

**ACTUALIZACION DE BANCOS DE PRUEBA DE LABORATORIO DE  
CONTROL DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE PARA  
BENEFICIAR LA POBLACIÓN ESTUDIANTIL.**

**PROYECTO DE GRADO**

**LUIS FERNANDO BAÑOS MANCHEGO**

**DANIEL ARMANDO ARTETA PADILLA**

**ASESORES DISCIPLINARES:**

**ING. Kelvin de Jesús Beleño**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BARRANQUILLA - COLOMBIA**

**2023**

**ACTUALIZACION DE BANCOS DE PRUEBA DE LABORATORIO DE  
CONTROL DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE PARA  
BENEFICIAR LA POBLACIÓN ESTUDIANTIL.**

**LUIS FERNANDO BAÑOS MANCHEGO**

**DANIEL ARMANDO ARTETA PADILLA**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero mecatrónico.**

**ASESORES DISCIPLINARES:**

**ING. Kelvin de Jesús Beleño**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA  
BARRANQUILLA - COLOMBIA**

**2023**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del jurado 1

---

Firma del jurado 2

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado lo dedicamos a Dios en primer lugar, por permitirnos la oportunidad de crecer profesionalmente, darnos fuerza y salud para superarlo.

A nuestros padres por apoyarnos en esta travesía lleno de altibajos y esfuerzo, por la confianza puesta en nosotros para convertirnos en profesionales y por la persistencia de ellos a pesar de nuestros errores.

A nuestros docentes por su excelente preparación, paciencia, exigencia en las clases lo cual nos ha llevado a convertirnos en un gran prospecto de profesionales.

A todos los compañeros y amigos que fueron de apoyo para este gran recorrido.

Gracias a todos.

## Contenido

RESUMEN .....	7
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. Planteamiento del problema.....	11
2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	11
2.2 JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE.....	12
3. OBJETIVOS.....	13
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
4. MARCO DE REFERENCIA .....	14
4.1 ESTADO DEL ARTE .....	14
4.2 MARCO TEÓRICO .....	16
4.3 MARCO LEGAL .....	18
5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO .....	20
6. RESULTADOS.....	33
7. Conclusiones.....	36
8. PRESUPUESTO .....	38
8.1. PRESUPUESTO GENERAL.....	38
8.2. PERSONAL CIENTIFICO Y DE APOYO.....	38
9. Bibliografía .....	42

## Tablas

Tabla 1. Metodología.....	21
Tabla 2. Presupuesto .....	38
Tabla 3. Personal científico.....	39
Tabla 4. Personal de apoyo.....	39
Tabla 5. Materiales e insumos .....	41
Tabla 6. Equipos .....	41

## Figuras

Figura 1.	Diagrama banco de prueba (Barkalov, 2019) .....	16
Figura 2.	Vista inicial del equipo.....	22
Figura 3.	Prueba para fuente de alimentación.....	23
Figura 4.	Prueba interruptora térmico.....	24
Figura 5.	Prueba contactor .....	24
Figura 6.	Prueba guarda motor .....	25
Figura 7.	Prueba Variador de velocidad .....	25
Figura 8.	Referencia HMI .....	27
Figura 9.	Instalación HMI.....	28
Figura 10.	Prueba PLC S7-1200.....	29
Figura 11.	Prueba HMI.....	30
Figura 12.	Código arranque motor .....	30
Figura 13.	Prueba arranque motor.....	31
Figura 14.	Configuración y programación HMI & PLC.....	34
Figura 15.	Prueba HMI.....	34
Figura 16.	Resultados del banco de prueba con pantalla HMI .....	35

## **RESUMEN**

Este proyecto se realizó para el desarrollo y actualización de un banco de prueba del laboratorio de máquinas y control de la universidad autónoma del caribe con el fin de mejorar los estudios realizados en el sector de la automatización, mejorar la calidad de aprendizaje de la universidad autónoma fue la fuente de inspiración para desarrollar este proyecto de grado.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una amplia investigación del sector industrial enfocando más que todo el campo de automatización que incorpora controladores lógicos programables y pantallas HMI para la optimización de cada proceso.

Muy importante también en la elaboración de este proyecto es el desarrollo de manuales de uso y también planos de conexión de cada uno de los componentes con el fin de que los estudiantes aprendan de forma más sencilla.

## **ABSTRACT**

This project was carried out for the development and updating of a test bench for the laboratory of machines and control of the Autonomous University of the Caribbean in order to improve the studies carried out in the automation sector, improve the quality of learning of the Autonomous University was the source of inspiration to develop this degree project.

For the development of this project, an extensive investigation of the industrial sector was carried out, focusing more than the entire field of automation that incorporates programmable logic controllers and HMI screens for the optimization of each process.

Also very important in the development of this project is the development of user manuals and also connection plans for each of the components so that students learn more easily.

## 1. INTRODUCCIÓN

La tecnología en el mundo de la industria es muy importante, por ello utilizar nuevos dispositivos y aplicarlos en procesos automatizados requiere de mucha práctica y buenas bases, para esto las universidades y establecimientos educativos deben adquirir los componentes necesarios para suplir las necesidades de los estudiantes a la hora de aprender.

Como se ha dicho anteriormente, lo importante es que los estudiantes de la universidad autónoma del caribe tengan las herramientas para aplicar los conceptos y este proyecto ayudará a cumplir con esa meta, realizando las experiencias en el laboratorio de máquinas y control.

En la actualidad los PLC son una herramienta fundamental en la industria, ya que su uso mejora en muchos aspectos en la producción.

- Baja el costo de mano de obra, debido a la automatización.
- Mejora el monitoreo de procesos. al momento de pasar un error puede detectarse y detenerse.
- Fácil uso, la mayoría de proveedores brindan softwares sencillos de utilizar (Martin A. Sehr, 2021).

El desarrollo académico en la automatización industrial, va de la mano con mantenerse al margen de las actualizaciones en la tecnología. Ya que se generan cambios en cada actualización, demostrando así que los equipos utilizados en la universidad autónoma del caribe se pueden considerar obsoletos, por no brindar experiencias de desarrollo similares a equipos encontrados en la industria. El brindar guías con problemáticas reales para desarrollar capacidades lógicas en los estudiantes es igual de importante que lo dicho anteriormente, para poder brindar experiencias profesionales a los estudiantes. (Edgar Uxmal Maya Palacios, 2017)



Los PLC hacen parte de un sistema en tiempo real en la planta de producción, llevando sensores, actuadores, dispositivos inteligentes y otros sistemas como interruptores de protección, control de movimiento y sistemas de adquisición de datos (SCADA) (Martin A. Sehr, 2021).

