

Mejoramiento y mantenimiento electromecánico del banco de pruebas de ensayos a torsión, para prácticas en el laboratorio de la UAN sede Villavicencio.

¹Laura Marcela Lopez Rueda ²Jeferson Julian Suarez Torres

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica, Universidad Antonio Nariño

Villavicencio-Meta, Colombia

¹lalopez79@uan.edu.co

²jesuarez18@uan.edu.co

Director: Alberto Villarraga Baquero

avillarriaga@uan.edu.co

Resumen - El proyecto consiste en realizar un mejoramiento y mantenimiento electromecánico del banco de pruebas de ensayos a torsión utilizado en el laboratorio de la Universidad Antonio Nariño - sede Villavicencio, con el fin de garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil, además, con la intención de mejorar las prácticas de laboratorio de los estudiantes y facilitar la investigación en el campo de la mecánica de materiales. Esta actualización permitirá realizar ensayos más precisos y eficientes en el laboratorio mediante la realización de un mantenimiento electromecánico, la sustitución de piezas y componentes dañados, además, la implementación de una interfaz gráfica para visualizar los resultados de los ensayos, y la generación de diagramas eléctricos para facilitar el uso del equipo por parte de los estudiantes y docentes. Esto traduce en una mejor formación para los estudiantes y en una mayor calidad en los resultados obtenidos en las investigaciones que se realizan en la UAN. En definitiva, se trata de una intervención e inversión que aporta valor y mejora la capacidad del laboratorio para seguir formando a los futuros profesionales.

Palabras claves: Torsión, banco de pruebas, PLC, mantenimiento, mejoramiento, HMI, electromecánica.

Abstract - The project consists of improving and performing electromechanical maintenance on the torsion test bench used in the laboratory of Antonio Nariño University - Villavicencio campus, in order to guarantee its correct functioning and prolong its useful life. Additionally, the intention is to improve laboratory practices for students and facilitate research in the field of materials mechanics. This update will allow for more precise and efficient tests in the laboratory through electromechanical maintenance, replacement of damaged parts and components, implementation of a graphical interface to visualize test results, and generation of electrical diagrams to facilitate equipment use by students and teachers. This translates into better training for students and higher quality results in the research carried out at UAN. Ultimately, this is an

intervention and investment that adds value and improves the laboratory's ability to continue training future professionals

Keywords: Torsion, test bench, PLC, maintenance, improvement, electromechanical.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, ha habido un progreso en el área del mantenimiento industrial. Anteriormente, se consideraba simplemente como un centro de costes, pero ahora se reconoce que es un centro de beneficios. Esto se debe a que las actividades de mantenimiento son valiosas al prevenir otros costes asociados con el mal funcionamiento de los equipos productivos, como la pérdida de producción debido a la indisponibilidad. Por lo tanto, es importante reconocer el valor del mantenimiento en la industria para aprovechar al máximo los equipos. Para lograr altos niveles de disponibilidad y confiabilidad a un costo mínimo, las empresas deben optimizar la función de mantenimiento mediante la combinación de estrategias correctivas, preventivas y predictivas [1].

La Universidad Antonio Nariño, sede Villavicencio, se encuentra comprometida con la formación de excelencia y la promoción de la investigación en el campo de la mecánica de materiales. En este sentido, se ha planteado un importante proyecto de mejoramiento y mantenimiento electromecánico del banco de pruebas de ensayos a torsión, ubicado en el laboratorio de la institución. El objetivo principal de esta iniciativa es garantizar el correcto funcionamiento del equipo, prolongar su vida útil y proporcionar a los estudiantes un entorno de aprendizaje óptimo y a los investigadores las herramientas necesarias para desarrollar investigaciones de calidad.

El banco de pruebas de ensayos a torsión es una herramienta fundamental en el laboratorio de la Universidad Antonio Nariño, ya que permite realizar pruebas y análisis

en materiales sometidos a esfuerzos de torsión. Sin embargo, debido al desgaste y el uso continuo, se ha identificado la necesidad de llevar a cabo una intervención integral que mejore su estado y funcionalidad. Este proyecto no solo incluye el mantenimiento electromecánico del equipo, sino también la sustitución de piezas y componentes dañados, así como la implementación de nuevas características que facilitarán su uso y la interpretación de los resultados obtenidos.

La importancia de este proyecto radica en su impacto directo en la calidad de la formación de los estudiantes y en la excelencia de las investigaciones llevadas a cabo en la institución. Al contar con un banco de pruebas en óptimas condiciones y con características mejoradas, se proporcionará a los estudiantes un entorno de aprendizaje enriquecido y facilitará su comprensión de los conceptos y principios de la mecánica de materiales. Asimismo, se fortalecerá la capacidad del laboratorio para llevar a cabo investigaciones innovadoras y de alta calidad, contribuyendo así al avance científico en este campo.

II. MARCO TEÓRICO.

A. Diagnóstico y evaluación de equipos electromecánicos.

Los procesos de diagnóstico y evaluación de equipos electromecánicos son muy importantes en el ámbito de la ingeniería y la gestión de mantenimiento. Estas actividades se llevan a cabo con el propósito de obtener una comprensión clara y precisa del estado actual de los equipos, detectar posibles problemas o fallos, y determinar las acciones necesarias para asegurar su correcto funcionamiento [2].



