un equipo o sistema electromecánico una vez que ha experimentado una falla o avería (ver Fig. 3). A diferencia del mantenimiento preventivo, que se planifica con antelación para evitar problemas, el mantenimiento correctivo se implementa como respuesta a situaciones de emergencia o cuando el equipo ya no funciona de manera adecuada [11].



Fig. 3. Mantenimiento correctivo válvula de seguridad.

El proceso de mantenimiento correctivo incluye la identificación y diagnóstico de la causa de la falla, seguido de la realización de las reparaciones necesarias con el fin de restablecer el equipo a su funcionamiento normal. Este enfoque se basa en acciones reactivas y se ejecuta después de que ha ocurrido un problema. Puede abarcar tareas como la sustitución de piezas dañadas, la reparación de componentes, la restauración de conexiones eléctricas o cualquier otro trabajo requerido para solucionar la falla y poner nuevamente en marcha el equipo [12].

En la tabla 1, se resalta los beneficios del mantenimiento preventivo y el correctivo, según lo plantea [12].

Tabla I

Beneficios del Mantenimiento Preventivo vs Correctivo		
Beneficios del Mantenimiento	Preventivo	Correctivo
Disminución de fallas y averías	✓	✓
Mejora la confiabilidad y disponibilidad del equipo	✓	✓
Aumento de la vida útil del equipo	✓	✓
Disminución de tiempos de inactividad no planificados	✓	X
Mejora la planificación y programación de actividades de mantenimiento	✓	X
Reducción de costos de reparación	✓	X
Eficiencia en el consumo de recursos (energía, materiales)	✓	X
Aumento seguridad en la operación	✓	X
Mejor comprensión y conocimiento del estado del equipo	X	X
Identificación temprana de fallas	X	X

Tomada de Crocker, J; Kumar, U D [12]

Es relevante resaltar que, si bien el mantenimiento correctivo es esencial para abordar problemas inmediatos, presenta ciertas desventajas. Las reparaciones pueden resultar costosas y requerir un período de tiempo considerable, en especial cuando implica la obtención de piezas de repuesto. Además, el tiempo de inactividad del equipo puede tener un impacto en la productividad y generar interrupciones en la rutina operativa habitual [13].

III. OBJETIVOS

A. General.

Mantenimiento y mejora del banco didáctico de control de variables industriales de proceso de la universidad Antonio Nariño.

B. Específicos.

- Realizar un diagnóstico detallado del estado actual del banco de control de variables industriales, identificando las áreas de deterioro y los

componentes que requieren mantenimiento y reparación.

- Desarrollar y ejecutar un plan integral de mantenimiento electromecánico, que abarque desde la reparación y reemplazo de componentes dañados hasta la calibración de instrumentación, con el objetivo de restaurar la funcionalidad óptima del banco.
- Implementar una mejora para la optimización del banco, incorporando enfoques de automatización industrial que permitan a los estudiantes interactuar con los procesos de control de variables de manera más efectiva y práctica.
- Crear documentación, que incluya planos eléctricos y P&ID, con el fin de proporcionar una guía sólida para diagnóstico, resolución de problemas y mejoras en el banco de control de variables industriales de proceso.

IV. MANTENIMIENTO Y MEJORAS DEL BANCO DE PROCESOS.

El adecuado mantenimiento electromecánico desempeña un rol esencial en asegurar la operación eficiente y segura de sistemas industriales y maquinaria. En el ámbito de la automatización y control de procesos, como es el caso de nuestro banco didáctico, la vitalidad y el desempeño de los componentes electromecánicos son cruciales para mantener la estabilidad y la calidad de las prácticas, para ello se realizaron las siguientes actividades.

A. Diagnóstico y planificación para el mantenimiento del banco de procesos.

El banco didáctico de control de variables industriales (ver Fig.4), situado en las instalaciones de la Universidad Antonio Nariño, sede Villavicencio, se ha encontrado en un estado deficiente debido al deterioro de sus componentes.



Fig. 4. Banco didáctico de variables industriales de proceso

Muchas de estas piezas han sufrido oxidación y acumulación de polvo, algunas presentan daños severos, y otras se han retirado. En esta fase inicial, resulta imperativo realizar una evaluación exhaustiva del banco didáctico para identificar los componentes que requieren mantenimiento o reemplazo.

1) Diagnóstico y estado actual.

Con el objetivo de restablecer la operatividad del banco didáctico en el entorno del laboratorio, es esencial realizar un diagnóstico preciso de su estado actual. El banco didáctico de control de variables industriales, ubicado en las instalaciones de la Universidad Antonio Nariño, sede Villavicencio, ha sido objeto de una inspección detallada que ha revelado un conjunto de problemas y desafíos que requieren atención inmediata.

El diagnóstico revela un estado crítico de deterioro en diversos componentes del banco didáctico, los cuales son fundamentales para su correcto funcionamiento.

2) Identificación de fallas y problemas mecánicos, eléctricos y electrónicos.

