

# BANCO PARA PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL, CONTROL AUTOMÁTICO DE UNA BANDA TRANSPORTADORA MEDIANTE UN VARIADOR DE FRECUENCIA CON PLC

Wilson Sneider Cruces, Paola Andrea Ovalle

*Fundación Universitaria Unisangil*

[wilsoncruces@unisangil.edu.co](mailto:wilsoncruces@unisangil.edu.co)

[paolaovalle@unisangil.edu.co](mailto:paolaovalle@unisangil.edu.co)

**Resumen**— El siguiente artículo contiene el desarrollo del diseño e implementación de un banco para prácticas de automatización aplicando control automático a una banda transportadora mediante un variador de frecuencia controlado por PLC, este proyecto además de su estructura física, cuenta con guías de laboratorio, manual de usuario y planos eléctricos que le permitirá a los estudiantes de la Fundación Universitaria Unisangil sede Yopal, interactuar y poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en las diferentes áreas de la ingeniería tales como instrumentación industrial, máquinas rotativas, programación, control y automatización de procesos, mediante el desarrollo de prácticas de laboratorio.

**Abstract**— The next document contains the development of the design and implementation of a bench for automation practices applying automatic control to a conveyor belt through a frequency inverter controlled by PLC, this project, in addition to its physical structure, has laboratory guides, a user manual and electrical plans that will allow the students of the Yopal Unisangil University Foundation to interact and put into practice the theoretical knowledge acquired in the different areas of engineering such as industrial instrumentation, rotating machines, programming, control and process automation, through the development of laboratory practices.

## I. INTRODUCCIÓN

GSL industrias define la automatización industrial como el uso de sistemas computarizados, electromecánicos, electroneumáticos y electrohidráulicos para fines industriales. Dentro de las ramas de ingeniería, es uno de los procesos más completos y transversales a diferentes actividades industriales a nivel nacional. [1]

El presente artículo da a conocer el proceso de diseño e implementación de banco para prácticas de automatización aplicando control automático a una banda transportadora mediante un variador de frecuencia controlado a través de un PLC, con el objetivo de que en un futuro permita a estudiantes de carreras universitarias afines, desarrollar sus prácticas en las áreas de instrumentación industrial, máquinas rotativas, programación, control y automatización de procesos, quedará disponible para que los profesionales en formación puedan valerse de él para afianzar sus conocimientos, además, servirá de base para futuras mejoras o innovaciones.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia según datos de Asocoldep la ingeniería Electrónica está dentro de las carreras mejor pagadas y con mayor demanda en vinculación laboral con un promedio del 84.4%. Convirtiéndola en una buena opción de formación profesional. La accesibilidad a estas carreras universitarias es relativamente fácil, además hay un número considerable de universidades que ofrecen

diferentes programas profesionales de ingenierías, estando al alcance de cualquier joven con aspiraciones de aprendizaje en estas áreas. Dentro de estas entidades de formación existe una problemática, que interfiere en el proceso de formación de estos profesionales y se trata de la falta de espacios adecuados y laboratorios que les permita a los ingenieros electrónicos en formación desarrollar sus conocimientos, aplicarlos y relacionarlos en los campos de la instrumentación industrial, electrónica de potencia, diseño electrónico, control y automatización. [2]

La Fundación Universitaria de San Gil UNISANGIL sede Yopal que cuenta con un amplio grupo de jóvenes con grandes inspiraciones de aprendizaje, encaminados en un proceso de formación en diferentes facultades de las ingenierías, una de ellas la ingeniería electrónica. Esta ingeniería es una carrera profesional con bastante exigencia como cualquier otra, su etapa de teoría como la práctica, son muy importantes a la hora de pensar en ser un excelente profesional. Teniendo en cuenta lo anterior la sede UNISANGIL Yopal viene trabajando en fortalecer sus espacios de laboratorio de tal manera que les brinde a sus estudiantes un ambiente de aprendizaje apropiado dotado con recursos que permita realizar las prácticas de laboratorio, espacio esencial para el proceso de formación profesional.

## III. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿ La construcción de un banco para prácticas de automatización industrial, control automático de una banda transportadora mediante un variador de frecuencia con PLC, ayudará a los estudiantes de ingeniería electrónica a mejorar sus habilidades en el desarrollo de prácticas de programación de PLC y automatización?

## IV. JUSTIFICACIÓN.

Una de las principales áreas de desempeño de un ingeniero electrónico es la automatización y control de procesos; los procesos automatizados en la actualidad tienen una alta demanda ya que el diseño de estos sistemas van enfocados al mejoramiento y optimización del mismo, teniendo en cuenta lo anterior, se considera de vital importancia que la Fundación Universitaria de San Gil Unisangil cuente con espacios de laboratorios adecuados que les permita a los ingenieros en formación interactuar con equipos, sistemas y tecnologías implementadas en áreas de Instrumentación, control y automatización, tales como el controlador lógico programable.

Pensando en la calidad de formación del ingeniero electrónico, la Fundación Universitaria Unisangil sede Yopal ha venido mejorando los espacios laboratorio de electrónica, hasta el

momento varios estudiantes que están finalizando su proceso de formación, como trabajo de grado, han desarrollado e implementado diferentes bancos de prácticas; con el fin de seguir contribuyendo con la adecuación y equipamiento de esta área tan importante el en proceso de formación de los ingenieros electrónicos, nace la idea de diseñar un banco para prácticas de automatización industrial, en este caso, el control automático de una banda transportadora mediante un variador de frecuencia con PLC. Este nuevo banco para practicas quedará al servicio del laboratorio de la universidad y para uso de todos los estudiantes del programa de ingeniería electrónica, de esta manera la Fundación Universitaria de San Gil UNISANGIL mejorará tanto su laboratorio como la calidad de formación que ofrece a sus profesionales.

## V. OBJETIVOS

### A. *Objetivo general.*

Diseñar e implementar un banco para prácticas de automatización aplicando control automático a una banda transportadora mediante un variador de frecuencia con PLC.