La automatización industrial es conservadora, ya que las interrupciones de la producción pueden ser costosas, teniendo así que gestionar riesgos de seguridad en la producción y los operadores (Martin A. Sehr, 2021).

Dada la competencia que existe en el mercado, es necesario que los equipo estén conectados a la red o aplicaciones web, con el fin de mejorar los reportes para mantenimientos, optimización de energía y la mejora de coordinación entre departamentos. Las mejoras deben realizarse de forma casi imperceptible, sin afectar la producción, haciendo previas pruebas antes de la implementación (Martin A. Sehr, 2021).

El PLC es una unidad de control de un proceso, donde el funcionamiento y seguridad del proceso se pueden llevar sin intervención humana, dado que si se programa bien se puede llevar los objetivos requeridos. La lógica de relés y contactores (RLC), requería de la manipulación humana lo que incrementaba el número de errores en el proceso. La llegada de controladores como el PLC, control, supervisión y adquisición de datos (SCADA) y sistemas de control distribuido (DCS) han conseguido aumentar la productividad (Hudedmani\*, 2017).

Para la automatización de un proceso, se requieren los siguientes implementos y conceptos.

- Fuente de alimentación, entradas y salidas de control, retroalimentación y comandos apropiados.

- La automatización de relés y contactos mediante un controlador lógico programable PLC, seguimiento, control y adquisición de datos (SCADA) y sistema de control distribuido (DCS) (Hudedmani\*, 2017).

Los procesos operados o no automatizados, tienen menos productividad y pueden ser menos eficientes energéticamente, por eso la llegada de la automatización industrial mejoró en gran medida la productividad dado que se requieren menos operadores y en muchos casos menor gasto de energía (Hudedmani\*, 2017).

Mientras que en la industria 4.0 y el internet de las cosas visualizan un mayor uso de las aplicaciones industriales, existen riesgos en la confiabilidad y eficacia de las tecnologías tales como la domótica. Los PLC ofrecen sistemas lógicos de software simples y hardware robustos, donde se pueden llevar control en tiempo real y una amplia disponibilidad de componentes interoperables, tales como sensores y actuadores (Martin A. Sehr, 2021).

Los PLC se diseñaron inicialmente para reemplazar la producción por lógica cableada, sin embargo, los PLC han progresado al punto en que son equipos estandarizados y con propiedades especiales en comparación a otros sistemas de control.

-El hardware del PLC no este atado a instalaciones en espacios específicos como pasa en otros sistemas embebidos, por el contrario, un PLC es modular y reutilizable.

-El hardware brinda amplias opciones de conexión, en gran medida estandarizadas.

-Los PLC ofrecen un modelo de ejecución cíclica, con control de tiempo de ciclo (Martin A. Sehr, 2021).

## 2. Planteamiento del problema.

### 2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la industria se encuentra la aplicación de la industria 4.0 lo que nos quiere decir que las empresas ya están optando por la remodelación de los procesos industriales o la adecuación de estos mismos. Temas como sombra digital, gemelo digital son de los más utilizados que fortalecen la visualización y el estado de un proceso en tiempo real, con esto se apoyan mucho los ingenieros o jefes de planta para la supervisión o detección de fallas. (Goyo)

Los bancos educativos son muy utilizados en las universidades para el desarrollo y aprendizaje de la teoría a la práctica. La universidad autónoma del Caribe posee un banco de prueba con un programador lógico programable de referencia anticuada, por lo tanto, el aprendizaje de los estudiantes no se puede desarrollar en el laboratorio de manera adecuada.

La mayoría de empresas está automatizando los procesos de trabajo utilizando PLC actualizados y pantallas HMI para la visualización de las operaciones, por este motivo la universidad autónoma debe aplicar la práctica de programación en programas y PLC modernos. Estos motivos nos llevan a la siguiente pregunta problema.

**¿Actualizando los bancos de prueba del laboratorio de control y brindando guías de uso, se mejora la calidad académica en el área de automatización industrial?**

## **2.2 JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE**

Con el montaje de un controlador lógico programable moderno se beneficiará a una gran población de estudiantes, ya que pueden tener las herramientas necesarias para fortalecer los conocimientos adquiridos en la parte teórica. Además, los estudiantes podrán practicar con más entusiasmo y adquirir muchas destrezas a la hora de programar.

Si se tiene bancos de prueba actualizados en los laboratorios los estudiantes pueden desarrollar programas a gran escala añadiendo temas de la industria 4.0 a los procesos ejecutados. Con esto se potencia la salida de ingenieros con excelentes conocimientos para aportar soluciones de manera práctica ayudando también a generar ese logro a su hoja de vida para la presentación de entrevistas en empresas multinacionales.

Teniendo en cuenta las falencias de los equipos actuales en la universidad y las necesidades de mano de obra preparada en la industria, se valida la ejecución de este proyecto ya que actualizando los bancos de prueba y brindando guías de uso basadas en proyectos reales que se pueden presentar en la industria, brindando así experiencias y destrezas en dicha área.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL.**

Actualizar bancos de prueba del laboratorio de control de la universidad autónoma del Caribe, para beneficiar a los estudiantes de ingeniería mecatrónica y electrónica.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Identificar elementos reutilizables del banco de prueba de laboratorio de control, para la optimización de recursos.
- Incorporar PLC y pantalla HMI en el laboratorio de control de la universidad, para mejorar las experiencias en los laboratorios.
- Realizar guía de uso del banco educativo, para mejorar la comprensión de las herramientas del equipo.

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 ESTADO DEL ARTE

Los autores (Martin A. Sehr, Marten Lohstroh, Matthew Weber, Ines Ugalde, Martin Witte, Joerg Neidig, 2021) resaltaron los cambios que ha tenido los PLC a lo largo del crecimiento de la tecnología, tales como integraciones de hardware que han llevado a grandes cambios, por ejemplo, los primeros PLC ejecutan decenas de instrucciones por segundo, mientras, uno moderno ejecutar operaciones de bits en nanosegundos. Tendencias como la industria 4.0 predicen uso de control descentralizado y de mayor inteligencia. Hoy día los PLC se utilizan normalmente en máquinas de producción, cadenas de montaje e incluso barcos (Martin A. Sehr, 2021).