Fig. 1. Recopilación de datos, mantenimiento basado en condición-mecánica.

El diagnóstico implica la recopilación y análisis de información relevante sobre el equipo, como su historial de mantenimiento, datos operativos y registros de averías anteriores, (en la “Fig. 1” se ilustra la recolección de datos de pruebas a un equipo electromecánico). Mediante inspecciones visuales, pruebas de funcionamiento y

mediciones de parámetros específicos, se busca obtener una visión completa del estado actual del equipo [3].

Por su parte, la evaluación se basa en los resultados del diagnóstico y se centra en un análisis detallado de cada componente y sistema del equipo. Su objetivo principal es identificar posibles problemas o deficiencias, evaluar el rendimiento de los sistemas, verificar la calibración y precisión de los instrumentos de medición, y determinar la integridad estructural y funcional del equipo [2].

Para llevar a cabo el diagnóstico y la evaluación se emplean diversas técnicas y herramientas, como inspecciones visuales, pruebas de rendimiento, mediciones eléctricas, análisis de vibraciones, termografía, pruebas de resistencia y pruebas de carga. Además, se utilizan instrumentos de medición y equipos especializados con el fin de obtener datos precisos y confiables [3].

Es importante destacar que el diagnóstico y la evaluación no se limitan únicamente a la detección de fallas o problemas existentes, sino que también buscan identificar áreas de mejora y oportunidades de optimización. Esto permite implementar acciones preventivas y correctivas para minimizar el riesgo de fallas y maximizar la eficiencia y confiabilidad de los equipos en cuestión.

B. Mantenimiento de equipos electromecánicos.

El mantenimiento de equipos electromecánicos es esencial para garantizar su funcionamiento óptimo y prolongar su vida útil. Incluye actividades como inspección, limpieza, lubricación, ajuste, reparación y reemplazo de componentes. El objetivo principal es prevenir fallas, mejorar el rendimiento y garantizar la seguridad operativa. Se utilizan estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, junto con herramientas y técnicas especializadas. Los registros y sistemas de seguimiento se emplean para documentar las intervenciones y facilitar la toma de decisiones [4].

1) Mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento preventivo de equipos electromecánicos se refiere a un conjunto de actividades planificadas y sistemáticas realizadas en un equipo o sistema electromecánico para evitar fallas y asegurar su funcionamiento óptimo. El objetivo principal del mantenimiento preventivo es prevenir o minimizar las averías y los tiempos de inactividad no planificados, al tiempo que se prolonga la vida útil del equipo [5].

El mantenimiento preventivo implica realizar inspecciones regulares, ajustes, lubricaciones, reemplazo de piezas desgastadas y otras tareas de mantenimiento programadas de manera anticipada. Estas actividades se llevan a cabo de acuerdo con un calendario establecido, basado en la experiencia previa, las recomendaciones del fabricante y las condiciones de operación del equipo [6].

Algunas de las actividades comunes realizadas durante el mantenimiento preventivo de equipos electromecánicos (ver Fig. 2) incluyen:

- **Inspección visual:** Se realiza una revisión visual detallada del equipo para detectar posibles signos de desgaste, corrosión, daños o cualquier otro problema evidente.
- **Limpieza:** Se limpian los componentes y partes del equipo para eliminar la acumulación de suciedad, polvo o residuos que puedan afectar su rendimiento.
- **Lubricación:** Se aplican lubricantes adecuados en los puntos de lubricación designados para garantizar un funcionamiento suave de los componentes móviles y reducir el desgaste.
- **Ajustes y calibraciones:** Se verifican y ajustan los parámetros, ajustes o calibraciones necesarios para asegurar el rendimiento óptimo del equipo.
- **Reemplazo de piezas desgastadas:** Se sustituyen las piezas que se han desgastado o que se encuentran fuera de los límites aceptables de funcionamiento.
- **Pruebas funcionales:** Se realizan pruebas de funcionamiento para asegurarse de que el equipo opera correctamente y cumple con las especificaciones establecidas.



Fig. 2. Mantenimiento preventivo en equipos electromecánicos.

El mantenimiento preventivo es una estrategia importante para minimizar las interrupciones no planificadas y los costos asociados con las reparaciones y reemplazos mayores. Ayuda a evitar el deterioro progresivo del equipo y a identificar problemas antes de que se conviertan en fallas graves. Al realizar estas actividades de manera regular, se puede mantener un alto nivel de confiabilidad y eficiencia en los equipos electromecánicos [4].

2) *Mantenimiento correctivo.*

El mantenimiento correctivo de equipos electromecánicos se refiere a las acciones que se toman para reparar un equipo o sistema electromecánico después de que ha ocurrido una falla o avería. A diferencia del mantenimiento preventivo, que se realiza de manera programada para prevenir problemas, el mantenimiento correctivo se lleva a cabo en respuesta a una situación de emergencia o cuando un equipo ya no funciona correctamente [5].

El mantenimiento correctivo implica identificar y diagnosticar la causa de la falla, realizar las reparaciones necesarias y restablecer el equipo a su funcionamiento normal. Este tipo de mantenimiento se basa en intervenciones reactivas y se lleva a cabo después de que se haya producido un problema. Puede incluir acciones como la sustitución de piezas dañadas (por ejemplo, la “Fig. 3”), la reparación de componentes, el restablecimiento de conexiones eléctricas o cualquier otra tarea necesaria para solucionar la falla y poner en marcha el equipo nuevamente [7].



