



**Diseño e implementación de las etapas de dispensado y transporte de piezas,
para automatización industrial de procesos Batch**

Morales Chango, María Belén y Santamaria Zambrano, Walter Wladimir

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Electrónica y Automatización

Trabajo de unidad de integración curricular, previo a la obtención del título de ingeniero
en Electrónica y Automatización

Ing. Pruna Panchi, Edwin Patricio Mgs

01 de marzo del 2024

Latacunga



Plagiarism and AI Content Detection Report

Trabajo_Integracion_Curricular_Santa...

Scan details

Scan time: **March 4th, 2024 at 0:25 UTC** Total Pages: **38** Total Words: **9329**

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	1.1%	102
Minor Changes	0.3%	25
Paraphrased	1.4%	131
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	2.6%	247
Human text	97.4%	9082

[Learn more](#)

Plagiarism Results: (6)

Hardware y software recomendados para la instalación de TIA Portal V1... **1.5%**

<https://www.infopk.net/descargas/107-siemens/software-step7-tiaportal/tia-portal/2867-hardware-software-...>
Automatización Industrial, Robótica e Industria 4.0 ...

(PDF) automatismos industriales | Héctor Sanabria - Academia.edu **0.6%**

https://www.academia.edu/16694553/automatismos_industriales

Héctor Sanabria

Academia.edu no longer supports Internet Explorer. To browse Academia.edu and the wider internet faster and more securely, p...

Laboratorio de interactividad | Motores paso a paso y servomotores **0.4%**

<https://lab-interactivitat.recursos.uoc.edu/es/motores-paso-a-paso-y-servomotores/>
Universitat Oberta de Catalunya e...

Un Motor Paso A Paso Es Un Dispositivo Electromecánico Que Convierte ... **0.2%**

<https://www.scribd.com/document/471039645/un-motor-paso-a-paso-es-un-dispositivo-electromecanico-qu...>

Henry Chuquimia

Download to read ad-free. ad Open navigation menu Close suggestionsSearchSearch enChange Languageclose menuLanguage English(...



About this report
help.copyleaks.com



Ing. Pruna Panchi, Edwin Patricio, Mgs.

Director



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Electrónica y Automatización

Certificación

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular: **“Diseño e implementación de las etapas de dispensado y transporte de piezas, para automatización industrial de procesos Batch.”** fue realizado por los señores **Santamaria Zambrano, Walter Wladimir y María Belén, Morales Chango** el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 1 de marzo de 2024

Firma:

Ing. Pruna Panchi, Edwin Patricio, Mgs.

C. C.: 0502651003



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Electrónica y Automatización

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Santamaria Zambrano, Walter Wladimir**, con cédula de ciudadanía n° 2300472590 y **María Belén, Morales Chango**, con cédula de ciudadanía n° 0550007454, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: **“Diseño e implementación de las etapas de dispensado y transporte de piezas, para automatización industrial de procesos Batch.”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 1 de marzo de 2024

Santamaria Zambrano, Walter Wladimir

C. C.: 2300472590

María Belén, Morales Chango

C. C.: 0550007454



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Electrónica y Automatización

Autorización de Publicación

Nosotros, **Santamaria Zambrano, Walter Wladimir**, con cédula de ciudadanía n° 2300472590 y **María Belén, Morales Chango**, con cédula de ciudadanía n° 0550007454, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: **“Diseño e implementación de las etapas de dispensado y transporte de piezas, para automatización industrial de procesos Batch.”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad

Latacunga, 1 de marzo de 2024

Santamaria Zambrano, Walter Wladimir

C. C.: 2300472590

María Belén, Morales Chango

C. C.: 0550007454

Dedicatoria

El presente trabajo de tesis se lo dedico especialmente a mi familia. A mi amado padre, Walter Santamaría, cuyo amor, sacrificio y dedicación fueron la luz que iluminó mi camino. A pesar de tu partida, tu legado perdura en cada logro alcanzado. Gracias por tu eterno apoyo y por sembrar en mí el valor del estudio y la perseverancia. A mi querida madre, Erlinda Zambrano, cuya presencia constante y amor incondicional han sido mi mayor fortaleza. Tu entrega y sacrificio han sido la inspiración que me impulsó a seguir adelante. Gracias por estar siempre presente y por ser mi más grande ejemplo de amor y dedicación. A mis hermanas Karen y Lissette Santamaría, quienes han sido mis cómplices y confidentes en este viaje llamado vida. Su apoyo incondicional y cariño han sido el sostén en los momentos difíciles y la alegría en los momentos de triunfo. Gracias por compartir conmigo este camino y por ser parte de mi historia.

También quisiera dedicárselo a mis compañeros de estudio, que han compartido conmigo cada paso de este camino académico. Su colaboración y camaradería han hecho de esta experiencia algo inolvidable.

Por último, se lo dedico mis profesores, por su sabiduría, paciencia y dedicación en la impartición del conocimiento. Su guía y apoyo han sido fundamentales en mi formación académica y personal.

Walter Wladimir Santamaria Zambrano

Dedicatoria

El presente trabajo de tesis se lo dedico a mi familia. A mi hijo Matías que ha sido el pilar fundamental y la mayor motivación durante todo este tiempo de formación, porque todo esto es por y para él. A mis padres Miguel e Isabel por su apoyo incondicional, por todas las palabras de aliento, por todo el amor que me han brindado siempre y por toda la confianza que han depositado en mí, por no dejarme sola en ningún momento, también por todo el esfuerzo que han hecho no solo por mí, si no por mi hermana y por Matías, ustedes han sido mi ejemplo e inspiración para seguir adelante frente a cualquier adversidad. A mi hermana Carolina por acompañarme en este camino, por siempre darme ánimo para seguir, por ser mi amiga y confidente, por brindarme su tiempo y amor en los momentos difíciles.

De igual forma dedicarles este trabajo a mis amigos por ser parte de este arduo camino, por siempre estar presentes en los momentos buenos y malos, por siempre sacarme una sonrisa, y hacerme sentir bien.

María Belén Morales Chango

Agradecimiento

Primero y ante todo, quiero dar gracias a Dios por ser una guía constante a lo largo de mi vida. Su amor incondicional, su sabiduría y su constante protección han sido mi refugio en los momentos de incertidumbre y mi fortaleza en los momentos de adversidad. Sin Su gracia y orientación, nada de esto sería posible.

A mi amada familia, quienes han sido mi apoyo incondicional a lo largo de esta travesía. Su amor, sacrificio y comprensión han sido el motor que me impulsó a seguir adelante. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por ser mi refugio en los momentos más difíciles.

A mis amigos, por su amistad sincera, su compañía incondicional y por estar siempre presentes todo momento. Sus palabras de ánimo y sus gestos de apoyo han sido un tesoro invaluable en este trayecto.

Al Ing. Pruna, mi tutor de tesis, por su dedicación, orientación y paciencia infinita a lo largo de este proceso. Su sabiduría y guía han sido fundamentales para el desarrollo y éxito de este trabajo académico. Gracias por su compromiso y por inspirarme a alcanzar mis metas.

Agradezco a todas y cada una de las personas que de alguna manera han contribuido a mi crecimiento personal y académico, les expreso mi más sincero agradecimiento. Su influencia y apoyo han dejado una marca indeleble en mi vida y en este trabajo de tesis.

Walter Wladimir Santamaria Zambrano

Agradecimiento

Primeramente, quiero dar gracias a Dios, por permitirme llegar hasta este punto, por todas las bendiciones que me ha brindado durante toda la vida, y por todas las oportunidades que me ha dado para poder mejorar como persona.

Agradecerle infinitamente a mi familia, por estar conmigo durante todo este camino, por darme su apoyo y cariño incondicional, por ser mi motor para seguir adelante y no rendirme ante las adversidades, por todo el esfuerzo que han hecho para que yo llegue a este lugar, les estoy eternamente agradecida por todo lo que han hecho por mí.

Agradecerles a mis amigos, especialmente a Karen y Kevin, por estar conmigo desde que llegue a la sede Latacunga, por siempre apoyarme, por todos los momentos de risas, por sus consejos y por la amistad tan sincera que me han brindado en este tiempo, son muy importantes en mi vida.

Agradecerle a mi tutor, el Ing. Edwin Pruna, por todos los conocimientos impartidos tanto en las aulas de clases como en este trabajo, su conocimiento ha sido un pilar fundamental para poder culminar este trabajo con éxito. Gracias por toda la dedicación y entrega al momento de enseñar.

Finalmente agradecerle a mi enamorado Andrés, por siempre tener palabras de aliento para mí, por brindarme su compañía y tiempo, por ayudarme en los momentos más difíciles, sin ti nada de esto habría sido posible, muchas gracias mi amorcito.

María Belén Morales Chango

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras	14
Índice de tablas	17
Resumen	18
Abstract.....	19
Capítulo I: Introducción	20
Antecedentes.....	20
Planteamiento del problema y justificación	21
Objetivos	23
<i>Objetivo general.....</i>	<i>23</i>
<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>23</i>

Variables de investigación	23
<i>Variable Independiente</i>	23
<i>Variable Dependiente</i>	24
Hipótesis	24
Capítulo II: Marco teórico.....	25
Fundamentos Teóricos.....	25
<i>Automatización industrial de procesos Batch</i>	25
<i>Control de movimiento</i>	26
<i>Componentes de un sistema de control de movimiento</i>	26
<i>HMI</i>	27
<i>Controlador de movimiento</i>	28
<i>Drivers</i>	28
<i>Actuadores</i>	28
<i>Mecanismos de transmisión</i>	28
<i>Realimentación</i>	29
<i>PLC</i>	29
<i>PLC Siemens S7 – 1200</i>	29
<i>SIMATIC STEP 7 TIA PORTAL V16</i>	31
<i>Motor paso a paso PTO</i>	34
Motores paso a paso	34
Motor NEMA 17.....	34
<i>Driver para motores paso a paso</i>	35
TB6065	35
Capítulo III: Diseño e implementación	37

	12
Diagrama de bloques.....	37
Diseño y elaboración de la estructura.....	37
Diseño del panel frontal	40
Diagrama de lazo.....	41
Programación	42
<i>Configuración de objeto tecnológico banda transportadora.....</i>	<i>45</i>
<i>Programación del objeto tecnológico en el bloque principal</i>	<i>52</i>
<i>Programación de los bloques temporizadores.....</i>	<i>55</i>
Cilindros neumáticos.....	56
Tipos de conexión de sensores NPN	58
Configuración del driver TB6560	61
Capítulo IV: Pruebas y análisis de resultados	63
Cilindros neumáticos.....	63
Rango de los sensores.....	66
Respuesta ante comandos manuales al desplazamiento JOG.....	69
Respuesta del modo manual a velocidades relativas.	73
Comprobación de la hipótesis	74
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	77
Conclusiones.....	77
Recomendaciones	79
Bibliografía	80

Anexos 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Reactores químicos en producción de farmacéuticos.....	25
Figura 2 Componentes de un sistema de control de movimiento.....	27
Figura 3 Interfaz Humano-Máquina.....	27
Figura 4 PLC S7-1200 con módulos de expansión.....	30
Figura 5 Devanado de un motor a pasos	34
Figura 6 Motor a pasos NEMA 17	35
Figura 7 Driver TB6560.....	36
Figura 8 Diagrama de bloques de las etapas de dispensado y transporte.	37
Figura 9 Diseño en SolidWorks de la estructura.....	39
Figura 10 Proceso implementado.....	39
Figura 11 Diseño de panel frontal.....	41
Figura 12 Diagrama de lazo.	42
Figura 13 Creación de un proyecto nuevo en TIA Portal.....	43
Figura 14 Selección del nuevo dispositivo.	44
Figura 15 Direccionamiento IP.....	44
Figura 16 Habilitación para escribir datos de manera remoto.....	45
Figura 17 Agregar un objeto tecnológico.	46
Figura 18 Creación del objeto tecnológico.....	47
Figura 19 Configuración general del objeto tecnológico.....	48
Figura 20 Interfaz de hardware para pulsos.....	49
Figura 21 Accionamiento de salida de pulsos y salida de sentido.	50
Figura 22 Configuración mecánica de las vueltas del motor.	51
Figura 23 Configuración dinámica de aceleración y deceleración del motor.	52
Figura 24 Selección de funciones del objeto inteligente en el bloque principal.	53
Figura 25 Habilitación de las funciones MC_Power y MC_MoveVelocity.....	54

Figura 26 Segmento para el paro de emergencia de la Banda-Transportadora.	54
Figura 27 Instrucción de movimiento MC_Move_Jog	55
Figura 28 Temporizador TON para activación de pistón clasificador.	56
Figura 29 Temporizador TON para desactivación de pistón clasificador.	56
Figura 30 Pistón modelo MA6432 16X50-S	57
Figura 31 Cilindro neumático MA6432 16X100-S.....	57
Figura 32 Sensores NPN NA para identificación de material	58
Figura 33 Conexión de sensores NPN al PLC	59
Figura 34 Sensor para detección de materia prima	60
Figura 35 Sensor fotoeléctrico de la rampa.	61
Figura 36 Pines del driver TB6560	61
Figura 37 Configuración driver TB6065.....	62
Figura 38 Cilindro neumático en la posición inicial.	63
Figura 39 Cilindro neumático en la posición de dispensado.	64
Figura 40 Cilindro neumático en la posición inicial.	65
Figura 41 Cilindro neumático en la posición de clasificación.	66
Figura 42 Sensor capacitivo activado detectando MDF	67
Figura 43 Sensor inductivo detectando discos de metal.	68
Figura 44 Sensor fotoeléctrico detectando la existencia de material en el dispensador.	68
Figura 45 Distancia del sensor SMW312D.	69
Figura 46 Distancia de 4 cm ingresada en el TIA Portal.....	70
Figura 47 Posición inicial de la marca ubicada en la banda transportadora.	70
Figura 48 Medición del recorrido de la banda transportadora.	71
Figura 49 Segundo desplazamiento para prueba de la banda.	72
Figura 50 Segunda medición de recorrido en la banda transportadora	72
Figura 51 Envío de velocidad óptima de trabajo de 50mm/s.	73

Figura 52 a) *Velocidad máxima aceptable.* b) *Velocidad mínima aceptable.* 73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Bloques, temporizadores y contadores que soporta el S7-1200</i>	30
Tabla 2 <i>Hardware y software para la instalación del software TIA PORTAL V16</i>	31
Tabla 3 <i>Características del PLC s7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC</i>	33
Tabla 4 <i>Salidas para el control de movimiento del motor del PLC DC/DC/DC}</i>	33
Tabla 5 <i>Datos del cilindro neumático. De dispensado</i>	64
Tabla 6 <i>Datos del cilindro neumático de clasificado</i>	66
Tabla 7 <i>Tiempo de llegada de discos de metal</i>	74
Tabla 8 <i>Tiempo de llegada del disco de MDF</i>	75

Resumen

Se presenta el diseño e implementación para las etapas de dispensado y transporte de un proceso batch, el diseño del proceso está realizado en el software SolidWork. El elemento principal en la implementación es el PLC SIEMENS S7-1200 CPU1214C DC/DC/DC, a este componente se conectan los sensores de presencia y los sensores capacitivo e inductivo para determinar el material de los discos, las electroválvulas para el sistema neumático y un driver para realizar el control de movimiento de la banda transportadora. Como resultados de las pruebas realizadas, se obtuvo el funcionamiento correcto de estas etapas, ya que los sensores se encuentran midiendo dentro de los rangos establecidos de fábrica, los cilindros neumáticos recorren las distancias adecuadas acorde a sus respectivas acciones como dispensado y clasificado de discos y finalmente la configuración del controlador de velocidad que permite realizar el movimiento del motor paso a paso NEMA 17, junto con el software TIA Portal. Finalmente, se realizó la medición de los tiempos de llegada de cada material, teniendo tiempos muy similares al promedio general de cada material.

Palabras Clave: Batch, sensores capacitivos, inductivos y controladores de velocidad.

Abstract

The design and implementation for the dispensing and transportation stages of a batch process is presented. The process design is carried out in SolidWork software. The main element in the implementation is the SIEMENS S7-1200 CPU1214C DC/DC/DC PLC, to this component the presence sensors and the capacitive and inductive sensors are connected to determine the material of the discs, the solenoid valves for the pneumatic system and a driver to control the movement of the conveyor belt. As a result of the tests carried out, the correct operation of these stages was obtained, since the sensors are measuring within the established factory ranges, the pneumatic cylinders travel the appropriate distances according to their respective actions such as dispensing and classifying discs and finally the configuration of the driver that allows the movement of the NEMA 17 stepper motor, together with the TIA Portal software. Finally, the arrival times of each material are measured, having times very similar to the general average of each material.

