DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ HMI PARA LA ESTACIÓN MECATRÓNICA DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

CÓDIGO DE PROYECTO: PG-19-1-15

MARIO ANDRÉS GONZALEZ TOLOSA

CÓDIGO: 1511249

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1014289770

JHONI JUNIOR PÁJARO NÚÑEZ

CÓDIGO:1511471

IDENTIFICACIÓN: C.C 1064118580

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

BOGOTÁ, D.C.

2023

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ HMI PARA LA ESTACIÓN MECATRÓNICA DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL

MARIO ANDRÉS GONZALEZ TOLOSA

CÓDIGO: 1511249

IDENTIFICACIÓN: C.C. C.C 1064118580

JUNIOR PÁJARO NÚÑEZ

CÓDIGO: 1511471

IDENTIFICACIÓN: C.C 1064118580

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO DE LA UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

DIRECTOR:

ING. BALDOMERO MENDEZ PALLARES

CODIRECTOR:

ING. LUIS CARLOS MENESES

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

BOGOTÁ, D.C.

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Una vez realizada la revisión metodológica y técnica del documento final de proyecto de grado, doy constancia de que el (los) estudiante (s) ha cumplido a cabalidad con los objetivos propuestos, cumple a cabalidad con los Lineamientos de Opción de Grado vigentes del programa de Ingeniería Mecatrónica y con las leyes de derechos de autor de la República de Colombia, por tanto, se encuentra(n) preparado(s) para la defensa del mismo ante un jurado evaluador que considere idóneo el Comité de Investigaciones del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia.

ING.BALDOMERO MENDEZ PALLARES

Director del proyecto

ING. LUIS CARLOS MENESES

Codirector del proyecto

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto de grado principalmente a nuestras familias, amigos y educadores quienes fueron apoyo fundamental en el transcurso de nuestra carrera profesional, nos incentivaron constantemente a crecer tanto personal como profesionalmente y nos inculcaron a no darnos nunca por vencidos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente a nuestras familias los cuales siempre nos reiteraron su apoyo, sin el cual nuca hubiéramos podido lograr culminar esta etapa tan importante de nuestras vidas.

Al equipo de laboratorio de la universidad piloto de Colombia por brindarnos siempre la mejor disposición al momento del desarrollo de las practicas realizadas en los laboratorios de automatización para el desarrollo de este proyecto de grado.

A nuestro director de proyecto de grado el ingeniero Baldomero por su colaboración y guía no solo durante el trabajo de grado, sino también a las distintas asignaturas de la carrera profesional.

TABLA DE CONTENIDO

NOTA DE ACEPTACIÓN 3

DEDICATORIA 4

AGRADECIMIENTOS 5

LISTA DE TABLAS 8

LISTA DE FIGURAS 9

LISTA DE ANEXOS 11

INTRODUCCIÓN 12

RESUMEN 13

ABSTRACT 14

1. GENERALIDADES 15

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15
1.1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 15
1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 16
1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 17
1.1.4. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA 17

1.2. JUSTIFICACIÓN 18

1.3. OBJETIVOS 19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL 19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 19
1.3.3. ALCANCES Y LIMITACIONES 19

1.4. MARCO REFERENCIAL 20
1.4.1. MARCO TEÓRICO 20
1.4.2. ESTADO DEL ARTE 31

1.5. MARCO METODOLÓGICO 34

2. DIAGNOSTICO (MANTENIMIENTO PREVENTIVO) 36
2.1.1. PLANEACION DE MEJORAMIENTO 36
2.1.2. COMPONENTES DEL SISTEMA 41

3. DISEÑO DE PANTALLA HMI 47

3.1. PANTALLA HMI 47

3.2. CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO 48

3.3. DESCARGAR LA APLICACIÓN A LA HMI 53

4. CONFIGURACION Y CONTROL DE DATOS DE MOTORES 56
4.1. PLANOS ALMACEN. 56
4.2. CONFIGURACIÓN DE LOS MOTORES 57
4.3. FIJAR LAS POSICIONES EN LA TABLA. 59
4.4. CONFIGURACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LAS POSICIONES. 63
5. INSTRUCTIVO 72
6. RESULTADOS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO 73
7. CONCLUSIONES 77
8. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS 78
9. REFERENCIAS 79
ANEXO A. PORTADA INSTRUCTIVO 81
ANEXO B. DISEÑO BANDA ESTACIóN MECATRóNICA 82
ANEXO C. DISEÑO TABLERO ELECTRICO 83
ANEXO D. PLANO ALIMENTADOR PRODUCTO 84
ANEXO E. PLANO ALINETADOR BASES 85
ANEXO F. PLANO BALIZA 86
ANEXO g. Programacion TIA PORTAL 87
ANEXO H. CODIGO QR INSTRUCTIVO 88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1Cantidad de entradas y salidas del sistema.....42
Tabla 2 Variables de entrada.....43
Tabla 3 Variables de salidas.....44
Tabla 4.Posiciones Almacén.....64
Tabla 5 Tabla de posicionamiento por bit del eje y.....75
Tabla 6 Tabla de posicionamiento por bit eje X.....75

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Pantalla Siemens.....21
Ilustración2 PLC SIMATIC S7-1200.....23
Ilustración 3 Partes Servomotor.....24
Ilustración 4 Partes de un enconder. 26
Ilustración 5 TIA portal pantalla de inicio. 28
Ilustración 6 Partes actuadores mecánico 29
Ilustración 7Interfaz HMI empaquetado de platos de poliestireno expandido 33
Ilustración 8 Interfaz HM procesos de control en complejos de pirólisis especializados basados en sistemas SCADA I 34
Ilustración 9 Metodología.....34
Ilustración 10 Formato Plan de mantenimiento preventivo estación mecatrónica .36
Ilustración 11Motor banda estación mecatrónica.....37
Ilustración 12Ilustración Cotización Vistronica motorreductor.....38
Ilustración 13Verificación motorreductor.....38
Ilustración 14 Tensionado de Bandas estación mecatrónica 39
Ilustración 15 Sensor de reemplazo estación mecatrónica.....39
Ilustración 16 Esquemático de conexión Sensor infrarrojo 40
Ilustración 17 Anterior Modulo regulador de voltaje.....40
Ilustración 18 Esquemático conexión integrada LM7805.....41
Ilustración 19 Asignación Variables Tía portal: Fuente: Propia del autor. 45
Ilustración 20 Ejemplo Ladder programación.....46
Ilustración 21Pantalla HMI instalada en estación mecatrónica 48
Ilustración 22 Conexiones HMI . PLC ,PC 48
Ilustración 23 Creación de conexión entre los dispositivos.....49
Ilustración 24 Configuración formato de imagen pantalla HMI.....50
Ilustración 25 Configuración Alarmas Pantalla HMI 50
Ilustración 26 Agregado de nuevas imágenes a pantalla HMI 51
Ilustración 27 selección de imágenes preconfiguradas del sistema.....52
Ilustración 28 Configuración botones pantalla HMI. 52
Ilustración 29 Descargar el programa a la Panel HMI. 54
Ilustración 30 Configuración PLC - Pantalla HMI 55
Ilustración 31 Carga de programa.....55
Ilustración 32 Almacén estación Mecatrónica.....57
Ilustración 33 Ventana inicial Festo Configuration Tool 58
Ilustración 34 Indicador de que se estableció la conexión 58
Ilustración 35 Establecer puntos de referencias 59
Ilustración 36 Ingreso de parámetros.....60
Ilustración 37 Cargado de parámetros. 60
Ilustración 38 Posicionamiento punto cero 61
Ilustración 39 Validación de Homing. 61
Ilustración 40 Movimiento motor izquierda Jog 62
Ilustración 41 Verificación posiciones 62

Ilustración 42 Bucle de movimientos por posiciones.....63
Ilustración 43 Descripción Posiciones.....64
Ilustración 44 Programación Start Motor 1 Y 2 65
Ilustración 45 Temporizador Motores.....66
Ilustración 46 Posiciones eje Y. 66
Ilustración 47 Confirmación de almacenamiento de pieza.....67
Ilustración 48 Creación Botón HMI 67
Ilustración 49 Opciones características de diseño de botón 68
Ilustración 50 Condiciones botón 68
Ilustración 51 Asignar variables botón 69
Ilustración 52 Asignar variable botón 2 69
lustración 53 Procedimiento botón soltar 70
Ilustración 54 Activar bit controlador 70
Ilustración 55 Desactivar bit controlador 70
Ilustración 56 Resultado botones pantalla HMI.....71
Ilustración 57 Diseño Final interfaz HMI 73
Ilustración 58 Posicionamientos numero 2 74
Ilustración 59 Posicionamiento motor numero 1 74
Ilustración 60 Posiciones Estante 75
Ilustración 61 Bloques de programa estación mecatrónica TIA portal. 76
Ilustración 62 Interfaz HMI 76

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A PORTADA INSTRUCTIVO .....
ANEXO B DISEÑO BANDA ESTACIÓN MECATRÓNICA .....
ANEXO C DISEÑO TABLERO ELÉCTRICO.....
ANEXO D PLANO ALIMENTADOR PRODUCTO .....
ANEXO E PLANO ALIMENTADOR BASES.....
ANEXO F PLANO BALIZA.....
ANEXO G PROGRAMACIÓN .....
ANEXO H CODIGO QR INSTRUCTIVO.....

INTRODUCCIÓN

La automatización industrial se refiere al uso de sistemas computarizados y electromecánicos para controlar procesos sin la intervención continua de un operador humano. Uno de los sistemas más utilizados en este campo es el SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), el cual permite supervisar y controlar variables en tiempo real. Para lograr esto, se utilizan diversos periféricos, software de aplicación, unidades remotas y sistemas de comunicación, brindando al operador acceso completo al proceso a través de una pantalla.

