



**RESTAURACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL BANCO DE  
PRUEBAS DEL LABORATORIO DE GARANTÍAS SCHNEIDER  
ELECTRIC COLOMBIA (SECO)**

**Luis Armando Parra Rojas**  
Código: 10431321116

**Edgar Fernando Pineda Martin**  
Código: 10431329522

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Electromecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá DC, Colombia

Año 2023

**RESTAURACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL BANCO DE  
PRUEBAS DEL LABORATORIO DE GARANTÍAS SCHNEIDER  
ELECTRIC COLOMBIA (SECO)**

**Luis Armando Parra Rojas**

**Edgar Fernando Pineda Martin**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Ingeniero Electromecánico**

Director:

Nicolas Giraldo Peralta I.M., M.Sc., Ph.D.

Línea de Trabajo:

Automatización Industrial

**Universidad Antonio Nariño**

Programa Ingeniería Electromecánica

Bogotá DC, Colombia

Año 2023



**NOTA DE ACEPTACIÓN**

El trabajo de grado titulado RESTAURACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DEL LABORATORIO DE GARANTÍAS SCHNEIDER ELECTRIC COLOMBIA (SECO), Cumple con los requisitos para optar al título de INGENIERO ELECTROMECAÁNICO.

---

Firma del Tutor

---

Firma Jurado

---

Firma Jurado

## Contenido

Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción .....	11
1. Planteamiento del Proyecto.....	14
1.1 Antecedentes .....	14
1.2 Planteamiento del problema.....	17
1.3 Objetivos .....	19
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	19
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	20
1.4 Justificación.....	20
1.5 Alcance.....	22
2. Metodología .....	24
2.1 Etapa de estudio .....	25
2.2 Etapa de diseño.....	25
2.3 Etapa de implementación .....	26
2.4 Etapa de funcionamiento.....	26
3. Marco Teórico.....	26
3.1 Definiciones .....	27
3.2 Automatización en la industria y en los laboratorios .....	36
3.2.1 <i>Importancia de la automatización en los procesos industriales</i> .....	38
3.2.2 <i>Aplicaciones de automatización en los laboratorios</i> .....	39
3.3 Banco de pruebas y su funcionalidad.....	40
3.4 Componentes claves en la automatización.....	43
3.5 Normativas y estándares en automatización y seguridad electrónica.....	45
4. Diagnóstico del estado actual.....	47
5. Diseño diagramas eléctricos y estructura física .....	52
6. Implementación estructura física y ensamble sistemas de mando, control y potencia.....	58
7. Manual de operación.....	67

8. Pruebas de funcionamiento .....	68
Conclusiones .....	81
Referencias Bibliográficas .....	83
Anexos .....	88

## Tabla de Ilustraciones

Figura 1. Uso del banco por horas. ....	21
Figura 2. Niveles de iluminación. ....	36
Figura 3. Vista general del tablero eléctrico existente. ....	49
Figura 4. Vista general de la estructura banco existente. ....	50
Figura 5. Identificación de partes a eliminar del banco. ....	56
Figura 6. Soporte de la estructura banco antiguo. ....	57
Figura 7. Propuesta banco nuevo. ....	58
Figura 8. Estructura y equipos para la restauración. ....	59
Figura 9. Desamable estructura del banco de pruebas. ....	59
Figura 10. Construcción base del banco nuevo. ....	60
Figura 11. Adición de soportes. ....	60
Figura 12. Bases para transformador y motor. ....	61
Figura 13. Estructura base mesa de trabajo. ....	61
Figura 14. Distribución equipos para tablero eléctrico. ....	62
Figura 15. Cableado tablero eléctrico. ....	63
Figura 16. Cableado elementos y circuitos externos al tablero eléctrico. ....	63
Figura 17. Etiquetado de los circuitos. ....	64
Figura 18. Vista general del banco final. ....	64
Figura 19. Visual de circuito principal activo. ....	68
Figura 20. Encendido transformador elevador de tensión. ....	69
Figura 21. Activación circuito 220 VAC trifásico. ....	70
Figura 22. Activación circuito 440 VAC trifásico. ....	71
Figura 23. Activación circuito 120 VAC monofásico. ....	72
Figura 24. Activación circuito 24 VDC. ....	72
Figura 25. Activación bobinado motor. ....	73
Figura 26. Conexión contactor en potencia y control. ....	75
Figura 27. Pruebas de energizado y comunicación PLC. ....	76
Figura 28. Conexión medidor energía a tensión de 120VAC. ....	76
Figura 29. Conexión y arranque de variador de velocidad Altivar 930. ....	78
Figura 30. Lectura magnitudes eléctricas por medio del medidor de energía. ....	78
Figura 31. Conexión variador de velocidad Altivar 310. ....	79

**Lista de Tablas**

Tabla 1. Base instalada banco encontrado instalaciones Schneider Electric. ....	52
Tabla 2. Cuadro de cargas equipos y circuitos de salida. ....	55
Tabla 3. Funciones y memorias HMI-PLM.....	66
Tabla 4. Verificación activación circuitos. ....	74
Tabla 5. resultados pruebas equipos garantías.....	80

## Resumen

Este proyecto se centró en la transformación del banco de pruebas del laboratorio de garantías de Schneider Electric Colombia con el propósito de mejorar significativamente las condiciones física y automatizar el circuito eléctrico con el que se suministra tensión a los equipos que son retornados a Schneider Electric por condiciones desfavorables en el funcionamiento, las acciones adelantadas sobre esta herramienta del área de garantías se centran en garantizar la confiabilidad de esta y mejorar la seguridad del operario en el momento del uso del banco dentro de las pruebas. De acuerdo a la necesidad encontrada, se diseñó e implementó la propuesta de modificación estructura física y se incorporó un circuito eléctrico automatizado integrando componentes de mando, control y potencia como controlador lógico programable (PLC), interfaces hombre máquina (HMI), contactores, interruptores, relés, switch de comunicación, pilotos lumínicos y medidor de energía, todos los elementos fabricados por la compañía Schneider Electric. La integración de los componentes permitió transformar el banco de pruebas en una solución más eficiente y segura, sin riesgo coalición de la estructura física, con equipos de indicación estado de circuitos eléctricos, soluciones que permitan la fácil movilidad, documentación que permite conocer, operar e intervenir la herramienta y elementos para conexión rápidas de equipos reduciendo tiempos en las tareas de cableado y conexión entre fuente de voltaje y equipos de hasta un 50%.

Además, se garantiza que la instalación eléctrica este en cumpliendo de normativas técnicas nacionales y estándares de seguridad especificados por el sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo SG-SST asegurando una herramienta confiable eliminando todo contacto directo por parte de los operarios con los elementos energizados. La implementación del proyecto demostró

que la automatización impacta positivamente en la calidad, rapidez y seguridad de las pruebas en el laboratorio, cumpliendo con los estándares de la industria nacional.

Palabras Clave: *Automatización, Laboratorio de garantías, Controladores lógico-programables (PLC), Seguridad operacional, Pruebas eléctricas, Riesgo eléctrico, Programación, Interface HMI, Medidor de energía, Schneider Electric.*

### **Abstract**

This project focused on the automation of the warranty laboratory of Schneider Electric Colombia in order to improve testing efficiency and ensure operational safety. Through a rigorous methodological approach, an automated system was designed and implemented that integrates command and signaling components, programmable logic controller (PLC) of the Machine offer reference TM221CE40R and human-machine interfaces (HMI) of the MAGELIS STU offer reference HMISTU855, manufactured by Schneider Electric Company. The integration of key components allowed for a more efficient operation, reducing test execution times by up to 50%. In addition, the electrical installation is guaranteed to comply with national technical regulations and safety standards specified by the SG-SST occupational health and safety management system, ensuring reliable equipment and avoiding direct contact with energized elements. The implementation of the project demonstrated that automation has a positive impact on the quality, speed and safety of the tests in the laboratory, complying with national industry standards.

Keywords: Automation, Warranty Laboratory, Programmable Logic Controllers (PLC), Operational Safety, Electrical Testing, Electrical Risk, Programming, HMI Interface, Energy Meter, Schneider Electric.

## **Introducción**

La evolución constante del mundo empresarial se encuentra en la búsqueda incesante de mejoras y avances tecnológicos con el fin de mantener una alta competitividad eficiente. En particular, el ámbito de la industria eléctrica ha sido testigo de importantes transformaciones en los últimos años, impulsadas por la necesidad de optimizar procesos, garantizar la seguridad de los operarios y lograr una mayor eficiencia en la operación de equipos. [1]

La medición y monitoreo de magnitudes eléctricas esenciales se ha establecido como una práctica fundamental para implementar mejoras que lleven a la eficiencia y el rendimiento deseado en los distintos procesos de la industria. Esta obtención de información se ha vuelto esencial, permitiendo acciones de mejora y ajuste en busca de un sistema y proceso eficiente. En este contexto, la automatización de sistemas industriales emerge como un catalizador para alcanzar estos objetivos, al reducir la interacción humana en los procesos y permitir la integración efectiva de componentes eléctricos, electrónicos, mecánicos y de control. [2]

Esta tendencia a la automatización no solo busca la eficiencia operativa, sino que también redefine los roles y necesidades de la mano de obra especializada. Si bien limita la intervención directa del recurso humano en el desarrollo de tareas, esta nueva dinámica abre la puerta a la necesidad de una mano de obra que aporte a la ingeniería, desarrollo y operación de los procesos,

supervisión, gestión de herramientas y el mantenimiento de la estructura de los diferentes equipos que conforman el sistema [3]

El presente proyecto enmarca en el contexto de Schneider Electric Colombia (SECO), una empresa con una trayectoria marcada por el crecimiento constante y la adaptación a las demandas del mercado. En un esfuerzo por fortalecer su compromiso con la calidad y la innovación, se ha identificado la necesidad de hacer una transformación en el banco de pruebas que se encuentra en el laboratorio de Garantías. Este banco de pruebas, utilizado para suministrar tensión a los equipos electrónicos y eléctricos que ingresan para verificación del estado físico, eléctrico y funcionamiento; presenta deficiencias en términos de seguridad física, seguridad eléctrica, eficiencia y obtención de datos de energía utilizada en el proceso.

El proyecto de restauración y automatización del banco de pruebas se posiciona como una respuesta concreta a las necesidades. A través de la implementación de soluciones tecnológicas y la integración de equipos lógicos de control, comunicación y protección, se busca modernizar esta herramienta que hace parte del proceso de prueba en equipos de la oferta transaccional como variadores de velocidad, arrancadores suaves, interruptores termomagnéticos, guardamotores, contactores, unidades de señalización lumínicas, sensores (inductivos, capacitivos, ultrasónicos, fotoeléctricos), relés de interfaz, controladores lógicos programables, interface hombre máquina, servo drives, medidores de energía, relés protección eléctrica, elementos control acceso (controladoras, sensor presencia, termostatos), sistemas de potencia interrumpida y sistemas de instalación y control residencial (interruptores, tomacorriente, breaker).

La estructura de un sistema automático se divide en dos partes: la operativa, donde se ejecutan acciones, y la de control, donde se encuentran los dispositivos lógicos, comunicaciones y

herramientas de diálogo entre los dispositivos. Además, se establece una comunicación esencial entre los captadores y preaccionadores. [4]

Schneider Electric Colombia (SECO) es una empresa que ha estado a la vanguardia de la industria eléctrica. Fundada en 1994, ha experimentado una serie de hitos, como el cambio de nombre y logo en 1999, el traslado de su planta industrial de Cali a Bogotá en 2000, y expansiones en 2006 y 2008. La adquisición de ofertas para unidades de negocio, la inauguración de nuevas plantas y su constante crecimiento en la región andina han ampliado la gama de productos y servicios ofrecidos por la empresa. En 2008, ante la necesidad de fortalecer las herramientas para la atención de garantías, se creó el área de reclamaciones técnicas, la cual incluyó un banco de suministro de tensión para pruebas técnicas de equipos de diversas líneas de productos (Schneider Electric, 2013).

Para lo anterior, en el capítulo uno se especifica el detalle del planteamiento del proyecto, en el capítulo dos se indica la metodología implementada para la ejecución del proyecto, en el capítulo tres se muestra un marco teórico con los conceptos requeridos para comprender el proyecto, en el capítulo cuatro se expone el estado inicial del banco de pruebas, en el capítulo cinco se plantea el diseño de los circuitos eléctrico y modificación de la estructura, en el capítulo seis se encuentran las evidencias correspondientes a la implementación de los sistemas eléctricos, en el capítulo siete la instalación y operación se puntualiza mediante la creación de un manual, el capítulo ocho se enfoca en presentar el resultado de las pruebas realizadas a cada uno de los sistemas que comprenden el proyecto y finalmente las conclusiones en la cuales se establecen los logros obtenidos en la ejecución del presente proyecto.

Este proyecto, además de contribuir a la mejora de los procesos internos de Schneider Electric Colombia, se alinea con los avances tecnológicos y las tendencias en automatización de la industria eléctrica. En el siguiente informe, se presenta la estructura y desarrollo del proyecto, incluyendo antecedentes, objetivos, justificación, marco teórico, diseño metodológico, resultados y análisis, conclusiones y recomendaciones. En última instancia, se espera que este proyecto no solo impacte positivamente en la operación de SECO, sino que también sea un aporte valioso al conocimiento y desarrollo en el campo de la automatización y abra las puertas a nuevos proyectos en función de mejora de herramientas y equipos de trabajo dentro de la compañía.

## **1. Planteamiento del Proyecto**

### **1.1 Antecedentes**

El proyecto se desarrolla en el entorno dinámico de la empresa Schneider Electric Colombia (SECO), una entidad reconocida por su liderazgo en el ámbito de la industria eléctrica. Fundada en 1994, SECO ha mantenido un enfoque constante en la innovación y el crecimiento, lo que ha resultado en una serie de logros significativos a lo largo de los años. Su evolución ha incluido expansión de sus instalaciones industriales y la incorporación de nuevas líneas de productos, lo que ha fortalecido su presencia en la región andina de América.

Un elemento esencial dentro de SECO es su laboratorio de garantías, un componente crucial en la gestión de calidad y la atención a sus clientes. En el año 2008, ante el incremento en la distribución de líneas de productos y el consiguiente aumento en las reclamaciones por garantía,

la empresa se vio en la necesidad de establecer un área específica de reclamaciones técnicas. Esto incluyó la necesidad de un banco de suministro de tensión para la ejecución de pruebas técnicas en equipos de distintas líneas de productos industriales y de distribución eléctrica. Sin embargo, con el paso del tiempo, este banco ha mostrado signos de desactualización y falta de eficiencia en sus operaciones.

El enfoque de este proyecto se alinea con el compromiso de SECO por la excelencia en sus productos y servicios, así como por mantenerse a la vanguardia tecnológica en la industria eléctrica. La implementación de soluciones tecnológicas avanzadas no solo mejorará la eficiencia de los procesos internos de la empresa, sino que también contribuirá al avance general en el campo de la automatización y las tecnologías eléctricas.

La necesidad de obtener información precisa y oportuna de los circuitos eléctricos, tanto en entornos industriales como residenciales, ha impulsado la búsqueda de herramientas que permitan una mayor eficiencia en la obtención de datos y en la toma de decisiones [5]. La medición y monitoreo de magnitudes eléctricas esenciales en estos sistemas es fundamental para establecer estrategias de mejora que conduzcan a un proceso más eficiente y efectivo.

La automatización conlleva una reducción significativa en la intervención humana en los procesos, lo que a su vez permite una mayor integración y eficiencia en los sistemas. La interacción entre circuitos eléctricos, electrónicos, mecánicos y de control ha abierto nuevos horizontes para lograr niveles de eficiencia antes inimaginables en los procesos industriales [6]. La automatización no solo implica la ejecución de tareas con mayor precisión y rapidez, sino que también libera a los recursos humanos para tareas de mayor valor agregado, como la ingeniería, el desarrollo, la supervisión y la gestión.

Durante el desarrollo del proyecto se indagó en la Web el desarrollo de proyectos enfocados en la temática principal de nuestro trabajo de grado, de esta manera se identificaron dentro de los proyectos disponibles para consulta al público trabajos como DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS ELÉCTRICAS EN BAJA TENSION PARA EL ÁREA DE ASISTENCIA TÉCNICA Y CALIDAD DE FTC ENERGY GROUP S.A.S el cual fue desarrollado por estudiantes de la universidad Distrital Francisco José de Caldas donde se diseñó y fabricó un banco de pruebas FAT con la finalidad de garantizar seguridad a los operarios, minimizar los puntos de error en conexión de equipos y garantizar confiabilidad en el ejercicio de operaciones rutinarias [7].