### B. *Objetivos específicos*

- Desarrollar la plataforma de trabajo de la banda transportadora.
- Diseñar y realizar la estructura del banco de prácticas, donde se integre la banda transportadora y el motor junto con su control automático
- Desarrollar el programa para el controlador lógico programable que permita la automatización del proceso mediante el variador de frecuencia.
- Realizar pruebas de funcionalidad del sistema para verificar su correcto funcionamiento y de esta manera alcanzar el objetivo principal del proyecto.
- Diseñar cuatro guías de laboratorio que les permita a los estudiantes interactuar con el banco de prácticas y conocer cada uno de los sistemas que lo componen.

## VI. ESTADO DEL ARTE.

En la fundación universitaria Unisangil sede Yopal, los Ingenieros en formación le han apostado a contribuir con el equipamiento de los espacios de laboratorio de la ingeniería, con el desarrollo e implementación de bancos para prácticas de neumática, electro neumático, modulo variador de frecuencia, banco de procesos industriales, entre otros, estos proyectos, además de permitirle a los ingenieros en formación aplicar sus conocimientos con ejecución de estos, también contribuyen a la formación de todos los estudiantes de ingeniería electrónica de la facultad, creando espacios apropiados para fomentar sus conocimientos mediante el desarrollo practico de guías de laboratorio aplicativas a los bancos implementados en el laboratorio; en el años 2016 fue desarrollado por dos estudiantes de ingeniería electrónica como proyecto de grado el diseño e implementación de un módulo didáctico para el control de presión, temperatura y nivel dirigido hacia las áreas de instrumentación industrial, control y automatización del programa de ingeniería electrónica de UNISANGIL, en la siguiente figura se puede observar el banco de procesos industriales implementado.



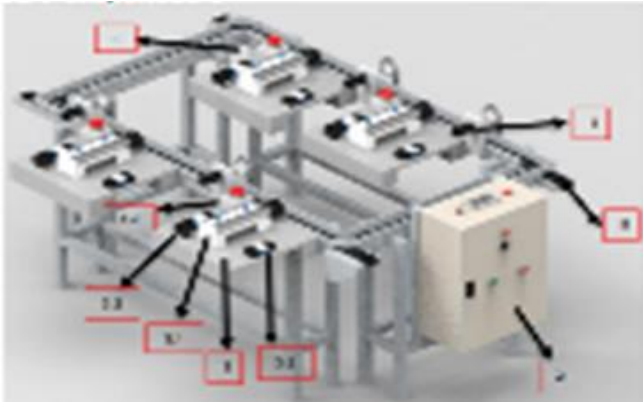
IMAG 1: Modulo didáctico

En la Universidad Antonio Nariño de Bogotá, dos estudiantes de Ingeniería Electromecánica desarrollaron como proyecto de grado un banco didáctico, se trata del diseño de un banco de prácticas donde se integra un controlador lógico programable, un VFD con motor eléctrico trifásico y fue implementado en el laboratorio de automatización de la facultad. EL principio de funcionamiento de este banco de prácticas se basa en que la carga variable del motor está condicionada por el cambio de temperatura de un fluido en función de su viscosidad, de tal manera el sistema realiza la supervisión de la temperatura del fluido por medio del PLC. Durante el proceso de diseño los estudiantes realizaron el análisis de diferentes variables eléctricas presentes en la operación del banco con el fin de identificar los parámetros a ajustar en el variador de velocidad para controlar las RPM del motor. Con la implementación de este proyecto se buscó incentivar el desarrollo de prácticas orientadas al uso de equipos de programación industrial con el objetivo principal de afianzar conceptos y adquirir nuevas destrezas; teniendo en cuenta la aplicación de este banco de prácticas, está diseñado para operar con un motor trifásico con potencia máxima 0,37 kW a una tensión de 220 V ac, el sistema de control y monitoreo integrado por PLC, variador, sensores y pulsadores se encuentran instalados en una estructura con dimensiones 1,20 metros de ancho, 60 cm de alto y con profundidad de 30 cm además, se realizan los manuales de ensamblaje in sitio de todos los componentes del banco de prácticas e instructivo de puesta en servicio, también los correspondientes archivos de programación para la parametrización del controlador lógico programable y el variador de velocidad.[3]

IMAG 2: Banco de prácticas con PLC.

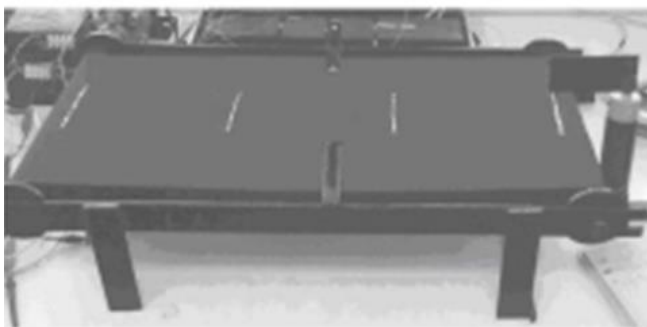


Por su parte, como lo refiere Buitrago & Rodríguez , en la universidad Santo Tomas estos dos estudiantes de la facultad de ingeniería mecánica desarrollaron como proyecto de grado un material didáctico para el espacio académico de la facultad aplicado al área de automatización e instrumentación, es este caso se trata de la elaboración de dos guías de prácticas donde se diseña la automatización de dos procesos industriales diferentes, los estudiantes realizan la simulación del proceso automático de empaquetamiento de productos , el control automático de calidad y el desarrollo de la programación del controlador lógico programable para la automatización de los dos procesos anteriormente nombrados.[4]



IMAG 3: Material didáctico para prácticas.

De la misma manera, en la Universidad Autónoma de Zacatecas Francisco García Salinas, dos estudiantes presentaron como tesis de licenciatura un control de velocidad de una banda transportadora para la clasificación de objetos. Este proyecto se llevó a cabo a partir de la construcción de un prototipo de una banda transportadora, impulsada por un motor de corriente directa a 24 V, el control de velocidad de la banda transportadora está condicionada con la implementación de diferentes sensores y un código de programación para el controlador lógico programable PLC S7-200 de SIEMENS.[5]



IMAG 4: Prototipo banda transportadora.