Entre los elementos que presentan deficiencias se encuentran:

Controlador Lógico Programable: En la Fig.5, se ilustra este componente, muestra signos de fallos en su funcionamiento y puede requerir programación de este.



Fig. 5. Vista frontal Controlador lógico Programable

Sensor Ultrasónico para Medir Niveles: Se ha detectado que el sensor ultrasónico presenta problemas de precisión y fiabilidad en las mediciones (ver Fig. 6).



Fig. 6. Sensor de nivel por ultrasonido

Resistencias Eléctricas Generadoras de Calor: Como se ilustra en la Fig. 7, varias de las resistencias eléctricas muestran signos de desgaste y necesitan ser reemplazadas.



Fig. 7. Resistencias del banco didáctico

Sensor Tipo Switch para Medición de Presión (Presostato): El presostato presenta problemas en su operación y puede requerir ajustes o reemplazo, en la Fig. 8, se presenta sin su respectiva tapa de seguridad.



Fig. 8. Presostato PE102

Indicadores Luminosos: Se han observado fallos en varios indicadores luminosos, lo que afecta la retroalimentación visual del sistema. Los indicadores que se

observan en la Fig. 9, requieren conexión eléctrica y verificación del accionamiento.



Fig. 9. Indicadores luminosos de activación de las electroválvulas.

Interruptores Horizontales para Medición de Niveles: Estos interruptores también requieren reparaciones debido a problemas en su funcionamiento.

Electroválvulas Solenoides: Las electroválvulas presentan fugas y fallos en su actuación, lo que impacta la precisión del sistema. En la Fig.10, se muestra falta de mantenimiento de las electroválvulas.



Fig. 10. Electroválvulas solenoides del banco didáctico.

Bomba Centrífuga: La bomba centrífuga necesita una revisión y posible mantenimiento para restaurar su eficiencia (ver Fig.11).



Fig. 11. Electrobomba centrífuga 0.5HP.

Recipientes para Llenado de Líquidos y Tanque Tipo Pulmón: Estos elementos necesitan limpieza y posibles reparaciones, así se observa en la Fig.12.



Fig. 12. Tanque pulmón de presión.

Cables Eléctricos: La disposición desordenada de los cables eléctricos debe ser organizada para evitar problemas adicionales, así se ilustra en la Fig.5.

Transformador Elevador: El transformador requiere ser reconectado para asegurar su correcto funcionamiento, como se muestra en la Fig.13, el transformador fue desconectado del banco didáctico.



Fig. 13. Transformador elevador 110V/220V

Variador de Velocidad: Es necesario reinstalar el variador de velocidad en el banco didáctico, como se muestra en la Fig 14, no se cuenta en los componentes del banco.



Fig. 14. No presencia del variador de frecuencia.

Transmisor Indicador de Temperatura Tipo Controlador PID: Este componente también se requiere, ya que no se presenta en el banco didáctico y es fundamental para el lazo de control de temperatura.

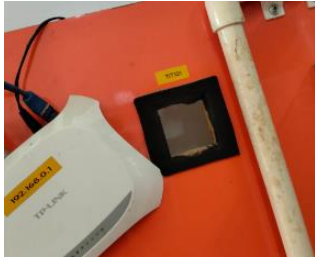


Fig. 15. No presencia del controlador PID de temperatura.

El diagnóstico del estado actual del banco didáctico subraya la necesidad inminente de un mantenimiento correctivo integral en todos los elementos mencionados. La restauración y optimización de estos componentes son cruciales para garantizar su funcionamiento confiable en futuras prácticas de laboratorio.

B. Mantenimiento Electromecánico a componentes del banco didáctico.

En el ámbito de la formación técnica en automatización industrial, la importancia del mantenimiento correctivo se pone de manifiesto en el proyecto de mejora del banco didáctico de variables de procesos industriales. Si bien el mantenimiento preventivo desempeña un papel esencial en la prolongación de la vida útil del equipo y la reducción de problemas previsibles, el mantenimiento correctivo juega un papel fundamental en la restauración y la respuesta eficiente a fallas imprevistas.

La operación continua del banco didáctico es esencial para la experiencia educativa de los estudiantes, y cualquier falla inesperada puede interrumpir significativamente el proceso de aprendizaje. En este contexto, el mantenimiento correctivo se convierte en un recurso vital para abordar y solucionar de manera efectiva los problemas que puedan surgir durante la operación del banco de procesos. Además, este enfoque permite al personal de mantenimiento adquirir experiencia en la identificación y resolución de fallas, lo que a su vez contribuye al fortalecimiento de las habilidades técnicas y conocimientos necesarios para la formación de profesionales en el ámbito electromecánico e industrial.

1) Selección y uso de materiales.

Para llevar a cabo el mantenimiento electromecánico en un enfoque correctivo, resulta fundamental la identificación y selección de materiales y herramientas adecuadas. En este proceso, se prioriza el uso de productos que cumplan con criterios esenciales (ver Fig.16), tales como durabilidad, alta calidad, seguridad para el personal involucrado y capacidad de prolongar la vida útil de los componentes del banco didáctico.