En este contexto, la retroalimentación juega un papel fundamental en los sistemas SCADA, ya que implica compartir observaciones, preocupaciones y sugerencias con el objetivo de recopilar información para mejorar y modificar el funcionamiento de una organización. La retroalimentación permite comparar datos anteriores y actuales para determinar si el proceso se encuentra dentro de los parámetros normales o si se ve afectado por algún factor externo.

En la actualidad, existen numerosos softwares SCADA disponibles para aplicaciones industriales. Estos varían en capacidad, robustez y confiabilidad, dependiendo del proceso que se desea controlar. Algunos ejemplos populares son WinCC de Siemens, RS View de Allen Bradley, CX Supervisory de Omron e Intouch de Wonderware, este último ampliamente utilizado en entornos industriales debido a su confiabilidad, robustez e integración con múltiples marcas de autómatas programables (PLC) con diferentes protocolos de comunicación.

El uso de este tipo de software ha tenido un impacto significativo en la automatización industrial, ya que permite visualizar gráficamente los procesos productivos en pantalla y generar alarmas y advertencias en tiempo real, facilitando así el control y manejo seguro de los procesos.

En el contexto de la Universidad Piloto de Colombia, el Programa de Ingeniería Mecatrónica ha adquirido una estación mecatrónica que emula un proceso de automatización industrial. Esta estación cuenta con sistemas de transporte, verificación, alimentación y almacenamiento. Con el objetivo de mejorar la interacción entre los estudiantes y la máquina, se plantea la implementación de una pantalla HMI. Esto permitirá que los estudiantes se sumerjan en un entorno industrial durante sus prácticas y adquieran una experiencia más realista en su carrera.

RESUMEN

En este documento describe la implementación de una solución de alto rendimiento para la supervisión y control de un proceso de producción mediante el uso de una interfaz humano-máquina (HMI) en pantalla táctil industrial y un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Se utiliza el software TIA Portal de Siemens y la herramienta Configurations Tools de Festo para la configuración y programación del sistema, que permite la adquisición de datos y el control de los diferentes elementos del proceso. El sistema SCADA desarrollado proporciona al usuario la capacidad de interactuar directamente con la emulación del proceso de producción, ya sea en modo remoto a través del computador o de manera local con la pantalla táctil. Esta solución es una herramienta de aprendizaje valiosa para los procesos de automatización industrial. Por otro lado, este enfoque de diseño es innovador y destaca por su gran eficiencia en el monitoreo y control del proceso de producción, lo que aumenta la productividad y disminuye los tiempos de producción. Con esta tecnología, la producción industrial se beneficia de una gestión de procesos precisa, eficiente y altamente interactiva, lo que se traduce en un importante avance en el sector industrial.

Palabras Clave: SCADA, HMI, Estación Mecatrónica.

ABSTRACT

This document shows the design and implementation of a human machine interface (HMI) on a programmed industrial touch screen, and a SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) system on computer, using Siemens TIA Portal software and Festo Configurations Tools, with which supervision, control and data acquisition corresponding to sensors and motors are performed, applied to the emulation of a production process. The developed system allows the user to interact directly with the process emulation, operating elements of the process in remote mode on the computer, and in local mode with the touch screen. The user can use it as a learning tool to perform the automation and emulation of the process.

Keywords: SCADA, HMI, Mechatronics station.

1. GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Universidad Piloto de Colombia ha contado con una estación didáctica mecatrónica fabricada por la compañía Dolang durante varios años. Esta estación ha sido una herramienta útil para la emulación de procesos productivos; sin embargo, presenta una limitación significativa que dificulta el aprendizaje y aprovechamiento de los estudiantes. Actualmente, la manipulación de la estación se realiza de manera análoga, lo que implica un alto grado de dificultad en la interpretación de los procesos que se llevan a cabo.

En este contexto, surge la necesidad de implementar un sistema SCADA que permita visualizar, controlar, preparar y accionar los diferentes elementos de la estación mecatrónica de manera intuitiva y sencilla. La incorporación de un sistema SCADA en la estación mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia no solo sería una herramienta más efectiva para los estudiantes, sino que también optimizaría la emulación de procesos industriales al mejorar el tiempo de estudio y evaluación de los mismos.

La adopción de un sistema SCADA en la estación mecatrónica representa una visión innovadora para la educación y el futuro de la industria. Esto permitiría a los estudiantes comprender mejor todas las disciplinas asociadas a la ingeniería mecatrónica, abarcando desde la electricidad y la electrónica hasta la información y la comunicación y de esta manera poner en práctica todo lo aprendido en las asignaturas durante su carrera profesional. Con este enfoque, se busca enfrentar los desafíos del mundo industrial moderno y formar ingenieros altamente capacitados y líderes del futuro.

1.1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Considerando que la estación mecatrónica adquirida por la Universidad Piloto de Colombia cuenta en la actualidad con tecnologías obsoletas en la parte de control, se hace necesario incorporar un sistema SCADA moderno y eficiente que permita controlar los sistemas de posicionamiento, almacenamiento y otros aspectos técnicos de la estación a través de una interfaz de fácil uso.

La formación práctica en el campo de la automatización industrial es fundamental para complementar los conocimientos teóricos de los estudiantes y prepararlos

para su futura carrera profesional. La interacción directa con equipos y sistemas industriales brinda una experiencia invaluable. En este sentido, la implementación de un sistema SCADA en la estación mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia se presenta como una oportunidad para que los estudiantes adquieran habilidades prácticas relevantes.

Existen casos de éxito en la implementación de sistemas SCADA en entornos educativos. Diversas instituciones académicas y programas de ingeniería han incorporado con éxito sistemas SCADA en sus estaciones mecatrónicas o laboratorios de automatización. Estas experiencias respaldan la viabilidad y efectividad de la propuesta de implementar un sistema SCADA en la universidad.

Es importante resaltar que la demanda de profesionales con conocimientos en automatización industrial está en constante crecimiento. La industria actual busca ingenieros y técnicos con habilidades en este campo para afrontar los desafíos y aprovechar las oportunidades que ofrece. Al incorporar un sistema SCADA en la estación mecatrónica, la Universidad Piloto de Colombia estaría respondiendo a esta demanda y preparando a sus estudiantes para el ámbito laboral.

1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La estación mecatrónica actual carece de una interfaz digital que permita su manipulación de manera eficiente. El uso de tecnologías obsoletas limita la capacidad de control y monitoreo de los sistemas de la estación, lo que dificulta el aprendizaje y aprovechamiento de los estudiantes. Actualmente, la manipulación de la estación se realiza de forma analógica, lo que implica un alto grado de dificultad en la interpretación de los procesos que se llevan a cabo.

Para abordar este problema, se plantea la necesidad de modernizar la estación mecatrónica mediante la implementación de un sistema SCADA y una interfaz HMI. El objetivo principal de esta modernización es crear una interacción más amigable y eficiente entre el operador y la máquina, permitiendo un control y monitoreo precisos de los diferentes elementos de la estación.

La implementación de un sistema SCADA permitirá establecer una comunicación digital entre los instrumentos, actuadores y la estación mecatrónica. Esto facilitará la adquisición de datos en tiempo real y proporcionará al operador una visión completa y actualizada del estado de los procesos en la estación.

Por otro lado, la incorporación de una interfaz HMI de alto nivel brindará al operador la capacidad de interactuar de manera intuitiva y sencilla con la estación mecatrónica. Mediante el uso de pantallas táctiles, ratones, cursores, lápices ópticos y otros dispositivos, el operador podrá realizar acciones de control, configuración y supervisión de forma eficiente. Además, la interfaz gráfica proporcionará una representación visual clara de los procesos, facilitando la comprensión y análisis de la información.

1.1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La necesidad de diseñar una interfaz Humano-Máquina (HMI) surge de la intención de la Universidad Piloto de Colombia de sumergir a sus alumnos en un entorno industrial, con el propósito de que comprendan las demandas actuales de la industria. En este contexto, la automatización de los procesos no es suficiente, sino que también se requiere un sistema que priorice la comodidad y seguridad del operario. Por tanto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible que la implementación de una interfaz HMI permita la comprensión, aplicación y afianzamiento de conocimientos en automatización?

Esta pregunta del problema enfatiza la necesidad de desarrollar una interfaz HMI que brinde a los estudiantes una experiencia interactiva y práctica al interactuar con la estación mecatrónica. La interfaz debe ser intuitiva, de fácil comprensión y cumplir con los estándares de seguridad industrial. El objetivo es capacitar a los estudiantes en la configuración, monitoreo y control de procesos automatizados, y reforzar su comprensión teórica a través de su aplicación en un entorno industrial simulado.

La resolución de este problema implica el diseño e implementación de una interfaz HMI efectiva, que integre elementos gráficos, opciones de control y visualización de datos relevantes. Se busca crear una herramienta que facilite la interacción entre el operario y la estación mecatrónica, fomentando el aprendizaje práctico y la aplicación de los conceptos de automatización.

1.1.4. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA

La presente investigación se enmarca en la línea de investigación de "Automatización y Domótica" del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia. Esta línea se centra en el estudio y desarrollo de soluciones tecnológicas que permitan la automatización y optimización de procesos industriales.

En particular, el trabajo de tesis se enfoca en la implementación de un sistema SCADA y una interfaz HMI para la estación mecatrónica. Este proyecto busca mejorar la interacción entre el hombre y la máquina en un entorno industrial, priorizando la comodidad y seguridad del operario. Se pretende explorar los avances en tecnología de automatización, aplicando conceptos teóricos y prácticos para desarrollar una interfaz intuitiva y eficiente.

La línea de investigación de "Automatización y Domótica" se alinea con las necesidades actuales de la industria, que demanda sistemas de control más avanzados y soluciones que mejoren la eficiencia y productividad en los procesos. Este trabajo contribuirá al conocimiento y avance en el campo de la automatización, brindando a los estudiantes una experiencia práctica y fortaleciendo sus habilidades en este ámbito.