Finalmente, como lo realizó Batioja en su trabajo de titulación, sobre la Automatización de un sistema de bandas transportadoras para el abastecimiento de trozas en Contrachapados de Esmeraldas S.A – Codesa, el proyecto consistió en realizar la automatización del sistema de bandas transportadoras mediante el uso de un PLC Siemens 1200, sensores mecánicos, fotoeléctricos, dispositivos de maniobra,

operación, protección y actuadores rotativos y lineales. Para realizar operaciones de supervisión, alertas tempranas de fallas y control de unas cuantas variables se incluirá un interfaz humano máquina HMI. La fábrica Contrachapado de Esmeraldas S.A – Codesa opera principalmente con un suministro de energía de 220/380 VAC, por lo cual los equipos, dispositivos y actuadores deben considerar esta especificación eléctrica. [6]

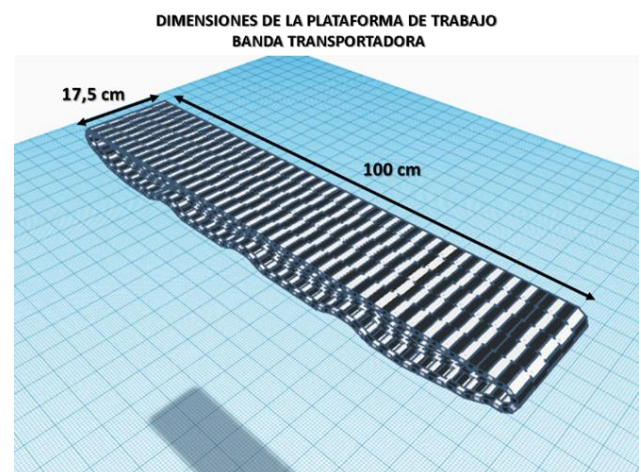


IMAG 5. Sistema automatizado

## VII. DESARROLLO LA PLATAFORMA TRABAJO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

### A. Diseño.

Inicialmente, se realiza el diseño de la plataforma de trabajo de la banda transportadora a mano alzada, teniendo en cuenta que las dimensiones sean proporcional las medidas del banco de prácticas y el espacio del laboratorio donde será instalado finalmente, sus dimensiones son de 1 metro de largo, 17,5 centímetros de ancho y 10 cm de alto , Con ayuda de la herramienta informática Thinkercad se monta el diseño verificando una presentación adecuada estéticamente y funcional, en la siguiente figura se puede

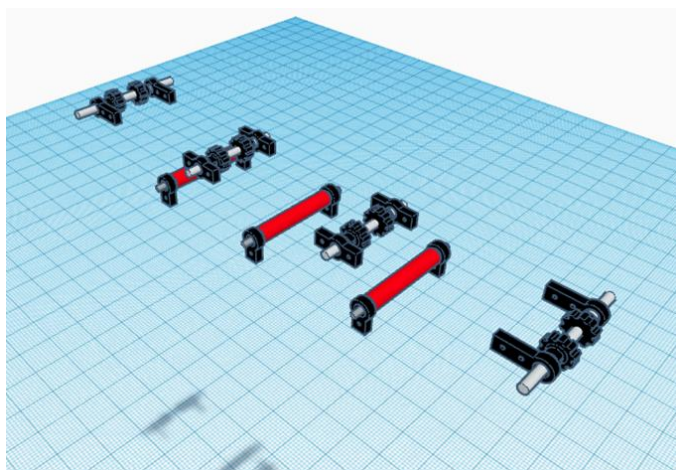


observar el diseño de la plataforma de trabajo con sus dimensiones.

| IMAG 6. Diseño de plataforma de trabajo.

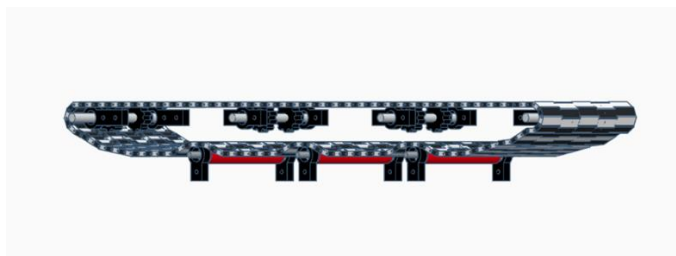


Así mismo, se realiza el diseño de cada uno de los componentes de la banda transportadora, entre ellos el mecanismo de empuje, el rodillo accionado o impulsado, rodamientos, el engranaje y la estructura de física del sistema, su diseño también fue realizado con ayuda de la herramienta Thinkercad, en la siguiente figura se muestra el diseño de los componentes de la banda transportadora.



IMAG 7: Diseño de componentes.

Finalmente, ya con el diseño de la banda transportadora y cada una de sus partes, se realiza un montaje en la herramienta Thinkercad donde se integra cada uno de los componentes, se realiza la presentación y se valida que el diseño de la plataforma está de acuerdo al fin deseado, en la siguiente figura se muestra el diseño final de la plataforma de trabajo de la banda transportadora.

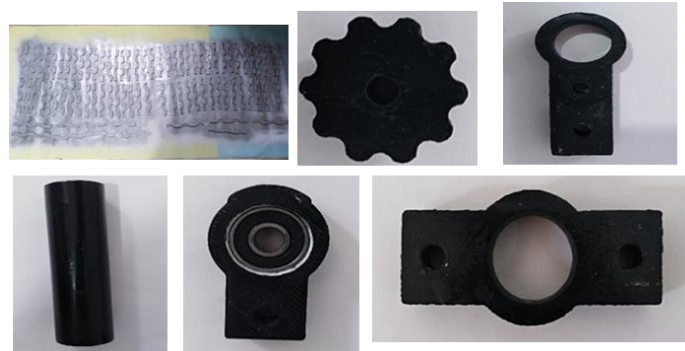


IMAG 8. Plataforma de trabajo banda transportadora.