Fig. 16. Clasificación de productos químicos

En paralelo, la selección de herramientas se convierte en una etapa crítica, dado que se requiere la elección apropiada para realizar las fases de desmontaje, desarme, ensamblaje y montaje de los componentes del banco didáctico.

En consideración de lo expuesto, se ha procedido a la selección de los siguientes materiales, así lo muestra la Fig.17: pintura anticorrosiva, papel de lija de diferentes granulometrías, limpiadores de contactos eléctricos, desalojador de humedad, cepillo metálico, paños absorbentes, amarres plásticos y lubricantes.

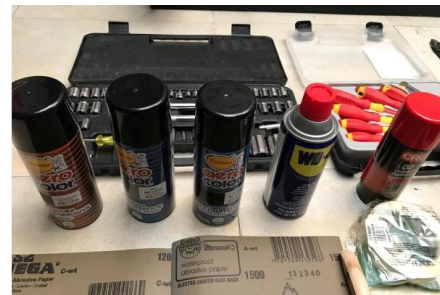


Fig. 17. Materiales utilizados en mantenimiento

En cuanto a las herramientas, en la Fig.18 se ilustra la herramienta empleada, entre ellos: juego de destornilladores, juego de copas, pelacables, multímetro, computadora portátil, cautín, material de soldadura, espátula, alicates, junto con otras herramientas menores necesarias para llevar a cabo con éxito el mantenimiento electromecánico.



Fig. 18. Herramienta utilizada para el mantenimiento electromecánico

Con la selección de los materiales y herramientas mencionados, se llevarán a cabo las actividades de mantenimiento en el banco didáctico. Es importante destacar que en el desarrollo de estas tareas es esencial el uso de equipos de protección personal, que incluyen, pero no se limitan a, guantes de seguridad, gafas de protección, ropa de trabajo adecuada y, en caso necesario, respiradores o mascarillas.

Además, se debe establecer una clara delimitación del área de trabajo destinada al mantenimiento, asegurando así la seguridad tanto del personal encargado de las labores como de los individuos presentes en el laboratorio. La señalización apropiada y la restricción del acceso son medidas esenciales para garantizar la integridad de todas las personas involucradas.

Es fundamental informar de manera previa al personal que utiliza el laboratorio acerca de las actividades que se llevarán a cabo en el banco didáctico, brindando detalles sobre el propósito y el alcance de las labores de mantenimiento. Esta comunicación efectiva contribuirá a la coordinación y al conocimiento general del proceso, fortaleciendo la seguridad y la eficiencia en la ejecución de las tareas.

2) *Desmante, limpieza y restauración.*

El proceso de mantenimiento se inicia mediante el desmontaje de componentes específicos del banco didáctico, empleando las herramientas previamente detalladas. Como paso inicial, se procede a la desconexión de los elementos eléctricos, que abarcan desde la acometida principal hasta la fuente de alimentación de 24VDC, pasando por las bobinas de los solenoides, el transformador elevador y los elementos de accionamiento.

Posteriormente, se lleva a cabo una minuciosa limpieza para eliminar el polvo y los puntos sulfatados que pudieran afectar el rendimiento de los elementos eléctricos. Asimismo, se organiza el cableado eléctrico del panel principal, se ajustan los puntos de conexión eléctrica y se procede a la reparación de la parada de emergencia, que presentaba un mal funcionamiento al no generar el enclavamiento necesario al ser accionada.

Entre las tareas realizadas, se destaca la conexión eléctrica del transformador elevador, el reemplazo de resistencias dañadas destinadas a la generación de calor, la limpieza de sensores analógicos de presión y nivel, así como la lubricación de las válvulas solenoides. También se efectuó una limpieza exhaustiva de los recipientes de almacenamiento. Cabe resaltar que en todo momento se observaron estrictas medidas de seguridad en la manipulación de sustancias químicas y herramientas, asegurando así la integridad del personal involucrado y la calidad del mantenimiento realizado.

Continuando con el proceso, se procede al desmontaje del tanque pulmón debido al deterioro encontrado en su pintura. Esta etapa tiene como objetivo la restauración de la superficie del tanque, garantizando su funcionalidad y durabilidad.

Posteriormente, se lleva a cabo el desmontaje de la electrobomba con el propósito de realizar una adecuada lubricación. Esta acción asegura el funcionamiento suave y eficiente de la electrobomba, contribuyendo a la prolongación de su vida útil y evitando futuros problemas de desgaste y rendimiento.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se presentarán de manera detallada y ordenada los resultados derivados del proceso de mantenimiento electromecánico. Esto comprenderá el análisis de los datos recolectados en la fase inicial de diagnóstico, las acciones llevadas a cabo durante el mantenimiento, así como la elaboración de los planos eléctricos y P&ID, que se consideran una parte esencial de las mejoras realizadas en el banco didáctico.