Además fue posible revisar la tesis elaborada por los estudiantes de la Universidad César Vallejo de Perú, quienes trabajaron para obtener el título de ingeniero Mecánico Electricista desarrollando el proyecto titulado “Diseño de un Banco de Pruebas Eléctricas para Caracterizar Parámetros de Transformadores de Distribución en el Laboratorio de una Universidad de Trujillo” dentro de este se presentaron alternativas para establecer los estados de operación de transformadores de distribución eléctrica, dentro del alcance se contempló ejecutar pruebas de aislamiento, relación de transformación, cortocircuito, vacío y relación de conexión [8].

Nuestro proyecto de grado se inserta en el marco teórico de la automatización industrial y la ingeniería eléctrica, áreas que han experimentado avances significativos en los últimos años. La modernización del banco de pruebas se enmarca en la búsqueda constante de innovación y mejora del área de garantías, representa un desafío técnico y académico para los futuros ingenieros Electromecánicos involucrados en este proyecto.

## 1.2 Planteamiento del problema.

El planteamiento del problema se origina en la actual condición del banco de pruebas ubicado en el laboratorio de garantías de Schneider Electric Colombia. Este banco, utilizado para suministro de tensión en equipos dentro de la oferta de la compañía, fue establecido hace más de una década y presenta un conjunto de desafíos que requieren una atención inmediata.

La problemática que este proyecto se centra en la necesidad de mejorar y modernizar el banco de pruebas existente en el laboratorio de garantías de SECO. A pesar de haber sido implementado hace más de una década, el banco no ha recibido actualizaciones significativas y presenta diversos inconvenientes. Los circuitos no están debidamente identificados, algunos componentes están deteriorados físicamente, y no se cuenta con diagramas eléctricos claros que guíen las operaciones. Además, las protecciones eléctricas no están ajustadas adecuadamente, lo que puede comprometer la seguridad de los operarios y la integridad de los equipos.

En este sentido surge la problemática que el proyecto aborda de manera específica. En el corazón de Schneider Electric Colombia (SECO), una compañía líder en la industria eléctrica, se encuentra su laboratorio de garantías el cual desempeña un papel crucial en la gestión de calidad y en la atención a sus clientes al verificar el estado de los equipos retornados bajo garantía. Sin embargo, a pesar de haber implementado un banco de pruebas hace más de una década, este se enfrenta a desafíos evidentes que afectan su funcionamiento y eficiencia. Los equipos presentan deterioro físico, los circuitos carecen de identificación, algunos componentes están fuera de servicio y no existen diagramas eléctricos que guíen su operación de manera clara y segura.

El proceso de reclamaciones técnicas ha evolucionado desde la creación del área en el año 2008, lo que ha llevado a la distribución de líneas de productos adicionales. Esto, a su vez, ha incrementado proporcionalmente la cantidad de reclamaciones por garantía y la necesidad de

contar con herramientas que permitan ejecutar conexión y pruebas de operación en menor tiempo. Ante este panorama, es esencial contar con un banco de pruebas actualizado y eficiente que cumpla con los estándares de calidad, seguridad y operación.

Una de las cuestiones preocupantes se relaciona con el estado físico del banco. A lo largo del tiempo, diversos componentes han experimentado deterioro, lo que afecta tanto su funcionalidad como la seguridad en su uso. Además, la identificación de los circuitos dentro del banco es insuficiente, lo que dificulta su operación y comprensión por parte del personal técnico. Se han identificado componentes que están inactivos, puntos de cableado desorganizados o sin uso, y una falta notable de un diagrama eléctrico integral que permita una identificación precisa de los componentes, su disposición y sus funciones en el sistema.

Un aspecto crítico es la carencia de indicaciones visuales para el personal técnico que opera el banco. La ausencia de señalización clara sobre los circuitos activos al accionar dispositivos como disyuntores o guardamotores presenta un riesgo potencial, ya que el personal debe interactuar directamente con los equipos de corte en la parte superior del banco. Esta situación no solo dificulta su manipulación, sino que también aumenta la probabilidad de contacto con otros componentes o equipos de prueba cercanos.

La problemática se acentúa al considerar que las protecciones termomagnéticas están sobredimensionadas en relación con la corriente disponible en el circuito de alimentación. Esta falta de correspondencia entre las protecciones y las necesidades reales del circuito conlleva a una respuesta ineficiente en caso de fallas eléctricas. Además, esta situación impide identificar con precisión el punto exacto en el circuito donde se origina una falla.

Es por esto que se plantea una interrogante fundamental: ¿Cómo se puede abordar la necesidad de actualizar tecnológicamente el banco de pruebas, garantizando la seguridad de los operadores y la obtención precisa de variables eléctricas durante las pruebas? La relevancia de resolver esta problemática es innegable, dado el papel central que juega este banco en el proceso de garantías de Schneider Electric Colombia. La búsqueda de soluciones se vuelve esencial para garantizar la satisfacción del cliente, la integridad del personal y la eficiencia en las operaciones.

### **1.3**    Objetivos

El objetivo general busca automatizar el banco de pruebas del laboratorio de garantías de SECO, lo que implica una modernización integral de sus componentes y operaciones. De manera específica, se plantea diagnosticar el estado actual del banco, diseñar los planos eléctricos y de control, instalar los sistemas necesarios, elaborar un manual de operación y realizar pruebas de funcionamiento.

En consonancia con esta problemática, los objetivos del proyecto se dirigen a lograr una solución integral. Se busca automatizar el banco de pruebas, lo que implica una serie de acciones que van desde el diagnóstico del estado actual hasta la implementación de equipos y sistemas de mando, control y potencia. A través de un enfoque metódico y riguroso, se pretende optimizar tanto la funcionalidad como la seguridad de este banco, contribuyendo así a la mejora de los procesos internos de SECO y a la calidad de sus servicios

#### ***1.3.1***    Objetivo general

Automatizar el banco de pruebas del laboratorio de garantías de Schneider Electric Colombia.

### *1.3.2 Objetivos específicos*

- Diagnosticar el estado actual del banco de pruebas del laboratorio de garantías de Schneider Electric Colombia (SECO).
- Diseñar los planos de mando, control y potencia del banco de pruebas.
- Instalar los sistemas de mando, control y potencia diseñados para el banco de pruebas.
- Elaborar manual de operación.
- Realizar pruebas de funcionamiento al banco de garantías del laboratorio de SCHNEIDER ELECTRIC COLOMBIA (SECO).

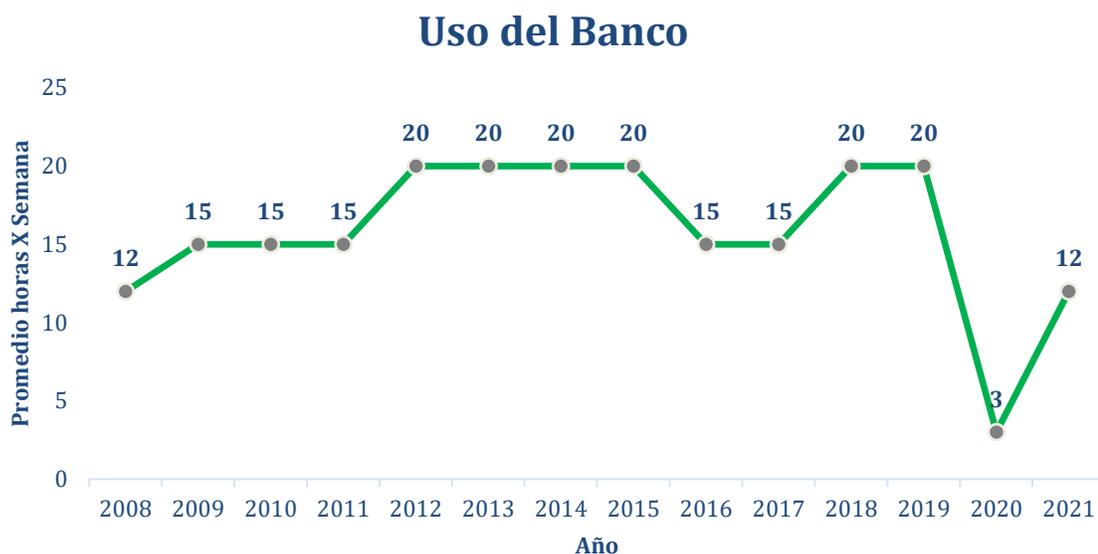
## **1.4 Justificación**

Schneider Electric y en general las empresas desarrolladoras de tecnología, automatización, software y gestión de energías para la industria cuentan con herramientas de toma de datos, monitoreo y control para implementar mejoras específicas en puntos operativos y de esta manera tener mayor nivel administrativo para fortalecer procesos. Con la automatización del banco se garantiza la seguridad de los funcionarios que hacen uso de la herramienta con el fin de conservar la integridad de este, de la infraestructura y de los equipos en intervención. Con las diferentes acciones mencionadas se garantiza mejora de los tiempos en el desarrollo de las tareas específicas que involucren el uso de la herramienta [9].

Debido a la entrega constante de equipos eléctricos fabricados por la compañía SECO y proyectos desarrollados, es indiscutible que se requiere una herramienta para la verificación del estado físico y operativo de los distintos equipos retornados por garantía, dando una respuesta confiable al cliente final.

Con la automatización del banco de pruebas de garantías, se logrará dar una respuesta rápida, segura y precisa en el diagnóstico, brindando confiabilidad en la compañía.

“En función de la evolución de las características y tecnologías de los equipos se hace importante fortalecer las herramientas de trabajo para ejecutar los diagnósticos, el uso del banco dentro del área es variable de acuerdo con el flujo de reclamaciones y equipos ingresados, de acuerdo con los casos e historia del área se estiman horas de trabajo por semana de acuerdo con lo indicado en la gráfica (Ver figura 1).”



*Figura 1. Uso del banco por horas.*

La figura 1 muestra el promedio de uso del banco em horas por semana, el análisis se logró obtener gracias a los datos suministrados por personal de Schneider Electric, referente al uso del banco de acuerdo con la experiencia indicada por la compañía. [10]

Actualmente en el laboratorio de garantías no se tiene registro de accidentes en personas durante el uso del banco de pruebas; de acuerdo con las normas y exigencias que se promueven dentro de la industria para garantizar la integridad física de las personas, equipos e infraestructura,

conlleva a implementar acciones correctivas con el fin de disminuir el contacto directo de los operadores con los circuitos eléctricos.

El Ministerio del Trabajo comprometido con las políticas de protección de los trabajadores colombianos y en desarrollo de las normas y convenios internacionales, estableció el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), el cual debe ser implementado por todos los empleadores y consiste en el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua, lo cual incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, la auditoría y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y la salud en los espacios laborales [11].

La aplicación del SG-SST tiene como ventajas la mejora del ambiente de trabajo, el bienestar y la calidad de vida laboral, la disminución de las tasas de ausentismo por enfermedad, la reducción de las tasas de accidentalidad y mortalidad por accidentes de trabajo en Colombia y el aumento de la productividad [12]. Además, velar por el cumplimiento efectivo de las normas, requisitos y procedimientos de obligatorio cumplimiento por parte de las empresas y contratantes en materia de riesgos laborales.”.

## **1.5 Alcance**

El alcance de este proyecto se centró en la ejecución de un proceso de automatización que aborda los desafíos existentes en el banco de pruebas del laboratorio de garantías de Schneider Electric Colombia.

Durante el desarrollo de este proyecto se llevó a cabo una inspección de la estructura, equipos, acometidas, diagramas eléctricos y área de trabajo actual con el fin de identificar los

elementos que pueden ser aprovechados y definir los elementos adicionales a implementar para la automatización del banco de pruebas. De acuerdo con la solución planteada Schneider Electric contribuirá con su marca en el suministro de los equipos necesarios para la ejecución del proyecto.

Una vez definidos los componentes necesarios, se implementaron herramientas de diseño eléctrico para elaborar un diagrama detallado de mando, control y potencia. Este diagrama cumplirá con las normativas correspondientes y será de fácil comprensión para todos los miembros del equipo técnico a la hora de realizar pruebas con variadores de velocidad, arrancadores suaves, controladores de proceso, reconectores, medidores de energía y relés de protección, retornados a la compañía por garantía.

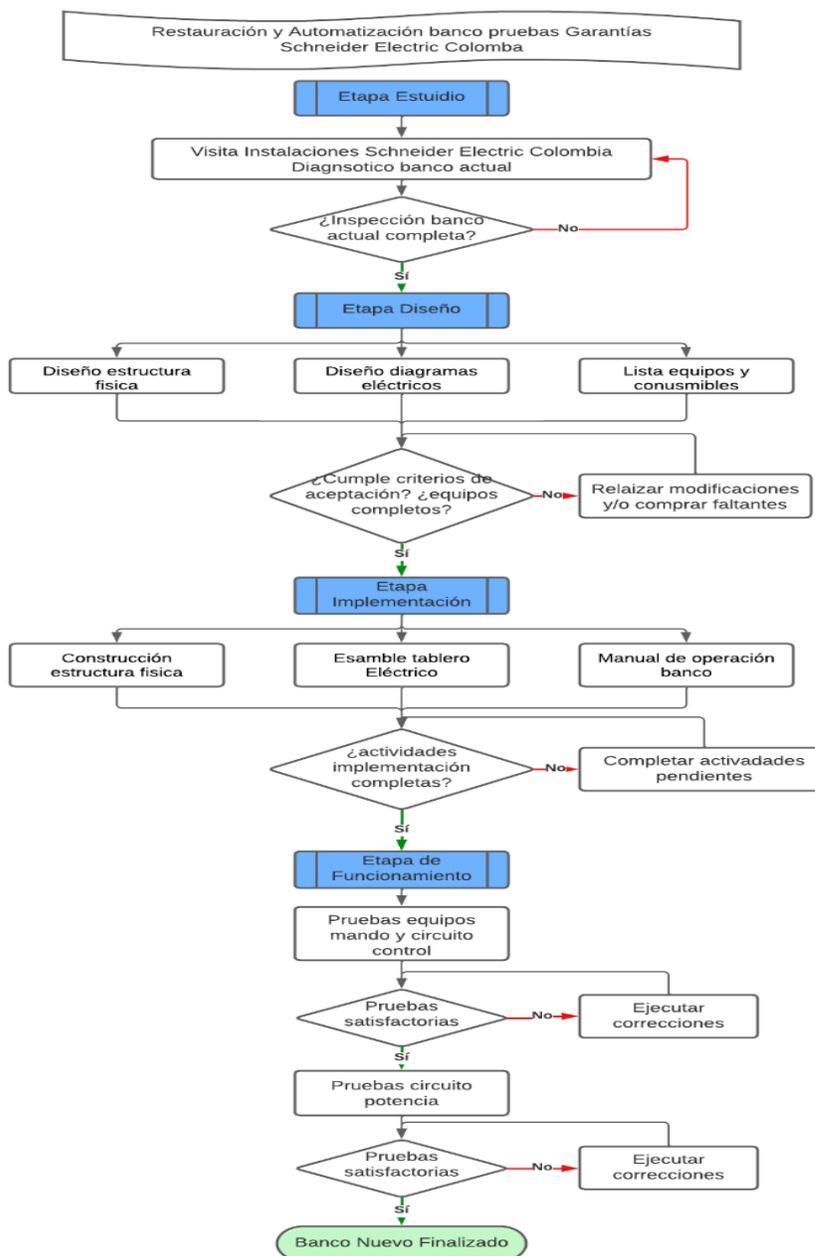
Durante la etapa implementación, guiados por los diagramas previamente definidos se ejecuta la instalación adecuada de cada uno de los equipos de distribución, medición, visualización y control. Se realizará un minucioso cableado de los equipos de control y potencia, y se programarán los dispositivos de lógica y comunicación.

Con el fin de interpretar, guiar y garantizar la correcta maniobra del banco de garantías se creó un manual de operación del banco, facilitando el uso y comprensión por parte del personal involucrado.

El resultado se reflejará en la mejora de la infraestructura de las herramientas y equipos con los que cuenta la empresa, estar bajo los estándares de cumplimiento técnico, y fortalecer la implementación de equipos tecnológicos dentro de los procesos ejecutados en las distintas áreas técnicas de la compañía.

## 2. Metodología

El segundo capítulo se sumerge en la metodología utilizada para abordar los objetivos planteados. Esta etapa es esencial para garantizar la rigurosidad y la eficacia del proceso de automatización del banco de pruebas en el laboratorio de garantías de Schneider Electric Colombia. En este capítulo, se detalla de manera exhaustiva la ruta que se seguirá para transformar los objetivos teóricos en acciones prácticas concretas.



En este proyecto la metodología define los pasos específicos que se tomarán para diagnosticar, diseñar, implementar y evaluar la automatización del banco de pruebas.

La implementación es el siguiente paso en la metodología, y este capítulo detallará cómo se llevará a cabo la instalación de los equipos y componentes según los diagramas unifilares establecidos. Se describirá cómo se realizará el cableado de los sistemas de control y potencia, cómo se llevará a cabo la programación de los dispositivos lógicos y de comunicación.