Keywords: Batch, capacitive sensors, inductive and speed controller.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

En un mundo empresarial cada vez más competitivo y dinámico, la búsqueda constante de eficiencia se ha vuelto una prioridad para las organizaciones de todos los tamaños y sectores. En este contexto, la automatización de procesos se ha convertido en una herramienta imprescindible para alcanzar la productividad, reducir costos y mejorar la calidad de los servicios.

La automatización de procesos implica la fusión de tecnologías físicas y de software, como sensores, actuadores y controladores lógicos programables, con el objetivo de ejecutar tareas de manera automática, minimizando o eliminando la necesidad de intervención humana en labores repetitivas o peligrosas. Esta implementación facilita la captura de datos en tiempo real, lo que posibilita un análisis detallado para respaldar la toma de decisiones. Este enfoque se extiende a diversos campos, desde la industria manufacturera hasta la atención médica y la gestión administrativa. La automatización de procesos suele resultar en una mayor eficiencia, con un incremento en la productividad, una reducción de costos y una mejora en la calidad del producto o servicio ofrecido. (Automy, 2023)

La automatización de procesos juega un papel importante dentro de la industria, en lo que respecta a la mejora de la eficiencia operativa, calidad y la productividad de las operaciones. Su principal objetivo es reemplazar las tareas manuales repetitivas por sistemas automatizados para acelerar los procesos de forma fiable y eficiente. La automatización de un proceso reduce significativamente el tiempo necesario para completar las tareas, lo que ayuda a reducir el consumo de recursos y conlleva a una mayor capacidad de producción. De esta forma las industrias podrán adaptarse rápidamente a las diferentes necesidades del mercado, resultando así en un aumento de sus ganancias.

La eliminación de la necesidad de realizar ciertas tareas manualmente aumenta la precisión, reduce costos y aumenta la velocidad de las operaciones, lo que beneficia tanto a clientes como a empleados. Es importante señalar que los errores y las ineficiencias pueden ocasionar pérdidas significativas de ganancias anuales para una empresa, estimadas entre un 20 % y un 30 %. Además, las tareas manuales y repetitivas pueden generar insatisfacción laboral y perder tiempo valioso del capital humano de la empresa u organización.

Los sistemas de formación en automatización industrial son recursos invaluableles para los estudiantes, ya que están especialmente diseñados para enseñar sobre el funcionamiento y la relevancia de los sistemas automatizados en entornos industriales. Estos sistemas brindan una experiencia práctica de los conceptos de automatización que se imparten en clase, proporcionando una comprensión más clara acerca de cómo funcionan los procesos utilizados en la industria. Estos pueden estar equipados con componentes físicos como sensores, actuadores, motores y controladores lógicos programables (PLC), así como sistemas de supervisión como HMI, los mismos suelen ser intuitivos, simplifican la configuración y proporcionan información en tiempo real sobre el rendimiento del proceso.

El uso de estos sistemas de entrenamiento da paso a la práctica y a la experimentación, todo dentro de un ambiente seguro, reduciendo considerablemente el riesgo de dañar equipos costosos y minimizando los riesgos para la salud de quienes operan el proceso.

Planteamiento del problema y justificación

En la actualidad, la carrera de Electrónica y Automatización enfrenta un desafío importante debido a la falta de equipamiento adecuado para las asignaturas relacionadas con la automatización industrial. Esta deficiencia limita la experiencia práctica, e impide una comprensión más completa, integral y aplicada de los conceptos teóricos. Las estaciones didácticas son esenciales para facilitar el aprendizaje, ya que permiten adquirir de mejor manera los principios teóricos mediante experimentación real. Sin estas estaciones, y confiando

únicamente de la teoría, daría como resultado una preparación insuficiente dentro de la vida académica, y repercutiría en el ámbito laboral.

Una estación didáctica de procesos batch, es necesaria para impartir los principios y prácticas asociadas con los procesos de producción industriales. Estas estaciones brindan un entorno práctico, que instruye en lo que es el funcionamiento de los procesos industriales, y facilita el discernimiento de los conceptos de automatización de procesos. Por otro lado, también producen un entorno seguro y controlado para el aprendizaje de la automatización.

El diseño e implementación de una estación didáctica de automatización para procesos batch es de gran importancia en el ámbito académico. La automatización es un campo altamente práctico, por lo que es de vital importancia que se adquieran habilidades específicas, como el diseño, la programación y la operación de sistemas automatizados. Estas estaciones ofrecen un entorno realista en el cual se puede aplicar el conocimiento teórico y desarrollar habilidades en la operación y seguimiento de procesos.

La propuesta de trabajo de investigación es parte del proyecto de “Diseño e implementación de una estación didáctica para automatización industrial de procesos Batch”, tiene como objetivo; diseñar e implementar las etapas de dispensado y transporte de piezas para automatización industrial de procesos Batch. Por lo tanto, los alcances son los siguientes:

- Diseño e implementación de la estructura soporte de las etapas de dispensado y transporte.
- Selección e instalación de los sensores de las etapas de dispensado y transporte.
- Implementación del sistema neumático de las etapas de dispensado y transporte.
- Implementación del sistema de control de movimiento de la banda transportadora.
- Desarrollo de diagramas eléctricos de conexión de las etapas de dispensado y transporte

Finalmente, la implementación de la estación didáctica de automatización de un proceso batch, permite al docente y al estudiante tener una herramienta práctica que beneficia a la hora de realizar sus prácticas dentro del laboratorio ayudando así a adquirir habilidades en el diseño, programación y operación procesos industriales automatizados, brindando una base para que los estudiantes de ingeniería puedan realizar la automatización en procesos industriales, permite al estudiante de ingeniería desarrollar interfaces de monitorización de todo el proceso, y así se puede obtener conocimientos sólidos en la práctica que son de gran importancia por el desarrollo académico.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar e implementar las etapas de dispensado y transporte de piezas, para automatización industrial de procesos Batch

Objetivos específicos

- Diseñar e implementar la estructura soporte de las etapas de dispensado y transporte
- Seleccionar e instalar los sensores de las etapas de dispensado y transporte
- Implementar el sistema neumático de las etapas de dispensado y transporte
- Implementar el sistema de control de movimiento de la banda transportadora
- Desarrollar diagramas eléctricos de conexión de las etapas de dispensado y transporte
- Realizar pruebas de funcionamiento en modo manual de las etapas de dispensado y transporte

Variables de investigación

Variable Independiente

Etapas de dispensado y transporte de piezas.

Variable Dependiente

Funcionamiento óptimo del sistema para automatización industrial de procesos Batch.

Hipótesis

El diseño e implementación de las etapas de dispensado y transporte de piezas, permitirá el funcionamiento óptimo del sistema para automatización industrial de procesos Batch.

Capítulo II

Marco teórico

Fundamentos Teóricos

Automatización industrial de procesos Batch

La automatización se caracteriza como una serie de tecnologías y procedimientos creados para reemplazar a los trabajadores en la ejecución de labores físicas y cognitivas previamente establecidas. Específicamente, la automatización logra emplear tecnologías de supervisión y control de procesos industriales. Los procesos industriales son: procesos continuos discretos y Batch. (Asensio & Arbós, 2005)

Los procesos Batch (lotes), generalmente conocidos como sistemas de control, supervisan y llevan a cabo la producción limitada, ya sea en términos de unidades o de tiempo, de un producto específico con características predefinidas por una fórmula determinada, como por ejemplo la producción de farmacéuticos (Figura 1). Estas producciones se identifican mediante un código o matrícula en todos los componentes de la fabricación. Además, es posible aplicar los procesos Batch, para la ejecución de una serie de operaciones secuenciales, la cual, se encuentre controlada por varias fases. (Garzon, 2014)

Figura 1

Reactores químicos en producción de farmacéuticos.



Nota. En la figura 1 se observa un ejemplo de proceso batch, las industrias farmacéuticas suelen tener comúnmente este tipo de proceso. Tomado de (Bulmaro Noguera, 2020)

Control de movimiento

El control del movimiento consiste en comprender órdenes relacionadas con la posición, velocidad y acoplamiento en cada eje, logrando la sincronización de estos comandos. La representación gráfica del movimiento muestra la coordinación de interruptores del motor y la adecuación de los botones de control. Esta tecnología simplifica la administración de múltiples motores sin requerir la interacción con detalles de bajo nivel. En este ámbito, la ruta del movimiento experimenta una aceleración en el punto "A" y una desaceleración gradual en el punto "B" y el perfil del controlador describe las acciones que se llevan a cabo en caso de una falla en el sistema. (Gürocak, 2016)

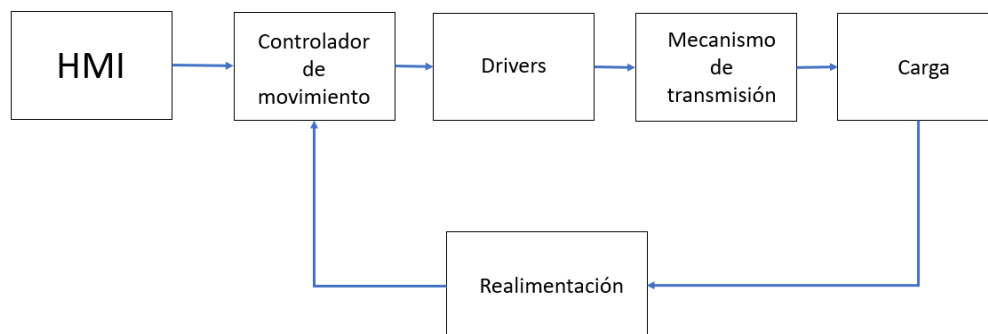
Componentes de un sistema de control de movimiento

Para un control de velocidad, se debe implementar un control de movimiento, el cual consta de diferentes componentes como son:

- HMI
- Controlador de movimiento
- Drivers
- Actuadores
- Mecanismo de transmisión
- Realimentación.

Figura 2

Componentes de un sistema de control de movimiento.



Nota. En la figura 2, se observa los componentes que interfieren en el control de movimiento especificados anteriormente. Tomado de (Gürocak, 2016)

HMI

El HMI se emplea para establecer la comunicación con el controlador de movimiento, tiene dos funciones principales, la primera es operar la maquina con el controlador de movimiento, y la segunda es programar el controlador de movimiento, debe ser una interfaz amigable e intuitiva con el operador para que de esta forma sea más fácil de manejar, como se observa en la Figura 3. (Gürocak, 2016)

Figura 3

Interfaz Humano-Máquina



Nota. La figura 3 muestra un modelo de HMI, en la actualidad las pantallas para realizar estas interfaces tienen una buena resolución, vienen en diferentes tamaños a elección del usuario.

Tomado de (AUTYCOM, 2019)

Controlador de movimiento

El controlador de movimiento se considera como el cerebro del sistema, ya que es el encargado de crear los perfiles de movimiento para los ejes, también supervisa las entradas y salidas. Además, que completa los ciclos de realimentación. Si el controlador detecta un error en el seguimiento entre el perfil de movimiento y la posición o velocidad de un eje, este emite comandos correctivos al motor correspondiente. (Gürocak, 2016)

Drivers.

El driver se encarga de amplificar las señales de baja potencia emitidas por el controlador a niveles de voltaje y corriente de alta potencia para operar un motor, el driver completa el bucle de corriente y el mismo debe ser seleccionado en base al tipo de motor que se va a utilizar. En la actualidad se espera que estos componentes que además de cerrar los bucles de corriente, también lo hagan con los de velocidad y de posición. (Gürocak, 2016)

Actuadores

El actuador es un dispositivo que se encarga de suministrar la energía necesaria para que se pueda desplazar una carga, en los sistemas de control de movimiento son los motores. Dentro del sistema de control de movimiento es importante seleccionar los motores adecuados a la aplicación para que el funcionamiento de los mismos sea el correcto (Gürocak, 2016)

Mecanismos de transmisión

Un mecanismo de transmisión se utiliza para conectar la carga al motor de un eje, de tal manera que cuando una carga se acopla a un motor a través de un mecanismo de transmisión, la inercia de la carga y el par se reflejan a través del mecanismo hacia el motor. (Gürocak, 2016)

Realimentación

Los dispositivos de retroalimentación se emplean para determinar la posición o velocidad de la carga. Además, tanto el variador como el controlador utilizan esta realimentación para calcular la cantidad de corriente que se debe suministrar en cada motor. Los dispositivos de realimentación son los tacómetros o codificadores, la elección de cada uno depende de la precisión que se requiera, el costo y las condiciones en las que se encuentre la máquina. (Gürocak, 2016)

PLC

Un PLC (controlador lógico programable) es un dispositivo electrónico diseñado para el monitoreo en tiempo real de sistemas de control en un entorno industrial. Puede ser diseñado y utilizado por personas con conocimientos de electricidad o electrónica, sin necesidad de conocimientos informáticos. El dispositivo descrito anteriormente es un dispositivo electrónico diseñado para controlar procesos en serie, cuyo programa incluye muchas funciones como números de serie o paralelos, calculadoras, desplazamientos, temporizadores y tareas más complejas. (Vallejo, 2005)

PLC Siemens S7 – 1200

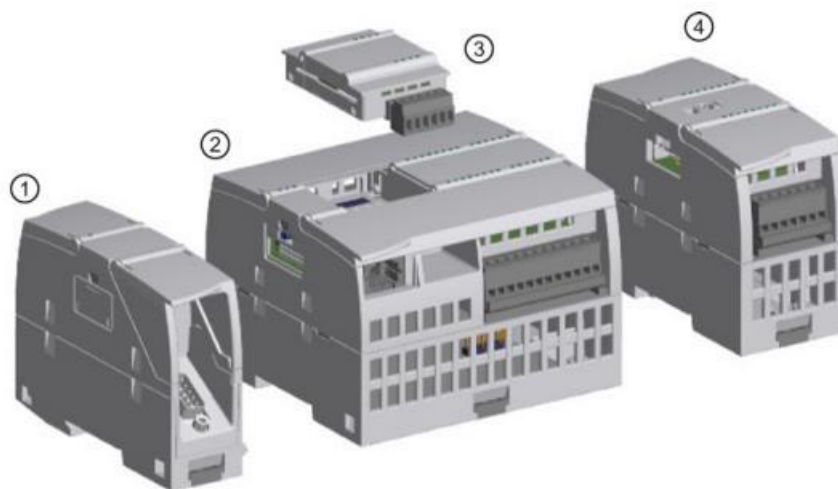
El controlador S7-1200 ofrece las cualidades necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las necesidades de automatización, tiene un diseño compacto y amplio juego de instrucciones, lo que lo hace adecuado para controlar una gran variedad de aplicaciones. Este controlador tiene diferentes modelos de CPU: 1211C, 1212C, 1214C, 1215C, 1217C, los cuales cuentan con diferentes características a contemplar dependiendo las necesidades del usuario. También cuenta con una capacidad de expansión (Figura 4), ya que tiene diversos módulos y placas de conexión que permite ampliar las capacidades de la CPU, con E/S adicionales y otros protocolos de comunicación (SIEMENS, 2014)

1. Módulo de comunicación

2. CPU
3. Signal Board
4. Módulo de señales

Figura 4

PLC S7-1200 con módulos de expansión.



Nota. En la figura 4 se puede visualizar los componentes que tiene un PLC, como son los módulos de comunicaciones, signal board y módulos de expansión para entradas y salidas.

Tomado de (SIEMENS, 2014)

Los diferentes modelos de CPU tienen una gran variedad de funciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a diversas aplicaciones, como se muestra en la Tabla 1

Tabla 1

Bloques, temporizadores y contadores que soporta el S7-1200

Elemento	Descripción	
Bloques	Tipo	OB, FB, FC, DB
	Tamaño	30KB (CPU 1211C) 50KB (CPU 1212C) 64KB (CPU 1214C, CPU 1215C y CPU 1217C)
	Cantidad	Un total de hasta 1024 bloques (OB + FB + FC + DB)
	Profundidad de anidamiento	16 desde el OB de ciclo o arranque; 6 desde cualquier OB de evento de alarma

Elemento	Descripción	
	Observar	Se puede observar a la vez el estado de 2 bloques lógicos.
OB	Ciclo del programa	Múltiple
	Arranque	Múltiple
	Alarmas de retardo	4 (1 por evento)
	Alarmas cíclicas	4 (1 por evento)
	Alarmas de proceso	50 (1 por evento)
	Alarmas de error de tiempo	1
	Alarmas de error de diagnostico	1
	Inserción o extracción de módulos	1
	Fallo de rack o estación	1
	Hora	Múltiple
	Estado	1
	Actualizar	1
Perfil	1	
Temporizadores	Tipo	CEI
	Cantidad	Solo limitada por el tamaño de la memoria
	Almacenamiento	Estructura en DB, 16 bytes por temporizador
Contadores	Tipo	CEI
	Cantidad	Solo limitada por el tamaño de la memoria

Nota. Esta tabla muestra los componentes del PLC s7-1200 así como también las características de cada componente. Tomado de (SIEMENS, 2014).