Adicionalmente, se llevará a cabo la verificación de la funcionalidad de cada uno de los elementos de accionamiento, indicación y medición presentes en el banco didáctico. Esto se realiza con el objetivo de asegurar que todos estos componentes operen de acuerdo con las especificaciones y requisitos preestablecidos.

A. *Verificación de funcionalidad de piezas restauradas.*

Una vez completado el mantenimiento y la sustitución de las partes necesarias en el banco didáctico, se procede a verificar la funcionalidad de cada uno de sus componentes. El propósito de esta verificación es validar que las condiciones operativas sean óptimas en las diferentes etapas y procesos del banco didáctico.

En primer lugar, se verifica la operatividad de la parada de emergencia, la cual se activa y enclava de manera normal, lo que garantiza un alto nivel de confiabilidad en términos de seguridad de procesos. En la Fig. 19, se ilustra el botón parada de emergencia restaurado y en condiciones para permitir su enclavamiento.



Fig. 19. Parada de emergencia restaurada

Luego, se procede a la verificación de los sensores tipo switch, incluyendo los sensores horizontales de nivel y el presostato. Estos sensores se activan e indican su funcionamiento mediante la iluminación, lo que permite al operador visualizar el comportamiento y las condiciones en las que trabaja el banco didáctico.



Fig. 20. Switch horizontal de nivel restaurado

Se verifica el funcionamiento de las electroválvulas solenoides, las cuales responden adecuadamente a la señal eléctrica de 110V para su apertura y cierre. Esto confirma que las electroválvulas están operando de manera efectiva y cumplen con su función de control de flujo en el sistema. En la Fig.20, se muestran las válvulas solenoides LV-101A y LV-101B después de su respectivo mantenimiento.

Se lleva a cabo una validación del funcionamiento del transformador elevador, asegurando que a su entrada ingresen 110V AC y, en su salida, genere 220V AC. Esto se realiza con el propósito de alimentar el variador de frecuencia y accionar la bomba según las demandas operativas del momento.



Fig. 21. Pruebas de funcionamiento transformador/variador

Adicionalmente, se instala un controlador PID de temperatura con una termocupla tipo J ubicada en el recipiente elevado. Esto permite el control de las resistencias de acuerdo con la configuración del set de temperatura programado.



Fig. 22. Prueba de funcionalidad del controlador de temperatura y PID

Seguido, se procede a la instalación y configuración de un nuevo variador de frecuencia, dando que el antiguo se descompuso. Antes de su instalación, se lleva a cabo la limpieza adecuada, y se configura utilizando señales analógicas y digitales emitidas por un potenciómetro y una salida digital del PLC, respectivamente.



Fig. 23. Variador de frecuencia CIMR-J7AA20P2 YASKAWA

Por último, se presenta de manera general la restauración del tanque pulmón, donde se observa el cambio derivado de una limpieza, restauración de pintura y organización de sus partes (ver Fi. 24).



Fig. 24. Tanque pulmón restaurado

Esto genera un grado alto de confianza, dado que las partes que componen el pulmón se encuentran en óptimas condiciones para la seguridad de las practicas futuras que se quieran realizar

B. Plano eléctrico y P&ID como mejora del banco didáctico.

En el contexto de la mejora continua del banco didáctico, se llevó a cabo la elaboración de un plano eléctrico y un diagrama de tuberías e instrumentación (P&ID) con el fin de optimizar la infraestructura y garantizar un funcionamiento eficiente y seguro. Estos planos se desarrollaron tomando como punto de partida el montaje existente del banco didáctico.

1) Plano eléctrico.

El plano eléctrico se creó para documentar y visualizar de manera precisa la distribución eléctrica en el banco didáctico. Este incluye detalles como la ubicación de los componentes eléctricos, la disposición de los conductores, la conexión de los equipos y los dispositivos de protección.

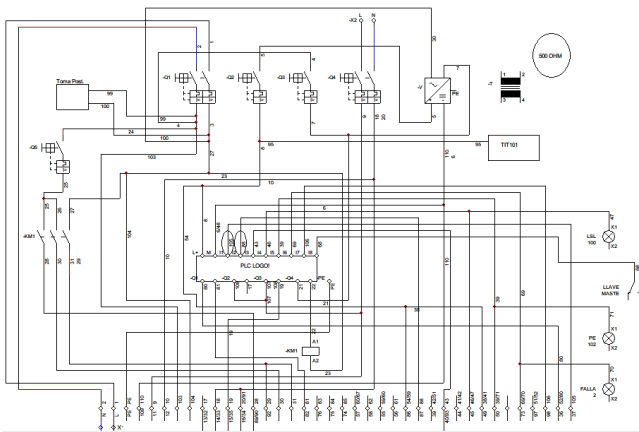


Fig. 25. Plano eléctrico banco didáctico

El plano de la Fig. 25, permitirá una gestión más eficiente de la energía eléctrica, garantizando un funcionamiento seguro y confiable del banco didáctico. Ver anexo A.