En esta etapa, también se elaborará el manual de operación del banco de pruebas. Este manual será una herramienta importante para el correcto uso y funcionamiento del sistema automatizado, proporcionando instrucciones detalladas para los funcionarios y garantizando una operación segura y eficiente.

## **2.1** Etapa de estudio

En esta fase inicial, se llevó a cabo las visitas a las instalaciones de Schneider Electric Colombia para adelantar una inspección de las condiciones actuales del banco para definir las acciones a implantar en el banco como labor de mejora para el laboratorio de garantías.

## **2.2** Etapa de diseño

En la segunda etapa se trabajó en selección de los equipos para la implementación del proyecto, y también se elaboró el diseño eléctrico y de la estructura física a implementar.

### 2.3 Etapa de implementación

En esta fase se llevó a cabo la restauración física de la estructura principal del banco, ensamble del tablero eléctrico, conexión de los circuitos de señalización y potencia asociados a la solución. Además, se creó el manual de operación, este como apoyo para la operación del banco por parte del personal que hace uso del banco.

### 2.4 Etapa de funcionamiento

La última etapa es la de funcionamiento. En esta fase se efectuaron las pruebas de operación de los circuitos y equipos de mando, control y protección, así como pruebas de lecturas de variables eléctricas, todo de acuerdo con el manual de operación.

## 3. Marco Teórico

En el tercer capítulo de este proyecto, se abordará el desarrollo del marco teórico. Este capítulo reviste una importancia fundamental, ya que establecerá las bases conceptuales y teóricas que respaldarán y enriquecerán la comprensión del problema planteado. El marco teórico servirá como un sólido fundamento para la toma de decisiones, la justificación de enfoques metodológicos y la interpretación de los resultados obtenidos en el proceso de automatización del banco de pruebas del laboratorio de garantías de Schneider Electric Colombia.

En este capítulo, se realizará un análisis de los conceptos clave relacionados con la automatización de sistemas, la instrumentación eléctrica y los equipos de prueba. Se explorarán las teorías y prácticas asociadas con la integración de tecnologías en la industria, haciendo especial

énfasis en cómo la automatización de procesos contribuye a la seguridad y la calidad en la operación de sistemas eléctricos. Asimismo, se mencionarán las normativas y estándares relevantes en el campo de la automatización y la seguridad eléctrica.

Se analizarán casos de éxito y buenas prácticas en la industria, así como las experiencias y lecciones aprendidas por otras organizaciones al implementar soluciones similares. Esta revisión permitirá contextualizar el proyecto dentro del panorama actual y evaluar la relevancia de los enfoques propuestos.

### **3.1** Definiciones

#### **3.1.1** *Controlador lógico programable (PLC)*

Los Controladores Lógicos Programables (PLC por sus siglas en inglés) son componentes esenciales en la automatización de procesos industriales, y su relevancia se enfoca directamente en la consecución de los objetivos planteados en la investigación. Estos dispositivos electrónicos programables desempeñan un papel fundamental al permitir el control y la coordinación de múltiples operaciones en una variedad de entornos industriales.

Un PLC opera como el cerebro del sistema de control, supervisando y ejecutando secuencias de comandos predefinidos en función de las entradas recibidas. Los PLC son altamente versátiles y pueden adaptarse a una amplia gama de aplicaciones, desde líneas de producción en la industria manufacturera hasta sistemas de distribución de energía en infraestructuras críticas.

Desde el punto de vista de la programación, los PLC se configuran utilizando lenguajes de programación específicos, como ladder logic (lenguaje de esquemas de contactos),

function block diagram (diagrama de bloques funcionales) y structured text (texto estructurado) Estos lenguajes permiten definir la lógica y las secuencias de operación de manera comprensible y coherente. Su versatilidad, capacidad de programación y capacidad para interactuar con diversos dispositivos hacen de ellos una herramienta esencial para optimizar la eficiencia, la productividad y la calidad en los procesos industriales [13].

### **3.1.2** *Interface hombre maquina*

Las Interfaces Hombre-Máquina (HMI) desempeñan un papel crítico en el contexto de los objetivos planteados en el proyecto, ya que son elementos fundamentales en la automatización de procesos industriales y en la mejora de la interacción entre los operadores y los sistemas controlados. Estas interfaces, también conocidas como pantallas de operador, paneles de control o pantallas táctiles, permiten que el personal a cargo interactúe y supervise los procesos. [14]

La funcionalidad principal de las HMI es proporcionar una representación visual y comprensible y en tiempo real de los estados de dispositivos o circuitos entre otras funciones relevantes para la toma de decisiones. [15]

### **3.1.3** *Medidor de Energía*

Los dispositivos de medición eléctrica son fundamentales en la administración eficiente de la energía y en la identificación de ineficiencias [37]. En el contexto del proyecto, la implementación de medidor de energía no solo permite obtener datos para el análisis del comportamiento de las magnitudes eléctricas durante pruebas de equipos, sino que también habilita la identificación de tendencias de consumo energético a lo largo del tiempo.

La literatura reconoce ampliamente la importancia de los medidores de energía en diversos contextos industriales. Autores como William H. Hayt y Jack E, en su obra

Engineering Circuit Analysis resaltan cómo los medidores de energía permiten evaluar la eficiencia de los sistemas eléctricos, identificar patrones de consumo y controlar la calidad de la energía suministrada [16]. En el ámbito industrial, los medidores de energía juegan un rol crucial en la gestión de recursos y en la toma de decisiones informadas para mejorar la eficiencia energética.

Desde un enfoque teórico, la integración de medidores de energía en el sistema automatizado del banco de pruebas se alinea con la tendencia general de la Industria 4.0 y la digitalización de la producción. La recopilación y el análisis de datos en tiempo real son elementos esenciales en la transformación digital de la industria [16]. La adopción de medidores de energía en este contexto permite que Schneider Electric se posicione en la vanguardia de la innovación tecnológica y demuestre su compromiso con la excelencia en pruebas ejecutadas a los equipos que ingresan al área garantías.

#### **3.1.4** *Switch de red*

Un switch de red o conmutador es un dispositivo de interconexión que sirve para conectar todos los equipos en una red, junto con el cableado forman lo que se conoce como red de área local (LAN). Este dispositivo por sí solo no brinda conectividad con otras redes ni tampoco internet, este es un dispositivo cumple con la función básica de conectar equipos para compartir archivos y/o compartir una conexión de red. [17]

#### **3.1.5** *Protocolo de comunicación Ethernet*

Ethernet es una capa de hardware o nivel físico para las redes, no es la única disponible, aunque si la más utilizada y extendida. Ethernet es el protocolo por el cual se comunican equipos en un entorno local de red. La idea original de Ethernet nació del problema de permitir que dos o más hosts utilizaran el mismo medio y evitar que las señales interfirieran

entre sí. Los objetivos principales de Ethernet son consistentes con los que se han convertido en los requerimientos básicos para el desarrollo y uso de redes LAN. [18] Las características que destaca este protocolo de comunicación es la simplicidad, bajo costo, direccionamiento flexible, estabilidad y compatibilidad.

### **3.1.6 Transformador de tensión**

Los transformadores son máquinas estáticas con dos devanados de corriente alterna arrollados sobre un núcleo magnético. El devanado por donde entra energía al transformador se denomina primario y el devanado por donde sale energía hacia las cargas  $2$  que son alimentadas por el transformador se denomina secundario. El devanado primario tiene  $N_1$  espiras y el secundario tiene  $N_2$  espiras.

El devanado de alta tensión (A.T.) es el de mayor tensión y el devanado de baja tensión (B.T.) es el de menor tensión. Un transformador elevador tiene el lado de baja tensión en el primario y el de A.T. en el secundario. Un transformador reductor tiene el lado de alta tensión en el primario y el de B.T. en el secundario. [19]

### **3.1.7 Diagrama eléctrico**

Conocido también como esquema eléctrico, es la representación de un circuito eléctrico, se ven reflejados los símbolos de todos los componentes que forman parte de este y sus respectivas conexiones. Suelen ser creados por ingenieros en electricidad, electrónica o a fines para explicar de manera sencilla cómo van a llevar a cabo la instalación de los equipos y sirve para que el cliente, usuario o entidad tenga en claro cómo se va a llevar a cabo la colocación de equipos eléctricos en su vivienda, maquina o fábrica. [20]

### **3.1.8 Tablero eléctrico**

La norma IEC EN 60439-1 lo define como: “Uno o más aparatos de protección y maniobra, con los eventuales dispositivos de mando, medida, protección, regulación, etc.,

completamente montados bajo la responsabilidad del constructor, con todas las interconexiones eléctricas y mecánicas internas, incluidos los elementos estructurales de soporte”. [21]

### **3.1.9** *Corriente nominal*

La corriente asignada de un circuito de un tablero establecido por el fabricante en función de los valores asignados en los componentes del equipo eléctrico en el interior del tablero, de su disposición y de su utilización. Esta corriente debe ser soportada sin que el calentamiento de las diversas partes sobre pase los límites especificados en el equipo. [21]

### **3.1.10** *Tensión nominal.*

Valor convencional de la tensión con el cual se designa un sistema, instalación o equipo y para el que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para el caso de sistemas trifásicos, se considera como tal la tensión entre fases. [22]

### **3.1.11** *Tensión de Servicio.*

Valor de tensión, bajo condiciones normales, en un instante dado y en un nodo del sistema. Puede ser estimado, esperado o medido. [22]

### **3.1.12** *Software de programación.*

Un software de programación es el conjunto de utilidades y herramientas utilizadas para el desarrollo, programación o creación de programas o aplicaciones informáticas por parte de los programadores. Dichas utilidades y herramientas pueden hacer uso de diversos lenguajes de programación y metodologías de desarrollo a través de, como mínimo, un editor de texto y un compilador. [23]

#### **3.1.12.1 *EcoStruxure Machine Expert – Basic***

Es una solución de software única para desarrollar, configurar y poner en marcha toda la máquina en un único entorno de software. Incluye lógica, control de movimiento, robótica/mecánica, simulación, diagnósticos, gestión inteligente de motores y cargas, HMI (Vijeo Designer), IIoT y funciones de automatización de red relacionadas. Las plantillas predefinidas permiten ahorrar tiempo de ingeniería mediante la aplicación de bibliotecas completas o incluso de un módulo de máquina nuevo. [24]

#### **3.1.12.2 *Vijeo Designer***

El software de configuración multiplataforma Vijeo Designer ayuda a crear aplicaciones de diálogo de operador para controlar los sistemas de automatización. El software de configuración para HMI Schneider Electric permite procesar los proyectos de diálogo del operador de forma rápida y sencilla gracias a su ergonomía avanzada, con hasta 5 ventanas configurables. Las funciones básicas de Vijeo Designer incluyen: Creación de proyectos con un potente editor de gráficos, gestión de recetas (32 grupos de 256 recetas con hasta 1024 ingredientes), modo de simulación completa para probar aplicaciones, entre otros. [25]

#### **3.1.13 *Interruptor termomagnético***

Como su nombre lo indica, un interruptor termomagnético es un dispositivo que combina dos elementos, el calor y el magnetismo, para interrumpir la corriente eléctrica cuando se detectan valores de tensión eléctrica superiores a ciertos parámetros. El funcionamiento de un interruptor electromagnético es sencillo. El sistema se basa en la dilatación de un metal por el calor y las fuerzas de atracción generadas por los campos magnéticos.

Existen distintos tipos de interruptores termomagnéticos, dependiendo del tiempo de respuesta que posean de acuerdo a la intensidad de la corriente. De esta manera, en algunos casos el interruptor actuará por efecto térmico (respuesta más lenta) y en otros actuará por efecto magnético (más veloz). [26]

Como operación principal del breaker es cerrar y abrir u circuito eléctrico y lo realiza por medio de una palanca que indica posición adentro (ON) y afuera (OFF). La característica particular de estos dispositivos es el elemento térmico conectado en serie a los contactos y que tiene como función proteger contra condiciones de sobrecarga gradual; la corriente pasa a través del elemento térmico conectado en serie y origina su calentamiento; cuando se produce un excesivo calentamiento como resultado de un incremento en la sobrecarga, unas cintas bimetálicas operan sobre los elementos de sujeción de los contactos desconectándolos automáticamente. Las cintas bimetálicas están hechas de dos metales diferentes unidas en un punto una con otra.

Las principales características para la selección de un interruptor son la corriente nominal del circuito o equipo a alimentar, tensión de trabajo, poder de corte, poder de cierre y número de polos. [27]

#### **3.1.14** *Contactor Eléctrico.*

Es un dispositivo eléctrico que cumple la función de apertura y cierre de circuitos eléctricos, mediante la conexión y desconexión de sus contactos a través de una señal externa. Posee la capacidad de soportar la apertura de circuitos en condiciones normales de funcionamiento y además de tolerar grandes valores de corriente en sus contactos principales. La conexión y desconexión del contactor se realiza a través de la señal que llega a su bobina, desde los terminales A1 y A2, la cual funciona como un electroimán que, al

energizarse, atrae la pieza “1” que es solidaria con el conjunto de contactor principales y auxiliares. [28]

### **3.1.15 Parada de emergencia**

De acuerdo con la Directiva de Máquinas, las máquinas e instalaciones deben contar con un dispositivo de parada de emergencia que, en caso de emergencia, permita evitar o limitar un eventual peligro. Los dispositivos de mando de parada de emergencia se accionan manualmente en caso de peligro y generan una señal para detener un movimiento peligroso. Cuando se dispara la orden de parada de emergencia, el dispositivo de mando de parada de emergencia se enclava. El enclavamiento ha de permanecer activo hasta que se desbloquee manualmente. No es necesario desconectar la alimentación de la máquina completa. En ISO 13850 Seguridad de las máquinas: principio para el diseño de la parada de emergencia. [29]

### **3.1.16 Motor eléctrico.**

Está formado por un estator y un rotor. En el estátor se coloca normalmente el inductor, alimentado por una red mono o trifásica. El rotor es inducido, y las corrientes que circulan por él aparecen como consecuencia de la interacción con el flujo del estátor. Dependiendo del tipo de rotor, estos se clasifican en: a) rotor en jaula de ardilla o en cortocircuito, y b) rotor devanado o con anillos.

Los motores también cuentan con otros elementos mecánicos necesarios para el funcionamiento: tapas o cubos, rodamientos, carcasa, etc. En los motores de mediana y gran potencia existe un ventilador en el eje, cuya misión es producir una refrigeración forzada. A veces la carcasa tiene forma ondulada para mejorar la evacuación del calor que se produce como consecuencia de las pérdidas que aparecen en el motor.

En los motores se puede encontrar una placa de características donde se indica se puede utilizar o conectar a una tensión baja o una tensión alta, quiere decir que se puede conectar a una red de 220 voltios, disponiendo sus terminales en triángulo (tensión más baja).

También se puede alimentar a una tensión de 380 voltios, pero para ello han de conectarse los devanados en estrella (tensión más alta).

Ahora bien, también es posible invertir el giro del motor, para ello es preciso cambiar el sentido de movimiento del campo giratorio, lo cual se logra intercambiando entre sí dos cables que se unen a la red de alimentación. [30]

### **3.2 Iluminación en puestos de trabajo**

La iluminación es un elemento clave en nuestra área de trabajo, la mayor parte de la información que recibimos es a través de la vista. Una iluminación deficiente conlleva a la exposición de un riesgo físico, lo que puede generar afectaciones en la salud visual. “El objetivo de diseñar ambientes adecuados para la visión no es proporcionar luz, sino permitir que las personas reconozcan sin errores lo que ven”. [31]

La iluminación podrá ser natural o artificial, o de ambos tipos. La iluminación natural debe disponer de una superficie de iluminación (ventanas, claraboyas, lumbreras, tragaluces, techos en diente de serrucho, etc.) -Resolución 2400 de 1979 art 79. Desde luego que La luz natural causa menor fatiga visual que la iluminación artificial. Por eso, en la actualidad se han desarrollado técnicas que maximizan el aprovechamiento de la luz natural. [32]

Aspectos técnicos en un puesto de trabajo, que garantice una buena iluminación:  
Locativos: las superficies, paredes que en lo posible sean colores claros mate, homogeneización de dispositivos o fuentes de iluminación y mantenimiento periódico y adecuado. Medición: rangos estimados de niveles de iluminación o luminosos (su unidad de medida es el “lx”) como lo establece la norma colombiana Retilap, por ejemplo:

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD <i>(Fuente tabla Retilap)</i>	UGR <sub>L</sub>	NIVELES DE ILUMINANCIA(lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
<b>Oficinas</b>				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1000
<b>Colegios y centros educativos</b>				
Salones de clase – iluminación general	19	300	500	750
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300

*Figura 2. Niveles de iluminación.*

La figura 2 corresponde a la información que se identificó para conocer los niveles de iluminación en los diferentes ámbitos donde se tiene campo de operación continuo y es indispensable contar con una correcta iluminación para no causar afectaciones en la visión.