SIMATIC STEP 7 TIA PORTAL V16.

Es un software de ingeniería, de fácil uso para el controlador SIMATIC S7-1200, el mismo incluye herramientas para la simulación como el S7-PLCSIM y SIMATIC WinCC. Para la instalación del software se debe tomar en cuenta el hardware y software recomendado en la Tabla 2:

Tabla 2

Hardware y software para la instalación del software TIA PORTAL V16.

Hardware/Software	Requisito
Procesador	Intel Core i5-6440EQ (hasta 3.4 GHz)
RAM	16 GB (min 8 GB, 32 GB para proyectos grandes)
Disco duro	SSD con 50 GB de espacio libre de almacenamiento

Hardware/Software	Requisito
Red	1 Gbit (para multiusuario)
Monitor	15.6" full HD display (1920 x 1080 o más)
Sistema operativo	<p>Windows 7 (64 bits)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Windows 7 Home Premium SP1 • Windows 7 Professional SP1 • Windows 7 Enterprise SP1 • Windows 7 Ultimate SP1 <p>Windows 10 (64 bits)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Windows 10 Home Version 1809,1903 • Windows 10 Professional Version 1809,1903 • Windows 10 Enterprise Version 1809,1903 • Windows 10 IoT Enterprise 2015 LTSC • Windows 10 IoT Enterprise 2016 LTSC • Windows 10 IoT Enterprise 2019 LTSC <p>Windows Server (64 bits)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Windows Server 2012 R2 StdE (instalación completa) • Windows Server 2016 Standar (instalación completa) • Windows Server 2019 Standar (instalación completa) <p>*solo para la edición Basic</p> <p>"No para "STEP 7 Basic/Professional y WinCC Professional", sino para "STEP 7 Basic/Professional incl. Safety y WinCC Basic/Comfort/Advanced y WinCC unifed"</p>
Tarjeta gráfica	<p>32 MB RAM</p> <p>Intensidad de color de 24 bits.</p>

Nota. En la tabla 2 se presenta los requisitos para instalar el software Tia Portal. Tomado de (SIEMENS, 2019)

El TIA Portal asiste al usuario con la funcionalidad del Motion Control de la CPU s7-1200 en el control de motores paso a paso y servomotores. El dispositivo seleccionado es el PLC s7-1200 CPU 1214C el cual tiene las siguientes características, como se muestra en la Tabla 3

Tabla 3

Características del PLC s7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.

PLC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC	
Tensión nominal	24 VDC
Versión firmware	V4.5
Memoria de trabajo	100KB
Memoria de carga	4MB
E/S digitales	14 entradas/10 salidas
E/S analógico	2 entradas
Tamaño de memoria imagen de proceso	1024 bytes de entrada/1024 bytes de salidas
Área de marcas (M)	8192 bytes

Nota. En la tabla 3 se tiene las características del PLC elegido para la implementación. Tomado de (SIEMENS, 2014)

El mismo contiene la salida de impulsos de tal manera que se necesita asignar dos salidas: una como salida de impulsos y otra como salida de sentido, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4 Salidas para el control de movimiento del motor del PLC

Salidas para el control de movimiento del motor del PLC s7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC

		Salidas PT01		Salidas PT02	
		Impulsos	Sentido	Impulsos	Sentido
CPU	1214C	Q0.0	Q0.1	Q0.2	Q0.3
		DC/DC/DC			

Nota. Tomado de (SIEMENS, 2014)

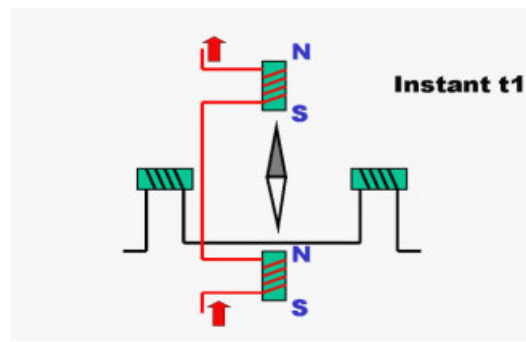
Motor paso a paso PTO

Motores paso a paso

Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que transforma la energía eléctrica en potencia mecánica. De igual forma, se trata de un tipo de motor síncrono sin escobillas que tiene la capacidad de dividir una rotación completa en numerosos pasos. El uso más común es el de las impresoras, como se muestra en la Figura 5 (Malo, 2011)

Figura 5

Devanado de un motor a pasos



Nota. Tomado de (Harmonic Drive SE, s.f.)

Motor NEMA 17

El motor NEMA 17 KS42STH34-1504A - 1,5 A, es popular para ser utilizados en las impresoras 3D, fresadoras, plotters, etc. Tiene un ángulo de movimiento de 1.8 grados, un torque de 3.2 Kg-cm, una resistencia 1.5 ohms, un voltaje de 12 v, corriente de 1.5 A, inductancia de 2.8mH, el diámetro del eje es de 5mm y el peso de 0.22Kg, como se observa en la Figura 6 (FSElectronics, s.f.)

Figura 6

Motor a pasos NEMA 17



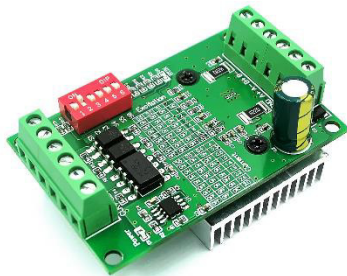
Nota. Tomado de (FSElectronics, s.f.)

Driver para motores paso a paso.

Los drivers son tarjetas que tienen como función proporcionar un pulso digital de trabajo y dirección para el manejo de motores paso a paso, por lo que se especifica el driver utilizado en la planta. (Hetpro, s.f.)

TB6065

Este driver utiliza un acoplamiento óptico 6N137 de alta velocidad para garantizar que no existan pérdidas en el control de pasos que el motor proporciona, cuenta con un disipador de calor, el mismo que ayuda a que el módulo se mantenga a una temperatura idónea y de esa forma que el funcionamiento no se vea comprometido. El voltaje de funcionamiento es de 10V a 35V pero se recomienda 24V, la corriente de funcionamiento es de 3 A, contiene un optoacoplador 6N137, apropiado para todo un paso, medio paso, 1/8 y 1/16 de paso. Se puede aplicar a motores paso a paso de 2 y 4 fases, y también de 4 y 6 líneas, como se muestra en la Figura 7 (Electronilab, s.f.)

Figura 7*Driver TB6560*

Nota. Tomado de (Electronilab, s.f.)

Capítulo III

Diseño e implementación.

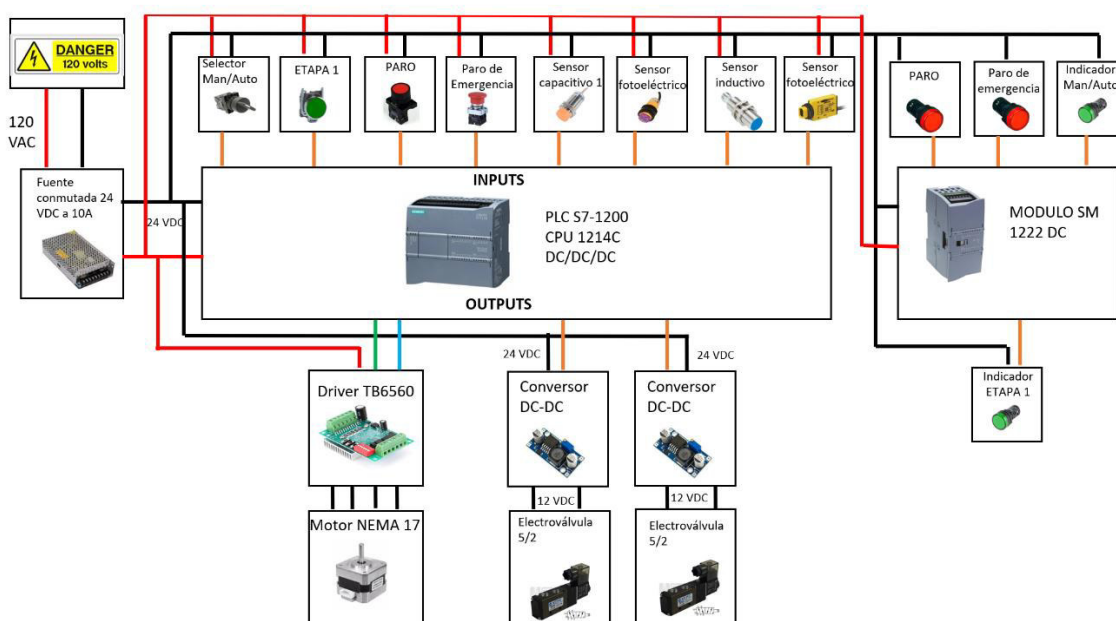
En este capítulo se describe el diseño e implementación de las etapas de dispensado y transporte de piezas, para automatización industrial de procesos Batch. Para ello es esencial conocer los componentes involucrados en cada etapa para garantizar su adecuado funcionamiento.

Diagrama de bloques

El diagrama bloques muestra de forma gráfica los componentes de las etapas de dispensado y transporte que se conectan al PLC s7-1200 y también al módulo integrado SM 1222, como se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Diagrama bloques de las etapas de dispensado y transporte.



Nota. La figura 8 representa los componentes que se conectan a las entradas y salidas del PLC como son los pulsadores, sensores, drivers, electroválvulas, etc., y de igual forma en el módulo se conectan los indicadores correspondientes a cada pulsador.

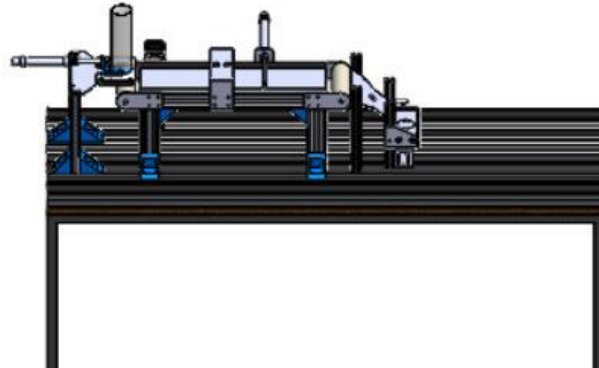
Diseño y elaboración de la estructura

El diseño y elaboración de la estructura de un proceso industrial son elementos importantes, ya que en esta estructura se implementarán los diferentes componentes, por ende, debe ser elaborada con materiales adecuados, que sean resistentes y adecuados para trabajar en un entorno educativo, garantizando al mismo tiempo la seguridad y comodidad de los estudiantes durante el trabajo realizado dentro de ella. El diseño de la estructura de las etapas de dispensado y transporte de piezas fue realizado en el software SolidWorks como se observa en la Figura 9, para la construcción de la estructura se utilizó aluminio forjado, donde se tienen los siguientes componentes:

- Motor paso a paso NEMA 17
- 2 pistones
- 2 electroválvulas 5/2
- PLC Siemens S7-1200 1214C DC/DC/DC
- Modulo SM 1222 DC
- Sensor inductivo NPN.
- Sensor capacitivo NPN.
- 2 sensores fotoeléctricos.
- Driver TB6560
- 1 fuente de 24 V DC, 10 A.
- Unidad de mantenimiento.
- 2 reguladores de voltaje de 24V a 12V.

Figura 9

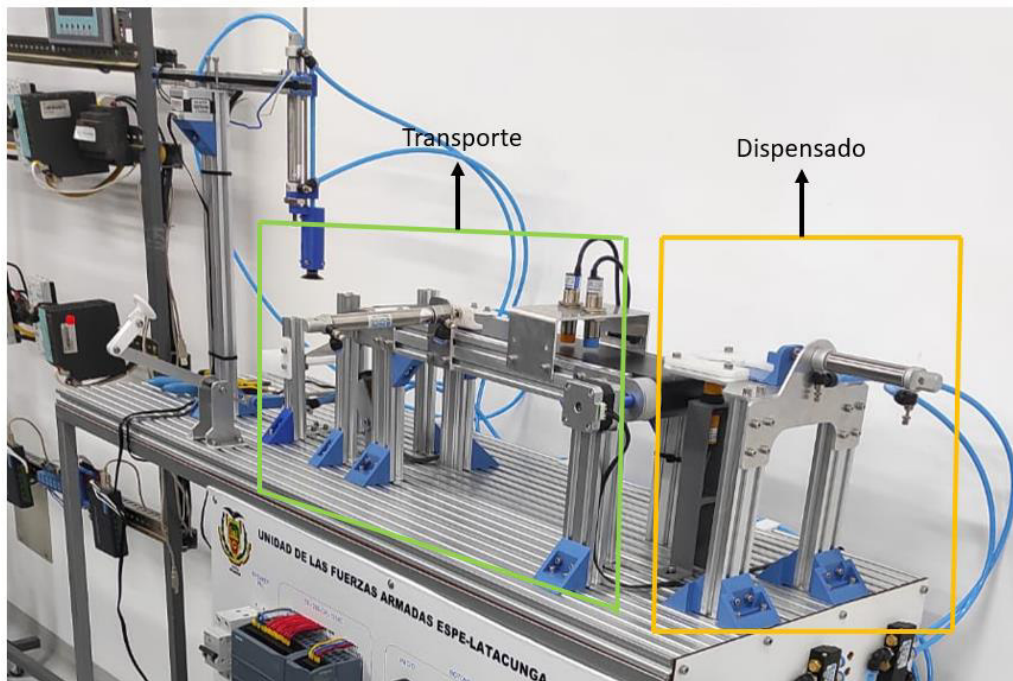
Diseño en SolidWorks de la estructura.



Nota. La figura 9 representa la estructura diseñada en el software SolidWorks.

Figura 10

Proceso implementado.



Nota. La figura 10, muestra cómo se encuentra el proceso completo de forma física, y al comparar con el diseño realizado en el SolidWorks se determina que la planta se realizó con la mayor exactitud en el diseño.

Diseño del panel frontal

Al diseñar el panel frontal, es importante identificar los elementos que se van a integrar en él, como los interruptores, indicadores luminosos e incluso una pantalla táctil si fuera necesario. Para la concepción del diseño es importante tener en cuenta la posición de cada elemento, para que sea fácil de usar tanto para el operador como para los estudiantes. Además, cada componente debe estar claramente etiquetado para comprender su funcionamiento. El panel frontal de las etapas de dispensado y transporte consta de los siguientes componentes, como se muestra en la Figura 11:

- Breaker
- Botones de paro y paro de emergencia
- Indicador rojo para el paro y paro de emergencia
- Selector de Manual/ Automático
- Indicador verde de Manual/Automático
- Botón verde de etapa 1
- Indicador verde de etapa 1

Figura 11*Diseño de panel frontal*

Nota. La imagen representa el diseño del panel frontal, donde se observan los elementos utilizados para la etapa 1 en los recuadros de color naranja, la ubicación de cada uno de los componentes, como los botones, selectores e indicadores, cada elemento esta agrupado de acuerdo con su funcionalidad, como, por ejemplo, en la parte superior derecha se encuentran los botones de inicio, paro y paro de emergencia; los cuales son importantes al momento de iniciar o detener el proceso.