### B. Implementación.

Buscando minimizar los costos del proyecto y garantizando la calidad de los componentes, se planeó realizar la mayoría de las partes de la plataforma de trabajo, en impresión 3D con filamento PLA, se imprimieron 8 engranajes los cuales son los elementos encargados de permitir el giro o mecanismo de desplazamiento de la banda, estos engranajes irán montados con la distribución de 2 por cada eje; el diseño de la banda o faja tiene una dimensión de 2,10 metros de larga por 17.5 centímetros de ancha, para construir la banda con esas dimensiones fue necesario la impresión en 3D de 154 piezas modulares, estas piezas modulares fueron diseñadas con unas pestañas las cuales encajan con los dientes del engranaje, el objetivo de este sistema es movilizar la banda en paralelo al giro del engranaje; para el soporte de los ejes se diseñaron 4 soportes intermedio y 4 soportes para los extremos, estos elementos serán los encargados de fijar y asegurar cada uno de los 4 ejes del sistema de desplazamiento de la banda, en la siguiente figura se muestra las partes de la plataforma de trabajo impresas en dimensión 3D.

Dentro del diseño del mecanismo de giro o desplazamiento de la banda se contempla el uso de 4 ejes en material de acero plata, este material se considera adecuado ya que es resistente y de buena apariencia física, cada eje es de 19 cm aproximadamente, uno de estos ejes recibe el nombre de mecanismo de empuje el cual será accionado por reductor de giro 10:1 conectado al motor de 0.4 Hp. En cada eje ira instalado 2 engranajes; en el diseño del mecanismo de desplazamiento de la plataforma de trabajo para la banda transportadora se ve necesario incluir un sistema de rodamientos, se emplean un total de 12 rodamientos 608 2RS distribuidos de la siguiente manera, 4 rodamientos soldados a la estructura metálica los cuales influyen en la alienación de la banda, 8 instalados en los ejes del sistema de desplazamiento, en la siguiente figura se muestra el tipo de eje y rodamiento usado.



IMAG 9: Componentes impresos PLA.

Las 154 piezas modulares junto con cada uno de los componentes requeridos para la plataforma de trabajo entre ellos, 8 engranajes, 3 rodillos, 4 soportes intermedio del eje, 4 soporte de extremo del eje, 6 ejes de soporte para los rodillos, se construyen de manera satisfactoria según el diseño a base de filamento PLA impreso en dimensión 3D, las piezas modulares se integraron con radios de bicicleta ya que es un material resistente y apropiado para la finalidad de su uso.



IMAG 10: componentes metálicos.



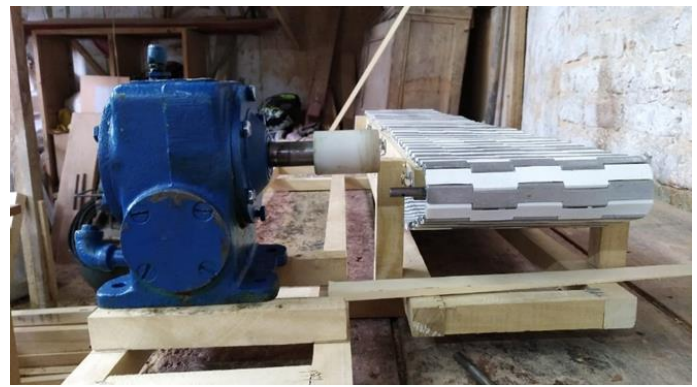
IMAG 11: componentes banda transportadora.

Con el fin de validar la resistencia de cada uno de los componentes impresos en PLA, el correcto funcionamiento y realizar una presentación provisional, se construye una estructura para la plataforma de trabajo de la banda transportadora en material amaderado, su construcción se realiza teniendo en cuenta el diseño inicial y las dimensiones contempladas, tal como se muestra en la siguiente figura.



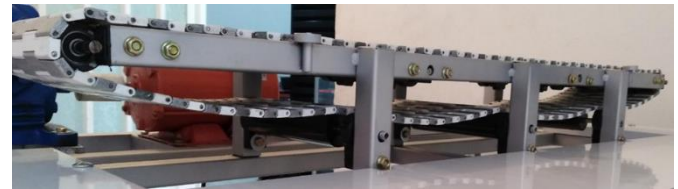
IMAG 12: Estructura en madera.

Se integra cada uno de los componentes armando la plataforma de trabajo sobre la estructura de madera, se valida resistencia del material, correcto funcionamiento y presentación adecuado de acuerdo al diseño inicial, lo anterior se realizó acondicionado un motor trifásico de 0.4 Hp al rodillo de empuje de la banda; durante el desarrollo de esta prueba de funcionamiento se evidencia la necesidad de implementar un reductor de velocidad con el fin de aumentar la frecuencia de operación del motor ya que la frecuencia actual oscila entre 0 a 20 Hz, adicionalmente, se observa que en la parte inferior de la banda se forma un seno accionando fricción con la estructura, por tal motivo es necesario implementar unos rodillos adicionales para mantener la firmeza de la banda y así eliminar la fricción observada, se diseñan 3 rodillos y se construyen a base de filamento PLA impreso en dimensión 3D, adicionalmente para garantizar el mecanismo de giro de los rodillos se implementan 6 rodamientos 608 2RS más, en la siguiente figura se observa la presentación de la plataforma de trabajo acoplado al mecanismo de giro de la banda.



IMAG 13: Conexión banda mecanismo de giro.

Como proceso final para alcanzar el primer objetivo planteado y luego de validar el funcionamiento correcto de la plataforma de trabajo para la banda transportadora, se procede a realizar el montaje de la estructura final en material metálico, integrando cada uno de los componentes fabricados en filamento PLA impreso en 3D anteriormente relacionados, los 18 rodamientos 608 2RS y los 4 ejes de 19 cm aprox, como se muestra en la siguiente figura.