En resumen, la línea de investigación del programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia en la que se inserta este trabajo se centra en la automatización y Domótica, y el proyecto específico aborda la implementación de un sistema SCADA y una interfaz HMI para mejorar la interacción hombre-máquina en un ambiente industrial.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La implementación de los Sistemas de Control y Adquisición de Datos (SCADA) se ha convertido en una práctica común en las grandes industrias a nivel mundial, ya que permiten obtener información en tiempo real sobre el estado y funcionamiento de los equipos y sistemas en las plantas. Estos sistemas son esenciales para optimizar las respuestas del proceso y mejorar la eficiencia operativa.

En este contexto, resulta pertinente desarrollar un sistema SCADA-HMI para el control y manejo de la estación mecatrónica. La implementación de este sistema supone un aporte tecnológico significativo tanto para los estudiantes como para los miembros de la facultad. Proporcionará a los estudiantes una herramienta práctica y aplicable que les permitirá realizar prácticas y aplicaciones propias, lo cual es fundamental para complementar su formación académica.

La importancia de esta tesis radica en la necesidad de capacitar a las nuevas generaciones de ingenieros en diversos aspectos que vayan más allá de los conocimientos teóricos. La implementación de un sistema SCADA-HMI en la estación mecatrónica brindará a los estudiantes una experiencia práctica en el uso de estas tecnologías de control y adquisición de datos, mejorando su comprensión

de los procesos industriales y fortaleciendo sus habilidades para enfrentar los desafíos de la industria actual.

Además, al proporcionar una interfaz de fácil comprensión y acceso, el sistema SCADA-HMI fomentará la participación de los estudiantes en la exploración y experimentación con la estación mecatrónica, lo que contribuirá a su desarrollo profesional y preparación para el campo laboral.

En conclusión, la implementación de un sistema SCADA-HMI en la estación mecatrónica tiene un impacto significativo en la formación de los estudiantes y en el avance tecnológico de la facultad. Proporcionará una herramienta práctica y aplicable que mejorará su comprensión de los procesos industriales y fortalecerá sus habilidades para enfrentar los desafíos de la industria moderna.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e Implementar un sistema SCADA y una HMI para la estación Mecatrónica

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar e implementar una interfaz HMI para la Estación Mecatrónica que proporcione una interacción intuitiva y amigable entre el operario y el sistema, facilitando el monitoreo y control de los procesos automatizados.

- Parametrizar los controladores Festo de la estación mecatrónica, y de esta manera controlar las variables de los motores de los ejes “X” y “Y”.

- Elaborar un instructivo detallado que guíe a los estudiantes en la implementación de una matriz de cambio de estado (posición, velocidad, tiempo) en la estantería de la Estación Mecatrónica.

1.3.3. ALCANCES Y LIMITACIONES

a. Alcances

La estación mecatrónica contará con un sistema, el cual permitirá monitorear, supervisar las variables del sistema (velocidades, posiciones, estado de los sensores etc.) desde un ordenador, también la visualización de los estados de la estación (alarmas y eventos), además contará con una interfaz gráfica para

visualización de los principales eventos, variables y también los botones virtuales para la operación de la máquina (Pulsadores de encendido, apagado, rearme e interruptor de emergencia). Además, se entregarán manuales de operación y funcionamiento, pasos que se deben tener en cuenta para crear una interfaz HMI y manipular el sistema SCADA desde un ordenador.

b. Limitaciones

Debido a la tecnología con la que cuenta la pantalla especificada para el proyecto en el aspecto de graficas visuales no se podrá alcanzar con el objetivo de tener una gráfica y planos detallados exportados desde el software inventor, si no que estas tendrán que ser creadas con la biblioteca de herramientas de diseño integradas desde el mismo software de la pantalla el cual es muy limitado en aspectos visuales contrastado con el tipo de diseño que nos podría proporcionar inventor.

1.4. MARCO REFERENCIAL

1.4.1. MARCO TEÓRICO

1.4.1.1. Pantalla HMI

La pantalla HMI (Human-Machine Interface) es un componente fundamental en los sistemas SCADA utilizados en la automatización industrial. Es a través de esta interfaz que el operario puede interactuar de manera intuitiva con el sistema, visualizando y controlando los procesos y variables asociadas.

La función principal de la pantalla HMI es proporcionar una representación gráfica del proceso industrial en tiempo real. Esto se logra mediante la visualización de datos relevantes, tales como valores de variables, gráficos de tendencias, alarmas y estados de dispositivos. La información se presenta de manera clara y comprensible, permitiendo al operario tomar decisiones informadas y realizar ajustes necesarios.

Además de la visualización, la pantalla HMI también permite la interacción con el sistema. Mediante el uso de botones virtuales, deslizadores, cuadros de entrada y otros elementos de control, el operario puede ejecutar comandos y realizar acciones, como iniciar o detener procesos, ajustar parámetros o responder a alarmas.

La pantalla HMI se diseña considerando principios de usabilidad y ergonomía. Se busca que la interfaz sea fácil de entender y utilizar, minimizando la carga cognitiva del operario. Esto implica una disposición lógica de los elementos, un lenguaje visual claro, indicadores visuales de estado y retroalimentación en tiempo real.

En cuanto a la tecnología utilizada, las pantallas HMI pueden variar desde interfaces táctiles en color hasta pantallas monocromáticas con botones físicos. La elección de la tecnología depende de las necesidades del sistema y los requisitos específicos de la aplicación.

Para este proyecto será utilizada la pantalla SIEMENS referencia KTP700 suministrada por la universidad piloto de Colombia con el objetivo de crear la interfaz Humano-máquina que facilitará el aprendizaje de los estudiantes en ambientes industriales, además de contribuir en reforzar conocimientos que combinen la programación de PLC con diseños didácticos que permitan al operario de dichas pantallas a una fácil interpretación del proceso.

La pantalla SIMATIC HMI, KTP700 Basic es una pantalla que cuenta con 8 botones configurables Manejo teclado/táctil, pantalla TFT de 7", 65536 colores, Interfaz PROFINET, configurable a partir de WinCC Basic V13/ STEP 7X , alimentación a 12 VDC , cuenta con una resolución de imagen horizontal de 800 pixel ,y una resolución De 480 pixeles. [1]

Ilustración 1 Pantalla Siemens.

Fuente: SIEMENS (2022).PantallaSiemens.[Figura].Recuperado de: *https://co.wiautomation.com/siemens/hmi-pc-industriales/simatic-hmi/6AV2123-*2DB03-0AX0?gclid=EAIaIQobChMIjvHrwtLm_QIVtMmUCR3xhQQsEAQYAyABEgLYj_D_BwE

El SIMATIC S7-1200 se utiliza para controlar y supervisar procesos en diversos sectores industriales, como manufactura, producción de energía, industria química y muchas otras. Es un componente clave en los sistemas SCADA, ya que se encarga de recibir, procesar y transmitir datos a través de distintos dispositivos y sensores interconectados.

Una de las características destacadas del SIMATIC S7-1200 es su flexibilidad y modularidad. Está compuesto por una unidad central de procesamiento (CPU) que se puede complementar con módulos de entrada y salida (E/S) digitales o analógicos según los requisitos del proceso. Esto permite adaptar el PLC a las necesidades específicas de cada aplicación, ampliando o reduciendo el número de E/S según sea necesario. [1]

El SIMATIC S7-1200 se programa utilizando el software TIA Portal (Totally Integrated Automation), que ofrece un entorno de desarrollo integrado y amigable para la programación, configuración y diagnóstico del PLC. Mediante lenguajes de programación como Ladder, Function Block Diagram (FBD) y Structured Control Language (SCL), los ingenieros pueden desarrollar la lógica de control y la secuencia de operación requerida. [1]

Además de su capacidad de control y comunicación, el SIMATIC S7-1200 también ofrece funciones de seguridad integradas, como la detección de errores y la protección contra accesos no autorizados. Estas características contribuyen a garantizar la confiabilidad y la seguridad de los procesos automatizados.

Por otro lado, la estación mecatrónica cuenta con un (PLC **SIMATIC S7-1200)**, la idea es trabajar con este ya que son la opción ideal cuando se trata de realizar tareas de automatización de manera flexible y eficiente en el rango de rendimiento medio a bajo. Cuentan con una amplia gama de funciones tecnológicas e IO integradas, así como un diseño especialmente compacto y que ahorra espacio. Como una interfaz para la máquina o planta, una amplia variedad de módulos de señal para entrada y salida, así como módulos de tecnología para funciones tecnológicas especiales, como conteo, y módulos de comunicaciones están disponibles tanto centralmente como de forma descentralizada. El SIMATIC S7-1200 está aprobado para la clase de protección IP20 y está diseñado para su instalación en un gabinete de control. [1]

Como se describió anteriormente, la interfaz PROFINET integrada garantiza que los componentes de automatización adicionales y el marco de ingeniería de TIA

Portal funcionen perfectamente juntos. El concepto de placa modular facilita la expansión del controlador sin cambiar el tamaño físico. En la ilustración 2 se puede observar el modelo físico del PLC.

Ilustración 2 PLC SIMATIC S7-1200.

Fuente:SIEMENS (2023).PantallaSiemens.[Figura].Recuperado de: https://new.siemens.com/in/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.htmlSERVO MOTOR

1.4.1.2. Servo Motor

El servomotor es un tipo de motor que se caracteriza por su capacidad de controlar la velocidad y la posición dentro de un rango de operación específico para llevar a cabo una tarea determinada. Este control se logra mediante un dispositivo llamado encoder, que proporciona una señal electrónicamente codificada para indicar las acciones de velocidad y movimiento que debe realizar el servomotor.

El servomotor se instala en equipos o máquinas con el fin de permitir un control preciso de la posición, dirección y velocidad de una carga o herramienta. La palabra "servo" deriva de "siervo", lo que implica que el servomotor puede cumplir cualquier función que se le programe desde un control maestro, manteniendo siempre el control de la posición en la que se encuentra.