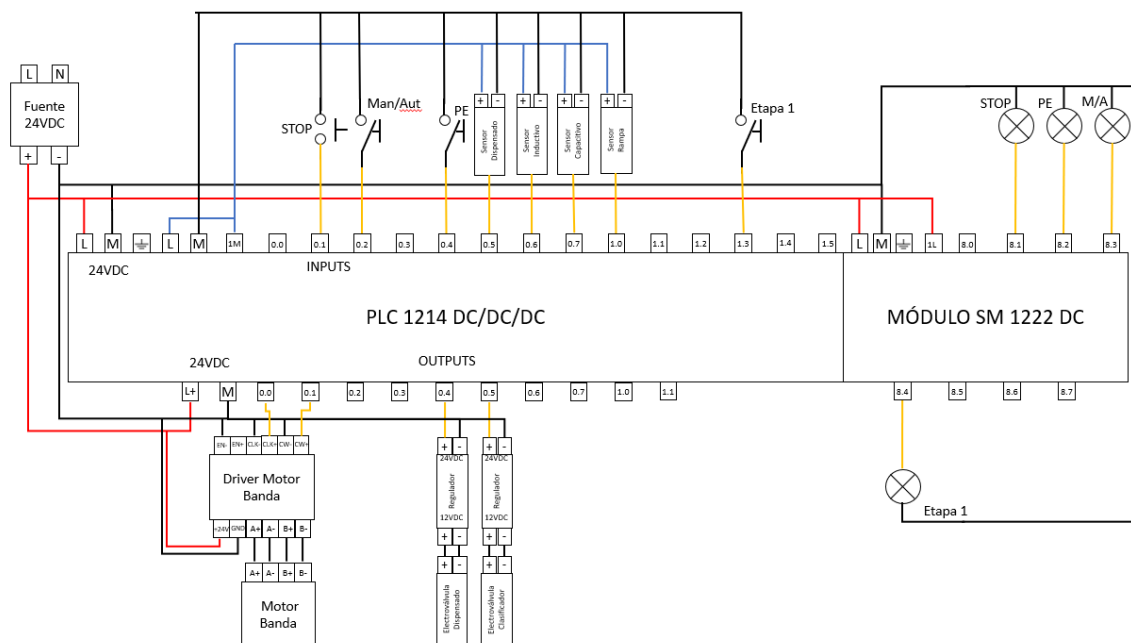
Diagrama de lazo

El diagrama de lazo proporciona una representación simplificada de las conexiones entre los dispositivos dentro de un sistema, siendo una herramienta crucial para comprender su funcionamiento. Los dispositivos que se encuentran en este diagrama son el PLC y el módulo de salidas digitales, también existen elementos como los sensores, en este caso capacitivos, inductivos y fotoeléctricos. Para el control de movimiento del motor NEMA se conecta con el driver TB6560, de igual manera para el funcionamiento de las electroválvulas se conectan a reguladores de voltaje ya que las mismas trabajan con 12 VDC y la fuente que se ocupa es de

24 VDC. Elementos importantes conectados al PLC son los pulsadores y los indicadores, ya que estos son los que nos proporcionan la pauta para que el proceso inicie de manera adecuada, como se muestra en la Figura 12.

Figura 12

Diagrama de lazo.



Nota. La figura 12 muestra las conexiones de todos los elementos que conforman la etapa de dispensado y transporte.

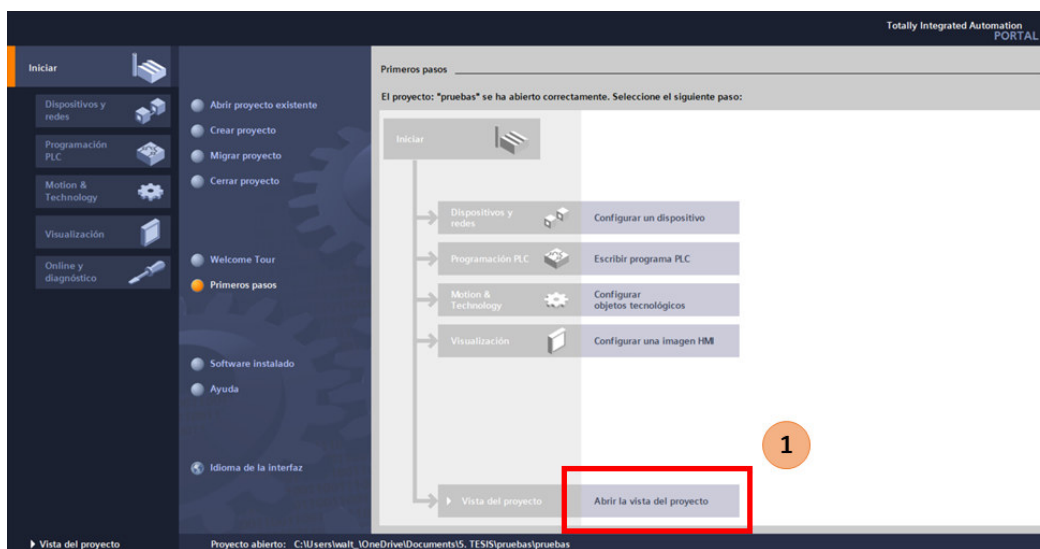
Programación

A continuación, se procederá a describir de manera rigurosa la programación en el software de programación TIA Portal. Primero se abre el launcher del software y se crea un nuevo proyecto tal como se muestra a continuación:

1. Se asigna un nombre al nuevo proyecto, como se muestra en la Figura 13
 - a) Seleccionar la opción “Abrir la vista del proyecto”

Figura 13

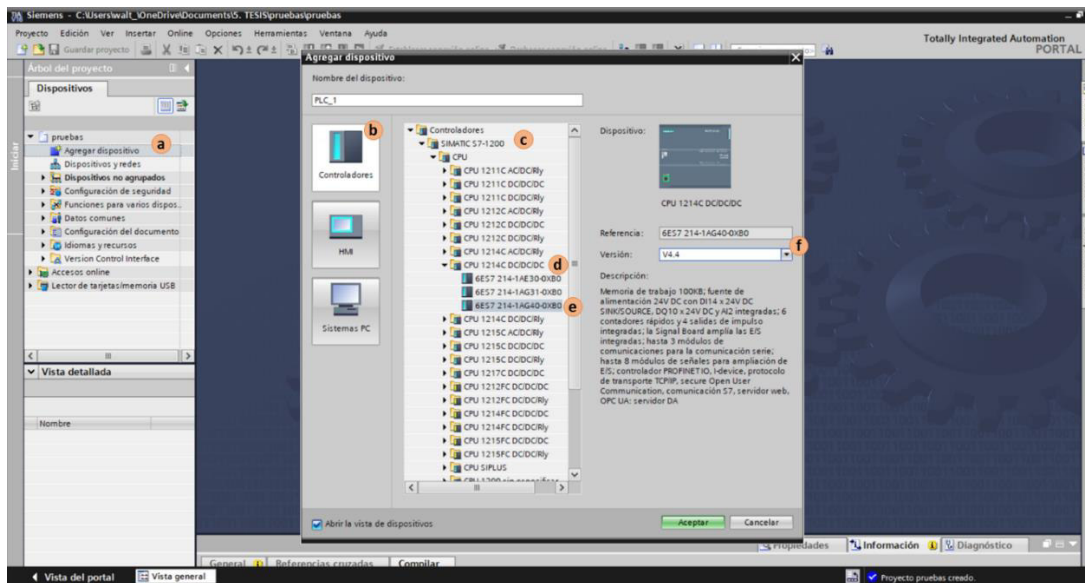
Creación de un proyecto nuevo en TIA Portal



2. Una nueva ventana aparece donde se debe seleccionar la opción de seleccionar un nuevo dispositivo al nuevo proyecto (Figura 14) y se configura:
 - a) Agregar dispositivo,
 - b) Seleccionar la opción de controladores,
 - c) SIMATIC S7-1200,
 - d) CPU 1214C DC/DC/DC,
 - e) Se muestra una lista de modelos de referencia del CPU donde se selecciona el modelo específico,
 - f) Se selecciona la versión según las características específicas del CPU y se oprime el botón aceptar para agregar el nuevo dispositivo.

Figura 14

Selección del nuevo dispositivo.

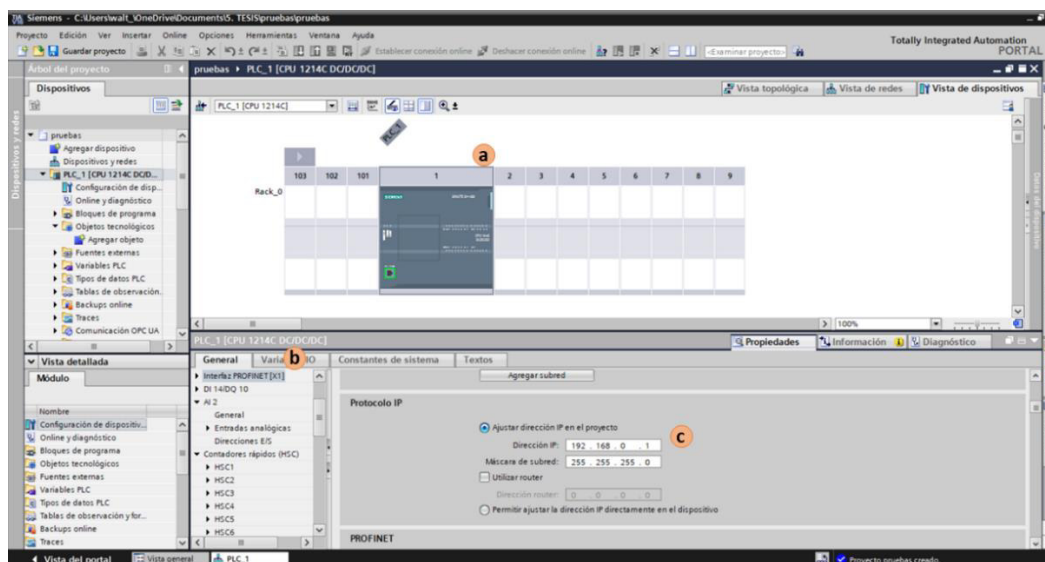


3. Al agregar el nuevo dispositivo (Figura 15) permite observar las propiedades del PLC:

- a) Seleccionar el PLC S7-1214C DC/DC/DC,
- b) Oprimir la opción de interfaz de PROFINET
- c) En la sección “Protocolo IP”, ingresar una IP al PLC

Figura 15

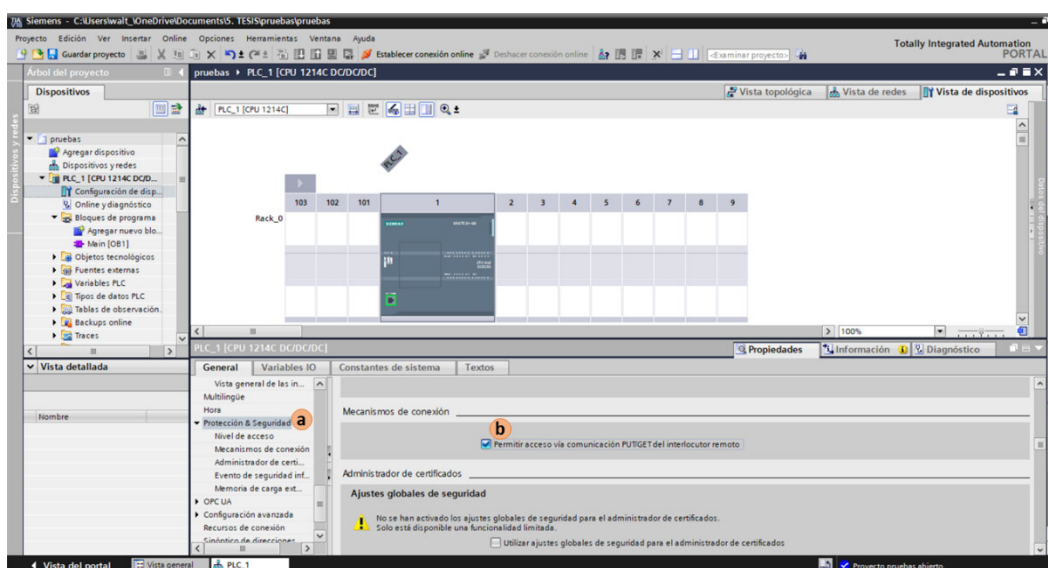
Direccionamiento IP.



4. Activación para escribir datos (Figura 16) en el CPU de forma remota:
 - a) En las propiedades del CPU, seleccionar la opción “Protección & Seguridad”,
 - b) Presionar “Permitir acceso vía comunicación PUT/GET de interlocutor remoto”, para habilitar la función.

Figura 16

Habilitación para escribir datos de manera remoto.

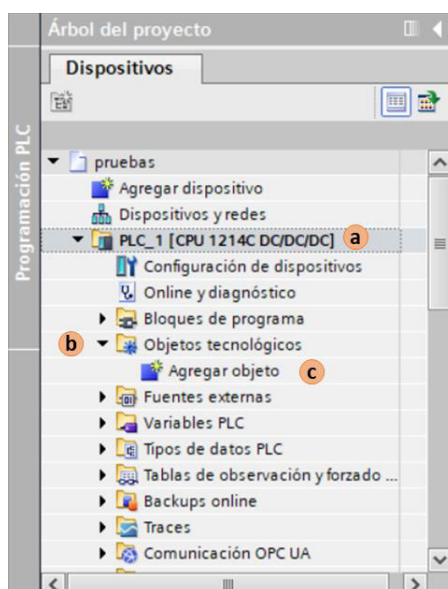


Configuración de objeto tecnológico banda transportadora

1. Para añadir un objeto tecnológico (Figura 17) se debe:
 - a) Seleccionar el CPU añadido en el nuevo dispositivo,
 - b) Abrir la lista de opciones de “Objetos tecnológicos”,
 - c) Dar clic en “Agregar objeto”.

Figura 17

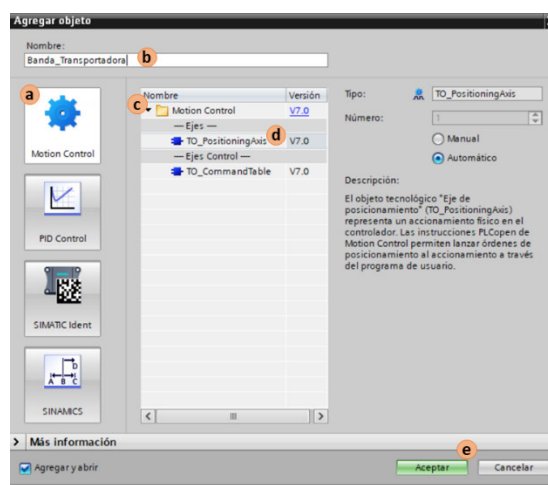
Agregar un objeto tecnológico.



2. En la configuración de un objeto tecnológico (Figura 18) de la banda-transportadora se debe usar las siguientes opciones:
 - a) Seleccionar la opción "Motion Control",
 - b) Colocar un nombre para el bloque, identificando la banda-transportadora,
 - c) Desplegar la lista de la carpeta,
 - d) Presionar en Ejes > TO_PositioningAxis,
 - e) Por último, presionar Aceptar, para desplegar el bloque automáticamente.

Figura 18

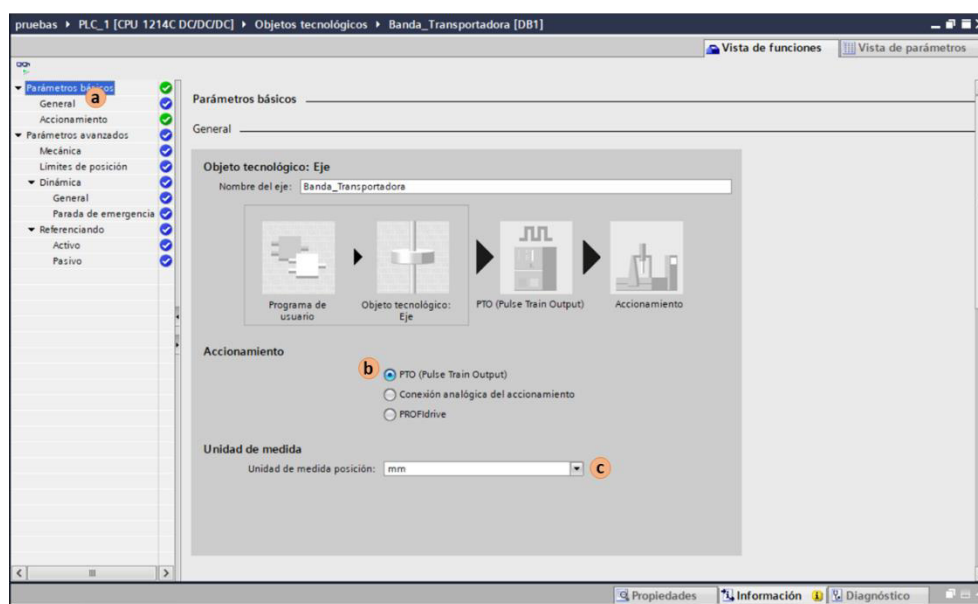
Creación del objeto tecnológico.



3. Establecer los parámetros del bloque tecnológico del eje “Banda-Transportadora”:
 - a) Seleccionar “Parámetros básicos” > General
 - b) En las opciones de accionamiento, para este caso se selecciona “PTO (Pulse Train Output)”,
 - c) La unidad de medida que se desea utilizar se despliega en el menú, seleccionar para este caso “mm”.