### 3.2 Automatización en la industria y en los laboratorios

En la industria moderna, la automatización se ha convertido en un factor crucial para aumentar la eficiencia, la productividad y la calidad de los procesos. En América Latina, donde la búsqueda de la competitividad y el avance tecnológico son imperativos, la automatización ha experimentado un crecimiento significativo en diversos sectores. Esta tendencia se refleja tanto en la implementación de sistemas automatizados en la producción industrial como en la optimización de laboratorios y centros de investigación.

Dentro del ámbito industrial, la automatización permite la ejecución de tareas repetitivas y rutinarias de manera precisa y rápida, reduciendo la intervención humana en procesos que anteriormente eran susceptibles a errores. Se ha explorado la implementación de sistemas automatizados en diferentes sectores, obteniendo como resultado una mejora en la eficiencia y la calidad de los productos. Estos estudios han señalado la importancia de la integración de tecnologías como sensores, controladores y sistemas de monitoreo para lograr una operación fluida y optimizada.

En el ámbito de los laboratorios y centros de investigación, la automatización juega un papel esencial en la realización de pruebas y experimentos. Se ha explorado la implementación de sistemas automatizados en laboratorios científicos y tecnológicos evidenciado cómo la automatización no solo agiliza los procesos de prueba, sino que también reduce la exposición del personal a situaciones de riesgo [33].

En el contexto específico de los bancos de pruebas, la automatización ha revolucionado y destacando cómo la instrumentación y el control automatizado permiten una ejecución más precisa y eficiente de las pruebas, así como la recolección de datos en tiempo real para el análisis y la toma de decisiones [34].

En el ámbito industrial, ha explorado cómo la automatización de procesos productivos en América Latina puede llevar a una mayor competitividad en el mercado global. Su enfoque destaca cómo la integración de tecnologías de automatización, como la robótica industrial y los sistemas de control avanzados, puede optimizar la producción, reducir costos y mejorar la calidad de los productos [35].

Además, se ha profundizado en la importancia de la seguridad en los procesos automatizados. El enfoque subraya cómo la automatización debe ir acompañada de medidas de seguridad rigurosas para proteger tanto a los trabajadores como a los equipos involucrados. Esto resalta la necesidad de considerar aspectos como la identificación de riesgos y la implementación de sistemas de parada de emergencia en el diseño de sistemas automatizados [36].

### *3.2.1 Importancia de la automatización en los procesos industriales.*

La implementación de tecnologías automatizadas permite la reducción de la dependencia de mano de obra y brinda la oportunidad de reasignar a los trabajadores a roles más estratégicos y creativos.

Desde una perspectiva teórica y práctica se ha argumentado que la automatización puede contribuir a una mayor seguridad en los entornos industriales. Su investigación resalta cómo la sustitución de tareas peligrosas y repetitivas por sistemas automatizados puede disminuir el riesgo de accidentes laborales. La importancia de la automatización en los procesos industriales en América Latina es un tema que ha cobrado una relevancia cada vez mayor debido a su potencial para impulsar la eficiencia, la productividad y la competitividad en un contexto empresarial en constante cambio. A medida que las empresas buscan mantenerse a la vanguardia en sus respectivos mercados, la adopción de tecnologías automatizadas se ha convertido en una estrategia clave para alcanzar sus objetivos y enfrentar los desafíos actuales [37].

La automatización puede optimizar la producción al reducir los tiempos de ciclo y minimizar los errores humanos. Este enfoque tiene un impacto directo en la capacidad de respuesta de las empresas a las demandas del mercado. Asimismo, la automatización permite la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real, lo que brinda a las organizaciones la capacidad de anticipar problemas y realizar ajustes de manera proactiva [38].

Desde una perspectiva económica se destaca el potencial de la automatización para fomentar la innovación y la diferenciación de productos. La capacidad de introducir nuevas soluciones tecnológicas y adaptarse rápidamente a las tendencias del mercado es esencial para mantener la competitividad en la región y más allá [39].

En cuanto a la fuerza laboral, se ha señalado que, aunque la automatización puede generar inquietudes sobre la pérdida de empleos, también crea oportunidades para el desarrollo de nuevas habilidades y roles más especializados. La formación y la capacitación en áreas relacionadas con la automatización son esenciales para garantizar que los trabajadores estén preparados para los desafíos cambiantes de la industria [40].

### *3.2.2 Aplicaciones de automatización en los laboratorios.*

A medida que los laboratorios buscan mejorar la eficiencia y la seguridad en sus operaciones, la automatización emerge como una solución integral. Se ha explorado cómo la implementación de sistemas automatizados permite la realización de pruebas repetibles, minimizando así la variabilidad humana en los resultados. La capacidad de programar dispositivos para llevar a cabo tareas específicas con alta precisión y en tiempos más cortos es un componente clave de esta transformación [7].

La automatización también tiene un impacto directo en la seguridad de los operadores en el entorno del laboratorio; se han discutido cómo la eliminación del contacto directo con componentes eléctricos y equipos de prueba puede reducir los riesgos de accidentes y lesiones [41].

En el caso específico del banco de pruebas de Schneider Electric Colombia, la falta de indicaciones visuales y la disposición física actual exponen al personal operativo a posibles peligros. La automatización puede mitigar este riesgo al permitir operaciones controladas y remotas.

Un aspecto destacado en la interconexión de dispositivos y sistemas es la integración de plataformas de IoT (Internet de las Cosas) que puede permitir la supervisión y el control remoto de los dispositivos, lo que facilita la colaboración entre operarios en diferentes ubicaciones geográficas y optimiza el uso de recursos [42].

Además de su impacto en la supervisión, la automatización ha demostrado ser fundamental en la ejecución de protocolos complejos y experimentos multifacéticos, permitiendo la ejecución precisa de secuencias predefinidas, ajustando parámetros en tiempo real y reduciendo los errores humanos que podrían surgir en procedimientos largos y detallados.

El panorama de las aplicaciones de automatización en los laboratorios es amplio y diverso, abarcando desde la recolección y el monitoreo de datos en tiempo real hasta la ejecución precisa de protocolos y el análisis avanzado de resultados. La interconexión de dispositivos, la optimización de procesos y la integración de tecnologías emergentes como IoT e inteligencia artificial están redefiniendo la forma en que se realizan investigaciones y pruebas en la industria, permitiendo avances más rápidos, confiables y eficientes en diversos campos. [43]

### **3.3 Banco de pruebas y su funcionalidad.**

Los bancos de pruebas existentes en la industria eléctrica y electrónica desempeñan un papel fundamental en la validación de equipos y componentes antes de su lanzamiento al mercado o durante el proceso de garantía. Estos bancos son instalaciones especializadas diseñadas para simular condiciones de funcionamiento real y evaluar el rendimiento, la confiabilidad y la seguridad de los productos bajo diferentes escenarios. Se ha identificado que los bancos de pruebas se utilizan para verificar que los dispositivos cumplan con las especificaciones técnicas, así como para identificar posibles fallas [44].

El banco de pruebas de área de garantías de Schneider Electric Colombia es esencial para la evaluación de los equipos eléctricos y electrónicos que la compañía ofrece en el mercado. Este banco permite someter los equipos a condiciones operativas y examinar su desempeño en situaciones controladas. Sin embargo, la falta de actualizaciones y la presencia de componentes deteriorados, circuitos no identificados y falta de documentación han llevado a la necesidad de mejorar y automatizar este banco.

La automatización de los bancos de pruebas no solo contribuye a la seguridad de los operadores al minimizar el contacto directo con componentes energizados, sino que también mejora la eficiencia de las pruebas al permitir la ejecución de secuencias predefinidas y la captura automática de datos. La incorporación de dispositivos de comunicación, como HMI y PLC, permite la supervisión remota y la gestión eficiente de los resultados de las pruebas [45].

La automatización de los bancos de pruebas, uno de los principales objetivos de este proyecto, reviste un impacto significativo en la eficiencia y precisión de los procesos de validación permitiendo ejecutar pruebas de manera repetitiva y consistente, eliminando la variabilidad introducida por la intervención humana y asegurando la comparabilidad de los resultados. Además, al minimizar la interacción directa con equipos energizados, se potencia la seguridad de los operadores y se reduce el riesgo de accidentes.

El banco de pruebas mencionado anteriormente representa una herramienta fundamental en el proceso de desarrollo, validación y mejora de los productos eléctricos y electrónicos de Schneider Electric Colombia. Su utilidad abarca diversos aspectos cruciales en la industria, contribuyendo de manera significativa a la calidad, confiabilidad y seguridad de los productos ofrecidos por la compañía.

En primer lugar, la utilidad de este banco radica en su capacidad para recrear condiciones de operación reales y simuladas. Esta característica permite someter los productos a situaciones específicas, garantizando que su desempeño sea óptimo bajo una variedad de circunstancias. Esta simulación es vital para anticipar posibles fallas y problemas que podrían surgir en situaciones de uso reales, lo que a su vez facilita la implementación de mejoras y correcciones.

Además, los bancos de prueba automatizados agilizan el proceso de validación al eliminar la intervención manual en gran medida. La repetitividad y consistencia en la ejecución de pruebas permiten obtener resultados más confiables y comparables, lo que resulta esencial para identificar patrones de comportamiento y evaluar la eficiencia de los productos. Esto contribuye a la reducción de tiempos de validación y a una mayor eficiencia en la toma de decisiones.

La instrumentación avanzada utilizada en estos sistemas de prueba permite la recolección de magnitudes eléctricas y parámetros de rendimiento con exactitud. Esto no solo facilita el análisis y diagnóstico de posibles fallas, sino que también proporciona información valiosa para futuras iteraciones y mejoras de los productos.

La seguridad es otro aspecto de gran importancia en la utilidad de estos bancos. Al automatizar los procedimientos de prueba, se reduce significativamente la exposición de los operadores a equipos energizados y posibles riesgos eléctricos. Esto contribuye a salvaguardar la integridad física del personal involucrado en el proceso de validación.

Finalmente, los bancos de prueba también juegan un papel esencial en la optimización de los procesos de producción. Al identificar y resolver posibles problemas en las etapas iniciales de desarrollo, se evita el desperdicio de recursos y el retrabajo en fases posteriores. Esto tiene un

impacto directo en la eficiencia y rentabilidad de la compañía, al tiempo que garantiza la entrega de productos de alta calidad y confiabilidad a los clientes.

En resumen, los bancos de prueba automatizados representan herramientas de gran utilidad en la industria eléctrica y electrónica. Su capacidad para simular condiciones operativas, agilizar la validación, generar datos precisos y mejorar la seguridad contribuye en gran medida a la mejora continua de los productos y al fortalecimiento de la posición competitiva de Schneider Electric Colombia en el mercado.

### **3.4 Componentes claves en la automatización.**

Los objetivos generales plantean la necesidad de automatizar el banco de pruebas en el laboratorio de garantías de Schneider Electric Colombia. Para lograr esto, es esencial comprender los componentes clave involucrados en la automatización, ya que estos desempeñan un papel fundamental en la consecución de dichos objetivos.

En primer lugar, uno de los componentes clave en la automatización es el sistema de control. Este componente permite la supervisión y regulación de los diferentes equipos y procesos involucrados en el banco de pruebas. Un sistema de control eficiente es esencial para garantizar que las pruebas se realicen de manera precisa, repetible y consistente, lo que contribuye a obtener resultados confiables y comparables.

La capacidad de controlar la potencia de manera precisa y ajustarla según las necesidades de las pruebas es crucial para simular condiciones operativas reales y evaluar el desempeño de los productos en diferentes escenarios.

La interfaz de usuario también es un componente fundamental en la automatización. Esta proporciona una forma intuitiva y accesible para que los operadores interactúen con el sistema de control y realicen configuraciones, ajustes y monitoreo.

La comunicación entre dispositivos es otro componente clave en la automatización. La capacidad de intercambiar información y datos entre diferentes equipos y componentes del sistema garantiza una operación coordinada y coherente. La comunicación eficiente es primordial para lograr la integración de los distintos elementos y asegurar que el banco de pruebas funcione como un sistema completo y cohesivo.

Los procesos de automatización en las industrias han demostrado ser fundamentales para mejorar la eficiencia, la precisión y la productividad en la producción y fabricación de diversos productos. Estos procesos se basan en la implementación de una serie de componentes clave que trabajan de manera conjunta para lograr un control integral y optimizado de las operaciones.

Uno de los componentes centrales en la automatización industrial es el sistema de control. Este componente abarca la utilización de software y hardware especializado para supervisar, regular y coordinar las actividades. El sistema de control permite una toma de decisiones basada en datos en tiempo real, lo que conduce a una adaptación más rápida y precisa a las condiciones cambiantes del entorno. Además, la programación de lógica y algoritmos específicos permite la ejecución de secuencias de operación de manera autónoma, reduciendo la necesidad de intervención humana en tareas repetitivas y rutinarias.

La instrumentación es otro componente crucial en la automatización industrial. Involucra la incorporación de sensores y dispositivos de medición que capturan datos sobre variables físicas, químicas y eléctricas relevantes para el proceso. La instrumentación implementada garantiza la

obtención de información exacta y detallada sobre el estado de las operaciones y el rendimiento de los equipos, permitiendo la identificación temprana de desviaciones y la implementación de correcciones necesarias.

Los sistemas de comunicación permiten que los diferentes componentes y equipos intercambien información de manera eficiente y coordinada. Esto es esencial para lograr la sincronización y la interacción adecuada entre las diferentes partes del proceso. Los protocolos de comunicación, como Ethernet industrial y Modbus, son fundamentales para garantizar una transmisión de datos confiable y en tiempo real [5].

En última instancia, los componentes clave en los procesos de automatización en las industrias trabajan en conjunto para optimizar la producción, mejorar la calidad del producto, reducir los tiempos de ciclo y minimizar el riesgo de errores humanos. La integración de estos componentes permite a las empresas lograr una mayor competitividad en el mercado al aumentar su capacidad de respuesta, su flexibilidad y su capacidad de adaptación a los cambios en la demanda y las condiciones del entorno industrial [46].

### **3.5 Normativas y estándares en automatización y seguridad electrónica.**

Los objetivos del proyecto para automatizar el banco de pruebas del laboratorio de garantías de Schneider Electric Colombia plantean la necesidad de actualizar tecnológicamente el sistema y garantizar la seguridad de las personas que lo operan. En este contexto, es fundamental considerar las normativas y estándares en automatización y seguridad electrónica que se han promulgado en la legislación colombiana en los últimos diez años, ya que estas regulaciones juegan un papel crucial en la implementación exitosa de proyectos tecnológicos.

La legislación colombiana ha evolucionado significativamente en respuesta a los avances tecnológicos y la necesidad de garantizar la seguridad y confiabilidad de los sistemas automatizados. "Automatización y Control de Procesos Industriales" [47], resaltan la importancia de cumplir con normativas como la Ley 1801 de 2016 (Código Nacional de Policía y Convivencia) y la Resolución 2400 de 1979 (Ministerio de Trabajo), que establecen los requisitos y procedimientos para garantizar la seguridad de los trabajadores en ambientes industriales y laboratorios.

La normativa en automatización también se refleja en estándares técnicos. La norma IEC 61131-3, por ejemplo, proporciona directrices para la programación de controladores lógicos programables (PLCs), lo cual es relevante en el contexto de la automatización del banco de pruebas. Además, normas como la ISO 12100:2010 ofrecen directrices sobre la seguridad de las máquinas y sistemas automatizados, contribuyendo así a la creación de entornos laborales seguros [48].

La importancia de estas normativas radica en que no solo establecen pautas para la seguridad de los trabajadores y la comunidad, sino que también promueven la innovación responsable y la confiabilidad de los sistemas automatizados. El interés de Schneider Electric en la automatización del banco de pruebas no solo se enmarca en la búsqueda de eficiencia, sino que también refleja el compromiso con los más altos estándares de seguridad y calidad.

La evolución de las normativas se alinea con la evolución misma de la tecnología. A medida que se introducen nuevas tecnologías, como la Internet de las Cosas (IoT) y la Industria 4.0, las normativas deben adaptarse para abordar los desafíos específicos que surgen en el contexto de la automatización industrial [42].

#### **4. Diagnóstico del estado actual**

El capítulo comienza por desglosar la etapa de estudio inicial, donde se exploran las condiciones y requisitos de acceso al laboratorio de garantías. Esto implica una interacción directa con el entorno de trabajo y el personal técnico involucrado. Además, se abordará la revisión con el equipo de reclamaciones técnicas de Schneider Electric Colombia para identificar los elementos cruciales que deben ser considerados para una operación efectiva del banco.