Esto cambia la manera de en qué se ejecuta un proyecto y los alcances que pueda tener, demostrando así la importancia de actualizar los bancos de prueba y así trabajar con equipos que permitan diseñar y trabajar conceptos actualizados pueden aportar de gran manera al estudiantado ya que, sale mejor preparado a lo que requiere la industria.

Los autores (Matthew Oluwole Arowolo, Adefemi Adeyemi Adekunle, Martins Oluwaseun Opeyemi. 2020) enfocaron un experimento de un kit de entrenamiento que cuenta con 12 entradas y 8 salidas, un tablero de interruptores e indicadores luminosos, donde tienen un diagrama de lenguaje LADDER con su respectiva lista de instrucciones. Donde el módulo de E/S con pulsadores normalmente abiertos, motores DC (24V), relé DC (24V), solenoide DC (24V), pistón DC (24V) y luz DC (24V) capaces de interactuar con la controladora. El resultado de la encuesta realizada a los alumnos dio que el 95.7% de los estudiantes aseguraban la mejora de su comprensión teórica (Matthew Oluwole Arowolo, 2020).

Este resultado valida en gran medida el proyecto, demostrando las mejoras en comprensión del estudiantado mediante laboratorios con experiencias controladas y enfocadas a lo que requiere la industria, mejorando así las capacidades tanto teóricas y prácticas.

Caballo de guerra de esta manera los autores (Hudedmani\*, Mallikarjun G.2017) resaltaron la importancia del PLC en la automatización industrial. Notando esta importancia resaltan aptitudes básicas del lenguaje Ladder tales como, contacto, bobina, temporizadores, salidas lógicas altas y salidas lógicas (Hudedmani\*, 2017).

Notando que el lenguaje Ladder se resalta como aspecto básico, para el conocimiento del funcionamiento del PLC, se desarrollaron las guías de laboratorio con dicho lenguaje para cumplir con dicho aspecto básico.

El auto (Germán Urrea Quiroga, Juliana Andrea Niño Navia, Jorge Iván García Sepúlveda, Juan Pablo Alvarado Perilla, Germán Alberto Barragán de los Ríos, Omar Hazbón Álvarezla, 2013) resalta la importancia de los laboratorios con el fin de aumentar la capacidad de generación de ideas y crecimiento profesional, aprovechado así las nuevas tecnologías. Se han realizado investigaciones que demuestran los beneficios del trabajo experimental como actividad investigativa, mejorando en los estudiantes las aptitudes en la metodología científica (Germán Urrea Quiroga, 2013).

Corrobora la importancia de los laboratorios en el desarrollo tanto académico como profesional, demostrando así que es la mejor manera de generar un crecimiento en aptitudes de metodología científica.

## 4.2 MARCO TEÓRICO

**Industria 4.0:** La cuarta revolución industrial 4.0, o la Industria conectada 4.0, es una nueva era que da un salto cuantitativo y cualitativo en la organización y gestión de cadenas de valor. Esta nueva etapa de la industria apuesta por una mayor automatización, conectividad y globalización. Estamos viendo que la interrelación entre distintas áreas, como Productos, Procesos y Modelos de Negocio, ha penetrado en el mundo industrial trayendo consigo al IoT y el mundo de Big Data y Analytics. Son los avances tecnológicos que nos permiten optimizar los procesos de fabricación, su supervisión e integración con otros procesos y sistemas utilizados en la planta (Altamar, 2005).

**PLC:** El controlador lógico programable (PLC) es un microprocesador diseñado para controlar el funcionamiento de máquinas, equipos y procesos. El circuito de memoria cíclico es lo característico del PLC.

Las partes de un PLC normalmente son

-Fuente de alimentación, unidad central de procesamiento, módulo de entradas digitales y analógicas, módulo de salida digitales y analógicas y módulo de comunicación, así como se muestra en la **figura1**. (Barkalov, 2019)

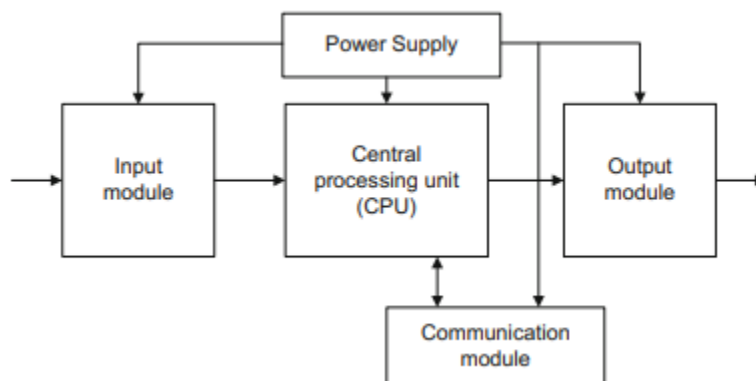


Figura 1. Diagrama banco de prueba (Barkalov, 2019)



Comparando los sistemas de control integrados generales, los PLC brindan un diseño más estructurado y restringido. Se pueden programarse en diferentes lenguajes con distintos niveles de abstracción como, por ejemplo

- 1) Texto estructurado
- 2) Listas de instrucciones
- 3) Lógica de escalera
- 4) Diagrama de bloques de funciones (un lenguaje gráfico)
- 5) Diagramas de funciones secuenciales (Martin A. Sehr, 2021).

**Pantalla HMI:** Las pantallas HMI se utilizan para optimizar un proceso industrial digitalizando y centralizando los datos. De esta manera, los operadores pueden ver información importante en gráficos, cuadros de mando digitales, ver y gestionar alarmas, y conectarse con sistemas SCADA y MES, a través de una consola (Romero, 2004)

**Fuente de alimentación DC:** La fuente DC se encarga de suministrar energía a los módulos del banco de prueba, convirtiendo de la línea AC a DC. Además, filtra el voltaje DC para un buen funcionamiento del PLC (ACEITÓN, 2020).