Figura 19

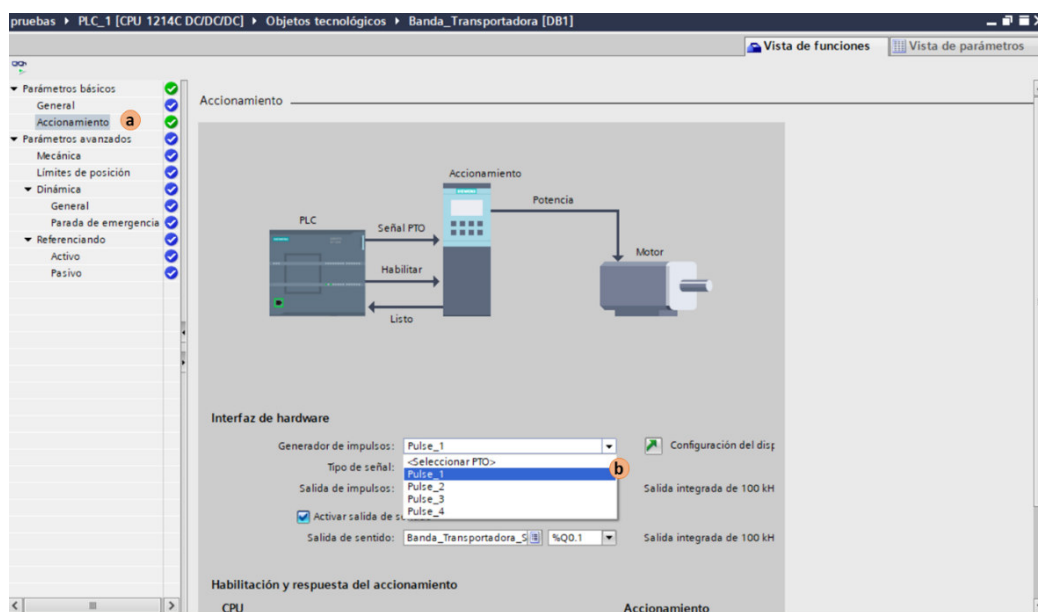
Configuración general del objeto tecnológico.



4. En la venta del eje “Banda-Transportadora” (Figura 20), para añadir el objeto tecnológico se requiere:
 - a) Seleccionar “Accionamientos”,
 - b) En la interfaz de hardware > Generador de impulsos, se muestra un menú con opciones de pulsos, oprimir Pulse_1.

Figura 20

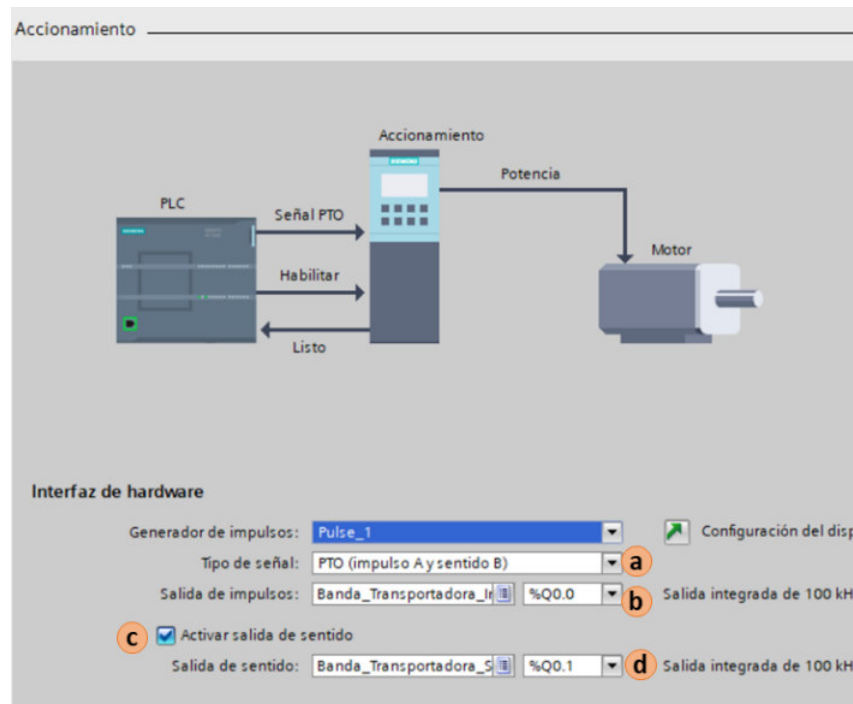
Interfaz de hardware para pulsos.



5. En la venta del eje “Banda-Transportadora” (Figura 21), para el objeto tecnológico se debe seleccionar:
 - a) Escoger el tipo de señal específica para esta situación “PTO (Impulso A y sentido B)”,
 - b) Salida de impulso para el motor de la Banda-Transportadora, configurado con una dirección física del PLC “Q0.0”.
 - c) Activar el generador de impulsos “Activar la salida de sentido”
 - d) Salida de sentido para el motor de la Banda-Transportadora, configurado con una dirección física del PLC “Q0.1”.

Figura 21

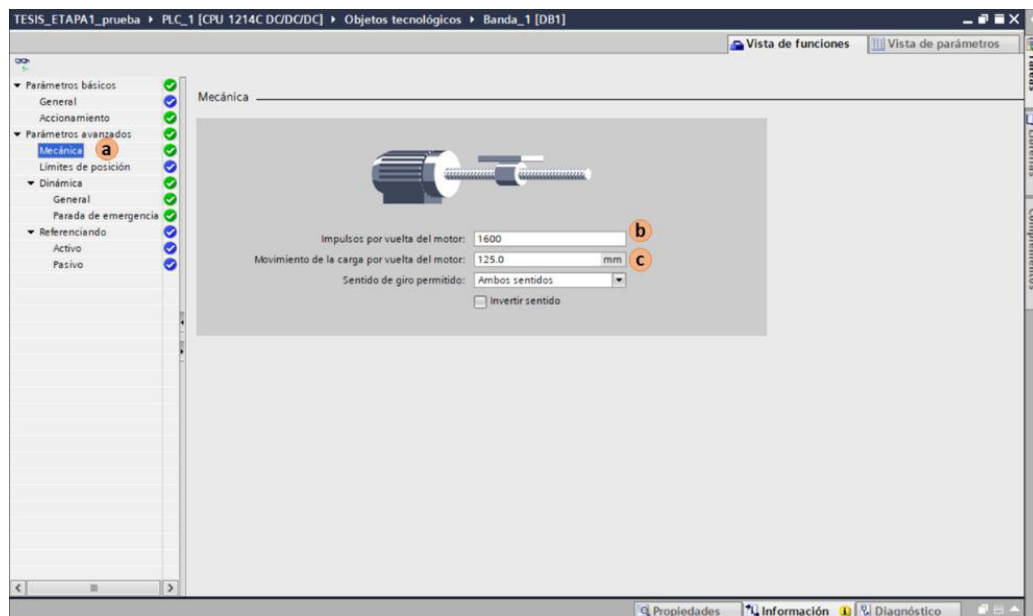
Accionamiento de salida de pulsos y salida de sentido.



6. La ventana del eje "Banda-Transportadora" (Figura 22), para el objeto tecnológico se deben seguir los siguientes pasos:
- Seleccionar "Mecánica",
 - Ajustar la cantidad de impulsos requeridos para que el motor complete una rotación, la cual varía según el motor y la configuración de su controlador (1600 rpm para un motor NEMA 17),
 - Distancia mecánica que recorre el motor en un giro.

Figura 22

Configuración mecánica de las vueltas del motor.



Los impulsos por vuelta del motor están determinados por las especificaciones del mismo y de la fábrica del controlador, donde se ajusta mediante los interruptores DIP del número de micro pasos que el motor realizará, utilizando el cálculo de la fórmula siguiente:

$$PPR_{Controlador} = (MicroStep)(PPR_{Motor})$$

$$PPR_{Controlador} = (8)(200 \text{ rpm})$$

$$PPR_{Controlador} = 1600 \text{ rpm}$$

$$PPR = \text{Pulsos Por Revolución}$$

$$MicroStep = \text{Micro Pasos}$$

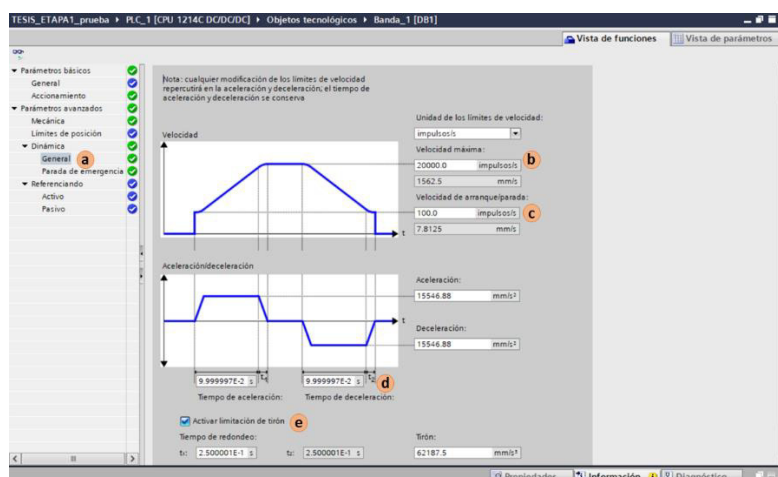
7. Configurados los “Parámetros básicos” y “Parámetros avanzados” del motor, especificando su “Mecánica”, se establecen automáticamente los parámetros de la “Dinámica” (Figura 23) como se muestra a continuación:

- a) Seleccionar “Dinámica” > General
- b) Reducir el valor al colocar la “Velocidad máxima” por cuestiones de seguridad,

- c) También reducir el valor colocado en la velocidad máxima de arranque para prevenir desgaste y fallas futuras.
- d) Colocar en el tiempo de aceleración y tiempo de deceleración un valor aproximado a los dos segundos, para un funcionamiento suave del motor
- e) Activar la opción de limitaciones de tirones, para evitar el cambio de aceleración y desaceleración bruscas en el motor.

Figura 23

Configuración dinámica de aceleración y deceleración del motor.



Finalmente se guarda las configuraciones realizadas en el objeto tecnológico para la Banda-Transportadora en el proyecto y se lleva a cabo la compilación asegurando la ausencia de errores.

Programación del objeto tecnológico en el bloque principal

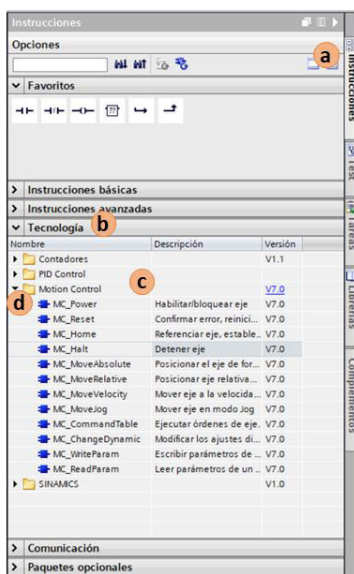
Una vez terminada las configuraciones en el objeto tecnológico del eje Banda-Transportadora, se continúa con la creación en el bloque principal “Main [OB]”, tal como se detalla a continuación:

1. En el bloque de programación principal “Main [OB]”, se inicia el funcionamiento del objeto tecnológico, tal como se describe a continuación:
 - a) Seleccionar el apartado de “Instrucciones”

- b) Abrir el menú de Tecnología,
- c) Desplegar el listado en la carpeta “Motion Control”,
- d) Insertar las funciones para habilitar el control del motor, como se muestra en la Figura 24.

Figura 24

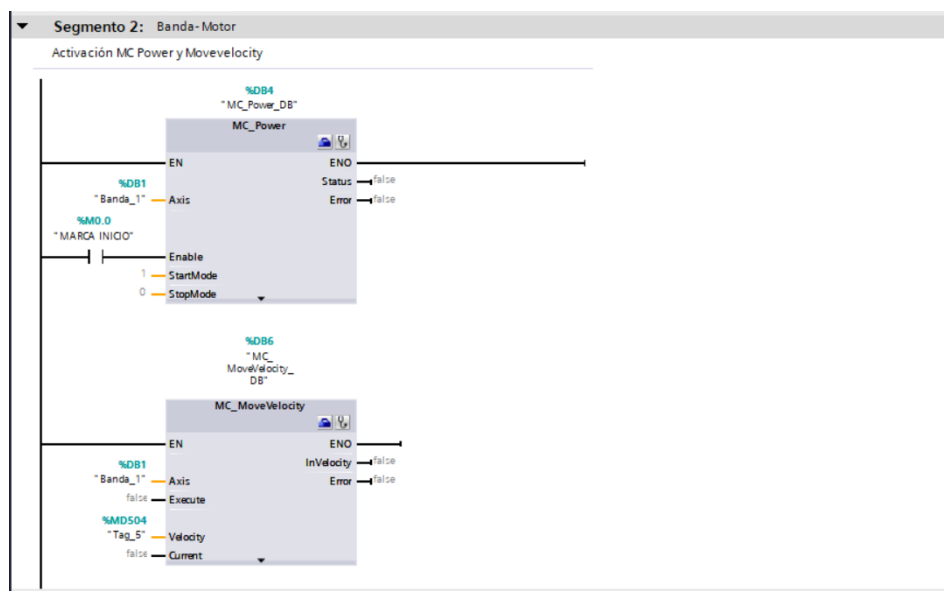
Selección de funciones del objeto inteligente en el bloque principal.



- e) En el segmento 2 (Figura 24), se insertó el bloque de función “MC_Power”, que habilita el control de “MC_MoveVelocity” para lograr los movimientos en el motor. En el apartado “Axis”, se coloca el bloque de datos del objeto tecnológico Banda-Transportadora (%DB1) y se habilita mediante una marca de inicio (%M0.0) en el apartado de “Enable”.

Figura 25

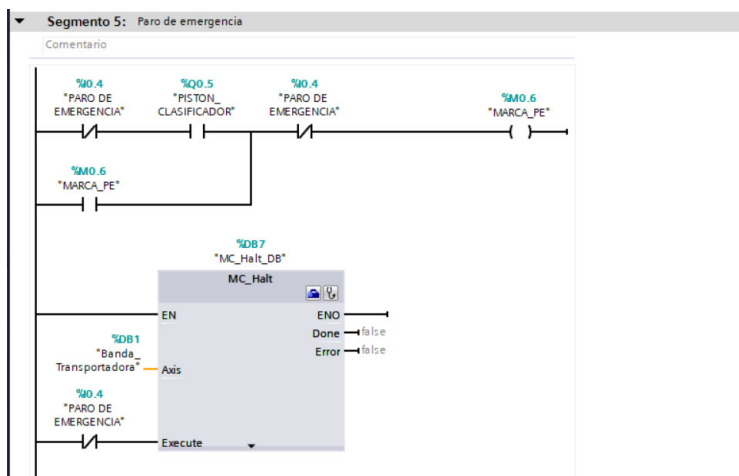
Habilitación de las funciones MC_Power y MC_MoveVelocity.



Para detener el eje de Banda-Transportadora en caso de una falla o emergencia, se activa la función “MC_Halt”, como se muestra en el segmento 5 (Figura 26). La señal de activación para el bloque de función se transmite a través de la entrada %I0.4, la cual está asociada al botón de paro de emergencia del sistema. Esta función es crucial para detener rápidamente el funcionamiento del eje en situaciones críticas, asegurando así la seguridad del sistema

Figura 26

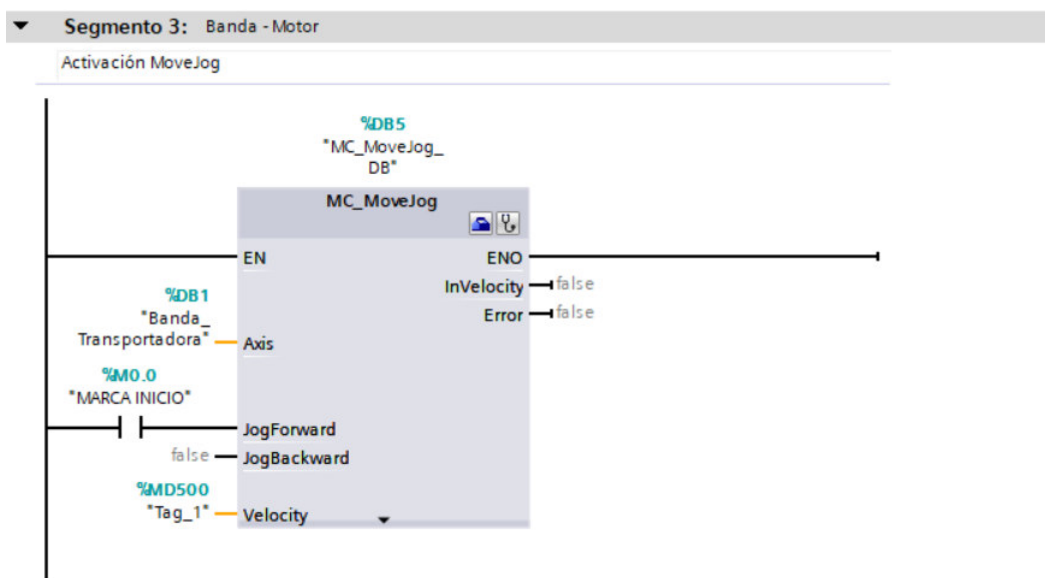
Segmento para el paro de emergencia de la Banda-Transportadora.