2) Plano P&ID

El P&ID se desarrolló con el objetivo de representar de manera gráfica y detallada el sistema de tuberías, válvulas, instrumentación y conexiones de fluidos en el banco didáctico (ver Fig.26). Este diagrama es esencial para comprender el funcionamiento de los procesos en el banco, identificar puntos críticos de control y facilitar el mantenimiento y la resolución de problemas. Al basarse en el montaje existente, se asegura una representación precisa de la configuración actual del banco didáctico. Ver Anexo B.

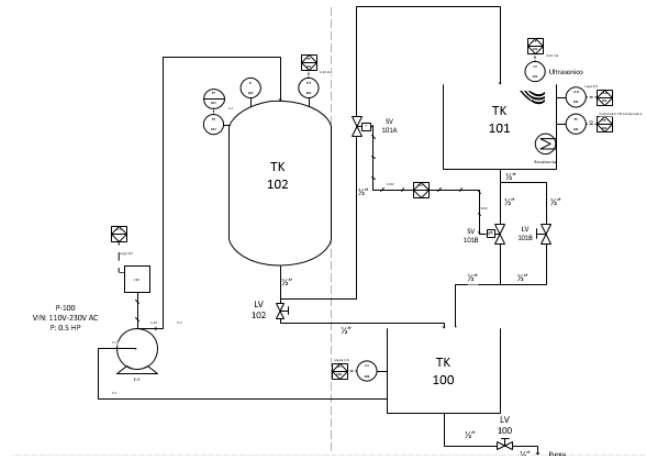


Fig. 26. Plano P&ID del banco didáctico

Estos planos servirán como herramientas esenciales para el mantenimiento, la capacitación y la operación eficiente del banco didáctico, contribuyendo así a su continua mejora y adecuación a las necesidades educativas y prácticas.

Con la implementación de estos planos, se busca fortalecer la base del banco didáctico, asegurando su funcionamiento óptimo y su capacidad de proporcionar un entorno de aprendizaje de calidad en el ámbito de la educación e investigación.

C. Condiciones operativas actuales del banco didáctico.

El presente informe técnico documenta el proceso de mantenimiento integral llevado a cabo en el banco didáctico, con el propósito de asegurar su óptimo estado operativo. Este esfuerzo riguroso ha involucrado una serie de actividades detalladas, cada una diseñada para mejorar la confiabilidad, seguridad y eficiencia del banco didáctico, así como para extender su vida útil.

1) Resumen de Actividades de Mantenimiento:

Inspección y Calibración Precisa: Se efectuó una inspección minuciosa de cada componente del banco didáctico para identificar posibles desviaciones y problemas. Luego, se procedió a calibrar y ajustar todos los

instrumentos y sensores, garantizando mediciones precisas y confiables.

Limpieza y Lubricación Detallada: Se aplicaron procedimientos de limpieza exhaustivos para eliminar cualquier acumulación de suciedad, polvo o contaminantes en componentes mecánicos y eléctricos. Además, se realizó una lubricación adecuada para optimizar el funcionamiento de piezas móviles y reducir el desgaste.

Reemplazo de Componentes Desgastados: Aquellos componentes que mostraban signos de desgaste o daño fueron sustituidos por unidades nuevas y de alta calidad, lo que aseguró la integridad y la seguridad del banco didáctico.

En la Fig.27, se ilustra de manera general, el resultado de las actividades de estrategia de mantenimiento al banco.



Fig. 27. Presentación del resultado del mantenimiento al banco didáctico

Reorganización y Aseguramiento del Cableado: Se llevó a cabo un proceso de reorganización y aseguramiento del cableado eléctrico para mejorar la estabilidad de las conexiones y reducir los riesgos de cortocircuitos o problemas de conductividad (ver Fig. 28).



Fig. 28. Presentación del resultado de organización del cable en el panel de control

Mantenimiento de Sistemas de Seguridad: Se efectuaron inspecciones y se realizó el mantenimiento de sistemas de seguridad, como interruptores de emergencia, sistemas de frenado y dispositivos de protección. Esto garantiza un ambiente de trabajo seguro para quienes interactúan con el banco didáctico.

2) *Resultados y estado operativo óptimo:*

Tras completar estas actividades de mantenimiento, el banco didáctico ha alcanzado un estado operativo óptimo. Los beneficios derivados de este proceso son notables:

Confianza en el Funcionamiento: Todos los componentes del banco didáctico operan en condiciones óptimas, lo que garantiza un funcionamiento fiable y predecible.

Seguridad Mejorada: La verificación y el mantenimiento de sistemas de seguridad minimizan riesgos potenciales y aseguran un entorno de trabajo seguro.

Eficiencia y Precisión: La calibración de instrumentos y la limpieza de componentes mejoran la eficiencia y la precisión de las mediciones y operaciones realizadas en el banco didáctico.

Durabilidad Asegurada: La sustitución de componentes desgastados y el mantenimiento preventivo garantizan una vida útil prolongada de los equipos.