**Módulo de entrada y salida:** Establecen la comunicación entre los dispositivos físicos en el mundo real (planta) y el entorno digital del PLC. En el módulo de entradas esta para la comunicación con equipos físicos tales como pulsadores, interruptores. La función del módulo de salidas es Comunicar el lenguaje digital del PLC a un actuador que genere algún cambio en la planta (ACEITÓN, 2020)..

**Automatización:** La real academia de las ciencias físicas y exactas define la automática, como el conjunto de procesos que substituye al operario en las tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición se extrae la palabra automatización como la automática de procesos industriales. (Pere Ponsa, 2007)

Los procesos industriales se dividen en proceso continuo, proceso discreto y proceso batch. El proceso continuo se caracteriza por la salida del proceso en forma de flujo por ejemplo la generación de electricidad. Los procesos discretos de caracterizan por brindar su salida en forma de piezas finitas por ejemplo motocicletas. Los procesos batch son aquellos que su salida viene por lotes ejemplo la producción de bebidas gaseosas. (Pere Ponsa, 2007)

**Lenguajes de programación:** Los lenguajes de programación definidos por IEC 6-1131 son Ladder logic(LL), structure Text(ST), el Function Block(FB) y listas de instrucciones (IL)\_(Matthew Oluwole Arowolo, 2020).

**Lenguaje LADDER:** El lenguaje ladder, diagrama ladder, diagrama/lógica de contactos, o diagrama en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico o ingeniero eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje (Matthew Oluwole Arowolo, 2020).

### **4.3 MARCO LEGAL**

El marco legal es de suma importancia ya que se debe tener en cuenta todo tipo de leyes que puedan beneficiar y mantener en orden los procesos industriales, para así también evitar multas y poder realizar los mantenimientos respectivos de manera más fácil.

## **ISO 9001:2015 Norma para la gestión de calidad**

La organización debe establecer, implementar, mantener y mejorar de forma continua el Sistema de Gestión de la Calidad, incluyendo los procesos necesarios y sus interacciones, en concordancia con los requisitos de esta Norma Internacional (Fanny Liliana Cruz Medina, 2017).

## **NTC 2050 para instalaciones eléctricas.**

La Norma Técnica Colombiana (NTC 2050) "EQUIPOS PARA USO GENERAL" en el cual, a través de ejemplos prácticos y demostrativos apoyados en catálogos, diagramas esquemáticos, explicación de tablas, y protocolos de organismos de inspección, se pretende unificar los conceptos y así todos lograr interpretar el mismo significado que las normas quieren dar a conocer (ICONTEC, 1998).

## **5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se basó en datos estadísticos para la validación y ejecución del proyecto (Balcázar Nava, 2013). Teniendo en cuenta que la actualización del banco de prueba más la creación de guías de laboratorio, puede generar mejoras en la comprensión hasta en un 95% del estudiantado (Matthew Oluwole Arowolo, 2020). Posterior a la investigación y al corroborar la validez del proyecto, se explica el procedimiento metodológico con la siguiente tabla.

**Tabla 1. Metodología**

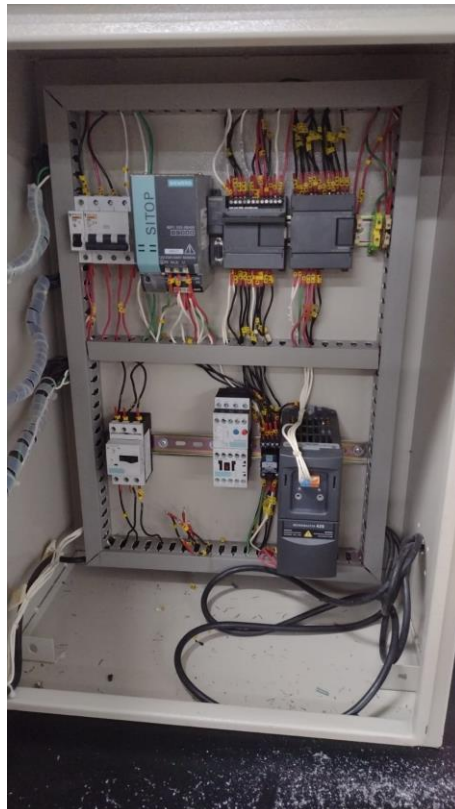
Problemática	Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades	Fecha de inicio	Fecha final	Fases
Falta de equipos actualizados, en los laboratorios de control de la Universidad Autónoma Del Caribe	Actualizar bancos de prueba del laboratorio de control de la universidad autónoma del Caribe, para beneficiar a los estudiantes de ingeniería mecatrónica y electrónica	Identificar elementos reutilizables del banco de prueba de laboratorio de control, con el fin de la optimización de recursos.	Identificar los dispositivos que contiene el banco de prueba.	15/08/2022	28/08/2022	Fase 1
			Realizar prueba y testeo de los dispositivos.	29/08/2022	20/09/2022	
			Realizar investigación de posibles dispositivos a utilizar.	21/09/2022	11/10/2022	
		Incorporar PLC y pantalla HMI en el laboratorio de control de la universidad, para mejorar las experiencias en los laboratorios.	Calcular las dimensiones del gabinete de control	12/10/2022	25/10/2022	Fase 2
			Instalar los dispositivos en el banco de control	26/10/2022	29/11/2022	
			Prueba y testeo de funcionamiento.	30/11/2022	05/02/2023	
		Realizar guía de uso del banco educativo, para mejorar la comprensión de las herramientas del equipo.	Investigación de temas escogidos.	06/02/2023	09/03/2023	Fase 3
			Realización de la guía didáctica.	10/03/2023	13/04/2023	

**Actividad 1.** Identificar los dispositivos que contiene el banco de prueba.

Se realiza una revisión completa del banco de pruebas, encontrando un equipo completo y funcional, los cuales son.

- Fuente de voltaje
- Interruptores térmicos
- Guarda motor
- Contactor
- Variador de velocidad
- PLC
- Cableado

La **figura 2** muestra el estado inicial del banco de prueba.