Fig. 3. Mantenimiento correctivo, cambio de piezas de un motor mecánico.

Tabla I

Beneficios del Mantenimiento Preventivo vs Correctivo		
Beneficios del Mantenimiento	Preventivo	Correctivo
Reducción de fallas y averías	✓	✓
Mayor confiabilidad y disponibilidad del equipo	✓	✓
Mayor vida útil del equipo	✓	✓
Reducción de tiempos de inactividad no planificados	✓	X
Mejor planificación y programación de tareas de mantenimiento	✓	X
Menores costos de reparación	✓	X
Optimización del consumo de recursos (energía, materiales)	✓	X
Mayor seguridad en la operación	✓	X
Mayor conocimiento y comprensión del estado del equipo	X	X
Detección temprana de fallas	X	X

Tomada de [7]

Es importante destacar que, si bien el mantenimiento correctivo es necesario para solucionar problemas inmediatos, puede tener ciertas desventajas. Las reparaciones pueden ser costosas y llevar tiempo, especialmente si se requiere la adquisición de piezas de repuesto. Además, el tiempo de inactividad del equipo puede afectar la productividad y generar interrupciones en la operación normal.

III. OBJETIVOS

A. General.

Mejorar y mantener el banco de pruebas de ensayos a torsión para prácticas en el laboratorio de la Universidad Antonio Nariño-sede Villavicencio.

B. Específicos.

- Realizar un diagnóstico completo del estado actual del banco de pruebas, incluyendo la evaluación del sistema de control, la electrónica, los componentes mecánicos, la calibración y la precisión de la instrumentación.
- Realizar un mantenimiento electromecánico al banco de pruebas de ensayos a torsión para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. Implementar una interfaz gráfica de usuario (HMI) en el banco de pruebas de ensayos a torsión, para visualizar de manera clara y fácil de interpretar los datos y resultados de los ensayos, y permitir el control de la máquina.
- Realizar pruebas de funcionamiento en el banco de pruebas para verificar que los ajustes y reparaciones realizados hayan corregido los problemas detectados en el diagnóstico y que el banco de pruebas esté en óptimas condiciones para su uso en ensayos de torsión

IV. MANTENIMIENTO Y MEJORAS DEL BANCO DE PRUEBAS DE ENSAYOS A TORSIÓN.

Además, la implementación de mejoras tecnológicas, como una pantalla HMI, puede ayudar a optimizar el control de los ensayos y mejorar la eficiencia en la interacción con el usuario

A. Diagnóstico y planificación para el mantenimiento del banco de pruebas de ensayos a torsión.

Esta etapa implica realizar una evaluación del estado actual del banco de pruebas (ver Fig. 4) para identificar sus fortalezas y debilidades, y establecer las áreas de mejora. Se analizan los componentes mecánicos, eléctricos y de software (PLC).



Fig. 4. Banco de pruebas de ensayos a torsión ubicado en el laboratorio de electromecánica de la universidad Antonio Nariño-Sede Villavicencio.

1) Diagnóstico y estado actual.

El diagnóstico inicial del banco de pruebas de ensayos a torsión reveló que el motor trifásico (ver Fig. 5) se encuentra en buen estado eléctrico y es capaz de arrancar correctamente.



Fig. 5. Motor trifásico, componente del banco de pruebas de ensayos a torsión

Sin embargo, se observó que el sistema de control de la máquina presenta deficiencias, lo que puede afectar su operación y generar riesgos potenciales de seguridad.

Se requiere un mantenimiento electromecánico del banco de pruebas para su correcto funcionamiento. Es fundamental restaurar el sistema de control (ver Fig. 6) y operación de la máquina para garantizar la seguridad de los operarios y el correcto desarrollo de las pruebas a torsión. Para ello, se deben realizar las acciones necesarias para reparar o reemplazar los elementos defectuosos del sistema de control, incluyendo el PLC, pulsadores y demás mecanismos que puedan afectar su funcionamiento.



Fig. 6. Gabinete del sistema de control del banco de pruebas de ensayos a torsión, presenta deterioro al interior y exterior y componentes faltantes.

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

El banco de pruebas de ensayos a torsión presenta un estado de conservación deficiente y carece de mantenimiento. Se observó oxidación en algunas partes (ver Fig. 7), lo que puede afectar su durabilidad y desempeño a largo plazo. Además, el cableado eléctrico se encuentra desorganizado, lo que dificulta el mantenimiento y la identificación de fallos eléctricos.



Fig. 7. Oxidación en piezas mecánicas, no permite el libre movimiento de las piezas.

Las piezas mecánicas del banco no han recibido lubricación en un tiempo considerable, lo que puede afectar su eficiencia y generar desgaste prematuro. Se hace necesaria la realización de un mantenimiento preventivo a estas piezas para garantizar su correcto funcionamiento.

El banco de pruebas de ensayos a torsión no cuenta con un documento de planimetría mecánica o eléctrica, lo que dificulta su mantenimiento y reparación. Se recomienda la elaboración de un documento de planimetría para facilitar la identificación de los componentes y su correcta instalación.