Además del encoder, el sistema de un servomotor incluye una fuente de energía y un controlador de movimiento programable o posicionador, los cuales trabajan en conjunto para realizar tareas y trabajos de manera precisa según lo requerido en la aplicación.

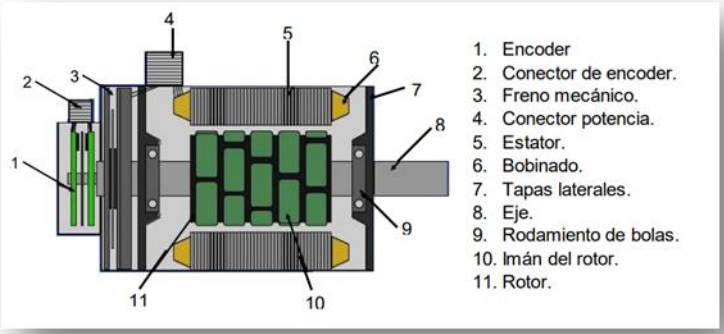
Inicialmente, los servomotores utilizaban corriente continua (DC) para su funcionamiento, donde los electrones generadores de corriente se movían en una sola dirección, del polo negativo al polo positivo. Estos servomotores requerían una mínima cantidad de energía, que podía ser suministrada por pilas o baterías, lo que implicaba voltajes bajos. En la actualidad, los servomotores más comunes utilizan corriente alterna (AC), donde los electrones cambian de dirección constantemente, convirtiendo la energía eléctrica en energía mecánica. Estos servomotores pueden manejar voltajes más altos, lo que los hace adecuados para aplicaciones con mayores demandas de potencia.

En cuanto a su funcionamiento, existen máquinas actuales que emplean servomotores eléctricos exclusivamente, mientras que otras utilizan sistemas híbridos que combinan un servomotor eléctrico con uno hidráulico. Este último sistema consume aproximadamente un 70% menos de fluidos hidráulicos en comparación con los sistemas hidráulicos tradicionales. En el caso del servomotor eléctrico, su funcionamiento se basa en la corriente eléctrica, mientras que el servomotor hidráulico utiliza aceite como fuente de energía para mover pistones estratégicamente ubicados. [2]

Aunque la inversión inicial para adquirir servomotores puede ser costosa, estos equipos suelen ofrecer retribuciones económicas notables debido a su eficiencia. Los servomotores tienen una amplia variedad de aplicaciones en la industria, como en empaquetado, robótica, automatización, entre otros. Esta tecnología ofrece alta precisión en los procesos, un torque máximo, bajos consumos de energía eléctrica, menor costo de mantenimiento y rentabilidad económica.

En la ilustración 3 se muestran las partes que un servomotor.

Ilustración 3 Partes Servomotor.



Fuente: MÓDULO DE SERVOMOTOR (2014).Partes servomotor [Figura].Recuperado de:

http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/jspui/bitstream/pascualbravo/182/1/Rep_IUPB_Ing_Ele_Servomotor2.pdf

1.4.1.3. Encoder

En la industria de la automatización, donde la precisión es fundamental, es crucial contar con un control preciso y milimétrico de los motores para garantizar resultados óptimos en los procesos de producción. Es por esta razón que la estación mecatrónica está equipada con encoders para el control de posición de sus motores paso a paso.

Un encoder es un dispositivo de detección que convierte el movimiento en una señal eléctrica que puede ser interpretada por un dispositivo de control en un sistema de control de movimiento, como un contador o un PLC. El encoder envía una señal de respuesta que se utiliza para determinar la posición, contar, velocidad o dirección. Esta información es utilizada por el dispositivo de control para enviar comandos específicos.

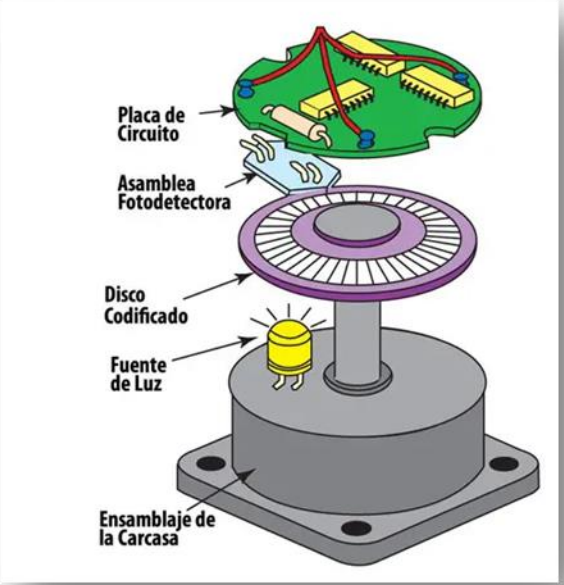
Por ejemplo, en una aplicación de corte a medida, un encoder con una rueda de medición proporciona al dispositivo de control información sobre la cantidad de material que se ha alimentado, permitiéndole saber cuándo realizar el corte. En un observatorio, los encoders proporcionan información de posicionamiento a los actuadores para controlar la posición de un espejo móvil. En líneas de montaje automatizadas, los encoders proporcionan retroalimentación de movimiento a los robots. En una línea de montaje de automóviles, los encoders aseguran que los brazos robóticos de soldadura tengan la información correcta para soldar en los lugares adecuados.

Existen diferentes tecnologías utilizadas en los encoders para generar una señal, entre ellas se encuentran las tecnologías mecánica, magnética, óptica y de resistencia. La detección óptica es la más común. En este tipo de detección, el encoder utiliza un haz de luz emitido por un LED que pasa a través de un disco de código con líneas opacas, similar a los radios de una rueda de bicicleta. A medida que el eje del encoder gira, el haz de luz del LED se interrumpe por las líneas opacas en el disco de código antes de ser recogido por un conjunto fotodetector.

Esto genera una señal de pulso, donde $luz = encendido$ y $sin\ luz = apagado$. La señal del encoder se envía al contador o controlador, que a su vez genera la función deseada según la información recibida.

Es decir, los encoders son dispositivos esenciales en sistemas de control de movimiento que permiten obtener información precisa sobre la posición, velocidad y dirección de los motores. Estos dispositivos utilizan diferentes tecnologías para generar una señal, siendo la detección óptica la más común. Los encoders desempeñan un papel crucial en una amplia gama de aplicaciones industriales, asegurando un control preciso y eficiente en los procesos de automatización, en la ilustración 4 se visualizan las partes de un encoder. [3]

Ilustración 4 Partes de un enconder.



Fuente: ENCODER PRODUCT COMPANY .Partes Encoder [Figura].Recuperado de: https://www.encoder.com/article-que-es-un-encoder.

1.4.1.4. TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal)

La estación mecatrónica de la universidad se beneficia del uso de TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal), un software integral que combina varias herramientas en una sola plataforma. TIA Portal se destaca por su amplia base de datos de componentes y módulos diseñados específicamente para soluciones de automatización basadas en los productos de SIEMENS, incluyendo el PLC SIEMENS S7-1200 utilizado en la estación.

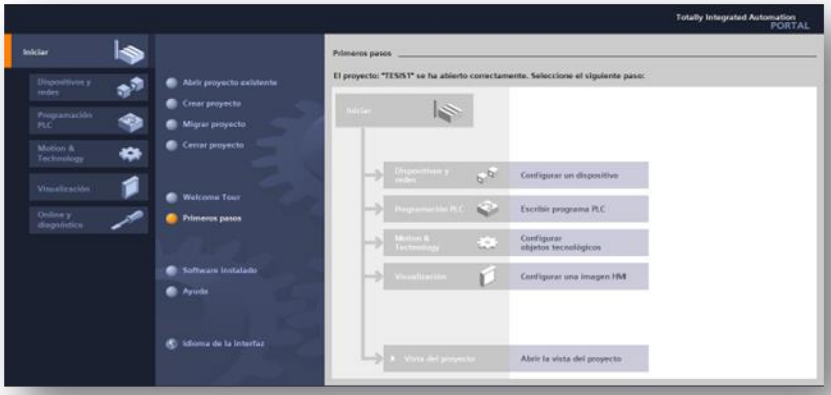
TIA Portal ofrece una interfaz de programación intuitiva y eficiente que permite la integración perfecta con la pantalla HMI proporcionada por la institución. Esto facilita la configuración y programación conjunta de ambos sistemas, lo que resulta en un control y monitoreo más eficaz de la estación mecatrónica.

Además, TIA Portal proporciona funciones tecnológicas avanzadas que permiten la implementación de aplicaciones de control PID con salidas analógicas y digitales. Esto brinda la capacidad de regular y mantener variables críticas en los procesos de la estación, mejorando la estabilidad y la precisión del control.

Asimismo, TIA Portal ofrece herramientas específicas para el control de movimiento, permitiendo la utilización de servomotores o motores paso a paso. Estas funciones tecnológicas especiales posibilitan la ejecución de movimientos precisos y coordinados en la estación mecatrónica, lo que resulta fundamental en aplicaciones que requieren un posicionamiento exacto o una trayectoria definida. [4]

Asimismo, en la (Ilustración5), se muestra la pantalla de inicio de TIA Portal que presenta como una poderosa herramienta de programación y configuración que proporciona una solución integral para la automatización de la estación mecatrónica. Su capacidad de integración, amplia base de datos de componentes y módulos, así como sus funciones tecnológicas avanzadas, contribuyen a mejorar el control y el rendimiento de la estación, permitiendo implementar aplicaciones de control PID y control de movimiento de manera eficiente y precisa.

Ilustración 5 TIA portal pantalla de inicio.



Fuente: Propia del autor.