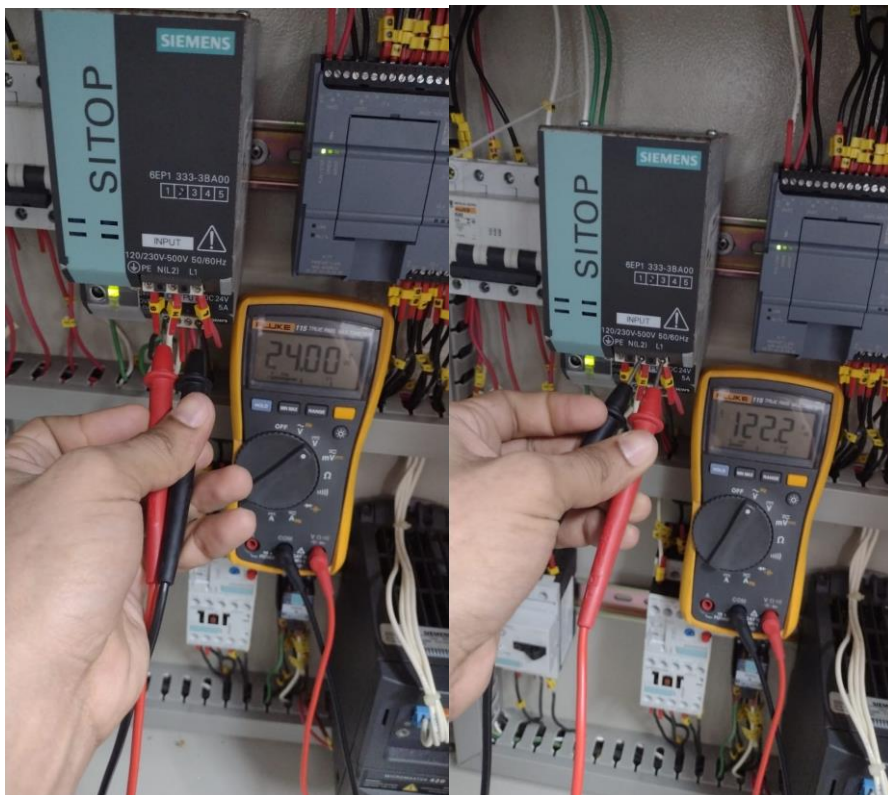


**Figura 2.** Vista inicial del equipo

**Actividad 2.** Realizar prueba y testeo de los dispositivos.

Se verifico el funcionamiento completo del equipo, para identificar equipos a ritualizar.

**Fuente de voltaje.** Con el fin de garantizar buen funcionamiento del banco se procedió a hacer mediciones de alimentación AC de la fuente y su respectiva salida DC, para corroborar que los parámetros fueran iguales a los del datasheet, dando como resultado un buen funcionamiento del equipo. Como se aprecia en la **figura3**.



**Figura 3.** Prueba para fuente de alimentación.

**Interruptores térmicos.** Con el fin de garantizar la protección de los equipos se procedió a hacer edición de continuidad al interruptor térmico para corroborar que no hubiese paso de corriente entre las terminales, dando como resultado un buen funcionamiento del equipo. Como se aprecia en la **figura 4**.



**Figura 4. Prueba interruptora térmico**

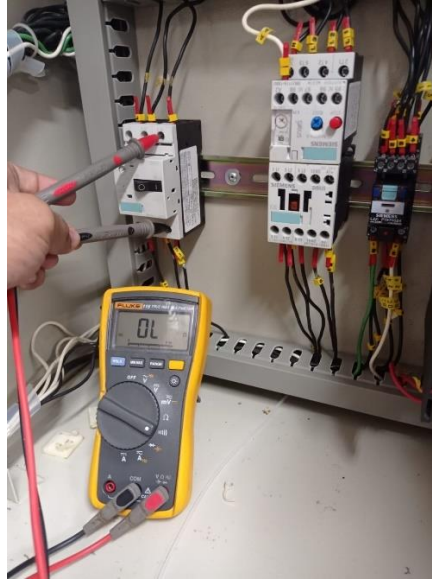
**Contactador.** Con el fin de asegurar el funcionamiento del contactor y corroborar su accionamiento, y así asegurar el control a equipos AC mediante su accionar, dando como resultado el funcionamiento adecuado del equipo. Como se aprecia en la **figura 5**.



**Figura 5. Prueba contactor**



**Guarda motor.** Se realiza una prueba de continuidad para corroborar el paso de corriente entre las terminales, validando que está en buen estado. Como se aprecia en la **figura 6**.



**Figura 6.** Prueba guarda motor

**Variador de velocidad.** Se le realizo una prueba de alimentación para asegurar que le llegara energía al equipo y mediante una prueba que se muestra posteriormente se validó su funcionamiento. Como se aprecia en la **figura 7**.



**Figura 7.** Prueba Variador de velocidad

**Actividad 3.** Realizar investigación de posibles dispositivos a utilizar.

En el análisis de los equipos encontrados en el banco de prueba, se resalta la antigüedad del PLC y la limitada interacción grafica con el equipo debido a la inexistencia de pantalla HMI.

y así validar la mejora del cambio. En esta comparación se resalta la capacidad de memoria del S7-1200 es 50 veces mayor lo que permite códigos más extensos. Entradas y salidas digitales se aumenta el número en 6 entradas digitales y 4 salidas digitales lo cual permite proyectos más grandes y complejos. También el PLC S7-1200 cuenta con el protocolo de comunicación profibus y RS-485 donde el S7-200 solo cuenta con el segundo. Tiempo de ejecución del S7 1200 es de 0.08 microsegundos y el S7 200 0.22 microsegundos lo cual representa 64% de ciclos más rápidos. La mayor diferencia se resalta en la implementación de la industria 4.0 con el PLC S7-1200 ya que es apto para montaje de sistemas SCADA y también se puede conectar a la red y generar control del equipo remotamente.

Investigando las pantallas HMI del mercado se buscó una que cumpliera con buenos protocolos de comunicación, compatibilidad de alimentación con la fuente y comunicación con el PLC. Se eligió la KTP 400 Basic, en la **figura 8** se puede observar la referencia de la pantalla HMI



**Figura 8. Referencia HMI**

- Esta pantalla funciona con los protocolos Ethernetip y profinet
- Su alimentación es a 24v
- Compatibilidad con el PLC dado que son del mismo fabricante lo cual facilita la implementación en un mismo software.

#### Actividad 4. Calcular las dimensiones del gabinete de control

Esta actividad fue sencilla de interpretar ya que los cambios del banco de prueba eran 2, el PLC que solo era retirar el equipo antiguo y reemplazarlo por el nuevo en el mismo espacio. No siendo así con la pantalla, con esta fue necesario generar un corte en el gabinete en un espacio que estaba visiblemente libre como se aprecia en la **figura 9**.