El circuito de acondicionamiento de la señal de la celda de carga se encuentra dañado, lo que puede afectar la precisión de los ensayos a torsión realizados en el banco. Es necesario reemplazar este circuito para garantizar la calidad y precisión de los ensayos.



Fig. 8. Interior gabinete del sistema de control, no contempla planimetría eléctrica, se encuentra desorganizado y carece de algunos elementos.

Algunos componentes importantes del banco, como los pulsadores y la pantalla de visualización de datos, han sido retirados del mismo (ver Fig. 8). La falta de estos elementos puede dificultar su operación y análisis de resultados. Se recomienda la adquisición e instalación de los componentes faltantes para su correcto funcionamiento.

B. Mantenimiento Electromecánico.

El mantenimiento electromecánico es esencial para garantizar el correcto funcionamiento, durabilidad y seguridad de los equipos, como es el caso del banco de pruebas de ensayos a torsión. Este tipo de mantenimiento involucra tanto la parte eléctrica como la mecánica, por lo que se debe realizar un análisis exhaustivo del estado de los componentes y sistemas que conforman el equipo. Esto permite identificar problemas o fallos y corregirlos mediante acciones preventivas y correctivas, que incluyen la limpieza, lubricación, reparación o sustitución de piezas dañadas o desgastadas.

1) Desmontaje.

El desmontaje del banco de pruebas de ensayos a torsión se lleva a cabo con herramientas especializadas, como llaves de mano, copas y cortacables, para lograr un desmontaje completo y realizar el mantenimiento necesario (ver Fig. 9).



Fig. 9. Herramienta utilizada para el desmontaje del banco.

En primer lugar, se desconectan todos los componentes eléctricos (ver Fig. 10) del banco y luego se procede a retirar los componentes mecánicos.



Fig. 10. Desmontaje de componentes eléctricos al interior del gabinete de potencia y control.

Posteriormente, se retira el gabinete de control del banco y se desconectan todos los componentes que lo conforman. Se lleva a cabo una revisión exhaustiva del PLC para asegurarse de que esté en buen estado eléctrico. A continuación, se procede a desmontar los elementos de potencia, como contactores, pulsadores, pilotos, fuente de poder y el circuito de acondicionamiento de la señal de la celda de carga (ver Fig. 11). Es importante destacar que durante este proceso se realiza una inspección minuciosa para identificar cualquier daño o problema que requiera reparación o sustitución.



Fig. 11. Desmontaje y verificación de los componentes del sistema de control.

Una vez desconectados todos los componentes eléctricos, se retiran las piezas mecánicas, como el eje de torsión, las placas,

cadena, las guías de deslizamiento y el motor de accionamiento (ver Fig. 12).



Fig. 12. Desmontaje de piezas mecánicas del banco.

Estas piezas deben ser inspeccionadas cuidadosamente para determinar si están dañadas o desgastadas, y si es necesario, realizar su reparación o sustitución.

2) Limpieza, reparación, pintura y lubricación de piezas.

La limpieza, reparación, pintura y lubricación de piezas mecánicas son actividades fundamentales dentro del mantenimiento electromecánico, ya que permiten mantener en óptimas condiciones los equipos y maquinarias, prolongando su vida útil y mejorando su rendimiento [4]. La limpieza y reparación de piezas mecánicas ayuda a prevenir el desgaste prematuro y la aparición de fallos y averías, mientras que la aplicación de pintura y anticorrosivos protege las superficies metálicas de la oxidación y el deterioro [5]. Además, la lubricación adecuada de los componentes móviles permite reducir la fricción y el desgaste, disminuir el consumo energético y evitar daños y roturas en las piezas mecánicas.

Se utilizaron diversas herramientas y productos (ver Fig. 13). Entre los productos destacan: pintura, anticorrosivo, lija gruesa y delgada, lubricador WD-40 y cinta de enmascarar para cubrir las partes durante el proceso de pintado. Además, se utilizó un cepillo metálico y una espátula para remover los residuos y óxido de las piezas mecánicas. Los trapos de tela se utilizaron para limpiar y secar las piezas durante y después del proceso de lijado y pintado. Cabe destacar que la selección y uso adecuado de estos productos y herramientas es esencial para garantizar la calidad y durabilidad del mantenimiento realizado en el banco de pruebas.



Fig. 13. Kit de productos para el mantenimiento electromecánico.

Se realizó un proceso de lijado para remover el óxido presente en las piezas, lo que permitió una mejor visualización de su estado. Se detectó un problema en una pieza de acople entre el eje de torsión y el motor, la cual fue reparada para evitar futuras fallas (ver Fig. 14).



Fig. 14. Pieza mecánica restaurada, acople motor-eje de torsión.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección, se presentarán de manera sistemática y detallada los resultados obtenidos a lo largo del proceso. Esto incluirá los datos recopilados durante el diagnóstico inicial, las intervenciones realizadas durante el mantenimiento electromecánico, la implementación de la interfaz gráfica de usuario (HMI) y las pruebas de funcionamiento llevadas a cabo posteriormente.

A. Montaje de piezas restauradas.

Una vez restauradas las piezas mecánicas, se procedió a su pintado para una adecuada protección y presentación. En cuanto a la lubricación, se aplicó a los ejes de torsión, cadena y engrane para garantizar su correcto funcionamiento (ver Fig. 15) y prevenir atascos o daños en las piezas durante el uso del banco de pruebas.