3) *Revisión y programación de la lógica de control PLC.*

El Siemens LOGO! 8 12/24RCE (6ED1 052-1MD00-0BA7) es un controlador lógico programable (PLC) diseñado y fabricado por Siemens AG para aplicaciones de automatización industrial y control de procesos (VER Fig. 29). Este dispositivo, perteneciente a la familia LOGO! de Siemens [14].

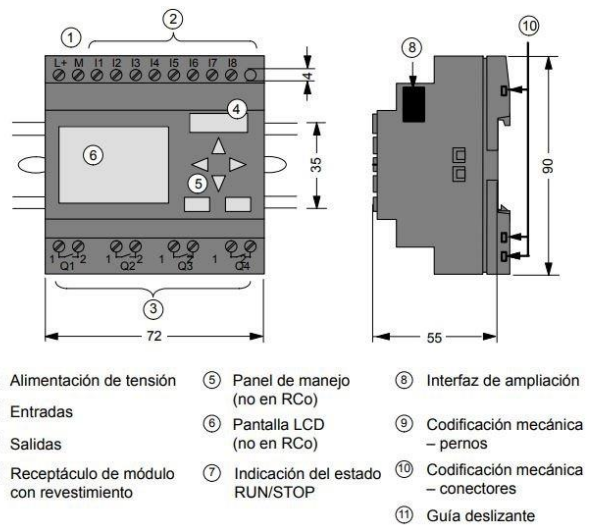


Fig. 29. Estructura LOGO! 12/24RCE 6ED1052-1MD00-0BA7

El controlador, basado en una arquitectura de microcontrolador con un procesador de alto rendimiento, puede ejecutar lógica de control compleja y operar en un rango de tensiones de 12 a 24 voltios en corriente continua. Su diseño compacto y modular facilita la integración en sistemas de control distribuido, brindando flexibilidad en la implementación de soluciones de automatización. Con diversas entradas y salidas digitales, incluyendo entradas analógicas, es versátil para aplicaciones desde el control de máquinas simples hasta sistemas complejos. Las interfaces de comunicación, como puertos Ethernet y RS485, permiten la conectividad y la integración en redes industriales [14].

La información técnica detallada se presenta en la Tabla II.

Tabla II

<i>LOGO! 12/24RCE 6ED1 052-1MD00-0BA7</i>	
Característica	Valor
Display	Sí
Diseño/montaje	Montaje sobre perfil normalizado de 35 mm, 6 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
- 12 V DC	Sí
- 24 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	10,8 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Hora	
Programadores horarios	
- Cantidad	333
- Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
No. de entradas digitales	8; de ellas, 4 aptas como E analógicas (0 a 10 V)
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
- con carga inductiva, máx.	3 A
- con carga resistiva, máx.	10 A
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
- mín.	0 °C
- máx.	55 °C
Dimensiones	
Ancho	107 mm
Altura	90 mm
Profundidad	55 mm

Tomada de [14].

La programación del LOGO! 12/24RCE se realiza mediante el entorno de desarrollo LOGO! Soft Comfort, que

ofrece una interfaz gráfica intuitiva para la creación de programas de control. Este entorno de programación es compatible con lenguajes de programación estándar de la industria, como diagrama de bloques de función (FBD) y lenguaje de escalera (LADDER), facilitando la implementación de la lógica de control específica de la aplicación.

4) Revisión y programación de la lógica de control PLC.

Se lleva a cabo la revisión del controlador lógico programable, iniciando con la recuperación del archivo de respaldo (backup) que contiene un proyecto que no se ajusta a la configuración básica de seguridad del banco didáctico.

Procedemos a desarrollar una nueva lógica de programación que incorpora las condiciones mínimas de seguridad del banco didáctico. Estas condiciones son las siguientes:

- La parada de emergencia debe deshabilitar el funcionamiento del banco en cualquier punto del proceso, pudiendo reanudar las funciones únicamente al desenclavar la parada de emergencia y cumplir con otras condiciones.
- El nivel del tanque TK-100 debe ser monitoreado por el interruptor horizontal de nivel LSL-100, indicando que se ha alcanzado el nivel mínimo para cumplir con otra de las condiciones de arranque de la bomba.
- La detección del nivel del tanque TK-101 a través del interruptor horizontal de nivel LSH-101 señala que el tanque está lleno, deteniendo la operación de la bomba y activando la apertura de la electroválvula SV-101B.
- La activación del interruptor de presión PE-102 indica que la presión en el tanque pulmón TK-102 ha alcanzado el máximo permitido, deteniendo la operación de la bomba y activando la apertura de la electroválvula SV-101A.

Estas condiciones representan medidas mínimas de seguridad y prevalecen ante cualquier eventualidad durante las pruebas de los componentes.

A continuación, en la Fig. 30 se ilustra la arquitectura de la programación de la lógica del PLC LOGO!, esto representa las entradas y salidas digitales, condiciones de operación de la seguridad básica que se debe de establecer en la funcionalidad del banco didáctico.

La lógica de programación se realiza en el entorno de desarrollo LOGO SOFT, software de la marca SIEMENS y que permite simular en tiempo real los datos obtenidos.