Figura 9. Instalación HMI

### Actividad 5. Instalar los dispositivos en el banco de control

Teniendo claro los espacios de instalación solo era cuestión instalar el PLC en el riel din, instalar la pantalla en la ranura y cablear las conexiones

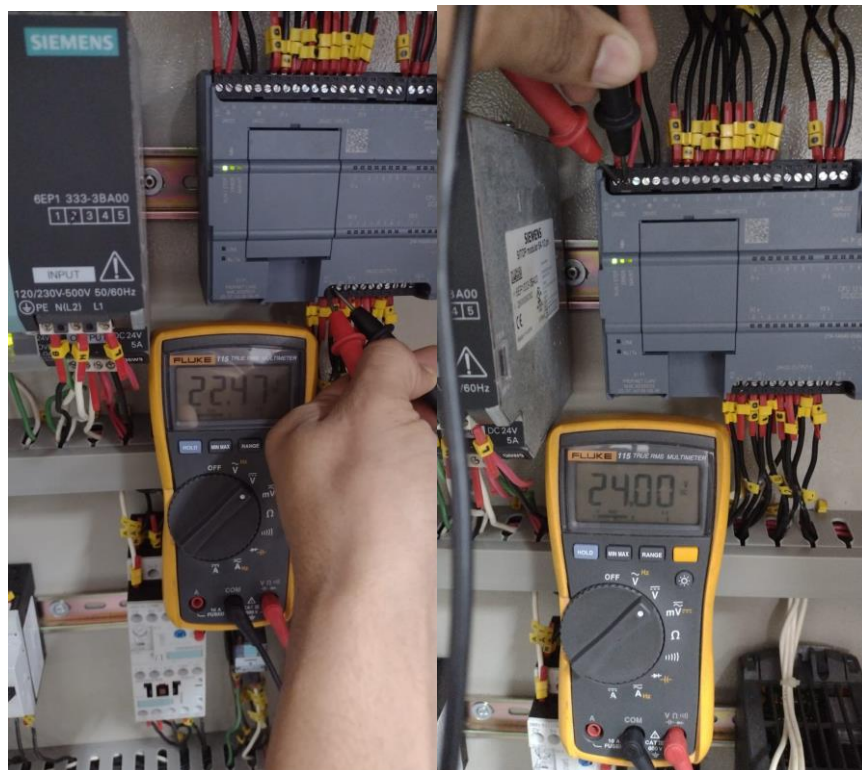


Figura 10. Prueba PLC S7-1200

En la **figura 10** se logra apreciar la prueba de alimentación y salida del PLC, dado resultados coherentes a los que indica el fabricante.



Figura 11. Prueba HMI

Como se observa en la **figura 11** anterior se comprueba la alimentación y funcionamiento adecuado de la pantalla HMI.

#### Actividad 5. Prueba y testeo de funcionamiento.

Ya con todos los equipos instalados se procede a ejecutar un proyecto pequeño de prueba donde el código era el que se muestra en la **figura 12**.

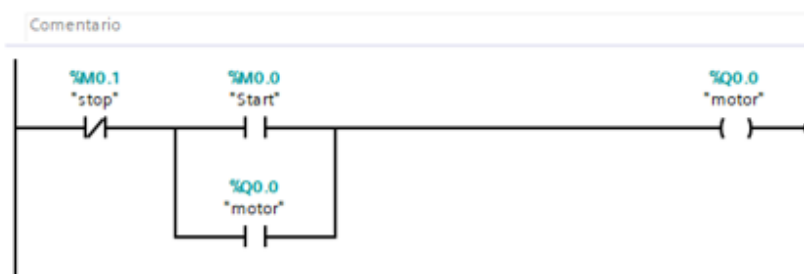


Figura 12. Código arranque motor



**Figura 13. Prueba arranque motor**

En la **figura 13** se aprecia lo datos ingresados al variador y los botones cargados a la pantalla HMI, el cual funciona perfectamente validando así el funcionamiento de los equipos.

**Actividad 7-8** Investigación de temas escogidos y Realización de la guía didáctica.

Basándonos en experiencias laborales y documentación del fabricante, se encontraron temas de interés utilizar en las guías:

- Software a utilizar y su respectiva configuración
- Implementación de Loguin para uso de la aplicación
- Entradas y salidas digitales
- Entradas análogas
- Visor de usuario

- Configuración de HMI
- Funciones básicas
- Animaciones
- Ventanas HMI

Brindando así la documentación necesaria para la configuración del banco de prueba y ejecución de proyectos.



## 6. RESULTADOS.

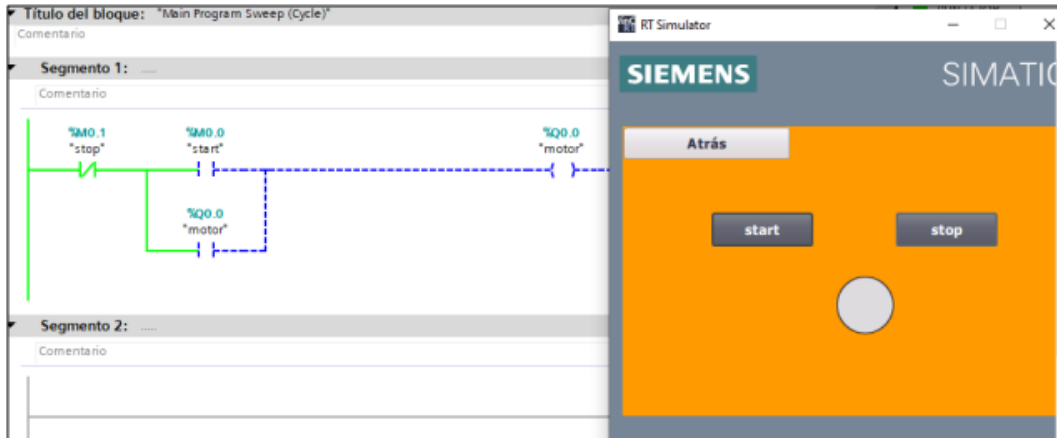
Dentro de los resultados se mostrarán la validación de cada uno de los objetivos planteados. Con el fin de actualizar el banco de prueba del laboratorio de control, se desglosa en 3 segmentos:

- Identificación de elementos reutilizables del banco de prueba. Se verificó que los elementos del banco se encontraban en buen estado, donde fueron validados (Fuente de voltaje, Interruptores térmicos, Guarda motor, Contactor, Variador de velocidad, PLC, Cableado). Resaltando que todos los equipos funcionaban adecuadamente, disponiendo la siguiente etapa de sección de equipos a actualizar fueran compatibles con los implementos a reutilizar.
- Decidiendo así solo cambiar el corazón del banco (PLC) por un S7-1200 SIMEN'S y adicionando la parte interactiva del banco una pantalla HMI KTP 400 BASIC SIMEN'S. consiguiendo así eficiencia en los recursos, viabilizando económicamente el proyecto.