Fig. 15. Montaje del mecanismo de torsión restaurado y pintado.

Una vez que las piezas han sido lijadas, reparadas, pintadas y lubricadas, se procede al montaje de estas con precisión y cuidado (ver Fig. 16) para evitar problemas durante las pruebas de ensayos.



Fig. 16. Montaje general de piezas después del mantenimiento electromecánico.

Este paso es crucial para garantizar que el banco de pruebas funcione correctamente y pueda ser utilizado para realizar mediciones y análisis de rendimiento en los equipos que se sometan a prueba. Asimismo, es importante llevar un registro detallado del mantenimiento realizado, incluyendo las fechas, las piezas involucradas y los productos utilizados, con el fin de llevar un control de los mantenimientos preventivos y correctivos realizados en el equipo. De esta manera, se pueden detectar posibles problemas y actuar con anticipación, evitando costosas reparaciones y tiempos de inactividad.

B. Mejoras propuestas para el banco de ensayos.

En la actualidad, la industria y la tecnología avanzan a pasos agigantados y es fundamental contar con herramientas y equipos que permitan el correcto funcionamiento de procesos y sistemas. En este sentido, el mantenimiento y reparación de equipos electromecánicos es una tarea vital para garantizar su operatividad y evitar fallas que puedan afectar la productividad y seguridad [8].

Como parte del proceso de mejora del banco de pruebas de ensayos a torsión, se ha planteado la implementación de una pantalla de Interfaz Gráfica de Usuario (HMI) con el fin de mejorar la interacción entre el usuario y el equipo. Esta pantalla HMI requerirá la programación correspondiente para permitir la visualización de los resultados de las pruebas que se realicen en el banco de pruebas.

La pantalla HMI proporcionará una interfaz intuitiva y amigable que permitirá al usuario acceder de manera fácil y rápida a la información relevante. A través de esta pantalla, se podrán visualizar los datos de las pruebas de torsión realizadas, como la fuerza aplicada, la posición y otros parámetros

importantes. Además, se podrán mostrar gráficas que representen de manera clara los resultados obtenidos.

La programación de la pantalla HMI implicará el desarrollo de un software específico que permita la comunicación entre el banco de pruebas y la interfaz gráfica. Este software se encargará de recibir los datos de los sensores del banco de pruebas, procesarlos y presentarlos de manera comprensible en la pantalla HMI. Asimismo, se podrán incorporar funcionalidades adicionales, como la configuración de parámetros de prueba y el registro de datos.

Por otro lado, como parte de las mejoras propuestas, se plantea la elaboración de un plano detallado de los componentes ubicados en el gabinete o tablero de control del banco de pruebas. Este plano permitirá identificar la posición exacta de cada uno de los elementos y brindará información detallada sobre su función y conexión dentro del sistema de control y potencia.

Elaborar este plano de componentes será de gran utilidad para el mantenimiento, la reparación y la modificación del banco de pruebas. Al contar con una representación gráfica precisa de los componentes, se facilitará la identificación de posibles fallas, la sustitución de elementos defectuosos y la realización de modificaciones o mejoras en el sistema.

1) Pantalla HMI (Interfaz Gráfica)

Se ha planteado la implementación de una pantalla HMI (Interfaz Hombre-Maquina) con el objetivo de proporcionar una herramienta de control y operación más eficiente y precisa para los usuarios. Esta pantalla (ver Fig. 17), de la reconocida marca Siemens, ha sido adquirida y programada para mostrar gráficos ilustrativos de los datos de los ensayos realizados, de manera que el usuario pueda tener una lectura clara y precisa de los resultados obtenidos.



Fig. 17. HMI Siemens SIMATIC KTP600 Basic Mono PN [7]

Tabla II

Información general SIMATIC KTP600 Basic Mono PN	
Designación del tipo de producto	KTP600 Basic mono PN
Display	
Tipo de display	STN

Diagonal de pantalla	5,7 in
Achura del display	115,2 mm
Altura del display	86,4 mm
Nº de colores	4; Tonos de gris
Resolución (píxeles)	
• Resolución de imagen horizontal	320 pixel
• Resolución de imagen vertical	240 pixel
Elementos de mando	
Fuentes de teclado	
• Teclas de función	
— Nº de teclas de función	6
— Nº de teclas de función con	0
LED	
• Teclas con LED	No
• Teclas del sistema	No
• Teclado numérico	Sí; Teclado en pantalla
• Teclado alfanumérico	Sí; Teclado en pantalla
Manejo táctil	
• Variante con pantalla táctil	Sí; Analógica resistiva
Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de la alimentación	DC
Valor nominal (DC)	24 V
Rango admisible, límite inferior (DC)	19,2 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	0,24 A
Potencia	
Consumo de potencia activa, típ.	6 W
Interfaces	
Nº de interfaces Industrial Ethernet	1
Industrial Ethernet	
• LED de estado Industrial Ethernet	2

Tomada de [11].

La pantalla HMI proporciona un acceso directo a los parámetros y funciones del banco de pruebas, lo que facilita la realización de ajustes y cambios en tiempo real (ver Fig. 18).

De esta forma, se busca mejorar el rendimiento y la eficacia del banco de pruebas, garantizando resultados precisos y confiables en la medición de la torsión.