Alineados con los objetivos planteados para el desarrollo del proyecto en primera instancia se ejecuta visita a las instalaciones del Schneider Electric Colombia, Planta Funza, área garantías para Clúster Andino; con el acompañamiento del personal encargado se hace inspección de la solución que se encontraba en operación, dentro de esta se reciben los comentarios de las funciones que emplean dentro del desarrollo de pruebas, maniobras que ejecutan en los circuitos y actividades que se contemplan en el momento de conectar un equipo al tablero de tensión para cumplir con las pruebas necesarias.

Se encuentra un banco con un sistema eléctrico para el suministro de tensión de los equipos que ingresan a diario área de garantías para valoración de condiciones físicas, eléctricas y funcionamiento; se observa que los circuitos no están plenamente identificados, se encontraron equipos totalmente fuera de servicio o desconectados, la totalidad del circuito eléctrico está expuesto a la vista y la instalación no cuenta con un diagrama eléctrico, se encontró cableado fuera de las canaletas y se pudo identificar que la estructura física no es segura.

#### 4.1 Equipos de mando y circuito de control.

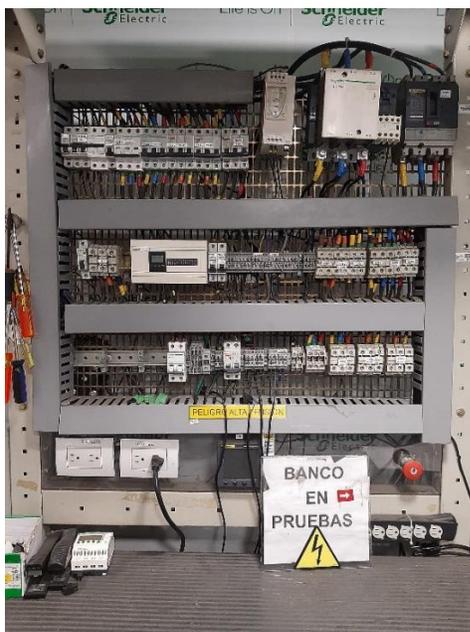
En el banco no se encuentra un equipo de mando, todas las operaciones de energizado y desenergizado se ejecutan directamente sobre los interruptores termomagnéticos. El sistema de control del banco está sujeto a un interruptor termomagnético monofásico de 10 amperios el cual en el momento de activar energiza tomacorrientes para conexión de equipos de cómputo e instrumentación externa al banco, permite tener tensión disponible en bornera para conexión de equipos de prueba que requieren de un suministro de tensión de 120 VAC y cierre del contactor principal para suministro de tensión trifásica. También se encuentran dentro de la distribución del tablero otros interruptores termomagnéticos monofásicos y bifásicos pero que actualmente no cumplen con una función dentro de la solución, adicional dentro de las canaletas se encontró múltiples puntas de cable sin identificar, sin certeza si cuentan con tensión o corresponden a circuitos fuera de servicio.

#### 4.2 Circuito de potencia.

No se identifican condiciones físicas o eléctricas desfavorable visibles dentro del cableado, pero se pudo identificar que el disyuntor principal con regulación mínima de 100 amperios, los dos interruptores de suministro tensión trifásica de 220Vac de 80 amperios y los dos interruptores de suministro tensión trifásica de 440Vac de 50 amperios están sobredimensionados en función de la corriente disponible en tablero de distribución que se encuentra aguas arriba en el cual se dispone un interruptor de 50 amperios.

### 4.3 Iluminación y monitoreo de magnitudes eléctricas.

La iluminación del banco esta se compone de un sistema de balastro y tubos fluorescentes, sin embargo, está totalmente fuera de servicio dado que los tubos están fundidos y el circuito de alimentación en cortocircuito. El medidor de energía instalado en el banco se encontró apagado, se validó encendido de este de manera directa alimentando con una tensión de 120Vac, pero este no enciende, no permite ninguna acción, equipo fuera de servicio.



*Figura 3. Vista general del tablero eléctrico existente.*

En la figura tres se puede identificar las condiciones del circuito eléctrico encontrado en el banco de pruebas, se observa cables expuestos, no cuentan con un etiquetado correcto, equipos con deterioro físico por manipulación constante y elementos fuera de servicio fuera de servicio.

### 4.4 Estructura física.

La estructura principal del banco cuenta con una condición física robusta que soporta en la parte posterior la estructura donde se encuentra el circuito eléctrico y sobre este se acopla una de

estructura de metal para la instalación de la iluminación, la estructura cuenta con una solución de soportes verticales centrados a cada costado y estos se completan con una base en ángulo a cada costado y uno más que traspasa de derecha a izquierda, sin embargo se pudo establecer que esta estructura de la base no es la adecuada para la solución dado que no permite una cómoda intervención sobre el motor y transformador e imposibilita totalmente la extracción de los mismos, finalmente se observa la estructura completa reposa sin ningún tipo de fijación en dos bases tipo patín las cuales no están debidamente adecuadas para la solución, por las características encontradas siempre se tiene una condición de inestabilidad del banco que pone en riesgo la seguridad del personal dentro del área de trabajo. Adicional los soportes o bases de motor y transformador son estibas de madera que presentan deterioro físico e impiden una manipulación fácil y segura.



*Figura 4. Vista general de la estructura banco existente.*

En la figura 4 se puede apreciar el deterioro de la estructura física del banco de suministro de tensión, se evidencia una condición de riesgo físico y eléctrico para el personal del área de garantías, equipos eléctricos con falta de mantenimiento adecuado debido a las impropias condiciones estructurales.

Además, se el equipo encargado del banco por parte de Schneider Electric Colombia socializo la expectativa de evolución del banco y en función de ello poder determinar los equipos y elementos esenciales a considerar en la restructuración del banco para facilitar la operación, al final de esta intervención se identificaron los dispositivos, el uso y estado.

ITEM	DISPOSITIVO	ESPECIFICACIÓN	USO	ESTADO
1	Interruptor	Interruptor Magnético trifásico 150 Amperios	Suministro tensión potencia	Sobredimensionado/ oferta discontinuada
2	Contactador	Contactador trifásico	Suministro tensión potencia	Sobredimensionado
3	Fuente DC	Fuente In: 120 Vac / Out: 24 VDC_ 3A	Suministro Tensión 24VDC	Operativo
4	Breaker	Termomagnético trifásico 50 amperios	Alimentación transformador	Operativo /con golpes
5	Breaker	Termomagnético trifásico 32 amperios	Salida tensión 440VAC	Operativo / oferta discontinuada
6	Breaker	Termomagnético trifásico 32 amperios	Sin marquilla/ No uso	Fuera de servicio
7	Breaker	Termomagnético trifásico 50 amperios	Salida tensión 220VAC	Operativo
8	Breaker	Termomagnético trifásico 50 amperios	Sin marquilla/ No uso	Fuera de servicio
9	Breaker	Breaker termomagnético bifásico 16 amperios	Encendido control	Operativo
10	Breaker	Breaker termomagnético bifásico 6 amperios	Sin marquilla/ No uso	Fuera de servicio
11	Breaker	Breaker termomagnético bifásico 16 amperios	Sin marquilla/ No uso	Fuera de servicio
12	Breaker	Breaker termomagnético bifásico 10 amperios	Sin marquilla/ No uso	Fuera de servicio
13	Breaker	Breaker termomagnético monofásico 2 amperios	Iluminación	Fuera de servicio
14	Breaker	Breaker termomagnético monofásico 2 amperios	Activación circuito 120 VAC	Operativo/ oferta discontinuada
15	Breaker	Breaker termomagnético monofásico 3 amperios		Sin Uso
16	Breaker	Breaker termomagnético monofásico 6 amperios	Salida tensión 120 VAC	Sin Uso
17	Breaker	Breaker termomagnético monofásico 6 amperios	Salida tensión 120 VAC	Sin Uso

18	PLC	Controlador Twido	Control acceso área	Operativo/ oferta discontinuada
19	Medidor	Medidor de energía Power Logic PM201	Lectura magnitudes eléctricas	Fuera de servicio
20	Motor	Motor Eléctrico trifásico 50HP	Carga pruebas	Operativo
21	Transformador	Transformador Elevador 220 - 440 VAC	Elevador tensión	Operativo

*Tabla 1. Base instalada banco encontrado instalaciones Schneider Electric.*

## 5. Diseño diagramas eléctricos y estructura física

Se ahonda en la etapa de diseño, donde se define cada uno de los equipos para el circuito eléctrico y características físicas que más convienen para la restructuración del banco. Aquí se explorará las consideraciones para elaborar los diagramas eléctricos de potencia y control, con el objetivo de brindar una documentación comprensible para el personal que hace uso de la herramienta dentro del área de garantías.

El diseño de este proyecto es la entrada para proporcionar un recurso al equipo de garantías de Schneider Electric Colombia; se inicia la construcción de la propuesta de automatización del sistema activación circuitos eléctricos donde se propone una solución que elimine totalmente la manipulación directa de componentes energizados por parte de los operarios y que permita tener una visual del estado de los circuitos (energizado-des energizado) además de hacer uso de equipos de protección que se ajusten a las condiciones eléctricas disponibles para el banco, que no tengan afectaciones mecánicas, eléctricas o de funcionamiento. Además de ejecutar una restructuración de la estructura física para mejorar de las condiciones de estética, optimizando

los recursos que se encuentran dentro de la estructura y garantizando estabilidad y facilidad para su movimiento.

## 5.1 Diseño Eléctrico

Para esta etapa, se analizaron las principales falencias eléctricas e inconvenientes que se tiene al momento de hacer uso del banco en el desarrollo de pruebas a equipos eléctricos. En consideración de los niveles de tensión más comunes dentro de la oferta de productos de Schneider Electric se determina el banco de contar con circuitos para suministro de tensión monofásico de 120Vac y tensión directa de 24Vdc, para alimentación de equipos como PLC, Medidores, HMI, bobinas contactores, unidades de señalización, pilotos, relés de interface, controladoras, UPS, relés de protección, entre otros; circuitos de suministro de tensión trifásica de 220 y 440 Vac, para conexión de variadores de velocidad, arrancadores suaves, contactores, guardamotores, interruptores caja moldeada, transferencias automáticas, entre otros.

De acuerdo a lo identificado durante el diagnóstico del banco existente se establece se debe hacer remplazo de todos interruptores termomagnéticos del circuito eléctrico e incorporación de nuevos elementos que permitan una mejora significativa en tiempos de maniobras de conexionado de los equipos. Por tanto, para cada uno de los circuitos, cada salida deberá estar provista de su correspondiente bornera o toma tipo industrial que permitan una conexión rápida y segura, es decir:

- Salida monofásica 120 Vac, deberá contar con bornera de fase, neutro y tierra.
- Salida tensión 24 Vdc, debes contar con bornera de positivo y negativo.
- Salida tensión 220 Vac, deberá contar con toma de 4 hilos, 3 fases + Tierra.
- Salida tensión 440 Vac, deberá contar con toma de 4 hilos, 3 fases + Tierra.
- Entrada motor 50HP, deberá contar con toma de 4 hilos, 3 fases + Tierra.

Así mismo cada circuito deberá estar protegido mediante un interruptor termomagnético que permita abrir, cerrar y proteger las cargas asociadas, esto a partir de la fuente de tensión nominal de 220Vac y corriente de 60A que se encuentra disponible está dentro del tablero de distribución del área y se encuentra provisionado de clavija industrial de 4 hilos 3F+T.

Con las características necesarias para suministro de tensión mencionado anteriormente se propone un diseño para el circuito de control y mando a partir de elementos que permita la activación de cada una de las fuentes de tensión sin tener contacto directo con los componentes energizados. De esta manera se determina integrar dentro del circuito de potencia elementos de corte como contactores, permitiendo que por medio de señales eléctricas se active y desactive determinado circuito, este control se desarrolla con equipos como: Controlador lógico programable (PLC) que pueda recibir comandos por medio de comunicación ethernet IP, procesar variables de memoria y debe contar con mínimo cinco entradas de entradas digitales y diez salidas tipo relé.

Una interface HMI que cuente con puerto de comunicación ethernet IP y se interconecte por un medio físico con el PLC, sobre la interface se desarrollará un mímico donde se esquematiza los componentes de activación que permiten el suministro de tensión, a cada objeto creado dentro de la HMI se pueda asignar funciones booleanas que serán asociadas a cada una de las memorias creadas en el PLC y de manera lineal poder ejecutar las tareas de activación circuitos eléctricos.

Y para completar el circuito se integra pilotos luminosos en cada uno de los puntos de salida tensión, se incluirá pilotos luminosos verde y rojo con el fin de tener una indicación física del a estado de las salidas de tensión, es decir, conocer si un circuito esta inactivo o activo respectivamente. Además de un medidor de energía que permite tener lectura de magnitudes

eléctricas (voltaje, corriente, potencia, frecuencia) de manera directa durante la ejecución de una prueba y también permite conocer cantidad de energía utilizada durante un periodo de tiempo.

Finalmente, como complemento del circuito de mando y control se integra un switch TCP/IP Ethernet que permite la interconexión de los equipos conectados como HMI, PLC, Medidor y además tener la opción de hacer conexión de los equipos mencionados con los softwares de programación y/o supervisión.

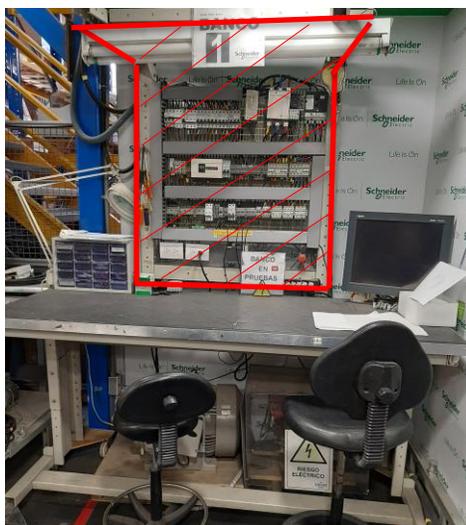
CUADRO DE CARGAS			
Circuito	Protección AMPERIOS	Carga	CONDUCTOR AWG
Q1	50	Protección General circuito potencia	8
Q2	50	Transformador 220/440 Vac	8
Q3	40	Circuito disponible para energizar equipos $\theta 3$ a 220 Vac	8
Q4	32	Circuito disponible para energizar equipos $\theta 3$ a 440 Vac	16
Q5	10	Protección General circuito control	16
Q6	1	PLC, TM221CE40R	16
Q7	1	Medidor, METSEPM5560	16
Q8	4	Fuente AC/DC, ABL8RPS24030	16
Q9	6	Circuito disponible para energizar equipos $\theta 1$ a 120 Vac	16
Q10	1	Iluminación banco, lampara LED	16
Q11	3	Circuito disponible para energizar equipos 24 Vdc	16
Q12	2	Señal tensión para medidor energía	16

*Tabla 2. Cuadro de cargas equipos y circuitos de salida.*

Con los diagramas eléctricos y lista de equipos se facilita la interpretación de los circuitos e intervención sobre los mismos, además permite identificar de manera precisa a que circuito está asociado cada elemento y por medio de la referencia poder conocer sus características; para el detalle de los diagramas eléctricos y lista de equipos puede dirigirse a “**Anexo 1. Diagramas Eléctricos, banco Schneider**” y “**Anexo 2. Listado de equipos, banco Schneider**” respectivamente.

## 5.2 Diseño estructura física

La transformación de la estructura física se centra en tener una solución que permita ejecutar una manipulación fácil y segura, para ello se contempla eliminar la estructura que se encuentra como soporte del circuito eléctrico e iluminación, esta parte del banco esta subutilizada y por las características de la estructura generan un peso considerable que aporta de manera negativa a la estabilidad del banco.



*Figura 5. Identificación de partes a eliminar del banco.*

En la figura 5 se resalta las secciones del banco actual donde se identifica componentes afectados o sin uso, la parte resaltada en rojo se contempla retirar para poder ofrecer una solución más práctica y menos robusta.

Además, para poder tener un cómodo acceso y facilidad de movimiento de los elementos periféricos de la solución (motor eléctrico y transformador) se estima retirar el soporte horizontal que se encuentra en la parte inferior y en función de ello cambiar los soportes verticales de la estructura que se encuentra centralizados a cada costado por soportes verticales en cada una de las esquinas de la estructura, de esta manera liberando espacio y manteniendo un correcto soporte, además de tener mayor facilidad de agregar elementos para movilizarlo.



*Figura 6. Soporte de la estructura banco antiguo.*

En la figura 6 se demarca las piezas o sistemas que soportan en banco, se observa que el ángulo que está instalado de manera horizontal en la parte inferior del banco obstaculiza la intervención o el movimiento del motor y transformador.