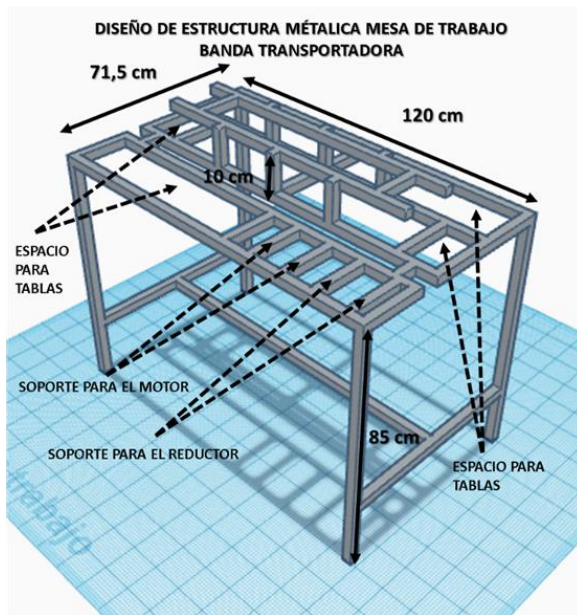
IMAG 14: Estructura banda transportadora.

## VIII. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRÁCTICAS.

### A. *Diseño.*

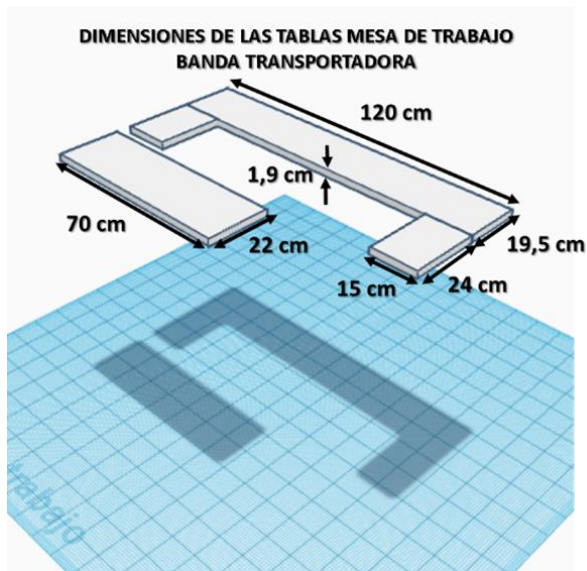
Teniendo en cuenta la importancia de contar con un escenario cómodo, adaptable al espacio del laboratorio de electrónica de la facultad y basado en los tamaños de los bancos de prácticas existentes, se diseña una estructura para el banco de prácticas con dimensiones de 1,20 metros de largo y un ancho de 71,5 centímetros, basado en otro aspecto y no menos importante como son los espacios de trabajo adecuados ergonómicamente, este banco de prácticas se diseña con una altura de 85 centímetros, apostando a la comodidad del usuario; La estructura del banco de prácticas de automatización está diseñada de tal manera que permite la instalación de manera estética y adecuación de cada uno de los equipos que lo componen tales como el motor, reductor de giro y la plataforma de trabajo de la banda transportadora.





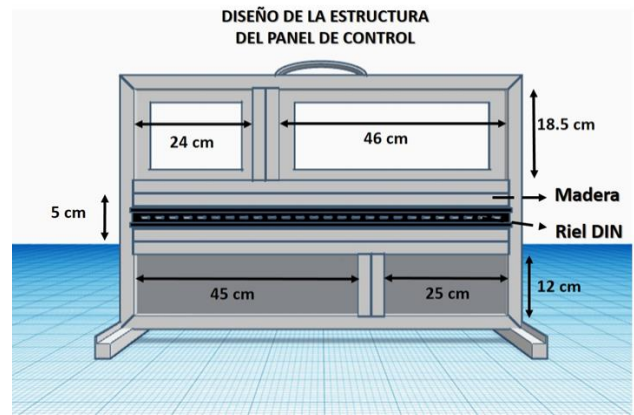
IMAG 15: Diseño banco de prácticas.

Adicionalmente el diseño de la estructura del banco cuenta con un espacio libre el cual puede ser usado por los estudiantes como escritorio o en su defecto, para integrar a bancos de prácticas disponibles en la facultad o acondicionar a nuevas ideas para el desarrollo de proyectos, el diseño de este espacio tiene las dimensiones mostradas en la siguiente Figura.



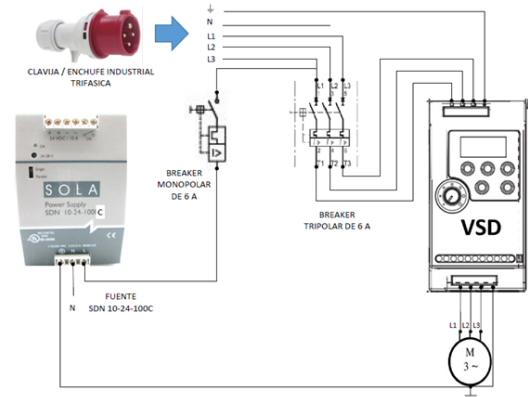
IMAG 16: Diseño área de trabajo.

El banco para prácticas de automatización industrial, también cuenta con el diseño de una estructura donde se instala el sistema de control del proceso, las dimensiones de esta estructura se definen teniendo en cuenta el espacio requerido para la instalación de cada uno del componente del sistema de control tales como el controlador lógico programable, el VSD, switch, pantalla HMI, la fuente regulador, accesorios y la distribución de entradas y salidas, el tamaño diseñado también es proporcional a las dimensiones del banco de prácticas teniendo en cuenta el espacio para su instalación; en la siguiente figura se muestra el diseño de la estructura con dimensiones.



IMAG 17: Diseño estructura panel de control.

Para las líneas de alimentación del banco de prácticas, se diseña un plano eléctrico con la distribución de la alimentación adecuada para cada equipo, se implementó un interruptor tripolar el cual alimenta en variador, las 3 fases de alimentación del motor esta derivada desde el variador, el panel de control esta alimentado de una de las fases del motor por medio de un interruptor de 10 A, este interruptor es el general del panel de control, el cual también alimenta la fuente, la fuente de voltaje tiene 2 salidas de 24 v, una de ellas conectada a un interruptor de 6 A, la cual controla 24 v y la línea a tierra del lado derecho del panel de control, la otra salida esta conecta a un interruptor de 3 A, de punto de conexión se deriva la alimentación para los 5 fusibles implementados para PLC, switch, HMI, entradas digitales y salidas digitales.