Fig. 18. Programación de la HMI Siemens SIMATIC KTP600 Basic Mono PN.

2) *PLC LOGO! 8 12/24RCE 6ED1 052-1MD00-0BA8*

El Siemens LOGO! 8 12/24RCE (6ED1 052-1MD00-0BA8) es un micro PLC diseñado para aplicaciones de automatización de baja complejidad. Funciona con voltajes de alimentación de 12 V CC o 24 V CC (ver Fig. 19), lo que lo hace adecuado para diversos entornos industriales y comerciales.

Este modelo se destaca por su capacidad de memoria ampliada, lo que permite almacenar programas y datos en mayor cantidad. Esto resulta especialmente útil en proyectos que requieren una lógica de control más compleja o un mayor número de variables. El PLC viene con múltiples entradas y salidas digitales integradas, y ofrece opciones de expansión para agregar entradas y salidas analógicas según las necesidades de la aplicación (ver Tabla III). Esto proporciona flexibilidad para conectar y controlar diferentes dispositivos y sensores [10].

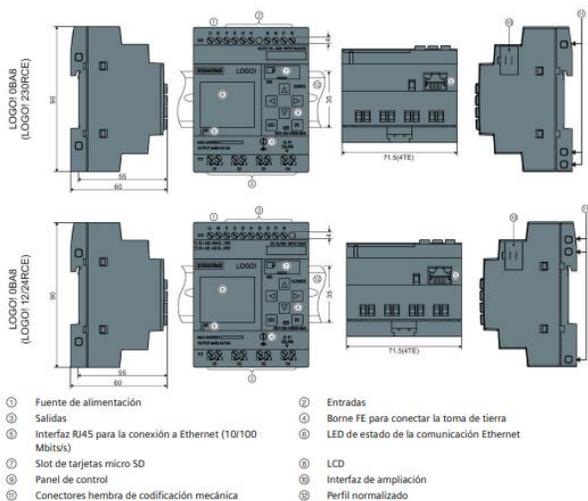


Fig. 19. Estructura LOGO!8 12/24RCE

Tabla III

<i>Información PLC LOGO! 8 12/24RCE 6ED1 052-1MD00-0BA8</i>	
Característica	Valor
Display	Sí
Diseño/montaje	Montaje sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 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	400; Máx. 400, según la función
- 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
Intensidad de salida	
- para señal "1" rango admisible para 0 a 55 °C	máx. 10 A
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.	-20 °C
- máx.	55 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
- mín.	-40 °C
- máx.	70 °C
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Altura	90 mm
Profundidad	60 mm

Tomada de [10].

C. Diagrama de conexión gabinete

El diagrama de conexión del gabinete de control y potencia es una herramienta esencial en el proceso de mantenimiento y documentación del equipo. Este diagrama proporciona una representación gráfica detallada de todos los componentes eléctricos y electrónicos ubicados en el interior del gabinete (consultar Anexo A). Entre los componentes que se incluyen en este diagrama se encuentran el contactor, la fuente de poder, el circuito de acondicionamiento de la celda de carga, el PLC, los conectores y los cables eléctricos.

El objetivo principal del diagrama de conexión del gabinete es brindar una referencia clara y precisa sobre la ubicación y la conexión de cada uno de los componentes mencionados. Esta información es de vital importancia para llevar a cabo el mantenimiento adecuado del equipo, ya que permite identificar rápidamente la posición de los componentes y su interconexión en el sistema.

Gracias al diagrama de conexión, los técnicos de mantenimiento podrán acceder de manera rápida y precisa a la información necesaria para realizar tareas de reparación, sustitución o modificación de los componentes eléctricos y electrónicos. Además, en caso de averías o fallas en el sistema, este diagrama servirá como una guía confiable para diagnosticar y solucionar problemas, minimizando el tiempo de inactividad del equipo.

Cabe destacar que el diagrama de conexión del gabinete también desempeña un papel importante en la documentación del equipo. Al contar con un registro visual detallado de la disposición y las conexiones de los componentes, se asegura la trazabilidad y se facilita la comunicación entre diferentes equipos técnicos involucrados en el mantenimiento y la mejora del banco de pruebas de ensayos a torsión.

D. Banco de pruebas de ensayos a torsión Restauración y mejorado.

Debido al evidente abandono y deterioro del banco de pruebas de ensayos a torsión en el laboratorio de la Universidad Antonio Nariño-sede Villavicencio, se ha llevado a cabo un exhaustivo proceso de restauración y mantenimiento electromecánico correctivo. El objetivo principal de este resultado es garantizar el adecuado funcionamiento del banco de pruebas y su puesta en marcha.

Para lograrlo, se inició con un minucioso diagnóstico de todas las piezas que componen el banco de pruebas. Se realizó un desmontaje completo, permitiendo así una evaluación precisa del estado actual de cada componente (ver Fig. 11 y Fig. 12). En base a este diagnóstico preliminar, se identificaron las piezas que requerían restauración o reemplazo. Entre las piezas encontradas en mal estado se destacaron los tornillos, cables eléctricos, pulsadores, fuente de poder, integrados electrónicos y puntos de conexión sulfatados.