Es así como se procede a realizar un escalamiento en AutoCAD de la propuesta para la estructura física donde se conservara las características físicas de ancho (1920 mm), alto (920mm) y fondo (770mm) como base principal, en cada una de los soportes verticales coloca ruedas de trabajo industrial, se instalara en la parte posterior se instala una malla de 200 mm de altura a partir del área de trabajo que permite soportar los elementos de indicación lumínica, medidor de energía borneras de conexión tensión salida y tomacorrientes, en el costado izquierdo se acoplara un tablero eléctrico de uso interior de 700x600x250 mm el cual aloja el circuito eléctrico de la solución. Además, se diseña base metálica para motor y transformador que contara con cuatro ruedas de trabajo industrial.

En la figura 7 se observa en términos generales la solución propuesta, los detalles de la misma se pueden encontrar en “**Anexo 3. Planos estructura física de la solución**”.

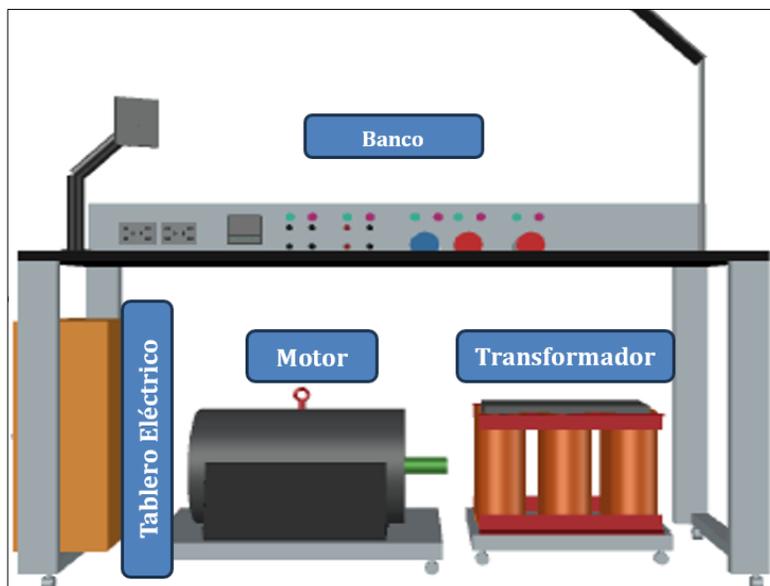


Figura 7. Propuesta banco nuevo.

En la figura 7 se muestra la propuesta de la estructura física del banco de pruebas, se puede identificar donde estarían ubicados cada uno de los elementos como motor, transformador y tablero eléctrico, además de como quedara soportada la estructura principal del banco y los soportes de periféricos.

## 6. Implementación estructura física y ensamble sistemas de mando, control y potencia

En este capítulo se revela el impacto que se alcanzó a través de la transformación y la automatización del banco de pruebas existente, dentro de las modificaciones de la estructura física se hace con el aprovechamiento de la estructura física existente. Para el circuito eléctrico además del transformador elevador y su cableado, no se utilizan otros elementos del circuito eléctrico existente, todos los interruptores, contactores, relés de interface, PLC, medidor, HMI, fuente, switch, pilotos, selector, parada emergencia, tomacorrientes, borneras, clavija industrial, tablero eléctrico y cableado son nuevos.

## 6.1 Transformación estructura física.

Como primera acción se ejecuta el despiece del banco dentro de las instalaciones de Schneider Electric Colombia y se transporta al punto donde se adelantará todas las labores de transformación e implementación de la solución propuesta.



*Figura 8. Estructura y equipos para la restauración.*

La figura 8 deja ver se ha desinstalado todos los componentes del circuito eléctrico existente y se ha retirado cableado de manera general, todos los elementos y cableado que se encontró se entregó al equipo de garantías de Schneider Electric.



*Figura 9. Desamable estructura del banco de pruebas.*

En la figura 9 muestra parte del proceso que se llevó a cabo para liberar todas las piezas del banco de pruebas existente, con la individualización de la pieza es posible establecer que unidades pueden aportar para la construcción de la nueva estructura.

En segunda instancia se elabora armado de la estructura principal y las bases para montaje de motor y transformador, se realiza corte de material contemplando las medidas definidas en el diseño, la unión de las piezas se hace con soldadura eléctrica como observa en las figuras 10 y 11, seguido se procede con limpieza, pulido y aplicación de pintura de las estructuras (ver figuras 12 y 13).



*Figura 10. Construcción base del banco nuevo.*

En la figura 10 muestra el primer avance o base principal definida para el banco de trabajo nuevo, también sobre el la estructura del banco de observa la base para soporte del motor eléctrico.



*Figura 11. Adición de soportes.*

En la figura 11 se puede observar se trabajó en adicionar algunos soportes que permiten aumentar la estabilidad y asegurar de manera confiable los soportes y área de trabajo. La unión de las piezas metálicas se realizó con soldadura eléctrica.



*Figura 12. Bases para transformador y motor.*

En la figura 12 se muestra las actividades complementarias que adelantaron para obtener las bases soporte del motor y transformador, el color de la pintura se selecciona en la tonalidad bajo el patrón 2270C (Plus Series) esto porque representa un color corporativo de Schneider Electric.



*Figura 13. Estructura base mesa de trabajo.*

En la figura 13 se encuentra visible la finalización con pintura de la base principal del banco de trabajo, la pintura se selecciona en la tonalidad bajo el patrón CoolGray7 color corporativo de Schneider Electric.

## **6.2** Ensamble sistemas de mando, control y potencia.

En consecuencia, de lo encontrado en el circuito eléctrico del banco que se encontraba en operación se estableció ninguno de los componentes allí encontrados se tomaría para uso de la automatización, A partir de los diagramas eléctricos previamente revisados y aprobados por parte de empresa beneficiaria, se procede con las tareas de implementación del circuito eléctrico; se da

comienzo con a la distribución de nuevos equipos que se contemplaron dentro de la placa de doble fonde del tablero.



*Figura 14. Distribución equipos para tablero eléctrico.*

En la figura 14 se muestra la distribución de los equipos que van a estar alojados en el tablero eléctrico, esta labor se hace de manera superficial para tener la perspectiva de la mejor distribución teniendo presente tener separados los circuitos de control y potencia.

Con la distribución de equipos definida se adelanta la instalación de elementos eléctricos como los son interruptores, contactores, relés de interface, PLC y Switch. De esta manera se procede con las interconexiones de los circuitos de potencia, control y comunicaciones que se alojan dentro del tablero eléctrico, finalizada esta intervención se integra el tableo a la estructura del banco para adelantar el cableado de circuitos y equipos externos del tablero, es decir cableado a borneras y tomas industriales, medidor de energía, tomacorrientes, indicadores luminosos de los circuitos, transformador, motor eléctrico e iluminación del banco.



*Figura 15. Cableado tablero eléctrico.*

En la figura 15, a la izquierda se muestra los avances parciales del cableado del tablero eléctrico, y a la derecha la culminación de la actividad de cableado y placa de doble fondo instalada dentro del tablero eléctrico.



*Figura 16. Cableado elementos y circuitos externos al tablero eléctrico.*

En la figura 16 se muestra el proceso de cableado de los componentes externos del tablero, se puede observar se instaló una canaleta en la parte posterior del banco para resguardar todo el cableado de control y potencia que va de tablero a borneras y equipos.



*Figura 17. Etiquetado de los circuitos.*

En la figura 17 se puede apreciar se realizó etiquetado de los equipos dentro del talero eléctrico, esto facilita su identificación de acuerdo con lo indicado en los diagramas eléctricos, de la misma manera en el costado derecho se observa marquilla para elementos en puerta de talero.



*Figura 18. Vista general del banco final.*

En la figura 18, se muestra de ubicación final de cada uno de los componentes y la distribución de los circuitos disponibles para servicio de suministro de tensión, equipos de medición y control.

Con las conexiones eléctricas completas, es el momento de ejecutar la programación de los elementos de control para ello se ha hecho uso de herramientas que dispones por parte del fabricante; primero abordamos el desarrollo de la lógica del PLC de referencia TM221CE40R, para ello previamente se ha consultado, descargado e instalado el software EcoStruxure Machine Expert - Basic es un software que no requiere un licenciamiento para el desarrollo de proyectos, este software cuenta con 4 lenguajes de programación como IL: Lista de instrucciones, LD: Diagrama de contactos, Grafec (lista) y Grafec (SFC). El desarrollo para la automatización del banco de pruebas se trabajó con el lenguaje de diagramas de contactos, dentro del software se van delegando memorias para cada uno componentes que me van a generar una acción de control del circuito, cada memoria va estar asociada a una entrada o un registro de comunicación y de esta manera podrá procesar información y ejecutar tareas a través de las salidas.

Ahora pasamos al desarrollo del mímico sobre la HMI de referencia HMISTU655, para la cual también cuenta con un software que no requiere de una licencia para implementación de desarrollo de mímicos, a partir del espacio disponible dentro de la HMI se estructura por medio de una serie de pulsadores y equipos de complemento que nos permitieron definir la distribución de los mismos para tener una secuencia lógica de activación de los circuitos; para cada uno de los elementos puestos dentro de la HMI se asigna una función y dependiendo de la necesidad también es posible darle una acción, para nuestro proyecto todas las funciones asignadas son booleanas y en función de poder tener una solución dinámica se han agregado algunas acciones a componentes que permitirán identificar de manera clara cuando están activos e inactivos.

El controlador lógico e interface HMI son los equipos de control más importantes y relevantes dentro del desarrollo del proyecto puesto que son los que me permiten brindarle al

operario una visual, control y supervisión de los circuitos de suministro de tensión. De esta manera con una representación de los circuitos sobre la HMI se brinda una instrucción que recibe el PLC para procesarla y ejecutar una tarea específica de acuerdo a la necesidad del proceso.

PLC	HMI	Función
%M0	Bool 2	Off KM1 - Desactiva circuito principal de potencia
%M1	Bool 1	On KM1 - Activar circuito principal de potencia
%M2	Bool 3	Activación salida Q8 PLC (Activa potencia)
%M3	Bool 5	Off KM2 - Desactiva circuito alimentación transformador
%M4	Bool 4	On KM2 - Activar circuito alimentación transformador
%M5	Bool 6	Activación Q9 PLC (Alimenta Transformador)
%M6	Bool 8	Off KM3 - Desactiva circuito alimentación bornera $\Theta 3/220VAC$
%M7	Bool 7	On KM3 - Activar circuito alimentación bornera $\Theta 3/220VAC$
%M8	Bool 9	Activación Q10 PLC (Alimentación bornera $\Theta 3/220VAC$ )
%M9	Bool 11	Off KM4 - Desactiva circuito alimentación bornera $\Theta 3/440VAC$
%M10	Bool 10	On KM4 - Activar circuito alimentación bornera $\Theta 3/440VAC$
%M11	Bool 12	Activación Q11 PLC (Alimentación bornera $\Theta 3/440VAC$ )
%M12	Bool 14	Off KM5/KM7 - Desactiva circuito alimentación motor 440 VAC
%M13	Bool 13	On KM5/KM7 - Activa circuito alimentación motor 440 VAC
%M14	Bool 15	Activación Q12 PLC (Motor Activo 440VAC)
%M15	Bool 17	Off KM5/KM6/KM8 - Desactiva circuito alimentación motor 220 VAC
%M16	Bool 16	On KM5/KM6/KM8 - Activa circuito alimentación motor 440 VAC
%M17	Bool 18	Activación Q13 PLC (Motor Activo 220VAC)
%M18	Bool 20	Off KM9 - Desactiva circuito alimentación 120 VAC
%M19	Bool 19	On KM9- Activa circuito alimentación 120 VAC
%M20	Bool 21	Activación Q14 PLC (Alimentación bornera $\Theta 1/110VAC$ )
%M21	Bool 23	Off KA8 - Desactiva circuito alimentación 24 VDC
%M22	Bool 22	On KA8 - Activa circuito alimentación 24 VDC
%M23	Bool 24	Activación Q15 PLC (Alimentación bornera 24VDC)

*Tabla 3. Funciones y memorias HMI-PLM*

## 7. Manual de operación

El manual de energización y operación para el bando de pruebas fue construido como una herramienta de apoyo, donde se expone las diferentes maniobras que puede ejecutar con el banco fabricado, para tener un correcto funcionamiento de la herramienta es necesario validar las indicaciones de ubicación, energización y operación de los diferentes equipos del banco.

Se brinda la información de seguridad para la intervención o uso del banco, también se menciona las principales secciones y la operación de este para la activación de los circuitos de suministro de tensión, también se menciona el tipo de personal que deberá hacer uso de la herramienta, este debe cumplir con las competencias idóneas en el área de estudio de la electricidad, además de tener experiencia en el sector eléctrico, electrónico o a fines, cumpliendo con las normas de seguridad fijadas para el área y además de hacer un buen uso de los elementos de protección personal.

El desarrollo del manual se dividió en cuatro capítulos donde se puede encontrar información relacionada a componentes del banco, ubicación, conexiones eléctricas, operación y mantenimiento general de la solución. Se incluyen todas las herramientas de soporte disponibles por parte del fabricante para cada uno de los equipos implementados. Con la intención de extender más el conocimiento sobre la operación del banco dirigirse al “**Anexo 4. Manual de operación**”.

## 8. Pruebas de funcionamiento.

Finalmente, en el capítulo ocho se expone el resultado de cada uno de los procesos realizados durante la restauración y automatización del banco de garantías. Mediante la integración del controlador lógico, la interface hombre-maquina, elementos de potencia y mando fue posible dar solución a la necesidad del equipo de garantías de Schneider Electric Colombia.

Para la entrega del banco al personal de Schneider Electric, se ejecutó la instalación, conexión, encendido y verificación de funcionamiento de cada uno de los circuitos de control y potencia, para lo cual se procede con la verificación de activación de circuito por circuito establecido en la solución.

### 8.1 Encendió circuito principal de potencia.

Como primera maniobra debemos nos aseguramos que el paro de emergencia de la puerta del talero no este activo y que el selector este en posición ON. Posteriormente vamos a la HMI y sobre el mímico pulsamos botón verde asociado a ON/OFF BANCO, al pulsar el botón verde se observa va a aparecer flechas azules lo cual nos indica que circuitos se está energizando.

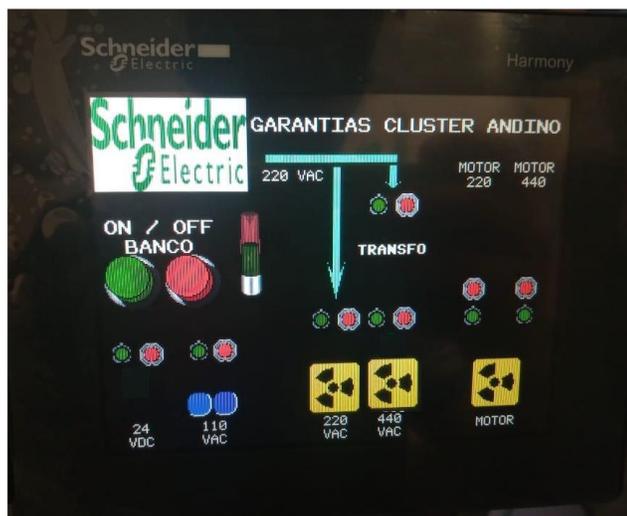


Figura 19. Visual de circuito principal activo.

En la figura 19 se muestra los cambios que se verán reflejados sobre la pantalla HMI en el momento que se ejecuta el proceso de encendido de la tensión de potencia, se ilustra por medio de flecha color azul hasta qué punto se energiza el circuito.

## 8.2 Encendido de transformador

Se encuentra un símbolo de transformador, con los pulsadores que se encuentran en la parte superior de este se energiza y des-energiza el circuito de alimentación del transformador, en el momento que está energizado se observa paradero del símbolo del transformador y se aparece una flecha azul aguas abajo del transformador.

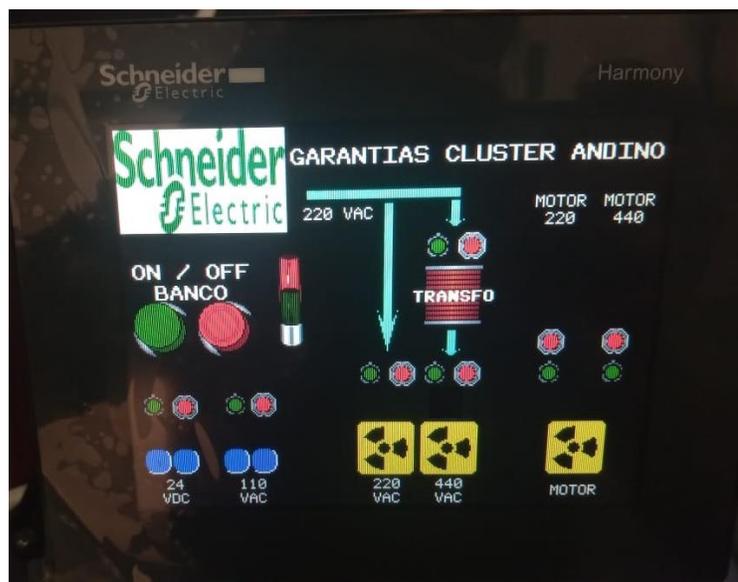


Figura 20. Encendido transformador elevador de tensión.