IMAG 18: Plano de distribución eléctrica AC.

## B. Equipos.

Dentro de los equipos que componen el banco para prácticas de automatización industrial, control automático de una banda transportadora mediante un variador de frecuencia con PLC tenemos

**Motor eléctrico:** esta máquina rotativa es la encargada de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, para el desarrollo de este proyecto se implementa un motor trifásico asíncrono o de inducción de 0.4 Hp, marca SIEMENS, con serie 1LA3, frecuencia de 60 Hz, velocidad nominal de 1640 rpm, la selección del motor se realiza teniendo en cuenta el peso de la banda transportadora diseñada ya que este es el mecanismo de

giro el banco de prácticas



IMAG 19: Motor Trifásico.

*Reductor de velocidad:* en la prueba de funcionalidad de la plataforma de trabajo se identificó la necesidad de implementar un reductor de giro con el fin de mejorar la frecuencia de operación del motor, sin el reductor de velocidad la banda operaría a una velocidad muy alta aproximada a la velocidad nominal del motor a 60 Hz, se realiza la adaptación de un reductor de velocidad 10:1, para conectar el motor con el reductor se requirió 1 acople el cual fue fabricado en material nylon.



IMAG 20: Acoplamiento motor reductor.

Para control automático de una banda transportadora mediante un variador de frecuencia con PLC, se utilizó VSD NL1000 este variador de frecuencia se escogió teniendo en cuenta su bajo costo comparado con otros en el mercado, además, aunque en este banco de prácticas se usan solo las entradas digitales este VSD tiene otras formas de operación las cuales podrán ser usadas en futuras innovaciones del proyecto, otro aspecto tenido en cuenta es el tamaño, fácil instalación y cableado.



IMAG 21: VFD.

El sistema de control de la banda transportadora además del VSD está compuesto por un módulo de control disponible en el laboratorio de electrónica de la Universidad, este módulo consta de una pantalla HMI SIMATIC HMI, KTP700 Basic, un Switch Siemens SCALANCE XB005, un PLC Siemens S7-1200 y una fuente de alimentación SDN 10-24-100C, cada uno de estos equipos son instalados en la estructura diseñada para el panel de control del banco.

C. Implementación.

Teniendo en cuenta el diseño y medidas de la estructura del banco para prácticas, con ayuda de un ornamentador se realiza el corte de cada una de las partes de la estructura, se unen con material soldado apropiada para el material, las terminación y uniones son pulidas cuidadosamente para evitar bordes filosos o con potencial de daño para los usuarios, finalmente con el objetivo una mejor presentación estética de la estructura y conservación del material metálico se le aplico base anticorrosiva y una capa de laca color aluminio. En la siguiente figura se muestra el resultado final la estructura del banco de prácticas construido.



IMAG 22: Estructura metálica.



La estructura para el sistema de control se construye a partir del diseño inicial, esta estructura es elaborada en material aluminio, algunas partes en materia acero inoxidable y acrílico, en esta estructura se acondiciona el PLC/HMI, el variador de frecuencia VSD, la fuente reguladora, el switch y cada uno de los accesorios requeridos para la adecuación de las señales de entradas y salidas del módulo de control, adicionalmente, cuenta con un espacio para la identificación del banco, allí se realiza la instalación de una placa que fue diseñada e impresa con el número y nombre del banco como se puede evidenciar en la siguiente figura.



IMAG 23: Panel de control.

Como resultado final se obtiene la estructura del banco de prácticas con medidas acordes y buena presentación física, se integra cada uno de los componentes del banco entre ellos la plataforma de trabajo de la banda transportadora, el motor con reductor de giro y el módulo de control, se realiza la instalación y adecuación de los cables de conexión para las diferentes señales del sistema, cada uno de los dispositivos fueron conectados, finalmente se cumple con el segundo objetivo general del proyecto.



IMAG 24: Banco para prácticas.

## IX. DESARROLLO EL PROGRAMA PARA EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

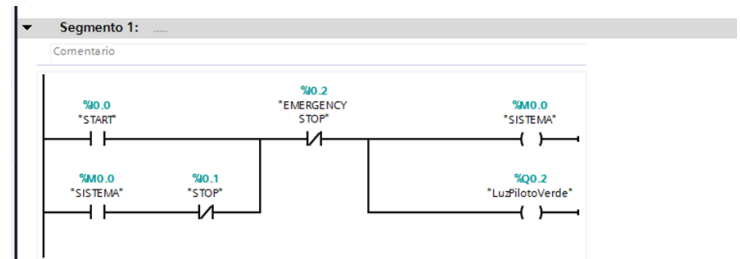
### A. Diseño.

El programa planteado a continuación simula el control de una banda transportadora mediante un variador de frecuencia (VSD) siendo accionado por pulsadores para el inicio, parada, cambio de giro y una parada de emergencia, todo comandado desde un controlador lógico programable (PLC). Que toma como entrada las señales de los

pulsadores y entrega una señal de control para la operación del VSD.

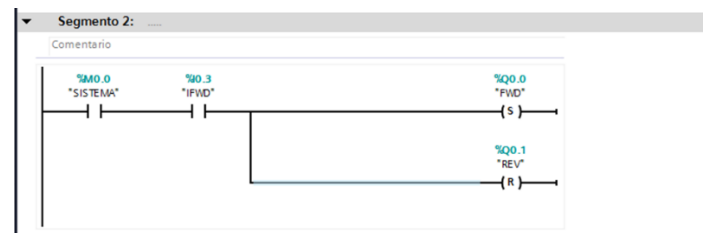
### B. Implementación.