1.4.1.5. Actuadores

En el contexto de la estación mecatrónica, los actuadores desempeñan un papel fundamental en su funcionamiento. Es esencial comprender a fondo el funcionamiento y los distintos tipos de actuadores utilizados en la industria.

Un actuador industrial es un dispositivo diseñado para convertir la energía y las señales de entrada en un movimiento mecánico. Existen dos categorías principales de actuadores: los actuadores lineales y los actuadores rotativos.

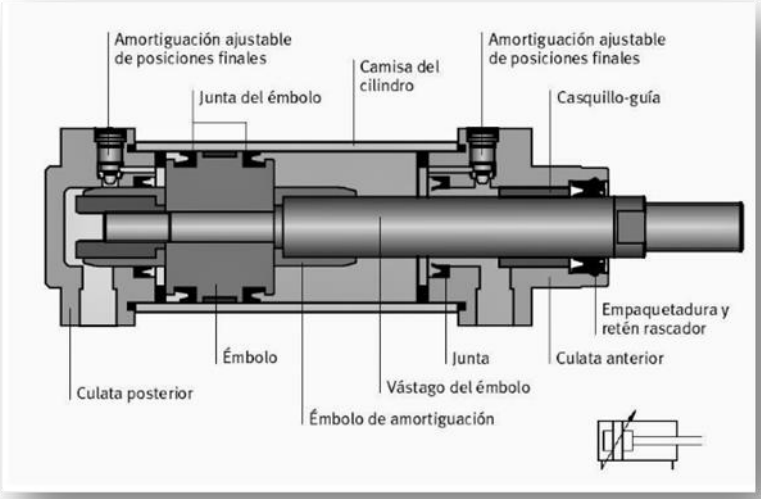
Los actuadores lineales generan un movimiento lineal, es decir, se desplazan hacia adelante o hacia atrás en una trayectoria recta predeterminada. Su desplazamiento está limitado a una distancia específica antes de detenerse. Estos actuadores son utilizados cuando se requiere un movimiento rectilíneo preciso en la estación mecatrónica.

Por otro lado, los actuadores rotativos producen un movimiento de rotación. Estos actuadores giran en un plano circular y no están limitados por una trayectoria fija. Pueden girar en una dirección continua durante el tiempo que sea necesario. Los actuadores rotativos son adecuados para aplicaciones que requieren movimientos de giro, como la manipulación de piezas o el control de la posición angular en la estación mecatrónica.

Es importante tener en cuenta que existen diferentes tipos de actuadores en cada categoría, cada uno con sus propias características y aplicaciones específicas. Algunos ejemplos comunes incluyen actuadores lineales de tornillo, actuadores lineales de guía lineal y actuadores rotativos de engranajes.

Los actuadores desempeñan un papel crucial en el funcionamiento de la estación mecatrónica (Ilustración 6). Los actuadores lineales permiten un desplazamiento rectilíneo preciso, mientras que los actuadores rotativos ofrecen un movimiento de giro continuo. La selección del tipo adecuado de actuador depende de los requisitos específicos de la aplicación en la estación mecatrónica.

Ilustración 6 Partes actuadores mecánico.



Fuente: Ricardo Vazquez.Partes actuador mecánico.[Figura].Recuperado de: http://infmk2013ricardovazquez.blogspot.com/2014/07/informe-del-mes-de-agosto-2014.html

Tipos de actuadores

❖ Actuadores Lineales

Los actuadores lineales, como su nombre indica, son dispositivos que producen un movimiento dentro de una trayectoria recta. Pueden ser mecánicos o eléctricos y se ven sobre todo en dispositivos hidráulicos o neumáticos. Cualquier máquina, equipo o aparato que requiera algún tipo de movimiento rectilíneo suele tener un actuador lineal. En un actuador lineal simple, hay una tuerca, una tapa y un tubo deslizante.

El tubo deslizante proporciona el espacio para el movimiento, mientras que la tuerca y la tapa proporcionan el movimiento de enclavamiento que mantiene el actuador en una trayectoria recta.

Otros actuadores lineales complejos tendrán piezas adicionales, pero el sistema mencionado anteriormente es la base del movimiento recto.

❖ Actuadores Rotativos

En contraste con los actuadores lineales, los actuadores rotativos crean un movimiento circular. Desde el término «rotatorio», la mayoría de las máquinas utilizan estas piezas giratorias para completar un movimiento de giro.

A menudo se utilizan junto con un actuador lineal si una máquina requiere moverse hacia adelante, hacia atrás, hacia arriba o hacia abajo. Muchos actuadores rotativos se alimentan de forma eléctrica, pero algunos se alimentan mediante un sistema hidráulico o neumático. Se pueden encontrar actuadores rotativos en limpiaparabrisas, ventiladores eléctricos o máquinas de fabricación que transportan mercancías de una zona a otra. Actuadores por la fuente de energía que utilizan
Para distinguir aún más los diferentes tipos de actuadores, también se pueden clasificar según la fuente de energía o el sistema que utilizan para moverse.

A continuación, se muestran los actuadores más comunes según la fuente de energía:

➢ Actuadores hidráulicos

Los actuadores hidráulicos funcionan mediante el uso de un cilindro lleno de fluido con un pistón suspendido en el centro. Por lo general, los actuadores hidráulicos producen movimientos lineales, y un resorte está unido a un extremo como parte del movimiento de retorno.

➢ Actuadores neumáticos

Los actuadores neumáticos son una de las opciones más fiables para el movimiento de las máquinas. Utilizan gases presurizados para crear movimiento mecánico. Muchas empresas prefieren los actuadores neumáticos porque pueden realizar movimientos muy precisos, especialmente al arrancar y parar una máquina.

➢ Actuadores eléctricos

Los actuadores eléctricos, necesitan electricidad para funcionar. Algunos ejemplos conocidos son los coches eléctricos, la maquinaria de fabricación y los equipos de robótica.

Al igual que los actuadores neumáticos, también crean un movimiento preciso ya que el flujo de energía eléctrica es constante. Los diferentes tipos de actuadores eléctricos son:

- **Actuadores electromecánicos**

Estos actuadores convierten las señales eléctricas en movimientos rotativos o lineales e incluso pueden ser capaces de combinar ambos.

- **Actuadores electrohidráulicos**

Este tipo de actuador también se alimenta eléctricamente, pero da movimiento a un acumulador hidráulico. El acumulador proporciona entonces la fuerza para el movimiento, normalmente visto en equipos industriales pesados**.**

- **Actuadores térmicos y magnéticos**

Los actuadores térmicos y magnéticos suelen consistir en aleaciones con memoria de forma que pueden calentarse para producir el movimiento. El movimiento de los actuadores térmicos o magnéticos a menudo proviene del efecto Joule, pero también puede ocurrir cuando una bobina se coloca en un campo magnético estático. El campo magnético provoca un movimiento constante denominado fuerza de Laplace-Lorentz. La mayoría de los actuadores térmicos y magnéticos pueden producir una amplia y potente gama de movimientos sin dejar de ser ligeros.

- **Actuadores mecánicos**

Algunos actuadores son de tipo mecánico, como las poleas o los sistemas de piñón y cremallera. Se aplica otra fuerza mecánica, como tirar o empujar, y el actuador aprovecha ese único movimiento para producir los resultados deseados.

Por ejemplo, el giro de un solo engranaje en un conjunto de cremallera y piñones puede movilizar un objeto desde el punto A al punto B. El movimiento de tirón aplicado en la polea puede llevar el otro lado hacia arriba o hacia el lugar deseado [5]

1.4.2. ESTADO DEL ARTE

1.4.2.1. Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable

Este proyecto muestra cómo se caracteriza y diseña un sistema HMI-PLC o como es comúnmente conocido sistemas SCADA para un sistema de extracción de agua de un pozo de agua potable , se muestra el desarrollo desde la programación de PLC determinando variables como temperatura presión del

sistema para proceder con la programación Ladder (escalera),hasta el diseño de la interfaz GUI la cual facilitara que los operarios puedan monitorear el funcionamiento y estado de todos los componentes del sistema (Motores , Válvulas , actuadores) estos representan su cambio de estado en la pantalla mediante cambio de color , también se realiza la comprobación de funcionamiento en tiempo real mediante un banco de pruebas . [6]

1.4.2.2. Diseño e Implementación de Sistema SCADA y HMI, utilizando protocolos Ethernet y AS-I para la estación de bus de campo FESTO mediante el software TIA Portal V12

Este artículo presenta el diseño e implementación de la distribución de la estación de red AS-interface, el cual aumenta su rendimiento, ahorrando espacio y utilizando protocolos de comunicación como lo él ETHERNET integrando a 3 estaciones FESTO. Para control y seguimiento se implementa el sistema HMI y SCADA de las estaciones, este documento contiene información de vital importancia para el desarrollo de nuestro proyecto de grado ya que tienen una gran similitud. [7]

1.4.2.3. Propuesta de automatización del proceso industrial de empaquetado de platos de poliestireno expandido empleando PLC y HM

La propuesta presentada da a conocer la posibilidad de implementar la tecnología HMI a diferentes procesos de producción, en este caso un proceso empaquetado de platos el cual aun en muchas empresas del sector aún se viene realizando de forma manual, ocasionando perdidas de materia prima además de tiempos más lentos de producción. Los autores implementan a este proceso una Interfaz gráfica mediante la pantalla HMI que permite ingresar las cantidades de platos a empaquetar, mediante su conexión al PLC la se envían las señales para que la maquina ajuste sus actuadores y motores para la realización del trabajo demandado aumentando la productividad y eficacia del proceso, como se puede apreciar en la ilustración 7. [8]