En la figura 20 se muestra los cambios que se verán reflejados sobre la pantalla HMI en el momento que se ejecuta el proceso de encendido del transformador, se ilustra por medio de flecha color azul hasta qué punto se energiza el circuito.

## 8.3 Encendido circuito tensión trifásica 220VAC

Con la previa activación del circuito principal se cuenta con la disponibilidad de tensión en el circuito de 220 VAC, de esta manera con los pulsadores asociados a este circuito se podrá activar

y desactivar el suministro de tensión. Aguas debajo de los pulsadores aparece flecha azul y e indicación de tensión 220VAC en parpadeo. Y sobre el circuito de la toma industrial se observa conmuta la señal lumínica, se apaga piloto verde y enciende piloto rojo.

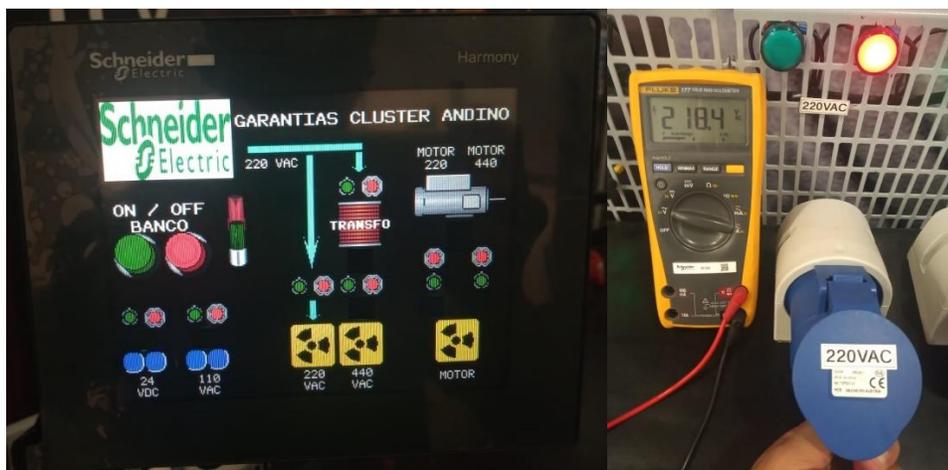


Figura 21. Activación circuito 220 VAC trifásico.

En la figura 21 se muestra los cambios que se verán reflejados sobre la pantalla HMI en el momento que se ejecuta el proceso de encendido del circuito de tensión para suministro de 220 VAC, se ilustra por medio de flecha color azul hasta qué punto se energiza el circuito. También deja constancia de la medición de voltaje en toma de salida.

#### 8.4 Encendido circuito tensión trifásica 440VAC

Con la previa activación del circuito principal y transformador energizado se cuenta con la disponibilidad de tensión en circuito de 440 VAC, de esta manera con los pulsadores asociados a este circuito se podrá activar y desactivar el suministro de tensión. Aguas debajo de los pulsadores aparece flecha azul y e indicación de tensión 440 VAC en parpadeo. Y sobre el circuito de la toma industrial se observa conmuta la señal lumínica, se apaga piloto verde y enciende piloto rojo.



Figura 22. Activación circuito 440 VAC trifásico.

En la figura 21 se muestra los cambios que se verán reflejados sobre la pantalla HMI en el momento que se ejecuta el proceso de encendido del circuito de tensión para suministro de 440 VAC, se ilustra por medio de flecha color azul hasta qué punto se energiza el circuito. También deja constancia de la medición de voltaje en toma de salida.

### 8.5 Encendido circuito tensión monofásica 120VAC

El suministro de este nivel de tensión no está sujeto a la activación del circuito de potencia, por lo tanto, con los pulsadores asociados a este circuito se podrá activar y desactivar el suministro de tensión. Aguas debajo de los pulsadores aparece flecha azul y e indicación de tensión 120 VAC en parpadeo. Y sobre el circuito de las bornas se observa conmuta la señal lumínica, se apaga piloto verde y enciende piloto rojo.



Figura 23. Activación circuito 120 VAC monofásico.

En la figura 23 se muestra los cambios que se verán reflejados sobre la pantalla HMI en el momento que se ejecuta el proceso de encendido del circuito de tensión para suministro de 120 VAC, se ilustra por medio de flecha color azul hasta qué punto se energiza el circuito. También deja constancia de la medición de voltaje en toma de salida.

## 8.6 Encendido circuito tensión 24VDC

El suministro de este nivel de tensión no está sujeto a la activación del circuito de potencia, por lo tanto, con los pulsadores asociados a este circuito se podrá activar y desactivar el suministro de tensión. Aguas debajo de los pulsadores aparece flecha azul y e indicación de tensión 24 VDC en parpadeo. Y sobre el circuito de las bornas se observa conmuta la señal lumínica, se apaga piloto verde y enciende piloto rojo.

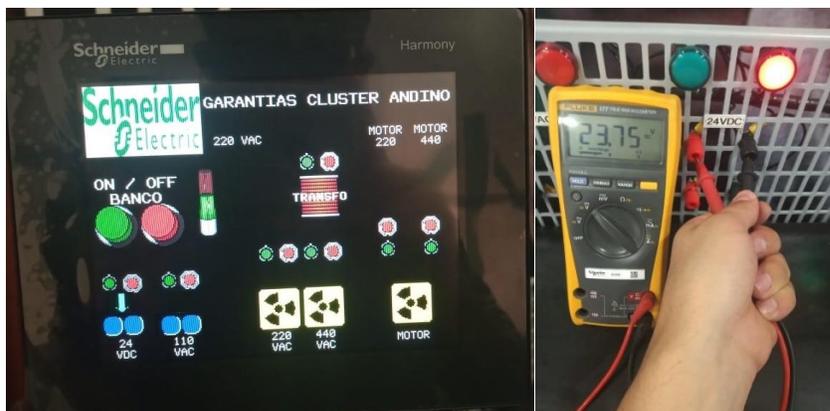


Figura 24. Activación circuito 24 VDC.

En la figura 24 se muestra los cambios que se verán reflejados sobre la pantalla HMI en el momento que se ejecuta el proceso de encendido del circuito de tensión para suministro de 24 VDC, se ilustra por medio de flecha color azul hasta qué punto se energiza el circuito. También deja constancia de la medición de voltaje en toma de salida.

## 8.7 Activación motor eléctrico

El uso del motor se tendrá en el momento que se requiera hacer validación de funcionamiento de equipos como variadores de velocidad y arrancadores suaves. Y dependiendo del nivel de tensión que funciona el equipo en prueba se activará el circuito de motor, si el equipo en pruebas es de tensión 220VAC se activa el circuito donde el bobinado del motor está conectado en triángulo (Voltaje bajo), si por el contrario el equipo es de tensión 440VAC se activa el circuito donde el bobinado del motor está conectado en estrella (Voltaje alto).

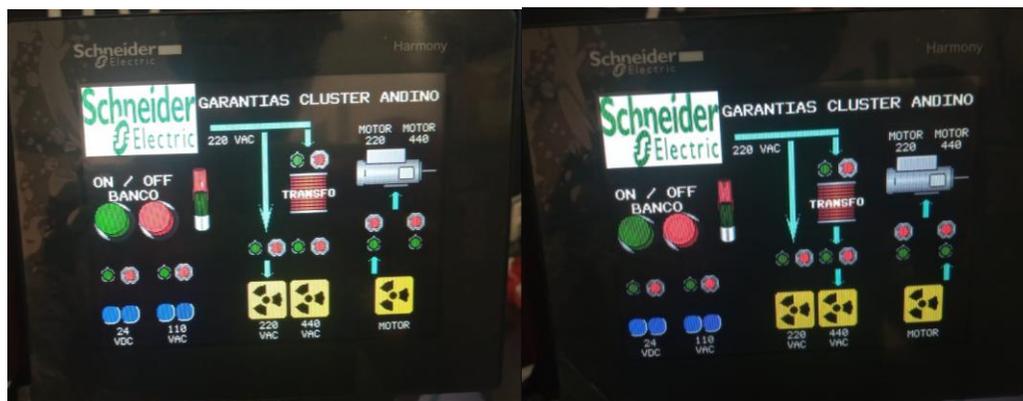


Figura 25. Activación bobinado motor.

Una vez finalizadas las respectivas comprobaciones se puede establecer cada uno de los circuitos están operando de manera correcta, las tareas se ejecutan y las magnitudes de tensión están de acuerdo:

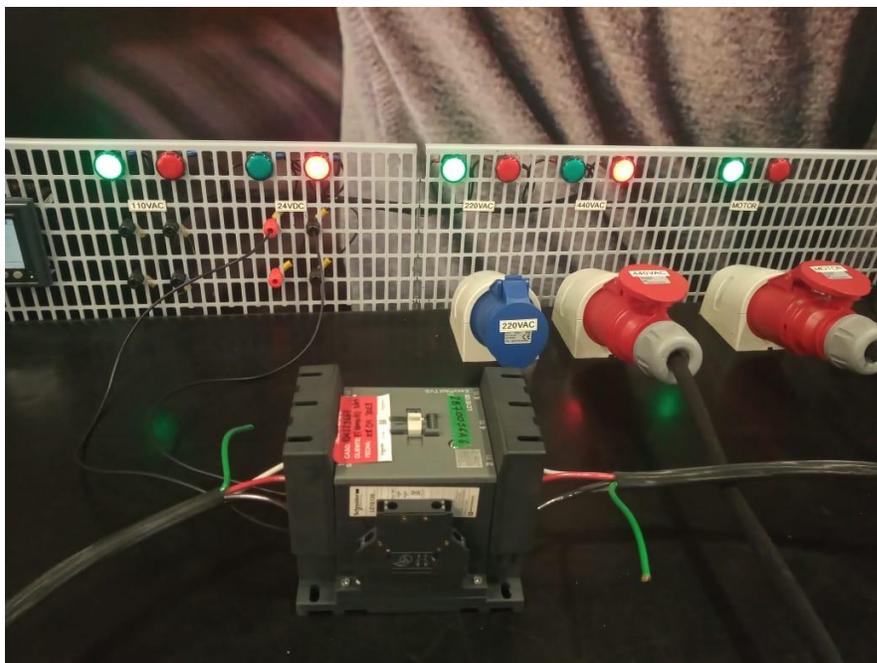
Prueba	Circuito	Activación HMI	Voltaje Bornera	Indicación lumínica
1	Principal potencia	Correcto	Correcto	Correcto
2	Transformador	Correcto	N/A	N/A
3	Salida 220 VAC	Correcto	Correcto	Correcto
4	Salida 440 VAC	Correcto	Correcto	Correcto

5	Salida 120 VAC	Correcto	Correcto	Correcto
6	Salida 24 VDC	Correcto	Correcto	Correcto
7	Motor bobinado 220 VAC	Correcto	N/A	Correcto
8	Motor bobinado 440 VAC	Correcto	N/A	Correcto

*Tabla 4. Verificación activación circuitos.*

Con la finalización de las verificaciones y seguridad todo se encuentra en correctas condiciones, se solicitan equipos que estén en proceso de diagnóstico y necesiten una comprobación de funcionamiento a partir de suministrar tensión, para lo cual se proporciona 6 equipos, estos se han relacionado en la Tabla 4.

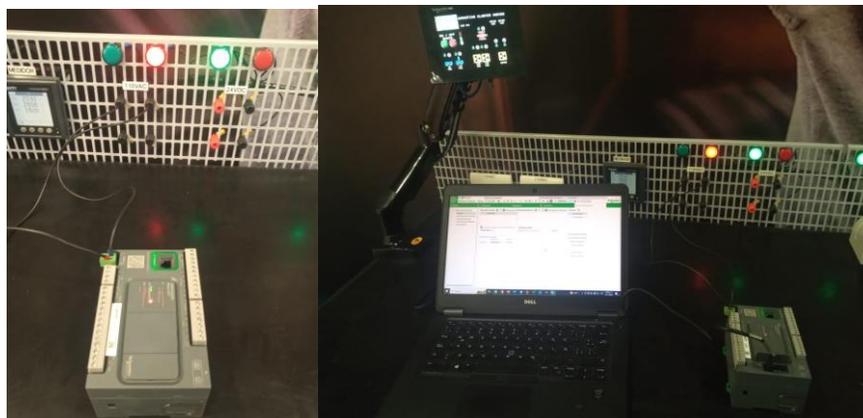
**Prueba 1:** Se cuenta con un contactor trifásico, bobina 24 VDC, el cliente indica la fase 2 está abierta. En primera instancia se procede a energizar el contactor con una tensión de 440 VAC a la entrada de potencia; para esto se conecta en entrada y salida del interrupto las tres líneas trifásicas y por medio de la clavija industrial se procede a conectar la entrada del interruptor en el circuito de tensión y salida a un circuito abierto, en este caso se usa toma industrial de motor (sin activar). Adicional se hace conexión de bobina a una tensión de 24 VDC. Una vez finaliza la conexión desde la HMI se procede a activar el circuito de tensión 440VAC y aplicar tensión de 24VDC con el fin de validar enclavamiento (Figura 26), con ayuda de instrumentación para medición de magnitudes eléctricas se toma medida de niveles de tensión en entrada y salida; para lo cual se evidencia están correctas.



*Figura 26. Conexión contactor en potencia y control.*

En la figura 26 se puede apreciar el uso del banco para desarrollo de pruebas de un contactor, para el caso se está haciendo uso de la red de alimentación trifásicas de 440 VAC y tensión de 24 VDC para alimentar la bobina.

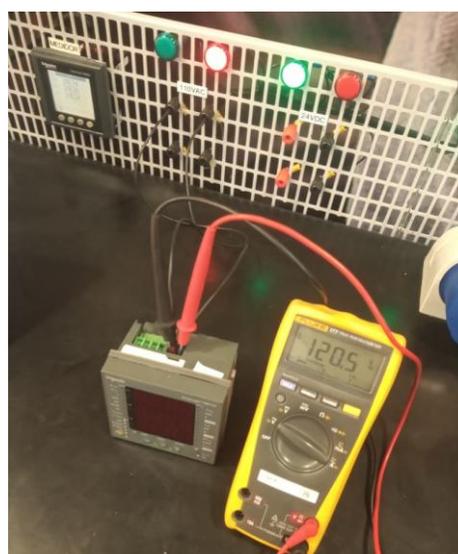
**Prueba 2:** En este caso el cliente reporte que su PLC no establece comunicación con el software de programación por medió del puerto USB. Para realizar la prueba del equipo se hace uso del circuito de alimentación de 120VAC, para ello se ejecuta la conexión de desde la bornera del banco a bornera de alimentación de PLC (Figura 27), se evidencia el PLC enciende de manera correcta. Con el cable USB se estable conexión PLC- PC (Figura 27), en el PC se abre el software Machine Expert Basic y desde el menú de conexiones se selecciona USB, evidenciando el dispositivo es reconocido, permite cargar y descargar archivos de programa.



*Figura 27. Pruebas de energizado y comunicación PLC.*

En la figura 27, al costado izquierdo se aprecia la conexión del controlador a la bornera de tensión de 120 VAC y se evidencia un encendido correcto del equipo, ahora del lado derecho de toma una evidencia de conexión e identificación de controlador por parte del software.

**Prueba 3:** Medidor PM2100, para este equipo se tiene reporte que no enciende, no muestra ningún carácter, por tanto, nos aseguramos por medio de una inspección visual no cuenta con afectaciones física o eléctricas, asegurado la integridad del medidor conectamos a la fuente de 120VAC del banco y desde la HMI procedemos a activar el circuito; se evidencia sobre el equipo que se cumple la condición reportada por el cliente (ver Figura 28).



*Figura 28. Conexión medidor energía a tensión de 120VAC*

En la figura 28, se muestra evidencia de energizado de equipo a la tensión 120 VAC, evidencia el equipo no enciende, para este caso se cumple la condición informada pro el cliente, no se identifican condiciones físicas o eléctricas desfavorables.

**Prueba 4:** Variador de velocidad reportado con anomalía en la operación, cliente manifiesta que en el momento de dar puesta en marcha se escucha un ruido interno, en función de lo reportado se procede a una inspección visual, posteriormente una validación estática con ayuda de multímetro, para el caso se encontró que el equipo cuenta con correctas condiciones física y estáticas por lo tanto se procede a conectar a nuestro circuito de alimentación trifásica de 440VAC y conexión a motor. Finalizada la conexión suministramos tensión al variador de velocidad encontrar este enciende de manera correcta (Ver figura 29), se realiza programación del variador para ejecutar pruebas de arranque motor.