En el segmento 3 (Figura 27), se colocó las instrucciones del bloque “MC_MoveJog”. El objetivo del bloque se cumple cuando se alcanza la velocidad parametrizada en el apartado Velocity y el eje se mueve a una velocidad constante, dicha velocidad de muestra en el parámetro de salida InVelocity como TRUE.

Figura 27

Instrucción de movimiento MC_Move_Jog



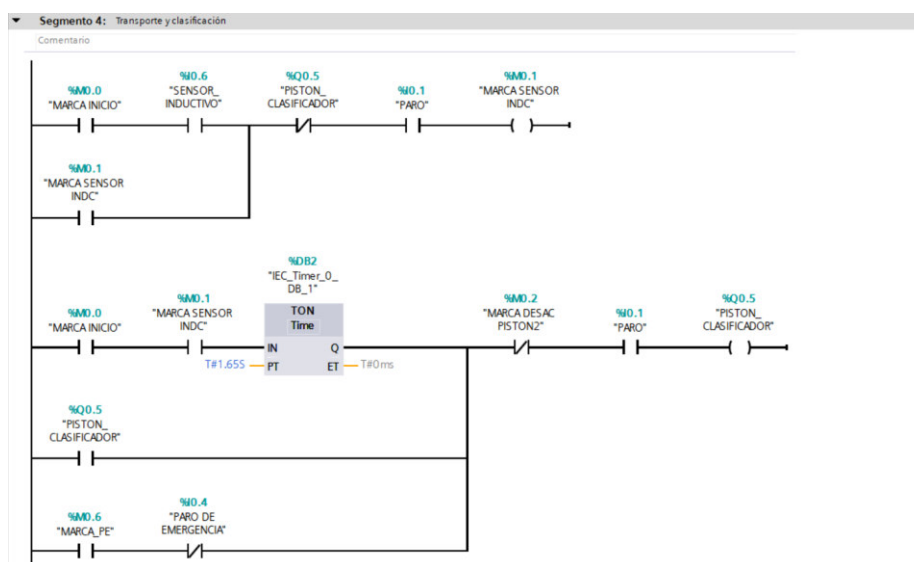
Programación de los bloques temporizadores

El bloque de datos (%DB2), ubicado en el segmento 4 consta con un temporizador TON con un retardo a la conexión de 1.65 segundos. El temporizador activa la salida %Q0.5 que está relacionada con el pistón clasificador ubicado en la banda-transportadora.

El pistón clasificador para el modo manual se lo ha programado para que rechace discos del material de metal y deje pasar a las etapas siguientes discos del material de MDF tal como se muestra en la Figura 28.

Figura 28

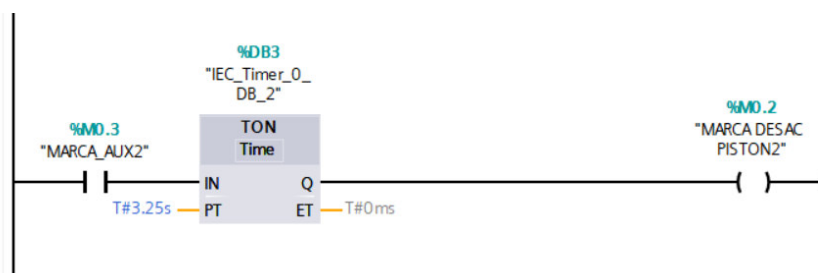
Temporizador TON para activación de pistón clasificador.



En la Figura 29, el temporizador TON con un retardo a la conexión de 3.25 segundos activa una marca (%M0.2), la cual regresa al pistón clasificador a su posición inicial, siempre y cuando se detecten discos del material de metal. Caso contrario, al detectar discos del material MDF dicha marca no se activará, para que el disco siga a la siguiente etapa.

Figura 29

Temporizador TON para desactivación de pistón clasificador.

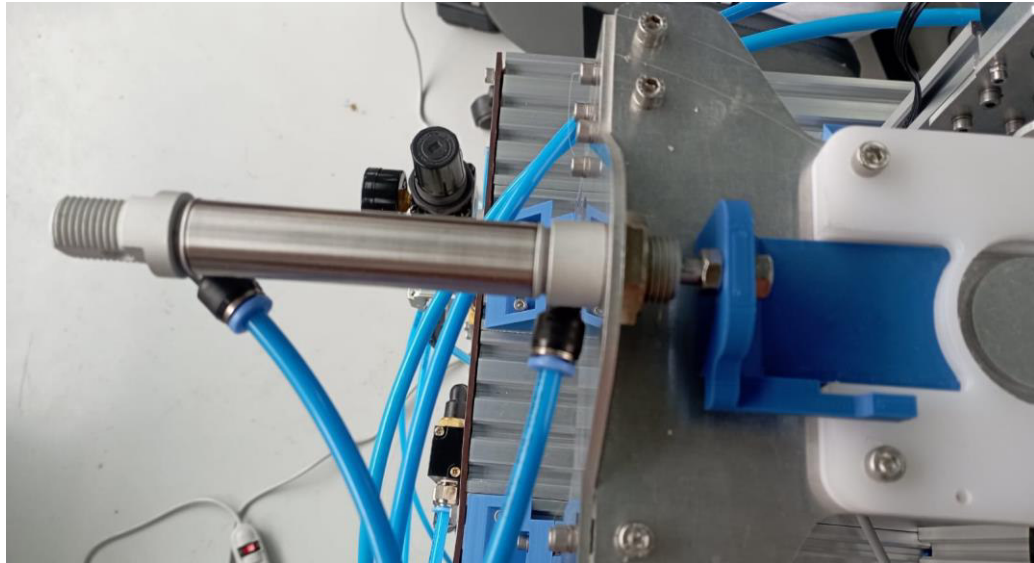


Cilindros neumáticos

Los pistones implementados en el proceso de tipo batch, para la parte de dispensado es el cilindro neumático XCPC el modelo MA6432 16X50-S, como se muestra en la Figura 30, este componente trabaja en simple efecto, la presión máxima que soporta es 1.0MPa, y la presión mínima es 0.05MPa, tiene un recorrido de 50mm, pero en el proceso solo recorre 45mm.

Figura 30

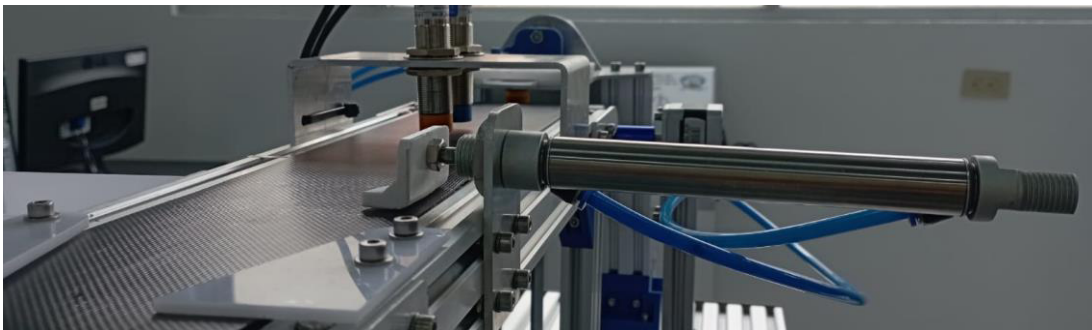
Pistón modelo MA6432 16X50-S



El cilindro neumático utilizado para la etapa de clasificar los discos es el modelo XCPC MA6432 16X100-S, como se muestra en la Figura 31, este dispositivo trabaja en simple efecto, el material es de acero inoxidable, soporta una presión mínima de 0.05 Mpa y una presión máxima de 1.0Mpa. Tiene un recorrido de 100mm y en el proceso recorre lo mencionado anteriormente para ubicar las tapas en almacén en la parte frontal del cilindro neumático.

Figura 31

Cilindro neumático MA6432 16X100-S



Tipos de conexión de sensores NPN

El PLC tiene la compatibilidad para sensores NPN y PNP, por lo tanto, en el proceso batch se tiene dos sensores, un capacitivo y un inductivo de tipo NPN NA, para sensar el tipo de material de cada disco y realizar la acción correspondiente dependiendo de ese parámetro.

El sensor capacitivo determina si el material es MDF, este sensor consta de tres cables, dos para alimentación (marrón positivo y azul negativo) y un cable para la señal (negro), en este sensor se puede configurar el alcance, lo mínimo es 1mm hasta 10mm, para el proceso se ha configurado en 3.5mm. El sensor inductivo detecta el material metálico, al igual que el sensor anterior consta de tres cables y tiene la misma configuración en cuanto a los colores, el dispositivo tiene un alcance de 8mm, y para el proceso se estableció en 5mm, para la detección correcta de los materiales, ambos sensores se muestran en la Figura 32.

Figura 32

Sensores NPN NA para identificación de material

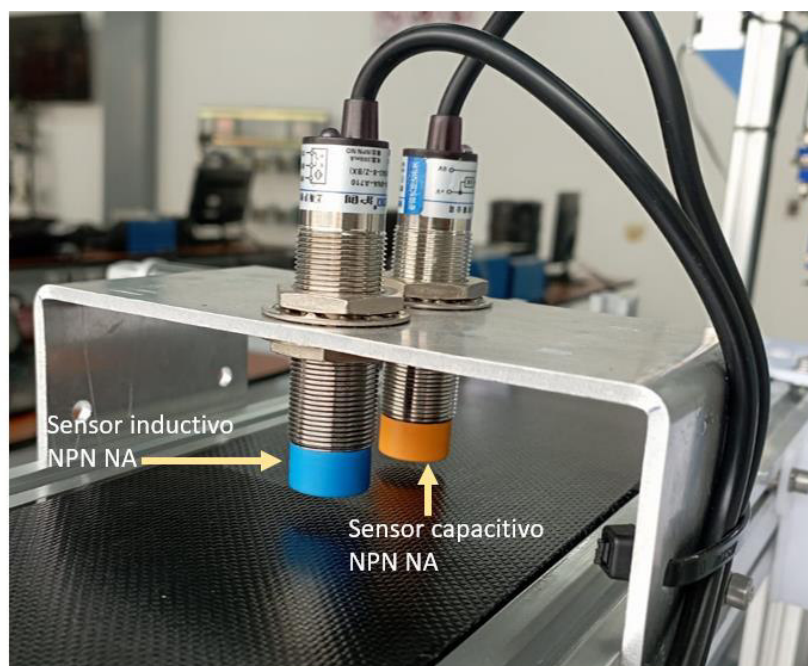
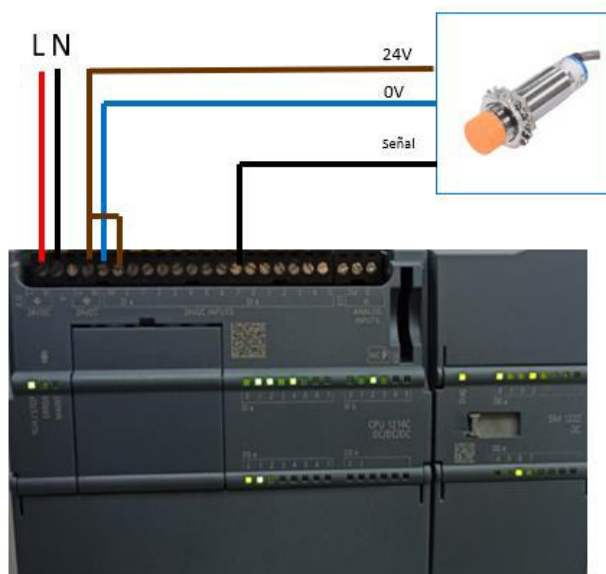


Figura 33

Conexión de sensores NPN al PLC



Nota. La figura 33, nos muestra la conexión que se debe realizar para los sensores NPN al PLC, donde se debe conmutar los pines L+ y 1M, para poder realizar la conexión de 24V con el cable café, y con el cable negro se obtiene la señal en la entrada del PLC.

Otro sensor utilizado en la etapa de dispensado es el sensor fotoeléctrico E18-D50NK el cual se ajusta de acuerdo con el proceso batch, se alimenta con 5V, se puede ajustar la distancia entre 3 y 50 cm. En el proceso, el dispositivo se encuentra a 3 mm de distancia de los discos. Este sensor nos ayuda a determinar si existe materia prima en el dispensador como se muestra en la Figura 34, en caso de que no exista el proceso no puede continuar hasta que se rellene de los discos.

Figura 34

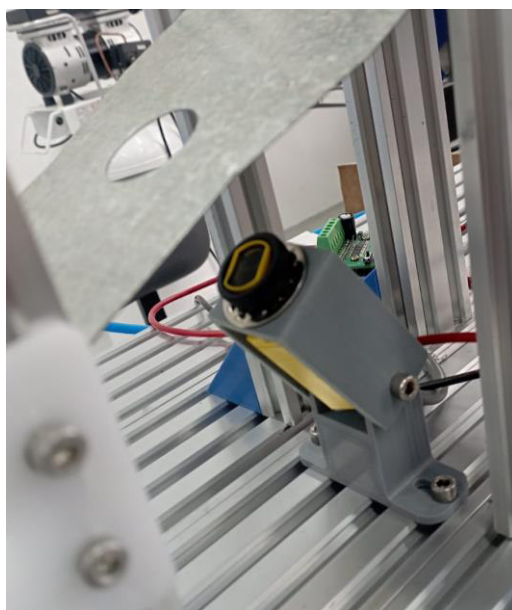
Sensor para detección de materia prima



Otro sensor dentro del proceso es SME312D un sensor que se puede conectar como NPN o PNP, dependiendo la necesidad, para el proceso se ocupó la configuración NPN ya que los demás sensores tienen esta configuración y así podemos realizar la misma para todos. Tiene un alcance de 380mm. La alimentación es de 10VDC a 30VDC, como se observa en la Figura 35.

Figura 35

Sensor fotoeléctrico de la rampa.

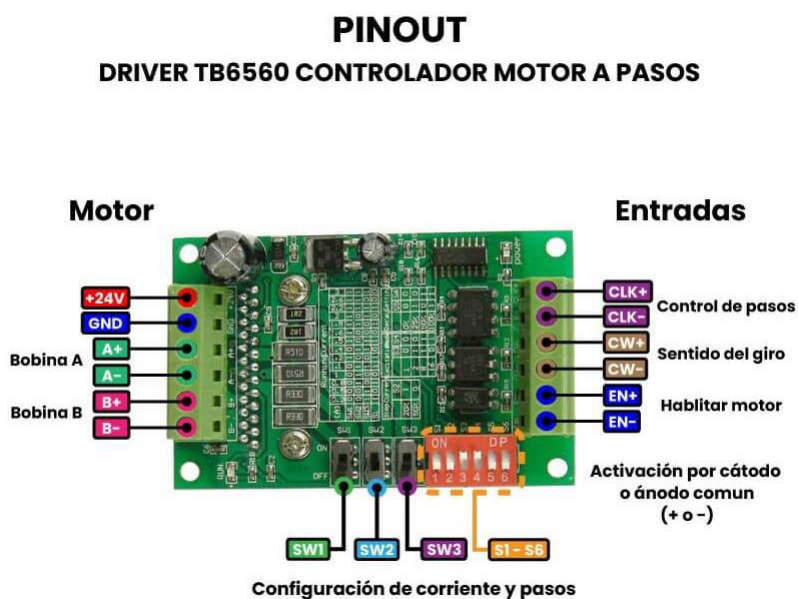


Configuración del driver TB6560

Para configurar el driver TB6560, se debe primero conocer los pines que el mismo tiene, para poder realizar las conexiones correctas al PLC, como se observa en la Figura 36.