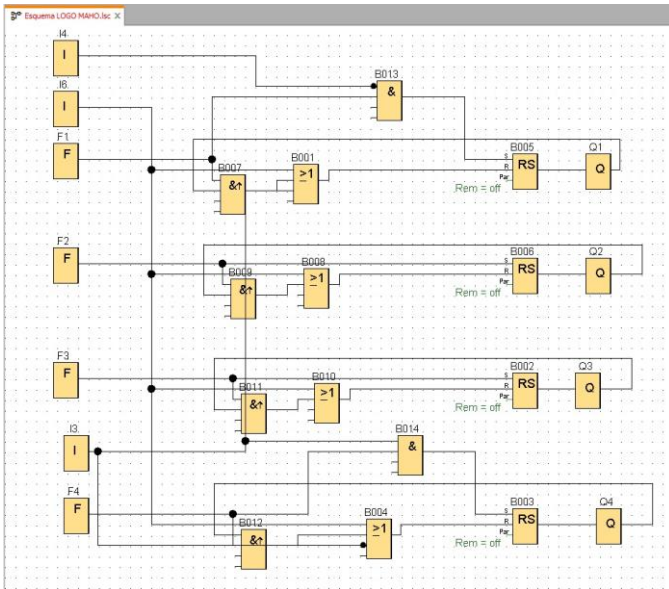


Fig. 30. lógica de programación PLC LOGO!

VI. CONCLUSIONES

El proceso de mantenimiento y mejora implementado en el banco didáctico ha culminado en una optimización exhaustiva de su funcionalidad operativa. La combinación de acciones, como la recalibración precisa de instrumentos, el reemplazo estratégico de componentes desgastados y las mejoras en la lógica de control PLC, ha contribuido significativamente a lograr un rendimiento óptimo del sistema. Los resultados obtenidos reflejan un aumento en la confiabilidad y la coherencia del banco en diversas condiciones operativas.

La revisión minuciosa de los sistemas de seguridad ha redundado en un fortalecimiento notable de la seguridad y fiabilidad del banco didáctico. La implementación de condiciones mínimas de seguridad, como la capacidad de deshabilitar el funcionamiento mediante la parada de emergencia, el monitoreo preciso de niveles de tanque y la respuesta adecuada a condiciones críticas, aseguran un entorno de trabajo más seguro. Estas medidas se traducen en una rápida y efectiva respuesta ante cualquier eventualidad durante las operaciones.

La atención detallada a la limpieza y lubricación de componentes, junto con la recalibración precisa de instrumentos, ha generado mejoras sustanciales en la eficiencia y precisión de las mediciones realizadas en el banco didáctico. Estas acciones no solo han elevado la calidad de los datos obtenidos, sino que también han contribuido a la prolongación de la vida útil de los equipos involucrados, asegurando así una operación continua y confiable.

La generación de documentación, abarcando planos eléctricos y P&ID, ha cimentado una base sólida para la gestión eficiente del banco didáctico. Estos documentos no

solo sirven como referencia integral para el diagnóstico y resolución de problemas, sino que también proporcionan una guía precisa y completa para futuras mejoras y expansiones en el sistema. La documentación facilita un mantenimiento proactivo, asegurando que el banco permanezca en un estado operativo óptimo a lo largo del tiempo.