El inicio de prueba con motor, se arranque equipo a una frecuencia de 0 Hz y se va aumentando de manera gradual en 10 Hz hasta llegar a 60 Hz que es la frecuencia nominal. Dentro de las diferentes maniobras no se identificó condiciones desfavorables del variador de velocidad. Ahora bien, para efectos de la comprobación de la operación del banco se aprovechó este equipo para hacer supervisión del comportamiento de la corriente, potencia y demás magnitudes que nos permite monitorear el medidor de energía, se logró tomar algunas evidencias de la corriente de consumo a la red cuando se está arrancado el motor, condiciones de la red eléctrica y consumo de energía.



Figura 29. Conexión y arranque de variador de velocidad Altivar 930.

En la figura 29 se muestra el conexionado y uso del circuito de tensión trifásica 440VAC y motor, en el costado derecho se puede apreciar el variador esta arrancado a una frecuencia de 40 Hz y se pudo establecer la conexión de motor esta ejecutada de manera correcta.



Figura 30. Lectura magnitudes eléctricas por medio del medidor de energía.

En la figura 30, nos permite observar las diferentes variables eléctricas que puede monitorear, de manera directa durante una prueba o revisar los contadores de energía en determinado tiempo de operación del banco.

**Prueba 5:** Variador Altivar 310, para este segundo variador disponible, se reporta no enciende el display, se procede a una inspección visual, posteriormente una validación estática con ayuda de multímetro, para el caso se encontró que el equipo cuenta con correctas condiciones física y estáticas por lo tanto se procede a conectar a nuestro circuito de alimentación trifásica, en este casi a 220VAC. En el momento de suministrar tensión al variador efectivamente se encuentra que el equipo no enciende, no permite ejecutar ninguna maniobra sobre el mismo.



*Figura 31. Conexión variador de velocidad Altivar 310*

En la figura 31, se muestra el uso del circuito de tensión de 220 VAC trifásico, sin embargo, en este caso no fue posible avanzar con las pruebas con motor dado que el equipo presenta novedades en el encendido, se puedo comprobar este circuito opera de manera correcta de acuerdo a lo establecido en el diseño.

Finalizadas las validaciones sobre cada uno de los circuitos y el uso de algunos de ellos para alimentar equipos que requerían de validaciones técnicas y comprobación de su funcionamiento, fue posible establecer la correcta operación de los circuitos y equipo de supervisión y control. De igual manera para los equipos que se ejecutaron pruebas se estableció una tabla con las características de equipo, tipo de equipo, falla reportada y resultado del diagnóstico.

Prueba	Referencia	Descripción	Falla	Tensión Alimentación	Resultado
1	EZC250N125	Interruptor	Se dispara por abajo de la curva	220VAC / 440 VAC	Cambio unidad disparo
2	LC1D115BD	Contactador	Fase 2 abierta	220VAC / 440VAC, 24VDC	Sin falla
3	TM200CE16R	PLC	No se conecta con el software	120 VAC	Puerto de comunicación no responde
4	PM2100	Medidor	No enciende	120 VAC	Displa y no responde
5	ATV930U75N4	Variador	Presenta ruido fuerte al arrancar	380..480 VAC	Equipo sin falla
6	ATV310HU75M3E	Variador	No enciende display	220..240 VAC	cambio tarjeta control
7	ATV320D15N4B	Variador	No funciona entrada digital 2	380..480 VAC	Equipo sin falla
8	BV100	UPS	No brinda autonomía correcta	120 VAC	Batería con falla
9	ATS480D88Y	Arrancador	Falla PHF	440 VAC / 120 VAC	Falla en tiristor
10	KITTRANSCVS320	Transferencia	No enclava interruptor planta	440 VAC / 120 VAC	Falla bobina motorizado

*Tabla 5. resultados pruebas equipos garantías*

## Conclusiones

1. Durante la visita al laboratorio de garantías de Schneider Electric se logró conocer el estado de los componentes, circuitos eléctricos de potencia, control y estructura física; encontrando elementos deteriorados, obsoletos; dejando claros los puntos a intervenir.
2. El desarrollo de los planos eléctricos de potencia, control y mando se llevaron a cabo cumpliendo con los requerimientos de Schneider Electric, garantizando una operación confiable del banco de garantías.
3. Mediante la implementación de los planos previamente diseñados, se realizó la instalación de cada uno de los componentes comprendidos en los diagramas eléctricos de potencia, control y mando; (disyuntores trifásicos, contactores trifásicos 30 a 50 amperios, transformador 220 VAC a 440VAC, motor trifásico 220-440VAC, PLC, HMI, fuente eléctrica 24VDC, switch de comunicación, relevos, pilotos, tomas 120 VAC, tomas trifásicas 220 y 440 VAC).
4. Se logró la elaboración del manual de operación e instalación; el cual provee la información necesaria para garantizar que el personal encargado pueda manipular el banco con seguridad y confianza.
5. Con el apoyo del personal operativo de Schneider Electric, se realizaron pruebas de funcionamiento al banco restaurado durante la revisión de equipos eléctricos como variadores de velocidad, arrancadores suaves, disyuntores y medidores de energía; los cuales fueron retornados al laboratorio de garantías.
6. La integración de los componentes clave en el sistema automatizado ha sido una tarea crucial en el desarrollo de este proyecto. La selección de equipos, como los controladores

- lógico-programables (PLC) y las interfaces hombre-máquina (HMI), han permitido una interconexión fluida entre los elementos, posibilitando el control y supervisión del sistema.
7. En lo que respecta a la evaluación de los resultados, la automatización ha permitido agilizar las operaciones con el uso de elementos precableados, y eliminar intervención manual sobre los circuitos energizados, lo que se traduce en una optimización de recursos y una reducción tiempos en maniobras de conexiones y por supuesto la mejora en la seguridad para el personal que hace uso del banco.
  8. En síntesis, la implementación de la automatización en el laboratorio de garantías de Schneider Electric Colombia ha demostrado ser un paso estratégico en la dirección de la excelencia operacional y uso de la tecnológica. Los resultados obtenidos no solo han impactado positivamente la mejora de herramientas, sino que también han sentado las bases para futuros desarrollos dentro del área que permitan seguir aumentando la eficiencia de las pruebas.
  9. El proyecto ha logrado cumplir con sus objetivos planteados de manera satisfactoria, demostrando la importancia y los beneficios de la automatización en el laboratorio de garantías de Schneider Electric Colombia. Se ha logrado diseñar, implementar y poner en funcionamiento un sistema automatizado que ha transformado significativamente la visual y operación en el área.

## Referencias Bibliográficas

### Bibliografía

- [1] F. J. Leon Mateos, La doble transición digital y ecológica: análisis de los retos y oportunidades para el desarrollo de procesos eficientes y sostenibles., (Doctoral dissertation, Organización de empresas e márketing). , 2022.
- [2] L. A. Párraga Zambrano, «La implementación de las tecnologías de la información y comunicación en las PYMES de la zona 4 del Ecuador y su impacto en la competitividad empresarial.,» 2017.
- [3] C. Ramió, Inteligencia artificial y administración pública: robots y humanos compartiendo el servicio público., Los libros de la Catarata., 2019.
- [4] A. M. Martínez, Gestión por procesos de negocio: Organización horizontal. Ecobook., 2014.
- [5] C. A. De Pablos Heredero, Organización y transformación de los sistemas de información en la empresa. esic., 2019.
- [6] R. Albines Macalupu, Sistema de automatización robótica de procesos con interfaz programable de aplicaciones para el control de reclamos en una empresa retail., 2023.
- [7] G. B. Velazquez Angulo, Automatización de la construcción: oportunidades y retos hacia los objetivos de desarrollo sostenible. ., Instituto de Ingeniería y Tecnología. , 2020.
- [8] B. & S. S. Tuesta, Diseño de un Banco de Pruebas Eléctricas para Caracterizar Parámetros de Transformadores de Distribución, Trujillo -Perú, 2019.
- [9] P. A. Chávez Rocafuerte, Fortalecimiento de la seguridad perimetral aplicado al Centro de Datos de la Carrera de Software., Guayaquil: (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Sistemas, 2022.
- [10] S. E. Colombia, « Historia de la empresa en Colombia.,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.se.com/co/es/about-us/company-profile/local/schneider-colombia> . [Último acceso: Agsoto 2022].

- [11] J. Jaimes-Morales, de *Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo: una revisión desde los planes de emergencia.* , IPSA Scientia, revista científica multidisciplinaria,, 2018, pp. 3(1), 23-29. .
- [12] I. C.-C. Valero-Pacheco, «Archivos de prevención de riesgos laborales,» de *Teletrabajo: Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en Colombia.* , (2020). , pp. 23(1), 22-33..
- [13] J. A. López González, Manual de automatización por medio de controladores lógicos programables (PLC's): la industria del mueble (un caso de estudio)., (Doctoral dissertation, Universidad del Valle de Guatemala)., 1997.
- [14] Comillas Universidad Pontificia, El impacto de la automatización y las nuevas tecnologías en la evolución del empleo., 2021.
- [15] M. Casalet, «Estudios de casos.,» de *La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa.* , 2018.
- [16] H. A. William, Engineering circuit analysis. McGraw-Hill Higher Education., (2007). .
- [17] M. Terol, «Switch de red,» Bogotá DC, 2022.
- [18] A. Barragán, «Sistemas Robóticos y Automáticos,» Sevilla, 2009, p. 269.
- [19] M. Á. R. Pozueta, Máquinas Eléctricas II, España, 2018.
- [20] Charles K. Alexander, «Fundamentos de Circuitos Eléctricos,» McGraw-Hill , México, 2006.
- [21] IEC, (IEC, Productor), 19 Agosto 2011. [En línea]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/5457> . [Último acceso: 11 2023].
- [22] M. M. y. Eenrgia, «RETIE.,» de *Actualización,*, Bogotá DC, 2013, p. 211.
- [23] D. Gutierrez, «Velneo,» 2 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.velneo.com/blog/software-de-programacion>. [Último acceso: 19 Noviembre 2023].
- [24] S. E. España, «EcoStruxure Machine Expert (SoMachine),» Schneider Electric, [En línea]. Available: <https://www.se.com/es/es/product-range/2226-ecostruxure-machine-expert-somachine/#overview>. [Último acceso: 19 Noviembre 2023].

- [25] S. E. España, «Vijeo Designer,» Schneider Electric , [En línea]. Available: <https://www.se.com/es/es/product-range/1054-vijeo-designer/#overview>. [Último acceso: 19 Noviembre 2023].
- [26] «FUNCIONAMIENTO DE UN INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO,» TRANSELEC, 2015. [En línea]. Available: <https://www.transelec.com.ar/soporte/18632/funcionamiento-de-un-interruptor-termomagnetico/>. [Último acceso: 19 Noviembre 2023].
- [27] J. I. Balarezo, «Bnaco de pruebas para instalaciones civiles en el laboratorio de instalaciones eléctricas,» Guayaquil, 2015.
- [28] UNLP, «Automatismos Eléctricos,» Universidad Nacional de la Plata, 2008.
- [29] P. G. & Co, «La parada de emergencia detiene el movimiento peligroso,» PILZ, [En línea]. Available: <https://www.pilz.com/es-INT/support/law-standards-norms/iso-standards/choosing-guards/emergency-stop>. [Último acceso: 19 Noviembre 2023].
- [30] J. F. Mora, Máquinas Eléctricas, Aravaca: Mc Graw Hill, 2003.
- [31] G. Gregori & Barrau, «ILUMINACIÓN EN PUESTOS,» (2000);.
- [32] M. d. M. y. Energía, TERILAP, Bogotá DC, 2010.
- [33] M. J. Abásolo Guerrero, Proceedings of the X Iberoamerican Conference on Applications and Usability of Interactive TV jAUTI2021., (2022).
- [34] G. & Geldres Hidalgo, Perspectivas sobre el futuro del trabajo humano y las nuevas tecnologías de la información y la automatización., 2021.
- [35] L. Acosta, de *ESTADO DEL ARTE DE LA LOGÍSTICA DE RETAIL DESDE LA PERSPECTIVA DE INDUSTRIA 4.0 A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL*, 2019.
- [36] F. C. Martínez, La perspectiva de género como canon de enjuiciamiento en la jurisprudencia social. (Vol. 70)., ARANZADI/CIVITAS., (2021). .
- [37] P. K. Kotler, Marketing 4.0 (Versión México): Transforma tu estrategia para atraer al consumidor digital. Lid Editorial Mexicana Sa De CV., 2019.
- [38] T. Revuelta Martinez, Aplicación de la industria 4.0 en el área de la logística., (2019). .

- [39] M. I. Chuqui Muñoz, Estrategias empresariales que fomentan la innovación. Ediciones Díaz de Santos., 2021.
- [40] A. M. FERRANDO, Economía de la innovación y la digitalización del turismo: un estudio del mercado de Airbnb aplicando técnicas econométricas y redes neuronales., 2023.
- [41] M. J. Aramburu, El proceso de reclutamiento y selección de personal en una consultora de Recursos Humanos en contexto de aislamiento., 2021.
- [42] M. C. Hernández Luna, Modelado matemático para eficiencia energética: aplicaciones a iluminación led y al monitoreo de edificios., (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València)., 2019.
- [43] T. & Maila, Deterioro cognitivo y factores de exposición por Covid-19 en los usuarios del programa 60 y piquito del sur de Quito . Bachelor's thesis, Quito: UCE)., 2022.
- [44] R. Cáceres Cajas, Control interno y gestión de almacén en la sede central del Instituto Peruano del Deporte., Lima, 2022.
- [45] E. A. Estupiñán Báez, «Diseño del programa de prevención de accidentes para el área de mantenimiento en ACYCIA LTDA.,» 2021.
- [46] L. V. Díaz, «Revista Escuela de Administración de Negocios.,» de *Gestión del conocimiento y del capital intelectual: una forma de migrar hacia empresas innovadoras, productivas y competitivas.*, 2007, pp. (61), 39-67..
- [47] J. A. Chacón Rodríguez, «Diseño de un sistema de gestión por procesos basado en la norma ISO 9001: 2015 para la empresa textil MSG ubicada en la provincia de Imbabura.,» (Bachelor's thesis)., 2020.
- [48] A. D. Vásquez, SOFTWARE MULTIPLATAFORMA DE PROGRAMACIÓN VISUAL BASADO EN EL LENGUAJE ESCALERA (LADDER) CUMPLIENDO CON LA NORMA IEC 61131-3, QUE SERVIRÁ PARA PROGRAMAR AUTÓMATAS, EN EL PROYECTO PLCLAB DE SUCRE ELECTRÓNICA CA., (Doctoral dissertation)., 2020.
- [49] A. Trotti, Descripción y análisis de las ventajas y desafíos para la adopción de soluciones de Industrial Internet of Things en Vaca Muerta., 2021.
- [50] D. Y. Ramírez Ramírez, Herramientas y técnicas de mejora de la calidad en la industria de alimentos latinoamericana y su aporte a la competitividad organizacional., (2021). .

- [51] Á. R. Monga Sánchez, «Diseño e implementación de un banco de pruebas para un generador de corriente continua, aplicando cargas variables para la visualización de parámetros técnicos de funcionamiento a través de software labview, para el laboratorio,» 2016.
- [52] b. Marr, Data strategy: Cómo beneficiarse de un mundo de big data, analytics e internet de las cosas: como beneficiarse de un mundo de big data, analytics e internet de las cosas., Ecoe Ediciones., 2018.
- [53] F. J. Leon Mateos, La doble transición digital y ecológica: análisis de los retos y oportunidades para el desarrollo de procesos eficientes y sostenibles . (Doctoral dissertation, Organización de empresas e marketing), 2022.
- [54] J. Gayo Galán, Relocalización industrial (reshoring), industria 4.0 y efectos sobre el empleo: análisis del caso Adidas., 2020.
- [55] N. E. Garcia Torres, Revolución 4.0 tendencias en el comercio y los negocios internacionales., 2022.
- [56] S. Bedoya Sánchez, Estrategias técnico-regulatorias para la implementación de la infraestructura AMI en el horizonte 2030 en Colombia., Bogotá DC: (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia), 2020.
- [57] R. Vega Ramírez, Propuesta de cuadro de mando integral para la empresa Coopesiba, RL para el seguimiento y alineación del gobierno de TI con la gestión y procesos de apoyo en servicios en salud., 2021.
- [58] P. IECIEC, 9 Octubre 2007. [En línea]. Available: <https://webstore.iec.ch/publication/6047>. [Último acceso: 12 Octubre 2023].

## **Anexos**

**Anexo 1.** Diagramas Eléctricos, banco Schneider Electric.

**Anexo 2.** Listado de equipos, banco Schneider Electric.

**Anexo 3.** Planos estructura física solución banco Schneider Electric.

**Anexo 4.** Manual de operación.

**Anexo 5.** Fichas técnicas.

**Anexo 6.** Certificado conformidad tablero.