En este segmento 1: se realiza el enclavamiento principal de la variable “SISTEMA” la cual es accionada con el pulsador de color verde “START” permitiendo que la banda transportadora quede habilitada para su funcionamiento y en espera de una nueva orden para iniciar el desplazamiento a la derecha o la izquierda, a su vez encenderá la luz piloto color verde “LuzPilotoVerde”. Cuando se oprime el pulsador de color rojo “STOP” dejará de funcionar el SISTEMA. Por otra parte, al accionar el botón de parada de emergencia “EMERGENCYSTOP” también dejará de operar el sistema.



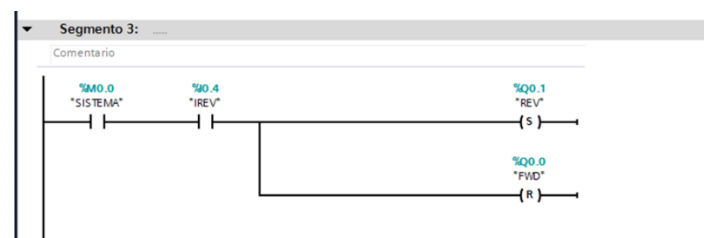
IMAG 25: Segmento 1.

En este segmento 2: se realiza la configuración para el inicio del desplazamiento de la banda transportadora hacia el lado derecho. Una vez este habilitado el “SISTEMA” y después de ser accionado un pulsador “IFWD” conectado a la entrada digital %I0.3 se activará un pulso “FWD” que será conectado a la entrada digital del VSD permitiendo el giro de la banda transportadora hacia el lado derecho. También se garantiza que mientras no haya otro pulso solo girará hacia ese lado.



IMAG 26. Segmento 2.

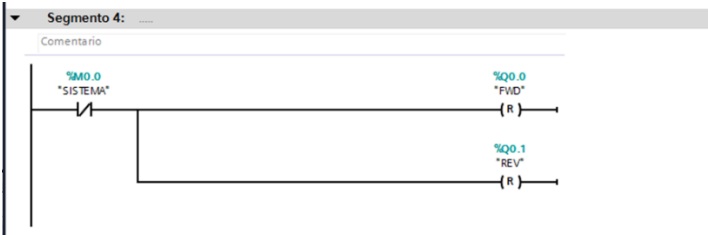
En este segmento 3: se realiza la configuración para el inicio del desplazamiento de la banda transportadora hacia el lado izquierdo. Una vez este habilitado el “SISTEMA” y después de ser accionado un pulsador “IREV” conectado a la entrada digital %I0.4 se activará un pulso “REV” que será conectado a la entrada digital del VSD permitiendo el giro de la banda transportadora hacia el lado izquierdo. También se garantiza que mientras no haya otro pulso solo girará hacia ese lado.



IMAG 27. Segmento 3.

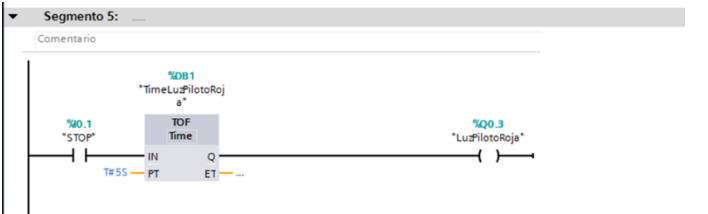


En este segmento 4: Se realiza la configuración para qué cuando esté desactivado el “SISTEMA” no se permita el desplazamiento de la banda para ninguno de los dos lados (derecha e izquierda). La desactivación se logra accionado el pulsador rojo “STOP” o el botón de para de emergencia “EMERGENCYSTOP”.



IMAG 28. Segmento 4.

En este segmento 5: Se realiza la configuración para qué cuando se accione el pulsador rojo “STOP” se detenga la banda transportadora de manera segura con una desaceleración controlada y se encienda la luz piloto roja “LuzPilotoRoja” durante 5 segundos. Después de este tiempo se apagará la luz piloto roja.



IMAG 29. Segmento 25.

En este segmento 6: Se realiza la configuración para qué cuando se accione el botón de parada de emergencia “EMERGENCYSTOP” se detenga la banda transportadora de manera segura con una desaceleración controlada y se encienda la luz piloto roja “LuzPilotoNaranja” durante el tiempo que dure accionado el botón.



IMAG 30. Segmento 6.

Se debe realizar la configuración previa básica del variador Nietz NL1000-02R2G2 para poder utilizarlo con un motor asíncrono trifásico de 0.4 HP. La configuración se realizará en tres etapas:

- Parámetros básicos del motor.
- Selección del método de mando.
- Tiempos de arranque y paro, frecuencias máxima y mínima.

X. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO.

Las pruebas de funcionamiento del sistema se dividen en tres secciones; en la primera sección se realizaron las pruebas

funcionales de la estructura física del sistema, en la segunda sección se realizan las pruebas de operatividad del banco y la tercera sección se realizó pruebas funcionales del sistema de control del banco para prácticas de automatización industrial.

En las pruebas funcionales de la estructura física, se validó el funcionamiento adecuado de cada uno del componente, en las pruebas del sistema de giro se evidencio la necesidad de implementar un reductor de velocidad; en la prueba de funcionalidad de la banda transportadora se evidencia la necesidad de implementar otros soportes para facilitar el desplazamiento, se hicieron las modificaciones obteniendo finalmente un banco de prácticas para automatización acorde a lo planteado.

En las pruebas de operatividad del banco, se realiza prueba de continuidad de cada una de las conexiones, se realiza mediciones de tensión, se verifica el voltaje: de alimentación de la fuente (120 VAC) voltaje que entrega la fuente (24 vdc). Voltaje de entrada y salida del VSD, se realiza prueba de giro del motor, medición de intensidad de corriente en cada fase del motor, se verifica que corresponda a la placa de características del motor; Posteriormente se realiza un programa básico en donde se pruebe cada entrada y salida digital del PLC. Y por último se corre el programa general que se realizó para controlar la banda transportadora mediante un VSD siendo accionado por salidas digitales del PLC.

Finalmente, en las pruebas funcionales del sistema se verifica el control automático de la banda transportadora mediante un variador de frecuencia con PLC, implementando el desarrollo de la guía de laboratorio N° 4 del proyecto “CONTADOR DE CANASTAS CON UN DETERMINADO NUMERO DE PRODUCTOS”, registrando los siguientes resultados funcionales.