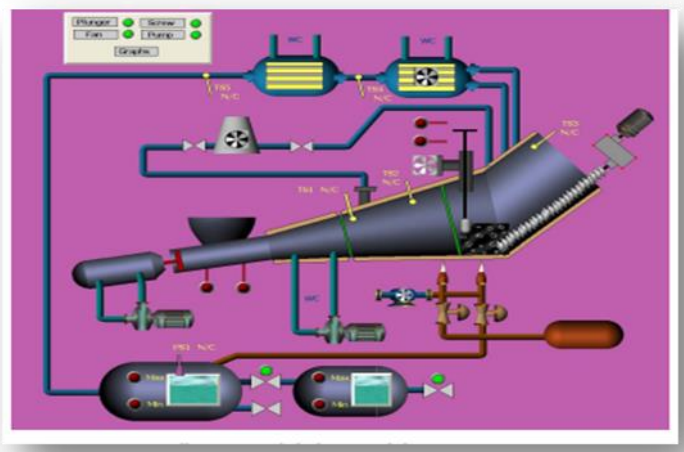
Ilustración 7 Interfaz HMI empaquetado de platos de poliestireno expandido

Fuente: E.Flores García Garcíattps (2018), [Figura].Recuperado de: https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/investigium/article/view/2954

1.4.2.4. Automation of control processes in specialized pyrolysis complexes based on web SCADA systems.

En este trabajo se presenta la opción de tener un sistema SCADA el cual es capaz de tomar datos en tiempo real de un proceso de pirolisis de las diferentes variables involucradas en el proceso, además de poder medir y manipular dichas variables por medio de una pantalla HMI que hace más fácil la interpretación para el usuario, Los autores presenta la posibilidad de monitorear remotamente y controlar remotamente los niveles de temperatura del proceso de pirolisis tan en la red local como via internet, como se puede apreciar en la ilustración 8 . [9]

Ilustración 8 Interfaz HM procesos de control en complejos de pirólisis especializados basados en sistemas SCADA I.



Fuente:YuriyKondratenko(2017),[Figura].Recuperadode:https://ieeexplore.ieee.org/document/8095059.

1.5. MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio se llevará a cabo siguiendo un enfoque metodológico estructurado que permita alcanzar los objetivos propuestos. A continuación, se describe el marco metodológico a seguir, en la (Ilustración 9) se muestra el flujo de trabajo

Ilustración 9 Metodología.

Fuente: Propia del autor.

1. Diagnóstico de la estación mecatrónica: Se realizará un análisis exhaustivo del estado de la estación mecatrónica para identificar posibles problemas o inconvenientes que puedan afectar su funcionamiento óptimo. En caso de encontrar fallas, se procederá a realizar las reparaciones o correcciones necesarias para garantizar su adecuado funcionamiento.

2. Caracterización de variables de entradas y salidas: Se llevará a cabo un proceso de caracterización de las variables de entrada y salida de la estación mecatrónica. Esto implicará identificar y asignar un valor a cada elemento de la máquina, lo que permitirá comprender y controlar su comportamiento durante el funcionamiento.

3. Diseño y montaje del soporte de la pantalla HMI: Se realizará el diseño y montaje físico del soporte necesario para instalar la pantalla HMI en la estación mecatrónica. Se garantizará que la ubicación y sujeción sean adecuadas para un óptimo funcionamiento y visibilidad.

4. Conexión y configuración de la pantalla HMI: Se establecerá la conexión entre la pantalla HMI, el PLC y el PC. Se realizará la configuración de la pantalla HMI, incluyendo aspectos como los botones iniciales, el color de la interfaz y otras configuraciones relevantes.

5. Diseño de la interfaz de la pantalla HMI: Utilizando el software TIA Portal, se diseñará la interfaz de la pantalla HMI. Se crearán los elementos visuales necesarios para visualizar y controlar las variables y eventos importantes de la estación mecatrónica.

6. Mediante el programa Configuration Tools de los controladores Festo, se configurarán la posición y velocidad de los motores del estante. Estos controladores serán responsables de enviar las señales establecidas al PLC, el cual a su vez transmitirá dichas señales a los motores X e Y de la estantería.

El presente marco metodológico proporciona una guía clara y secuencial para llevar a cabo las diferentes etapas del proyecto. La aplicación de esta metodología permitirá alcanzar los objetivos propuestos de manera eficiente y precisa, asegurando el correcto funcionamiento del sistema SCADA y la HMI en la estación mecatrónica.

2. DIAGNOSTICO (MANTENIMIENTO PREVENTIVO)

Como paso inicial se verificara el estado de los componentes de la estación mecatrónica, se realizara un mantenimiento preventivo con la finalidad de encontrar posibles fallas que puedan estar afectando el funcionamiento de la máquina, para esto se ha diseñado un formato de inspección el cual ayudara a llevar un control de fallo de los componentes, inicialmente se procederá con una inspección visual con el objetivo de encontrar los elementos ya sea eléctricos o mecánicos que estén en mal estado para su posterior reparación o corrección (Ilustración 10).

Ilustración 10 Formato Plan de mantenimiento preventivo estación mecatrónica.

UniPiloto

FORMATO DE INSPECCION ELECTRICO Y MECANICO
ESTACION MECATRONICA

FECHA INICIAL _____ FECHA FINAL _____

B-BUENO M-MALO

ITEM	PARTE	DESCRIPCION	ESTADO B	ESTADO M
1.1	BANDAS 1	REVISAR ESTADO DE LA BANDA POR DETERIORO O RUPTURA Y QUE LA TENSION SEA LA ADECUADA		
1.1.2	BANDAS	INSPECCIONAR RODAMIENTOS DE LAS BANDAS		
1.2	BRAZO VENTOSA	REVISAR ESTADO DE RESORTE Y RODAMIENTOS		
1.3	CILINDROS NEUMATICOS	VERIFICAR QUE NO SE PRESENTEN ESCAPEZ DE AIRE Y LOS RACORES SE ENCUENTREN EN BUEN ESTADO		
1.4	MOTOREDUCTORES BANDAS	VERIFICAR QUE EL MOTOR SE ENERGIZE , SI NO ES ASI REPORTAR LA NOVEDAD ENCONTRADA		
1.4.1	CONTROLADORES	VERIFICAR QUE LOS CONTROLADORES SE ENCUENTREN ENCENDIDOS		

REPORTE DE NOVEDAD

ITEM		OBSERVACIONES	CORREGIDO	PROGRAMAR

_____
RESPONSABLE DE LA INSPECCION

Fuente: Propia del autor.

2.1.1. PLANEACION DE MEJORAMIENTO

Gracias a la inspección que se realizó durante el transcurso de la ejecución del proyecto, se encontraron algunos elementos de la estación mecatrónica en falla, es por esto, por lo que se procedió a realizar mantenimientos correctivos y predictivos los cuales se detallaran a continuación:

2.1.1.1. Moto Reductor Banda

Se encontró que uno de los motores (Ilustración 11) que le proporciona movimiento a la banda se encontraba desacoplado, se procedió a revisarlo más profundamente y se logró identificar mediante pruebas de voltaje que al estar desacoplado se sobre cargaba y esto produjo su fallo

Ilustración 11 Motor banda estación mecatrónica.

Fuente: Propia del autor.

Ya que el motor no se puede recuperar se procedió a cotizar un nuevo motor con características similares, encontrando al proveedor de equipos electrónicos Vistronica, del cual se adquirió el motorreductor para su posterior acople a la estación a la banda (Ilustración 12).

Ilustración 12 Ilustración Cotización Vistronica motorreductor.

Fuente: Propia del autor. https://www.vistronica.com/

2.1.1.2. Tensión En Las Bandas Transportadora

Se verifica tensión adecuada para las 2 bandas (Ilustración 9) ya que la carga máxima que genera el movimiento del motor se deslizaba generando pausas constantes e inadecuadas en el transporte de la pieza o producto.

Ilustración 13 Verificación motorreductor.

Fuente: Propia del autor.

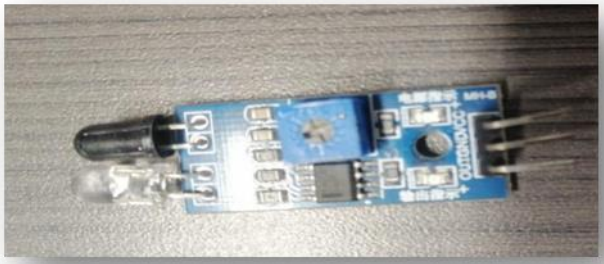
Ilustración 14 Tensionado de Bandas estación mecatrónica.

Fuente: Propia del autor.

Se garantiza limpieza en los rodillos ya que se presenta suciedad e impurezas impidiendo que la banda se ajustara de forma eficiente.

2.1.1.3. Sensor Infrarrojo

Ilustración 15 Sensor de reemplazo estación mecatrónica.



Fuente: Propia del autor.

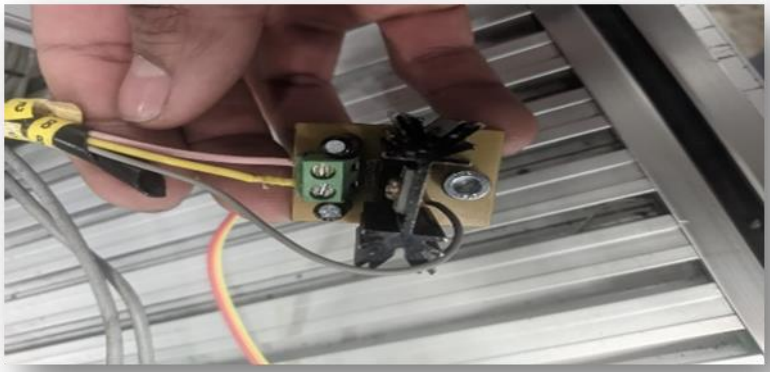
Se verifica funcionamiento de sensor y se encuentra que no está trabajando bajo las condiciones apropiadas, presentado fallas contantes de señal de lectura, pistas dañadas y componentes sueltos. Se realiza el cambio de sensor con las mismas Características de funcionamiento.

Ilustración 16 Esquemático de conexión Sensor infrarrojo.