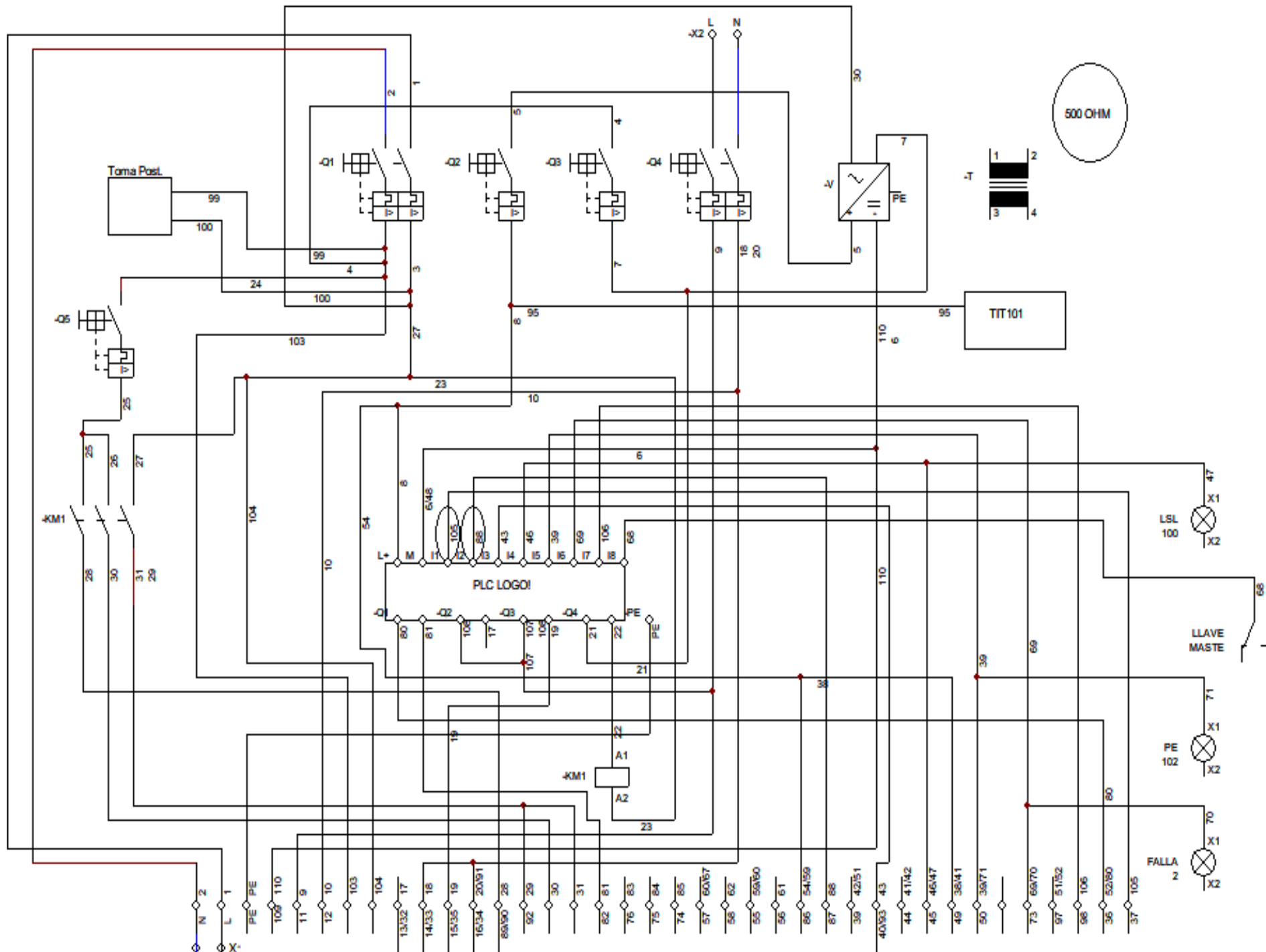
BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Smith y B. Jones, Impact of Equipment Deterioration on Technical Education, Journal of Technical Education, 2017.
- [2] C. Garcia, E. Martinez y R. Lopez, Importance of Preventive Maintenance in Industrial Equipment, International Journal of Industrial Engineering, 2019.
- [3] R. Ramanathan y V. Narayanan, Industrial Automation for Process Optimization, International Journal of Automation and Control, 2020.
- [4] A. Garcia, : El análisis y valoración de equipos electromecánicos constituye una faceta esencial en el ámbito de la ingeniería y la formación técnica., 2022.
- [5] L. Brown y R. Turner, In-Depth Analysis of Electromechanical Systems: Detecting Wear, Deterioration, and Potential Performance Issues., 2021.
- [6] H. Mitchell, Comprehensive Approach to Electromechanical Systems: Integrating Preventive Maintenance for Efficient Operation., International Journal of Engineering Maintenance., 2020.
- [7] H. Williams, Preservation of Electromechanical Equipment: Strategies for Optimal Performance and Extended Lifecycle., Journal of Asset Management in Engineering., 2019.
- [8] P. Fernández y M. Sanchez, Mantenimiento Preventivo de Equipos Electromecánicos: Estrategias para Minimizar Averías y Prolongar la Vida Útil., Ingeniería y Gestión de Activos., 2022.
- [9] P. Rodriguez y M. Navarro, Programación y Ejecución del Mantenimiento Preventivo: Inspecciones, Ajustes y Sustituciones Planificadas., Revista de Ingeniería de Mantenimiento Industrial., 2018.
- [10] L. Morales y P. Martin, Estrategias de Mantenimiento Preventivo para Equipos

Electromecánicos: Inspección Visual, Limpieza, Lubricación, Ajustes y Pruebas Funcionales., 2019.

- [11] E. Sevilla Juarez y C. E. Escobar Toledo, La Eficiencia de la Planeación del Mantenimiento Preventivo y los Métodos Multicriterio: Estudio de un Caso, Ciudad de Mexico: Scielo, 2008.
- [12] J. Crocker y U. D. Kumar, "Age-related maintenance versus reliability centered maintenance: a case study on aero-engines, Reliability Engineering and System Safety, 2000.
- [13] A. T. Almedia y G. Bohoris, Decision theory in maintenance decision making, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2005.
- [14] SIEMENS, LOGO! Manual de sistema, Nürnberg: Copyright © Siemens AG 2022, 2022.

ANEXO A. PLANO ELECTRICO BANCO DIDACTICO DE VARIABLES DE PROCESOS INDUSTRIALES



ANEXO B. PLANO P&ID BANCO DIDACTICO DE VARIABLES DE PROCESOS INDUSTRIALES