Se procede a instalar y validar su funcionamiento con un proyecto, el cual constaba de generar cambios de giro en un motor mediante la interfaz graficada de la pantalla HMI, donde el proyecto se ejecutó perfectamente cumpliendo con los requerimientos planteados.

- Se desarrollaron las guías de laboratorio basadas en información del fabricante y experiencias laborales resaltando estos temas (Software a utilizar y su respectiva configuración, Implementación de Loguin para uso de la aplicación, Entradas y salidas digitales, Entradas análogas, Visor de usuario, Configuración de HMI, Funciones básicas, Animaciones, Ventanas HMI), brindando así una guía de las herramientas más utilizadas en la industria actual.

Teniendo en cuenta los segmentos mencionados se concluye con el cumplimiento de los objetivos planteados, brindando un equipo actualizado con su respectiva guía de uso, facilitando la comprensión basándolas en experiencias didácticas de laboratorio, así como muestra la **figura 14** extraída de una de las guías.



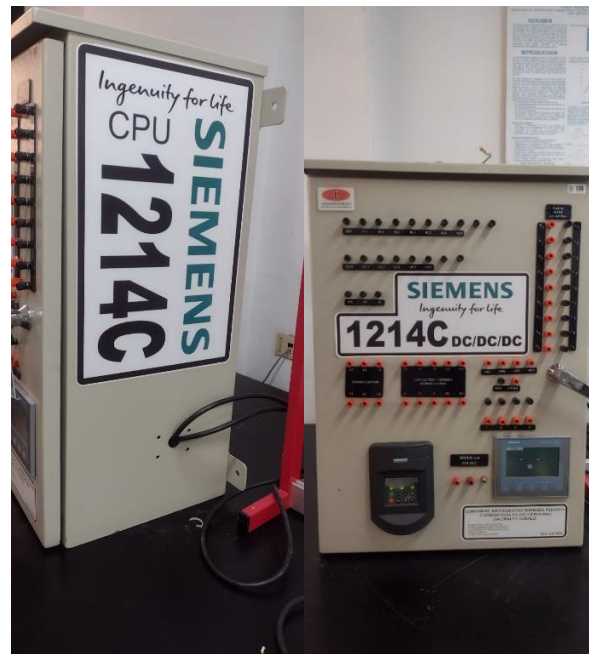
**Figura 14. Configuración y programación HMI & PLC**



**Figura 15. Prueba HMI**

Como se aprecia en la **figura 15** la configuración realizada en la **figura 14** se ve exactamente igual que en la prueba simulada en el software, validando también el funcionamiento del PLC con la puesta en marcha del motor y su respectivo stop.

La **figura 16** muestra el resultado externo del banco de prueba, donde se aprecia la pantalla HMI y las ilustraciones con la referencia del PLC.



**Figura 16.** Resultados del banco de prueba con pantalla HMI

## 7. Conclusiones.

La ejecución de este proyecto se dividió en 3 objetivos, desglosados de la siguiente manera.

- Se realizó un diagnóstico a los componentes del banco de prueba, encontrando equipos completamente funcionales. Teniendo en cuenta el material a trabajar se decide cambiar el corazón del banco (PLC), por uno que se encuentre a la vanguardia con los equipos que se utilizan en la industria y a su vez que sea compatible con los equipos reutilizados, eligiendo el PLC S7-1200 SIMEN'S. Se decidió instalar una pantalla HMI para agregar funcionalidades gráficas, como requisito base era la compatibilidad con los equipos reutilizados, encontrando así la pantalla KTP400 BASIC SIMEN'S.
- Ya con los equipos adquiridos se dispone a instalar, sabiendo que el PLC ajustaba perfectamente en el sitio del anterior, solo era necesario instalar y cablear, no siendo así con la pantalla HMI, con esta fue necesario cortar e instalar.

Con todo en su lugar se realizaron pruebas de funcionalidad encontrando que todo funcionaba acorde al datasheet de los equipos.

- Por último las guías de uso se basaron en experiencias laborales y hojas de datos del fabricante. Brindando una base de experiencias y configuraciones para la comprensión de los temas.


Se puede concluir que este proyecto tiene un impacto importante en la calidad académica del área de automatización industrial para los estudiantes de ingeniería electrónica y mecatrónica en la UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE, ya que cuentan con un equipo a la vanguardia de las tecnologías utilizadas en la industria y brindando también guías de uso y libretos de experiencias didácticas de los equipos, mejorando así la comprensión y retención de la información.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se demuestra el cumplimiento de los objetivos planteados, empezando por la reutilización de equipos, actualización del banco y entregas de guías de uso.

## 8. PRESUPUESTO

### 8.1. PRESUPUESTO GENERAL

Tabla 2. Presupuesto

	<b>FORMATO DE PRESUPUESTO PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN CONVOCATORIAS INTERNAS</b>				<b>GI-02-PR-03-F02</b>
					<b>Versión 1</b>
					<b>12/06/2019</b>
<b>PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO</b>					
<b>RUBROS</b>	<b>Fuentes de Financiamiento</b>				<b>Total</b>
	<b>Vicerrectoría de Investigaciones y transferencia</b>	<b>INVESTIGADORES</b>	<b>Otras fuentes Externas</b>	<b>Contrapartida UAC</b>	
1. Personal Científico	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	<b>\$ 5.888.000</b>	<b>\$ 5.888.000</b>
2. Personal de Apoyo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	<b>\$ 856.704</b>	<b>\$ 856.704</b>
3. Consultaría especializada y Servicios Técnicos externos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
4. Materiales e Insumos	\$ 0,00	<b>\$ 138.000</b>	\$ 0,00	\$ 0,00	<b>\$ 138.000</b>
5. Trabajo de Campo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
6. Equipos	\$ 0,00	\$ 0,00	<b>\$ 3.000.000</b>	\$ 0,00	<b>\$ 3.000.000</b>
7. Bibliografía	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
8. Material de difusión y Promoción de resultados	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
<b>TOTAL, PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>	\$ 0,00	<b>\$ 138.000</b>	<b>\$ 3.000.000</b>	\$ 6.744.704	<b>\$ 9.882.704</b>