Además, se realizó una restauración integral de las piezas mecánicas, incluyendo la aplicación de una nueva capa de pintura en la base del banco, motor y caja reductora. Asimismo, se llevó a cabo un mantenimiento preventivo para garantizar el correcto funcionamiento de los componentes electrónicos, como la limpieza de sensores (encoder y celda de carga). Para ello, se utilizó un limpiador de contactos específico, asegurando la eliminación de cualquier residuo o contaminante que pudiera afectar su desempeño.

Una vez finalizada la etapa de restauración, limpieza y ajuste de las piezas, se procedió al montaje de todas ellas en la base del banco. Como resultado, se obtuvo un banco de pruebas de

ensayos a torsión en excelente estado, caracterizado por piezas lubricadas, limpias y organizadas. Este banco restaurado garantiza un entorno seguro y confiable para llevar a cabo las pruebas correspondientes.

1) Lógica de control PLC.

Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la lógica de control almacenada en la memoria del PLC LOGO! 8. El objetivo principal fue finalizar y desarrollar una nueva lógica que permitiera realizar pruebas de ensayo de torsión de manera satisfactoria.

Una vez se logró extraer el archivo "backup" de la memoria del PLC, se procedió a diseñar y cargar una nueva lógica en la memoria del dispositivo. Esta nueva lógica permitió la lectura de señales provenientes de sensores, como la celda de carga y los pulsos del encoder, con el fin de implementar la lógica necesaria para diferentes pruebas (ver Fig. 20y Fig. 21).

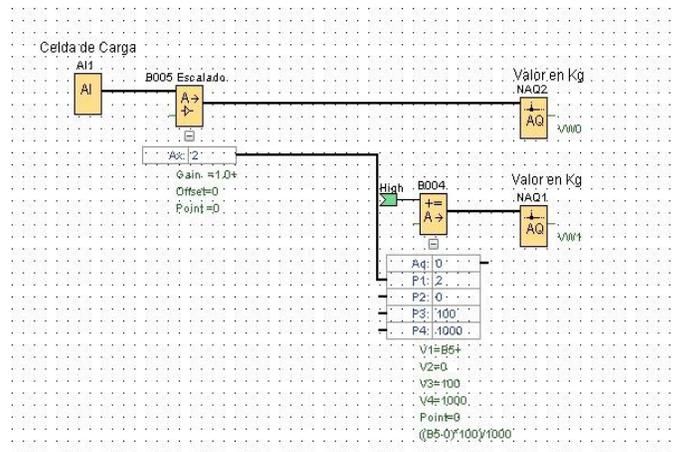
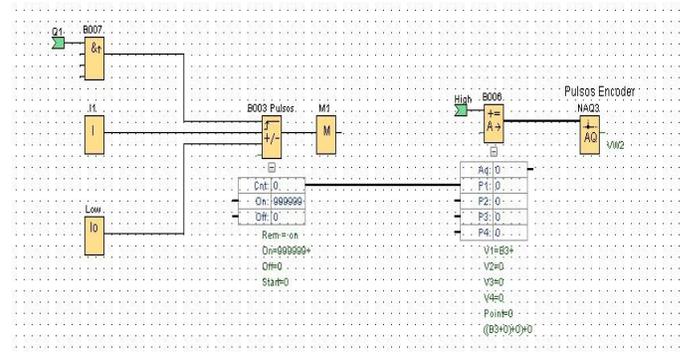


Fig. 20. Lectura de la señal de la celda de carga (analógica).

Además, se logró controlar el arranque y la parada del motor mediante la nueva lógica, y se registraron las variables relevantes en la pantalla para determinar el éxito de las pruebas (ver Fig. 21). Como resultado, los pulsadores de marcha y parada fueron omitidos, ya que todas las operaciones se realizaron directamente desde la pantalla.



la capacidad de visualizar la prueba en curso y realizar los ajustes necesarios según sea necesario.

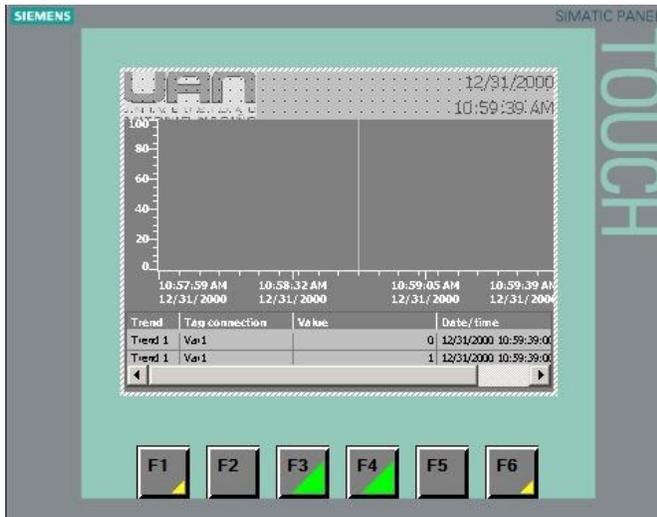


Fig. 26. Pantalla tendencia de la prueba-HMI

En este escenario, se realiza la configuración de una dirección IP específica, 192.168.1.20 (ver Fig. 27), en el PLC con el propósito de facilitar la gestión y configuración del mismo mediante el uso del protocolo Ethernet. La asignación de esta dirección IP única permite la comunicación efectiva y el intercambio de datos entre el PLC y otros dispositivos conectados en la red local. Al utilizar el protocolo Ethernet, se aprovecha la infraestructura de red existente, permitiendo una administración remota del PLC, lo que implica el monitoreo, ajuste de parámetros, carga de programas y diagnóstico de posibles fallas o problemas, sin necesidad de acceder físicamente al equipo.