Figura 36

Pines del driver TB6560

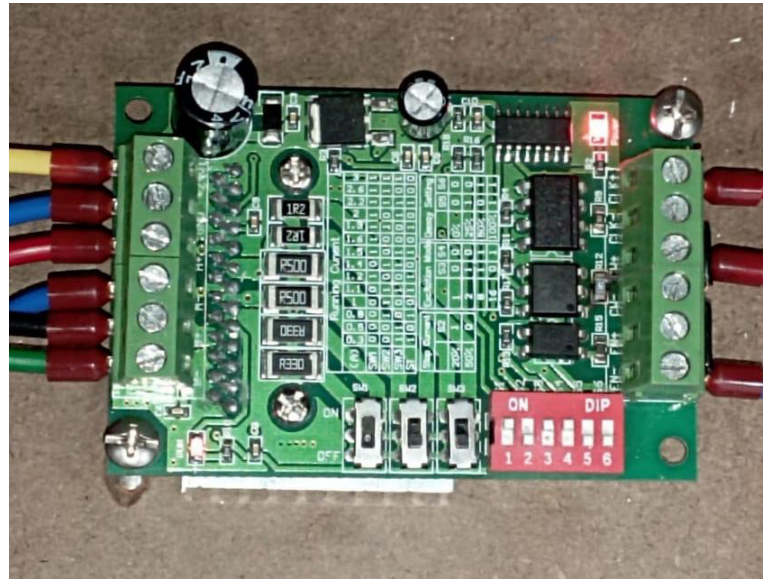


Nota. Tomado de : (Unit Electronics, s.f.)

Se debe seguir las indicaciones proporcionadas por el propio driver o identificar el manual del driver para realizar la configuración correspondiente, para el caso de la banda transportadora se configura la señal en 1.2A, la combinación para esto es, SW1 ON, SW2 OFF, SW3 OFF, S1 OFF, como se observa en la Figura 37.

Figura 37

Configuración driver TB6065



Capítulo IV

Pruebas y análisis de resultados.

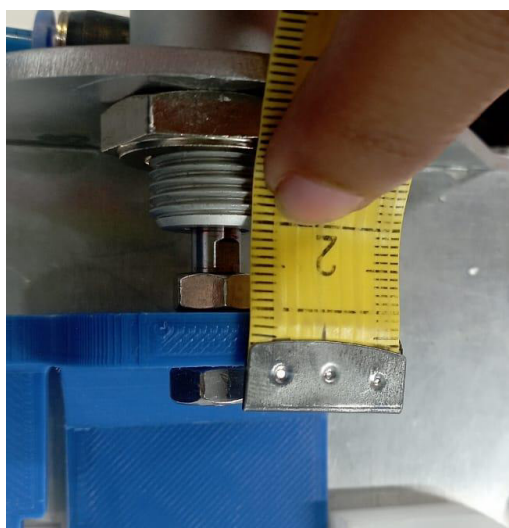
En este capítulo se presentan las pruebas y resultados llevados a cabo en los diversos componentes clave del proceso de dispensado y transporte de piezas. El objetivo principal es verificar el funcionamiento de los pistones, determinar el rango de detección de los sensores, evaluar el movimiento de la banda transportadora y establecer la velocidad máxima y mínima del motor para garantizar el correcto desarrollo del proceso.

Cilindros neumáticos

Como se mencionó anteriormente, durante la etapa de dispensando y clasificación de piezas, se utiliza un cilindro neumático para cada una respectivamente. Para la etapa de dispensado se tiene el cilindro neumático XCPC el modelo MA6432 16X50-S, al momento de no estar eyectado el cilindro tiene un valor de 2 cm, como se observa en la Figura 38.

Figura 38

Cilindro neumático en la posición inicial.



Al momento de activar la electroválvula correspondiente al cilindro, el mismo se eyecta, y nos otorga una distancia de recorrido, en este caso se realizó una marca en el cilindro para poder

determinar cuánto se ha recorrido, y comparar con el datasheet del cilindro. Como se observa en la Figura 39 se puede observar que el cilindro recorre una distancia de 4.5 cm.

Figura 39

Cilindro neumático en la posición de dispensado.



Teniendo en cuenta los datos obtenidos en el datasheet, y los datos medidos de la planta real se obtiene la Tabla 5.

Tabla 5

Datos del cilindro neumático de dispensado.

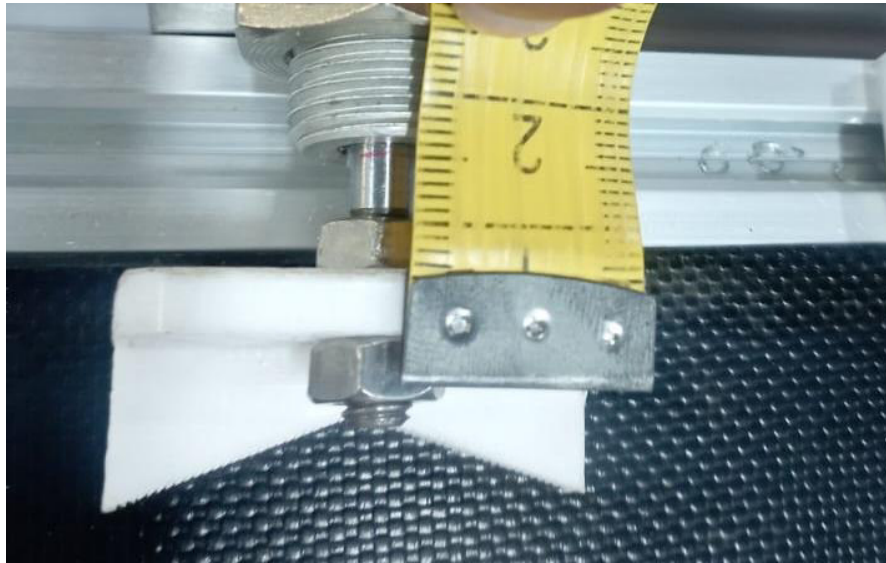
Dato del datasheet (distancia)	Dato medido (planta física)
5 cm	4.5 cm

Nota. En la tabla 5 se muestra que el valor que puede recorrer el cilindro neumático es de 5cm; en la planta realizada para el proceso batch el cilindro recorre 4.5 cm para poder realizar el dispensado de los discos de manera adecuada. Por ende, se determina que el funcionamiento es correcto ya que está dentro del rango que el datasheet proporciona.

En cuanto al cilindro neumático que se utiliza para la parte de clasificación es el MA6432 16X100-S, donde al momento de no estar eyectado tiene un valor de 1.7 cm, como se observa en la Figura 40.

Figura 40

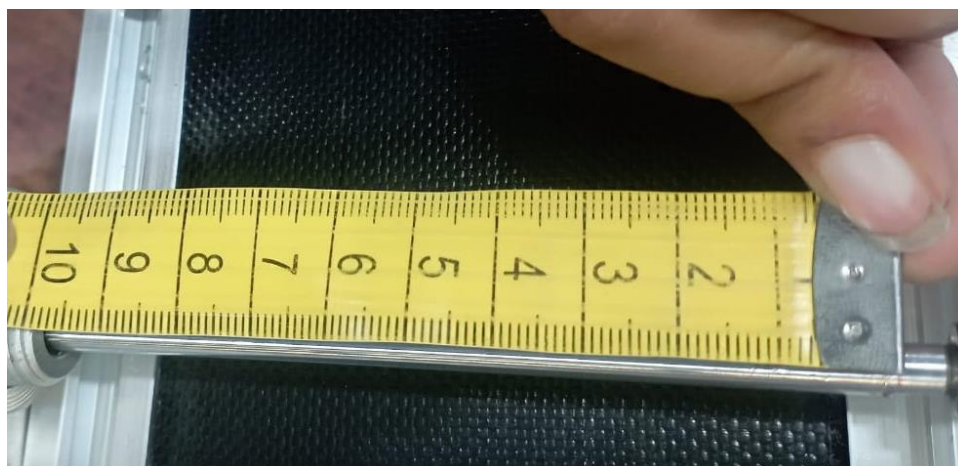
Cilindro neumático en la posición inicial.



Se activa la electroválvula correspondiente para este cilindro y se obtiene la distancia que ha recorrido al momento de estar eyectado como se observa en la Figura 41 y cumpla con la función de clasificar el material de los discos, esta medición se la realiza desde una marca que indica cual era la distancia inicial y posterior para ver cuanto a recorrido, en este caso el cilindro neumático recorre 10 cm.

Figura 41

Cilindro neumático en la posición de clasificación.



Teniendo en cuenta los datos obtenidos en el datasheet del cilindro MA6432 16X100-S, y los datos medidos de la planta real se obtiene la Tabla 6

Tabla 6

Datos del cilindro neumático de clasificado.

Dato del datasheet (distancia)	Dato medido (planta física)
10 cm	10 cm

Nota. En la tabla 6 se indica cual es la distancia que puede recorrer este cilindro neumático, y dadas las mediciones realizadas se puede observar que todo el pistón es el que se eyecta para realizar la función de clasificar los discos.

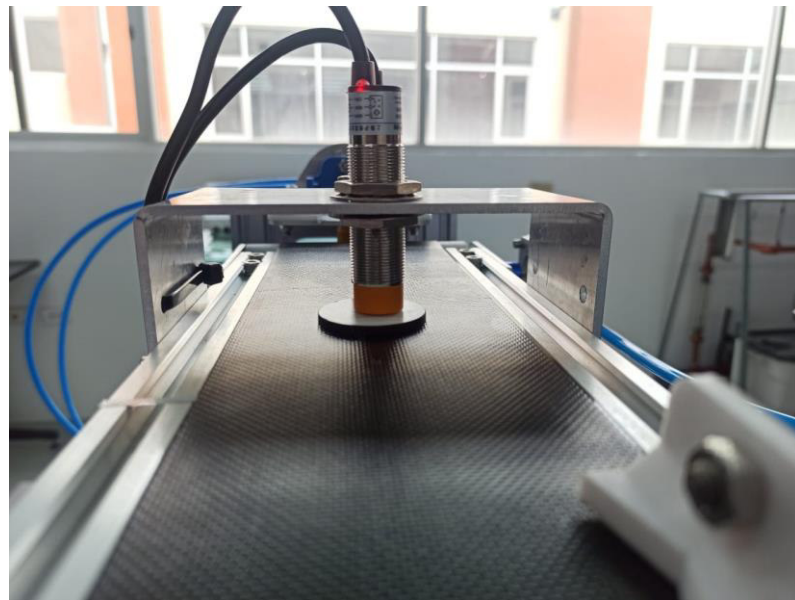
Rango de los sensores.

Como se detalló en el capítulo anterior, se tienen cuatro sensores para la etapa de dispensado, transporte y clasificación de piezas, donde el sensor capacitivo nos ayudará a identificar si el material es MDF, mientras que el sensor inductivo se encarga de detectar si es metal. Estos sensores se encuentran colocados en un puente sobre la banda transportadora, lo que facilita su ajuste en altura, por ende, se determinó que los mismos estén colocados a la siguiente altura.

El sensor capacitivo al tener un rango variable de 1 a 10 mm, se lo dejó establecido en un rango de 3.5 mm, para que la lectura sea la adecuada, se muestra al sensor capacitivo detectando el disco de MDF, el disco tiene una altura de 3mm, el sensor se encuentra casi al nivel del disco, pero sin embargo no tiene dificultad para el paso de estos, a esa altura el sensor detecta bien el material y se puede realizar la acción necesaria con los discos. cómo se observa en la Figura 42.

Figura 42

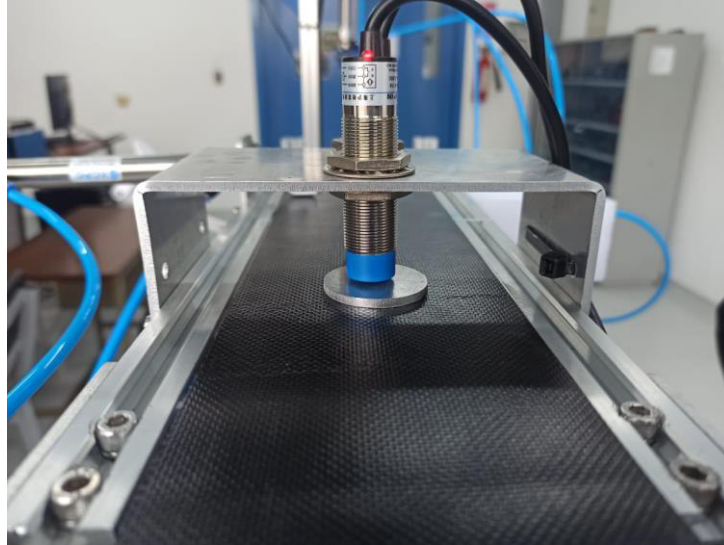
Sensor capacitivo activado detectando MDF



El sensor inductivo tiene una longitud de 8mm que no es variable, y el mismo se encuentra colocado a una distancia de 4.5mm para la lectura correcta de los datos. El sensor inductivo está detectando el disco de metal, cada disco tiene una altura de 3mm, y como se observa en la figura la distancia que existe entre el disco y el sensor es de 1 mm, de tal forma que permite el paso de la pieza, como se observa la Figura 43.

Figura 43

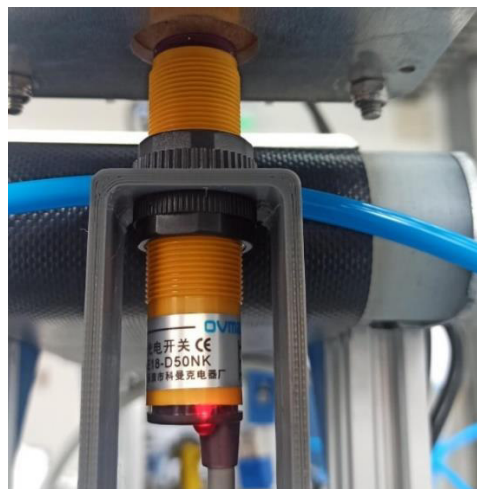
Sensor inductivo activado detectando discos de metal.



Para el sensor fotoeléctrico E18-D50NK, como se observa en la Figura 44 este tiene la posibilidad de ajustar la distancia de medición de 3 a 50cm, para la parte de almacenamiento de materia prima, este sensor está colocado a una distancia de 3mm de los discos, de tal manera que se encuentra dentro del rango de medición y así nos proporciona una lectura correcta para saber si existe o no materia prima y que el proceso pueda iniciar.

Figura 44

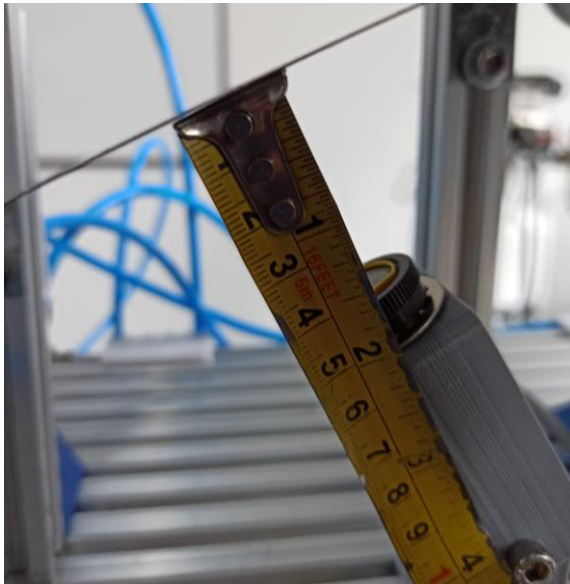
Sensor fotoeléctrico detectando la existencia de material en el dispensador.



El sensor SME312D, que se encuentra ubicado en la rampa tiene un rango de medición de 380mm, tiene una respuesta de salida de 0.5 milisegundos. En el proceso se encuentra a una distancia de 4.2 cm, lo cual está dentro del rango de medición.

Figura 45

Distancia del sensor SMW312D de la rampa.