Fuente:sumerlabs.com*(2014).[Figura].Recuperadode:*https://sumerlabs.com/catalogo/mindselectronic-5037835170677s/producto/sensor-infrarrojo-smr-db6dc1fbdc15b92fc3d7a72360faa5bb386624d4

2.1.1.4. Módulo de regulador de voltaje de 24vdc-5vdc

Ilustración 17 Anterior Modulo regulador de voltaje.

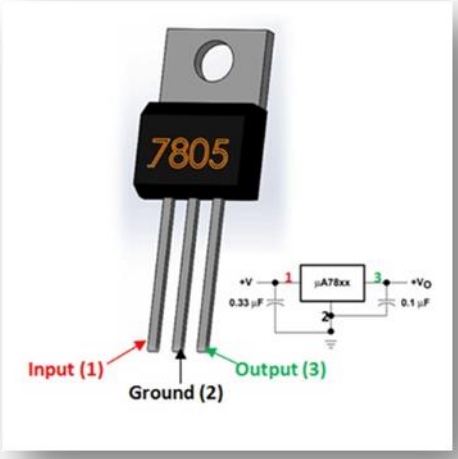


Fuente: Propia del autor.

Ya que la placa se encontraba con daños en las borneras de conexión esto afectaba el voltaje de alimentación del sensor provocando cortos y cambios en la salida de voltaje, las cuales causaba que el sensor no detectara de forma adecuada o se fundiera.

Debido a esto se procedió a diseñar un nuevo circuito de regulación de voltaje utilizando el integrado LM7805.

Ilustración 18 Esquemático conexión integrada LM7805.



Fuente:sumerlabs.com(2014).[Figura].Recuperadode:https://sumerlabs.com/catalogo/mindselectronic-5037835170677s/producto/sensor-infrarrojo-smr-db6dc1fbdc15b92fc3d7a72360faa5bb386624d4

2.1.2. COMPONENTES DEL SISTEMA

Es necesario conocer todos los componentes que conforma la estación ya que el controlador va a ser el encargado de establecer orden y movimiento a cada uno de los elementos que compone el sistema. Se identifica la cantidad, tipos de entradas y salidas ya sea digitales o analógicas. Referencias de voltajes de salidas ya que se deben identificar si es un cableado PNP o NPN por ello es importante conocer sus diferencias porque podría ser clave para la programación del PLC.

Si el sensor fuera:

PNP, su salida seria positiva (+)

NPN, su salida seria negativa (-)

después de la identificación se procede a realizar una tabla con respectivas características y cantidades que compone el sistema.

Tabla 1Cantidad de entradas y salidas del sistema.

ELEMENTO	CANTIDAD	ENTRADA	SALIDA	ANALOGA	DIGITAL	NPN	PNP
Sensor Optico	1	X			X	X	
Sensore Magneticos	8	X			X		X
Valvula 3/2	4		X		X		
Valvula 5/2	1		X		X		
Motorreductor	2		X		X		
Sensor Infrarrojo	1	X			X	X	
Sensor Capacitivo	1	X			X	X	
Servomotor	2		X		X		
Interruptor	1	X			X		X
Pulsador	3	X			X		X
Semaforo	1		X		X		

Fuente: Propia del autor.

2.1.2.1. Entradas y salidas

Se verificarán los dispositivos de entrada y salida que intercambian o envían señales con la PLC para ello se comprobara cada variable ya configurada y establecida por los estudiantes anteriores que trabajaron en la construcción de la estación mecatrónica en la siguiente tabla (ver tabla 2)

Tabla 2 variables de entrada

TABLA DE VARIABLES DE ENTRADAS		
PLC	VARIABLE	IDENTIFICACION
IO.0	M1.MC	Bit del controlador del servomotor eje y que confirma el posicionamiento.
IO.1	M1.READY	Bit del controlador del servomotor eje y que comunica al PLC quel motor se encuentra listo
IO.2	M2.MC	Bit del controlador del servomotor eje x que confirma posicionamiento.
IO.3	M2.READY	Bit del controlador del servomotor eje x que comunica el PLC que el motor se encuentra listo.
IO.4	STOP	pulsador que permite detener el ciclo actual de la maquina.
IO.5	START	Pulsador que permite dar inicio al programa.
IO.6	STOP EMERG	interruptor que permite parar de inmediato el proceso.
IO.7	SC1A	sensor del actuador neumatico ubicado en la zona de alimentacion cuando esta en posicion inicial.
I1,0	SC1B	Sensor del actuador neumatico ubicado en la zona de alimentacion cuando esta en posicion final.
I1,1	SC2A	Sensor del actuador neumatico rotativo ubicado en la zona de distribucion de bandejas cuando eta en posicion inicial.
I1,2	SC2B	Sensor del actuador neumatio rotativo ubicado en la zona de alimentacion de bandejas cuando esta en posicion final.
I1,3	SC3A	Sensor del actuador neumatico ubicado en la zona de distribucion de bandejas cuando esta en posicion inicial.
I1,4	SC3B	Sensor del actuador neumatico ubicado en la zona de distribucion de bandejas cuando esta en posicion final.
I1,5	SC4A	Sensor del actuador neumatico ubicado en el eje z cuando esta en posicion final.
I8.0	SC4B	Sensor del actuador neumatico ubicado en el eje z cuando esta en posicion inicial.
I9.0	S1	Sensor Optico ubicadp en la zona de alimentacion.
I9.2	S2	Sensor infrarojo ubicado en la banda 2 .
I9.1	S5	Sensor capacitivo ubicado en el eje z.
I8.6	RESET	Pulsador que permite reiniciar el proceso de la maquina.

Fuente: Propia del autor.

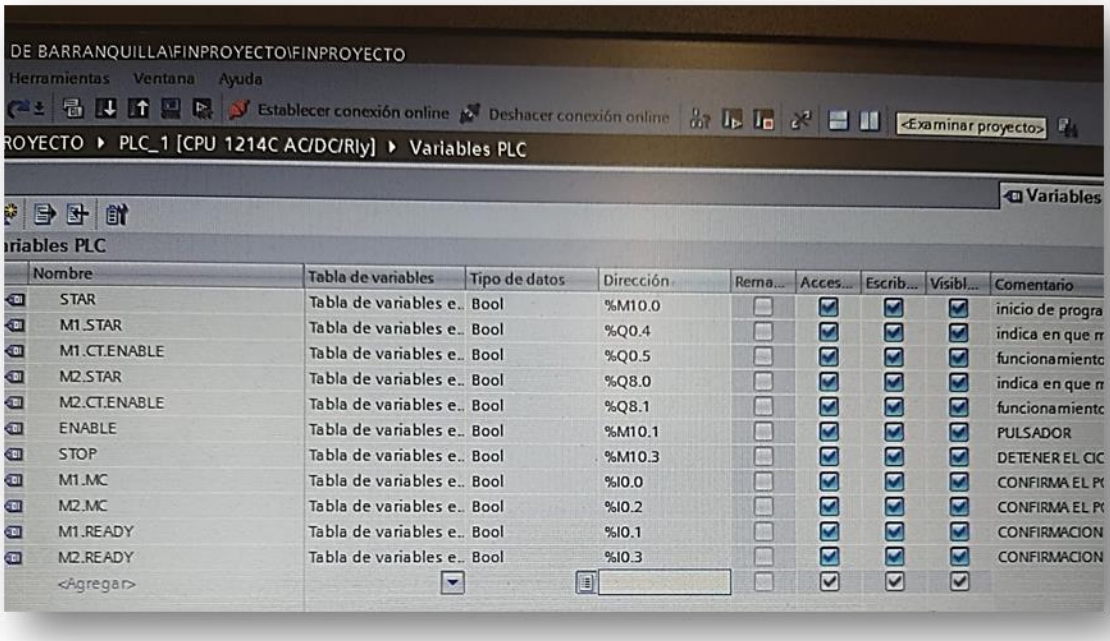
Tabla 3 Variables de salidas

TABLA DE VARIABLES DE SALIDAS		
PLC	VARIABLE	IDENTIFICACION
Q0.0	M1.POS0	Bits del controlador que permite identificar a que posicion guardada en el controlador debe ir el motor eje Y
Q0.1	M1.POS1	
Q0.2	M1.POS2	
Q0.3	M1.POS3	
Q0.4	M1.Start	Bit que indicaen que momentodebe ir el motor a la posiciondel eje Y
Q0.5	M1.CT.Eneable	Bit que permite habilitar el funcionamiento del motor eje Y
Q0.6	M2.POS0	Bits del controlador que permite identificar a que posicion guardada en el controlador debe ir el motor eje X
Q0.7	M2.POS1	
Q1.0	M2.POS2	
Q1.1	M2.POS3	
Q8.0	M2.Start	Bit que indica en que momento debe ir el motor a la posicion del eje x
Q8.1	M2.CT.Eneable	Bit que permite habilitar el funcionamiento del motor del eje X
Q8.2	C1	Valvula monoestable del actuador ubicado en la zona de alimentacion
Q8.3	C2	Valvula monoestble del actuador rotativo ubicado en la zona de distribucion
Q8.4	C3	Valvula monoestable del actuador ubicado en la zona de distribución
Q8.5	C4	Valvula monoestable del actuador ubicado en eje Z
Q8.6	C5A	Valvula diestable de la ventosa para sujetar Y/0 soltar pieza
Q8.7	C5B	
Q9.0	B1-B2	Moto reductores de las bandas 1 y 2
Q9.1	SEM.ROJO	Bombillo Rojo del semaforo
Q9.2	SEM.AMARILLO	Bombillo Amarillo sdel semaforo
Q9.9	SEM.VERDE	Bombillo Verde del semaforo

Fuente: Propia del autor.