### 8.2. PERSONAL CIENTIFICO Y DE APOYO

**Tabla 3. Personal científico**

1. PERSONAL CIENTIFICO										
Nombres y Apellidos	Función dentro del Proyecto	Tipo de Contrato	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				
						Vicerrectoría de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Kelvin De Jesús Beleño Sáenz	Invest. Principal	Titular	\$ 46.666	4	16				\$ 2.944.000	\$ 2.944.000
2.	Co-Investigador	Titular	\$ 46.666	4	16				\$ 2.944.000	\$ 2.944.000
3.			FALSO						\$ 0	\$ 0
4.			FALSO						\$ 0	\$ 0
5.			FALSO						\$ 0	\$ 0
6.			FALSO						\$ 0	\$ 0
<b>SUB-TOTAL</b>						<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 5.888.000</b>	<b>\$ 5.888.000</b>

**Tabla 4. Personal de apoyo**

2. PERSONAL DE APOYO										

Nombres y Apellidos	Función dentro del Proyecto	Tipo de Vinculación	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				
						Vicerrectoría de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Luis Fernando Baños Manchego	Aux. Investigación	Practicante	\$ 2.231	12	16				\$ 428.352	\$ 428.352
2. Daniel Arteta	Aux. Investigación	Practicante	\$ 2.231	12	16				\$ 428.352	\$ 428.352
3.			FALSO						\$ 0	\$ 0
4.			FALSO						\$ 0	\$ 0
5.			FALSO						\$ 0	\$ 0
<b>SUB-TOTAL</b>						<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 856.704</b>	<b>\$ 856.704</b>

### 8.3. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS



**Tabla 5. Materiales e insumos**

4. MATERIALES E INSUMOS						
Descripción	Justificación	Fuentes de Financiamiento				SUB-TOTAL
		Vicerrectoría de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	
1. Terminales	Ajuste de cables		\$ 5.000			\$ 5.000
2. Cable #6	Conexiones eléctricas		\$ 110.000			\$ 110.000
3. Marcas	Marcación de conexiones		\$ 8.000			\$ 8.000
4. Pines	Puertos de salidas		\$ 15.000			\$ 15.000
<b><i>SUB-TOTAL</i></b>		<b><i>\$ 0</i></b>	<b><i>\$ 138.000</i></b>	<b><i>\$ 0</i></b>	<b><i>\$ 0</i></b>	<b><i>\$ 138.000</i></b>

**Tabla 6. Equipos**

6. EQUIPOS							
Descripción	Justificación	Cantidad	Fuentes de Financiamiento				SUB-TOTAL
			Vicerrectoría de Investigación y Transferencia	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	

1.	Controlador lógico programable	PLC-1200 SIEMENZ	1			\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
2.	Pantalla HMI	Pantalla HMI KTP 400	1			\$ 1.800.000	\$ 1.800.000
3.							\$ 0
4.							\$ 0
<b>SUB-TOTAL</b>				\$ 0	\$ 0	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000

## 9. Bibliografía

- ACEITÓN, J. E. (2020). *EL IOT-PLC: UNA NUEVA GENERACIÓN DE CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES PARA LA INDUSTRIA 4.0*. Santiago de Chile: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE ESCUELA DE INGENIERÍA.
- Altamar, A. S. (2005). *Diseño, montaje y puesta en marcha de un banco didáctico de pruebas de bombas de desplazamiento positivo tipo paletas para el laboratorio de máquinas hidráulicas de la Universidad Autónoma del Caribe*. Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe.
- Balcázar Nava, P. G.-A.-F. (2013). *Investigación cualitativa*. Toluca, Estado de Mexico: UAEM.
- Barkalov, A. T. (2019). Programmable Logic Controllers. En *Foundations of Embedded Systems* (págs. 145-162). CrossMark.
- Edgar Uxmal Maya Palacios, J. G. (01 de 01 de 2017). Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de los PLC en la Universidad Tecnológica de Altamira. *Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(15). Recuperado el 05 de 09 de 2022, de

- <https://www.redalyc.org/journal/4981/498154006020/html/>
- Fanny Liliana Cruz Medina, A. d. (2017). SISTEMA DE GESTIÓN ISO 9001-2015: TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA DE CALIDAD PARA SU IMPLEMENTACIÓN. *Revista Ingeniería*, 59-69.
- Germán Urrea Quiroga, J. A. (2013). *DEL AULA A LA REALIDAD. LA IMPORTANCIA DE LOS LABORATORIOS EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO. CASO DE ESTUDIO: INGENIERÍA AERONÁUTICA – UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Goyo, K. (s.f.). *Importancia de los equipos didácticos para estudiantes de ingeniería*. Recuperado el 07 de agosto de 2022, de <https://www.ingenieria.es/importancia-de-los-equipos-didacticos-para-estudiantes-de-ingenieria/>
- Hudedmani\*, M. G. (2017). Programmable Logic Controller (PLC) in Automation. *Advanced Journal of Graduate Research*, 2(1), 37-45.
- ICONTEC. (1998). *NORMA TECNICA COLOMBIANA 2050 NTC 2050*. Ministerio de desarrollo economico .
- Martin A. Sehr, M. L. (2021). Programmable Logic Controllers. *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS*, 17(5), 3523-3532.
- Matthew Oluwole Arowolo, A. A. (2020). Design and Implementation of a PLC Trainer Workstation. *dvances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 5(4), 755-761.
- Pere Ponsa, T. G. (2007). *Diseño y automatización industrial*. cataluña: universidad politecnica de cataluña.
- Romero, M. A. (2004). *Diseño de un laboratorio de motores de combustion interna tipo alternativo en la Universidad Autónoma del Caribe*. Barranquilla: Universidad Autónoma del Caribe.