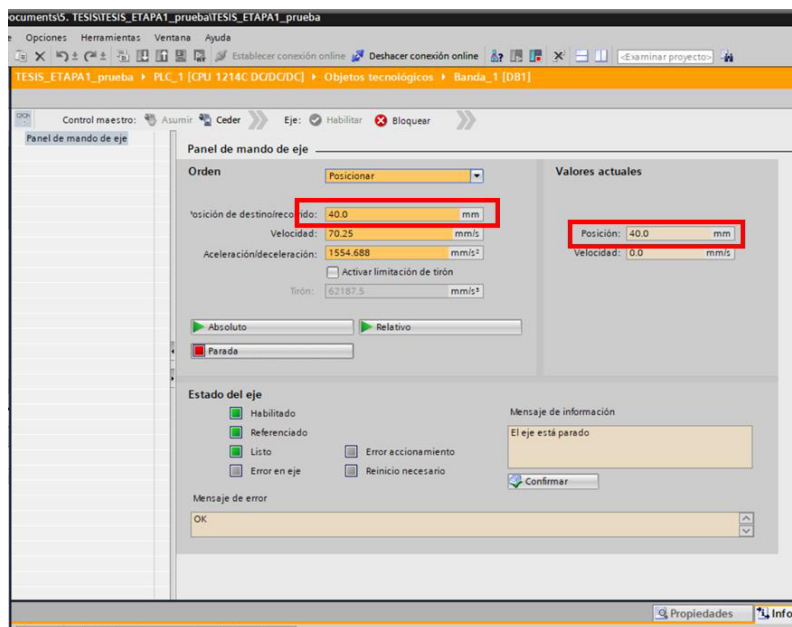


Respuesta ante comandos manuales al desplazamiento JOG.

Con el propósito de validar la integridad operativa del sistema, se procedió a llevar a cabo mediciones de la posición de la banda-transportadora real, para comparar con la posición reflejada por el modo de “Puesta en marcha” del objeto tecnológico, con una distancia de recorrido de 40 mm, tal como se muestra en la Figura 45.

Figura 46

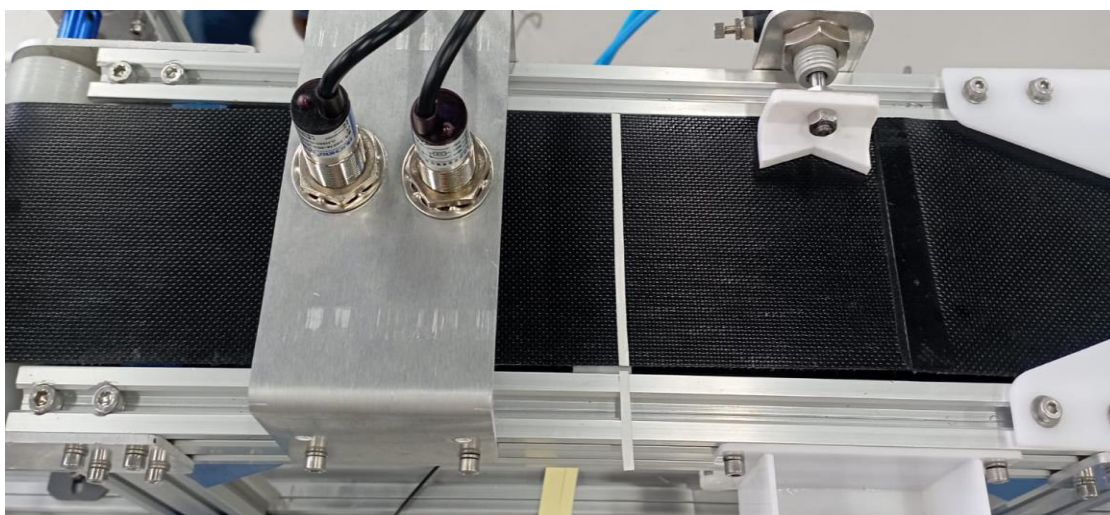
Distancia de 4 cm ingresada en el TIA Portal



Por lo tanto, primero se debe tener en cuenta que la marca ubicada en la banda transportadora se encuentre en la posición adecuada para poder realizar la medición correspondiente, como se observa en la Figura 47.

Figura 47

Posición inicial de la marca ubicada en la banda transportadora.



La medición de la posición en la banda-transportadora real, con indicadores y cinta métrica, como se muestra en la Figura 48, sirvió para comparar con la posición enviada del PLC. La posición de recorrido enviada de 40 mm se ve reflejada correctamente en el eje del motor físico.

Figura 48

Medición del recorrido de la banda transportadora.

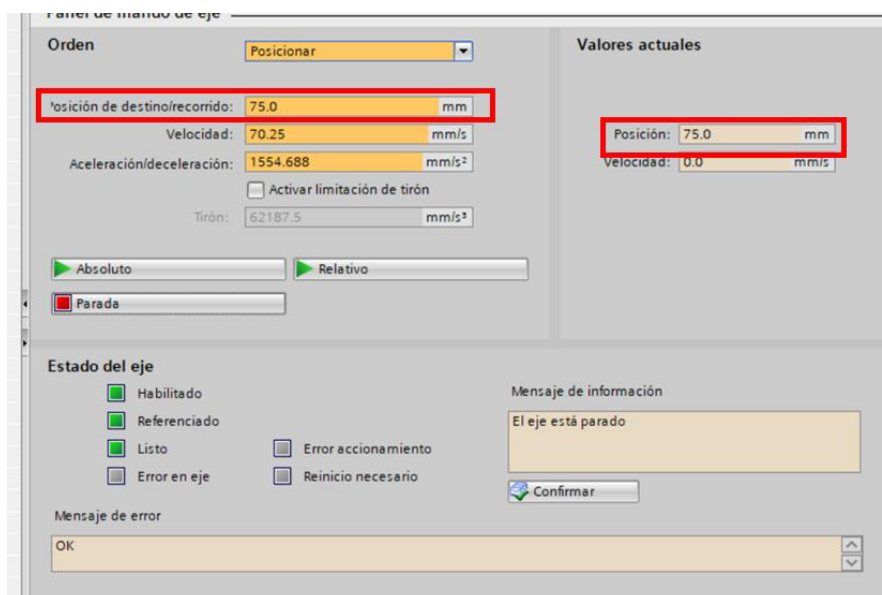


Nota. La figura 48 muestra la medición realizada en la planta real, donde se obtiene como resultado que la banda transportadora se ha desplazado 3.9 cm, y lo que se tenía previsto era 4 cm, claramente está dentro del rango.

Para corroborar la información de distancia en la banda-transportadora se envió una segunda posición en modo JOG, esta vez con una distancia de recorrido de 75 mm, como se indica en la Figura 49.

Figura 49

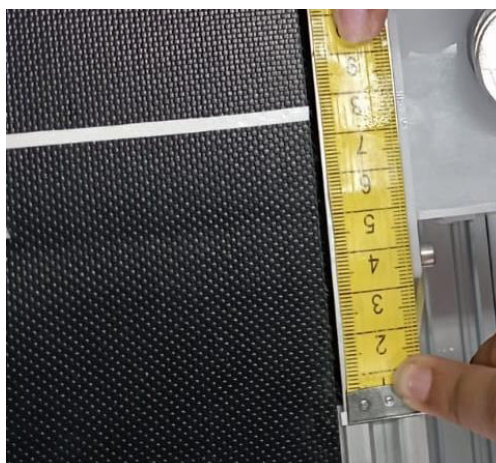
Segundo desplazamiento para prueba de la banda.



La Figura 49 es la respuesta al envío del objeto inteligente en modo JOG con la habilitación de puesta en marcha, donde se observa un segundo dato satisfactorio al reflejar el mismo dato enviado por el PLC dando una medida de 75 mm.

Figura 50

Segunda medición de recorrido en la banda transportadora



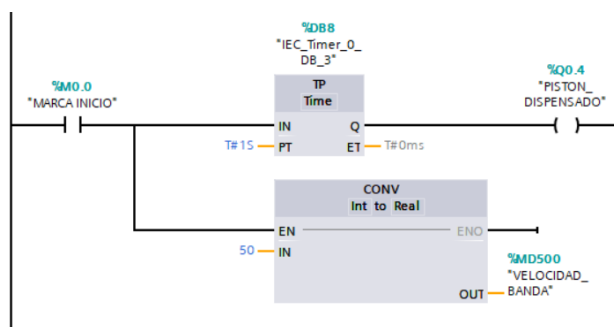
Por lo tanto, teniendo en cuenta estas dos pruebas, la variación de las mediciones no existe, por lo que se llega a determinar que el funcionamiento del motor es correcto, pues la variación que existe entre el software y la medición en la planta real es muy poca.

Respuesta del modo manual a velocidades relativas.

Para el funcionamiento óptimo del modo manual en las etapas de dispensado y transporte se manda una velocidad de desplazamiento de 50 mm/s en la banda-transportadora, como se observa en la Figura 50. Siempre y cuando el tiempo de activación en los temporizadores colocados en el programa del bloque principal sean los mismos, la velocidad para trabajar de 50mm/s, será la más eficiente y precisa al momento de rechazar discos del material.

Figura 51

Envió de velocidad óptima de trabajo de 50mm/s.



Sabiendo la velocidad de trabajo óptima, se testeó velocidades, obteniendo la velocidad máxima y mínima para la banda-transportadora sin comprometer la efectividad del proceso. Como se muestra en la Figura 51, la velocidad máxima de trabajo es de 59 mm/s y la velocidad mínima aceptable para trabajar sin causar errores en el rechazo de discos de material de metal es de 47 mm/s.

Figura 52

a) Velocidad máxima aceptable b) Velocidad mínima aceptable.



Comprobación de la hipótesis

Una vez concluida la implementación de las etapas de dispensado y transporte del proceso batch, la hipótesis fue comprobada mediante pruebas de funcionamiento durante tres días, con 10 discos, 5 de metal y 5 MDF, donde se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 7

Tiempo de llegada de discos de metal.

Material	Día 1	Día 2	Día 3
Disco 1 Metal	2.93 [s]	2.72 [s]	2.98 [s]
Disco 2 Metal	2.98 [s]	2.86 [s]	2.91 [s]
Disco 3 Metal	3.03 [s]	2.9 [s]	3.13 [s]
Disco 4 Metal	2.98 [s]	2.58 [s]	2.94 [s]
Disco 5 Metal	2.92 [s]	3.01 [s]	3.06 [s]
Promedio por día	2.968 [s]	2.814 [s]	3.004 [s]
Promedio general		2.928 [s]	

Nota. En la Tabla 7 se muestra los tiempos tomados de las pruebas realizadas durante tres días, donde se puede observar que el promedio del día uno es de 2.968 [s], del segundo día es 2.814 [s] y finalmente el tercer día es 3.004 [s]. Donde se puede observar que el rango diferencia entre de los tiempos de llevada son de 0.19 [s]. El promedio general de los tres días es de 2.928 [s], y comparando con todos los datos obtenidos en las pruebas podemos observar que no existe una

diferencia relevante, y que el tiempo es acorde a lo programado, ya que apenas el sensor inductivo detecta la pieza metálica, empieza el contador para activar el pistón de clasificación que es de 1.65 s, entonces el resto del tiempo se emplea en activar el pistón, y que la banda transporte la pieza.

Tabla 8

Tiempo de llegada del disco de MDF

Material	Día 1	Día 2	Día 3
Disco 1 MDF	4.90 [s]	4.73 [s]	5 [s]
Disco 2 MDF	5.03 [s]	4.96 [s]	4.79 [s]
Disco 3 MDF	5.06 [s]	5.04 [s]	4.87 [s]
Disco 4 MDF	4.77 [s]	4.99 [s]	5.04 [s]
Disco 5 MDF	5.08 [s]	5.10 [s]	4.87 [s]
Promedio por día	4.968 [s]	4.964 [s]	4.914 [s]
Promedio general	4.948 [s]		

Nota. En la tabla 8 se indica los tiempos de llegada de los discos de MDF durante las pruebas realizadas, el primer día se obtiene un promedio de 4.968 [s], el segundo día de 4.964 [s] y finalmente el tercer día 4.914 [s]. Es estos promedios existe un rango de 0.054 [s] de diferencia. El promedio general de los tres días es de 4.948 [s], se observa que en este material existe menos variaciones al momento de la llegada, pues todos los valores rondan el promedio general.

Los parámetros obtenidos después de realizar las pruebas de funcionamiento en modo manual de la etapa de dispensado y transporte, nos indican el correcto funcionamiento del proceso. Puesto que, el tiempo de funcionamiento durante las pruebas esta dentro de los parámetros esperados. Esto nos indica que ambas etapas tienen una buena coordinación, gracias a los elementos primarios que son los sensores, puesto que, estos proporcionan las

pautas para que se activen o desactiven los actuadores en el momento indicado. Además, se observa que el proceso cumple con la tarea asignada que es la clasificación de piezas, esto ayuda a respaldar la capacidad del proceso para realizar las tareas que le corresponden.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- El diseño e implementación de una estructura para las etapas de dispensado y transporte es un proceso importante, ya que al ser para el ámbito educativo la estructura debe garantizar la eficiencia en las operaciones a realizar, por lo tanto, se diseñó e implementó una estructura a escala de un proceso industrial, lo que permite tener una visión del funcionamiento de un proceso batch.
- Los sensores son componentes cruciales en las etapas de dispensado y transporte, pues al tener dos materiales distintos se debe seleccionar de manera adecuada los sensores a utilizar, de tal manera que para estas etapas se seleccionó e instaló sensores fotoeléctricos los cuales permiten determinar la presencia o ausencia de los discos, un sensor capacitivo que detecta el material MDF y un sensor inductivo que determina el material de metal.
- El sistema neumático implementado para las etapas de dispensado y transporte consta de cilindros neumáticos y electroválvulas, para la implementación se realizó las conexiones pertinentes y pruebas de funcionamiento de los componentes, posterior a eso, se realizó las conexiones al PLC ya que a través de la programación se controla la eyección de los dos cilindros neumáticos.
- El sistema de control de movimiento implementado permite realizar la tarea de movimiento de la banda transportadora con mayor facilidad, ya que dentro del software TIA Portal con la herramienta "Motion Control", existen todas las herramientas para realizar dicho control, en caso de no tener esta importante herramienta, el sistema se implementaría mediante los controladores PID.
- Las pruebas de funcionamiento en modo manual para las etapas de dispensado y transporte verifica la operatividad de la planta, con esto se garantiza que los componentes funcionen de

forma correcta e incluso hay la posibilidad de detectar los posibles fallos para que se realicen las acciones pertinentes antes de que los daños puedan causar un paro completo de la planta.

Recomendaciones

- Es necesario conocer los voltajes de alimentación de cada elemento, ya que al tener una fuente de 24VDC, y componentes que trabajan máximo con 12VDC se recomienda utilizar reguladores de voltaje para garantizar la vida útil de los componentes.
- Para la banda transportadora es importante lubricar los rodillos para que al momento de iniciar el proceso, no exista un problema con la banda e incluso el motor no se vea afectado en el trabajo que el mismo realiza.

Bibliografía

- Asensio, P. P., & Arbós, R. (2005). *Automatización de procesos mediante la guía GEMMA*. Barcelona: Edicions UPC.
- Automy. (31 de Julio de 2023). *Automatización de procesos y sus beneficios*. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/automatizaci%C3%B3n-de-procesos-y-sus-beneficios-automy>
- AUTYCOM. (7 de Junio de 2019). *Ventajas que desconocías de las Pantallas HMI*. Obtenido de <https://www.autycom.com/ventajas-pantallas-hmi/>
- Electronilab. (s.f.). *Driver Microstepper Motor Paso a paso*. Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/driver-microstepper-motor-paso-paso-tb6560-3a-10-35vdc/>
- FSElectronics. (s.f.). *Motor Paso a Paso Nema 17 Ks42sth341504a 1.5a*. Obtenido de <https://fselectronics.cl/products/motor-paso-a-paso-nema-17-17hs4401>
- Garzon, E. Y. (2014). *Plataforma de aprendizaje para control batch*. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Gürocak, H. (2016). Industrial Motion Control. En H. Gürocak, *Industrial Motion Control* (pág. 299). Vancouver: Washington State University.
- Harmonic Drive SE. (s.f.). *Motor paso a paso*. Obtenido de <https://harmonicdrive.de/es/glosario/motor-paso-a-paso>
- Hetpro. (s.f.). *TB6560 Controlador Motor a Pasos*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/tb6560-controlador-motor-pasos/>
- Malo, L. (2011). *Control de un Motor Paso a Paso*. Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza.
- SIEMENS. (2014). *S7 Controlador programable S7-1200*. Siemens. Obtenido de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att_42774/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf

- SIEMENS. (22 de Diciembre de 2019). *Liberación para el suministro del SIMATIC STEP 7 Professional / Basic V16*. Obtenido de <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109771628/liberaci%C3%B3n-para-el-suministro-del-simatic-step-7-professional-basic-v16?dti=0&lc=es-EC>
- Unit Electronics. (s.f.). *Driver TB6560 Controlador Motor a Pasos*. Obtenido de <https://uelectronics.com/producto/driver-tb6560-controlador-motor-a-pasos/>
- Vallejo, H. (2005). Los controladores lógicos programables. *Saber Electrónica*, págs. 1-9. Obtenido de <https://www.todopic.com.ar/utiles/plc.pdf>

ANEXOS