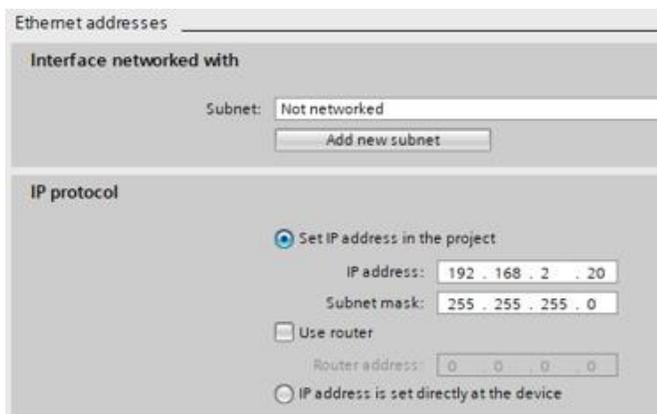


Fig. 27. Dirección IP HMI

Los resultados obtenidos permitirán evaluar el estado actual del banco de pruebas, identificar las mejoras logradas, destacar las correcciones realizadas y analizar el impacto de dichas mejoras en el rendimiento y la funcionalidad del banco.

VI. CONCLUSIONES

El proceso exhaustivo de restauración y mantenimiento electromecánico del banco de pruebas de ensayos a torsión ha logrado devolverlo a un estado óptimo de funcionamiento. El diagnóstico detallado, la restauración de piezas y el mantenimiento preventivo han permitido garantizar su adecuado rendimiento y ponerlo en marcha de nuevo. Esto proporciona un entorno seguro y confiable para llevar a cabo pruebas de ensayo de torsión.

La revisión minuciosa y el desarrollo de una nueva lógica de control almacenada en el PLC LOGO! 8 han mejorado significativamente la capacidad de realizar pruebas de ensayo de torsión satisfactoriamente. La lógica implementada permite la lectura precisa de señales de sensores, el control efectivo del arranque y parada del motor, y el registro de variables relevantes para evaluar el éxito de las pruebas. Además, la incorporación de un botón de Paro de Emergencia proporciona una capa adicional de seguridad durante las operaciones.

La elección de la pantalla HMI Siemens SIMATIC KTP600 Basic mono PN y el uso del software TIA Portal de Siemens han resultado en el desarrollo de una interfaz gráfica de usuario intuitiva y funcional. Las diversas pantallas diseñadas permiten una interacción fluida con el banco de pruebas, ofreciendo visualizaciones en tiempo real de datos obtenidos de sensores, gráficas de tendencia y opciones de ajuste. Esto facilita el monitoreo y control de las pruebas de ensayo de torsión, mejorando la eficiencia y precisión de los resultados.

Los resultados obtenidos a lo largo del proceso permiten realizar una evaluación integral del estado actual del banco de pruebas. Se han identificado las mejoras realizadas durante la restauración, las correcciones aplicadas durante el mantenimiento electromecánico, las funcionalidades implementadas en la lógica de control y la eficacia de la interfaz gráfica de usuario. Este análisis de mejoras ayuda a comprender el impacto de las acciones tomadas en el rendimiento y la funcionalidad del banco de pruebas, con el objetivo de optimizar su operación en futuros ensayos de torsión.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Predictiva21, 12 02 2023. [En línea]. Available: <https://predictiva21.com/importancia-del-mantenimiento/>.
- [2] R. Bolado López, Diagnóstico y mantenimiento de máquinas eléctricas rotatorias, Alfaomega Grupo Editor, 2015.
- [3] R. Keith Mobley, Maintenance Fundamentals, Butterworth-Heinemann, 2002.

- [4] P. Kiameh, *Electrical Equipment Handbook: Troubleshooting and Maintenance*, McGraw-Hill Education, 2003.
- [5] P. Richard, *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*, McGraw-Hill Education, 2013.
- [6] A. Clément, *Introduction to Maintenance Engineering: Modelling, Optimization and Management*, John Wiley & Sons, 2018.
- [7] M. E. Brumbach, *Industrial Maintenance*, Cengage Learning, 2016.
- [8] J. A. Lozano Tello y G. Arango Castro, *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para equipos electromecánicos en una empresa de producción de bebidas no alcohólicas*, *Journal of Physics: Conference Series*, 2019.
- [9] SIEMENS, *SIMATIC HMI KTP600 Basic mono PN*, 2023.
- [10] SIEMENS, *LOGO! Manual de sistema, Nürnberg: Copyright © Siemens AG 2022, 2022*.
- [11] L. Sanzol, *Implantación de plan de mantenimiento TPM en planta de cogeneración*, Pamplona: Escuela técnica superior de ingenieros industriales y de telecomunicacion., 2010.
- [12] J. M. Guaylla Usca y C. S. S. Sinaluisa Topa, *Repotenciación del banco de pruebas de la turbina Francis del Laboratorio de Turbomaquinaria de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2022.