PRUEBA DE OPERATIVIDAD DEL “BANCO PARA PRACTICAS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL, CONTROL AUTOMÁTICO DE UNA BANDA TRANSPORTADORA MEDIANTE UN VARIADOR DE FRECUENCIA CON PLC”						
N° DE PRUEBA	FUNCIONALIDAD DE LOS SENSORES			LA BANDA PRESENTÓ ALGÚN INCONVENIENTE	MÁXIMA CORRIENTE EN LAS FASES DEL MOTOR	OBSERVACIÓN
	SENSOR DE PROXIMIDAD CAPACITIVO	SENSOR DE PROXIMIDAD INDUCTIVO	SENSOR DE PROXIMIDAD DE REFLEXIÓN DIFUSA			
1	Detección correcta	Detección correcta	Detección correcta	NO	0.51 A / 8 Hz	Prueba satisfactoria, presentó sonido anormal de bloqueo en la banda transportadora.
2	Detección correcta	Detección correcta	Detección correcta	NO	0.49 A / 8 Hz	Prueba satisfactoria, presentó sonido anormal de bloqueo en la banda transportadora.
3	Detección correcta	Detección correcta	Detección correcta	NO	0.48 A / 8 Hz	Prueba satisfactoria
4	Detección correcta	Detección correcta	Detección correcta	NO	0.47 A / 8 Hz	Prueba satisfactoria
5	Detección correcta	Detección correcta	Detección correcta	NO	0.48 A / 8 Hz	Prueba satisfactoria
6	Detección correcta	Detección correcta	Detección correcta	NO	0.51 A / 8 Hz	Prueba satisfactoria, presentó sonido anormal de bloqueo en la banda transportadora.
7	Detección correcta	Detección correcta	Detección correcta	NO	0.51 A / 8 Hz	Prueba satisfactoria

IMAG 31. Resultados prueba funcionales.

8	Detección correcta	Detección correcta	Detección correcta	NO	0.49 A / 8 Hz	Prueba satisfactoria
9	Detección correcta	Detección correcta	Detección correcta	NO	0.50 A / 8 Hz	Prueba satisfactoria
10	Detección correcta	Detección correcta	Detección correcta	NO	0.48 A / 8 Hz	Prueba satisfactoria

## IMAG 31. Resultados prueba funcionales.

### XI. CONCLUSIONES.

La estructura de trabajo de la banda transportadora, se desarrolló de manera satisfactoria con diseños adecuados al espacio donde se instalará finalmente, esta plataforma de trabajo fue fabricada en filamento PLA y sometida a pruebas de funcionamiento con el objetivo de garantizar su calidad.

Se diseñó e implementó la estructura para el banco de prácticas con dimensiones acordes al espacio del laboratorio donde será instalado, esta plataforma de trabajo está creada con espacios adecuados para la instalación de cada uno de los equipos que la componen, así como también cuenta con un espacio libre, el cual podrá ser usado para desarrollar nuevos proyectos e ideas innovadoras de los estudiantes en formación.

El programa para control de velocidad de la banda transportadora mediante el variador de frecuencia LN 1000 desarrollado en el software TIA Portal, el código del programa está compuesto por 6 segmentos, cada uno de ellos con diferentes funciones en el sistema del control automático de la banda transportadora.

En las diferentes etapas de construcción del banco para prácticas de automatización se realizaron diferentes pruebas, validando el funcionamiento correcto de cada componente del proyecto, por medio de ellas se identificaron oportunidades de mejora que conllevaron al logro de cada uno de los objetivos específicos y como tal el objetivo general.

Se diseñaron cuatro guías de laboratorio con aplicación al banco de prácticas, la finalidad de estas guías es incentivar al uso de este banco para prácticas de automatización de tal manera que los ingenieros en formación interactúen con los equipos, pongan en prácticas los conocimientos teóricos vistos en su proceso de formación en el área de automatización y control adquiriendo bases fundamentales, conocimiento y competencias en el área.

Finalmente, al finalizar este proyecto e implementarlo, se está contribuyendo al mejoramiento del área de laboratorio de la Universidad y así mismo, al fortalecimiento de habilidades y competencias de los ingenieros electrónicos y carreras afines.

### REFERENCIAS

[1] GSL INDUSTRIAS. Que es la automatización industrial [Artículo en línea]. 18 de noviembre de 2020. Disponible en <https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/que-es-la-automatizacion-industrial#:~:text=La%20automatizaci%C3%B3n%20industrial%2C%20es%20el,y%20electrohidr%C3%A1ulicos%20para%20fines%20industriales>.

[2] ASOCOLDEP. ¿Cuáles son las carreras universitarias más demandadas y mejor pagadas en Colombia? [En línea]. 2020. [Consultado el 20 de febrero del 2021]. Disponible en: < <https://www.asocoldep.edu.co/2020/03/09/las-20-carreras-mejor-pagadas-en-colombia-y-con-mayor-demanda>>

[3] HERNANDEZ, Nicolás, NOVOA, Sergio. Modelo diseño del banco de prácticas. [imagen]. Ingeniería Conceptual y diseño del banco de prácticas con PLC Siemens S7 1200 y motor trifásico con carga variables. Bogotá: 2020.

[4] BUITRAGO, Jorge, RODRÍGUEZ, Jefferson. Material didáctico para el espacio académico de automatización e instrumentación para el manejo de la banda transportadora [Trabajo de grado]. Bogotá. 2021. 90p

[5] DEL CARMEN JAIME, Melissa, HERNANDES, Cindy. Control PID de la velocidad de una banda transportadora para la clasificación de objetos [Tesis de licenciatura]. Universidad Académica de ingeniería eléctrica. 30 de mayo del 2008. Zacatecas.

[6] BATIOJA, Bladimir. Automatización de un sistema de bandas transportadoras para el abastecimiento de trozas en contrachapados de Esmeraldas S.A-Codesa. [Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica, Automatización y Control]. 10 de febrero de 2