Se asigna los nombres de cada variable de la PLC, pero ciertamente se podría poner el nombre que se quiera a cualquier variable, además se podría incluir un comentario de esas variables para que quede bien definido el proceso en el que va a intervenir; de modo que nos ayudara a tener más organizadas las variables del proyecto. El objetivo es establecer el tipo de dato y dirección identificando como M memoria, I entrada y Q salida esto para poder comprobar en el bloque de programa, ver el estado y funcionamiento de cada componente de la estación.

Ilustración 19 Asignación Variables Tía portal: Fuente: Propia del autor.



Fuente: Propia del autor.

Para cada variable creada se comprobará las entradas y salidas con un botón y una salida entera, esto se realiza para comprobar el funcionamiento de cada componente y verificar si no se tienen fallas eléctricas dentro de las conexiones de la PLC. Se mostrará como ejemplo como se realizó las pruebas para cada variable en el TIA PORTAL en la siguiente imagen.

Ilustración 20 Ejemplo Ladder programación.

Fuente: Propia del autor.

3. DISEÑO DE PANTALLA HMI

En el siguiente capitulo se trata sobre cómo diseñar una interfaz HMI utilizando el software TIA Portal. Se iniciará explicando cómo establecer la comunicación entre el PLC y la pantalla HMI KTP600 que se encuentra en la estación mecatrónica. A continuación, se te mostrara cómo configurar las alarmas, imágenes, botones y actuadores que servirán como guía para el operario de la interfaz. En este apartado se aprenderá a realizar los siguientes tópicos

- Comunicar PLC con HMI
- Configurar las propiedades de comunicación del PLC
- Establecer los parámetros de comunicación, como la velocidad de transmisión y el tipo de protocolo, para asegurar una comunicación confiable entre los dispositivos.
- Definir las condiciones que activarán una alarma en la interfaz, como valores fuera de rango o fallos en el sistema.
- Configura los mensajes de alarma y asigna prioridades para indicar la gravedad de cada situación.
- Diseña botones interactivos que permitan al operario interactuar con la interfaz, como iniciar o detener procesos, cambiar modos de operación, etc.
- Asignar acciones a los botones para que realicen las funciones deseadas en el PLC, como activar salidas, modificar variables, etc.
- Define los actuadores que estarán disponibles en la interfaz, como motores, válvulas, luces, etc.

3.1. PANTALLA HMI

Se procederá a realizar un soporte para el panel (HMI) y agregarlo a la estación mecatrónica (Ilustración 20), para esto se analizó en qué lugar ubicarlo ya que no había tanto espacio y se debía ubicar en un lugar que no tuviera conflicto con otros procesos y fuera asequible para el operario de la máquina; así que se decidió ensamblarlo encima de la caja de mandos de las botoneras. Se realizaron medidas y planos en AUTOCAD para realizar un corte a láser en material en acero inoxidable satinado calibre 16 y se imprimió el logo de la universidad como adorno.

Ilustración 21 Pantalla HMI instalada en estación mecatrónica.

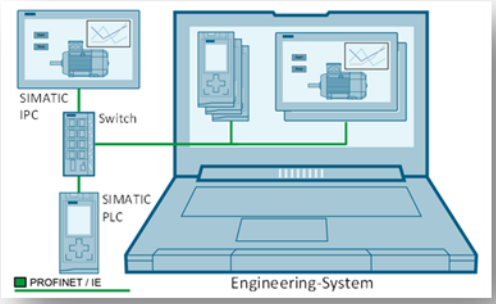
Fuente: Propia del autor.

3.2. CONFIGURACIÓN DEL PROYECTO

Para el desarrollo de las conexiones es necesario:

1) Conectar el panel (HMI), el autómata programable (PLC), el computador (PC) al conmutador switches por medios de cables Ethernet.

Ilustración 22 Conexiones HMI. PLC, PC.



Fuente: Propia del autor.

2) Añadir la HMI al proyecto

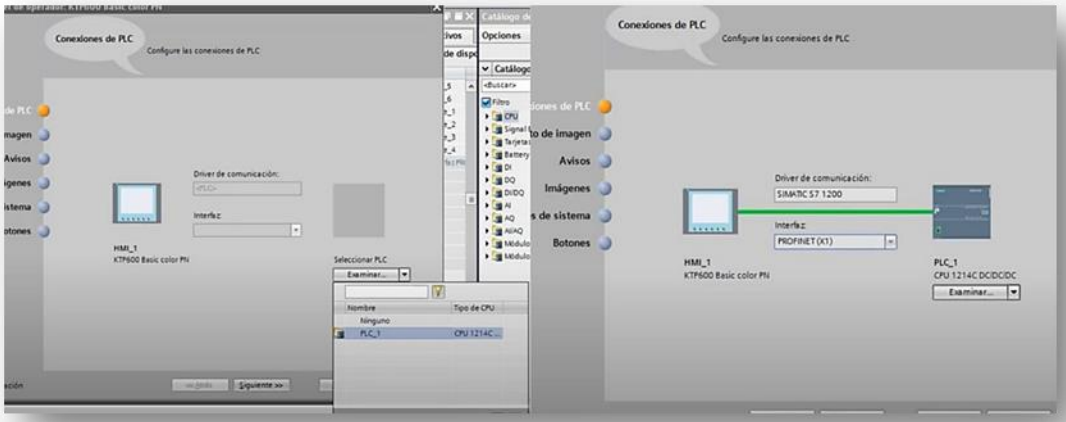
Después de agregar las entradas y salidas de los componentes se procederá a añadir la pantalla HMI para ello su puede dirigir a la ventana de ARBOL DE PROYECTO en la vista del proyecto y escoger la opción Agregar dispositivo, seleccionaremos la referencia del panel desplegando el listado: HMI → SIMATIC Basic PANEL→ 7 Display → KT700 Basic → 6AV2 123-2GB03-0AX0. Ver ilustración 19.

Tener en cuenta que es importante seleccionar la versión adecuada del HMI ya que si se escoge una versión distinta no podrá conectarse al equipo. El panel de la estación mecatrónica posee un firmware versión V11.0.2.0.

Después de seleccionar el panel, se desplegará una pestaña asistente del panel de operador; para esta parte es necesario configurar el equipo, por tal motivo se numerarán los siguientes pasos para configurar el HMI:

I. **Establecer la conexión del controlador – HMI**, como primer paso se seleccionará el PLC por el cual se quiere que el HMI esté conectado, en este caso CPU 1214C AC/DC/RLy [PLC_1], deberá pulsar la opción examinar; automáticamente se estable cera la conexión entre ambos dispositivos.

Ilustración 23 Creación de conexión entre los dispositivos.



Fuente: Propia del autor.

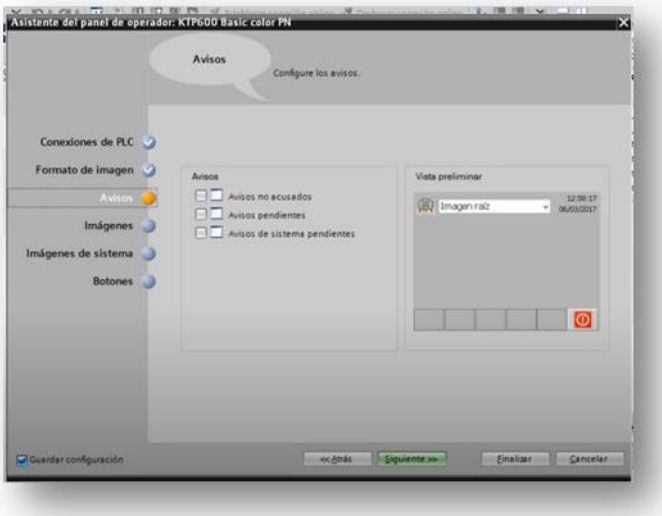
II. **Configurar los objetos de imagen**, después de establecer la conexión con la PLC, se desplegará a la siguiente ventana Formato de imagen, donde se podrá escoger el color de fondo de la pantalla y algunas opciones que se podrán agregar como la fecha, hora y logotipos etc.

Ilustración 24 Configuración formato de imagen pantalla HMI.

Fuente: Propia del autor.

III. **Configurar los avisos de alarmas**, en la ventana de avisos se podrán configurar las alarmas de la HMI, para nuestro ejercicio no se requieren estos campos así que se deshabilitaran todos.

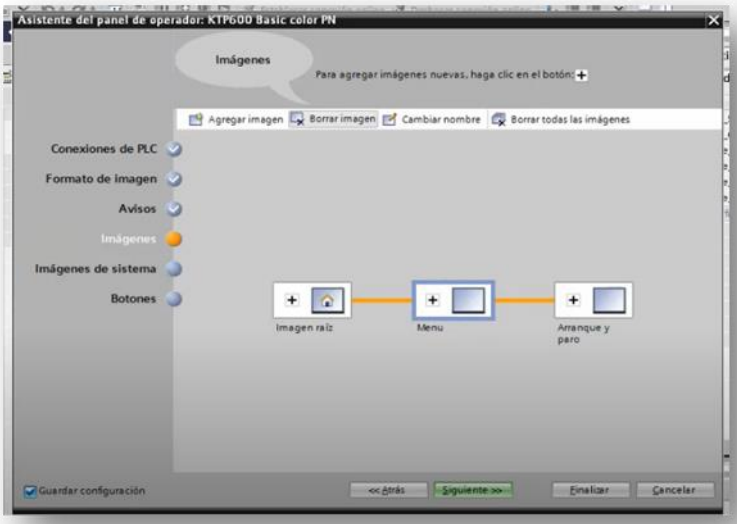
Ilustración 25 Configuración Alarmas Pantalla HMI.



Fuente: Propia del autor.

IV. **Agregar imágenes nuevas**, para el siguiente paso se escogerán el número de ventanas que se necesitarán en el proyecto creado, cabe aclarar que estas ventanas podrán ser eliminadas o agregadas posteriormente, para nuestra prueba solo se tendrá una imagen ya agregarle un nombre.

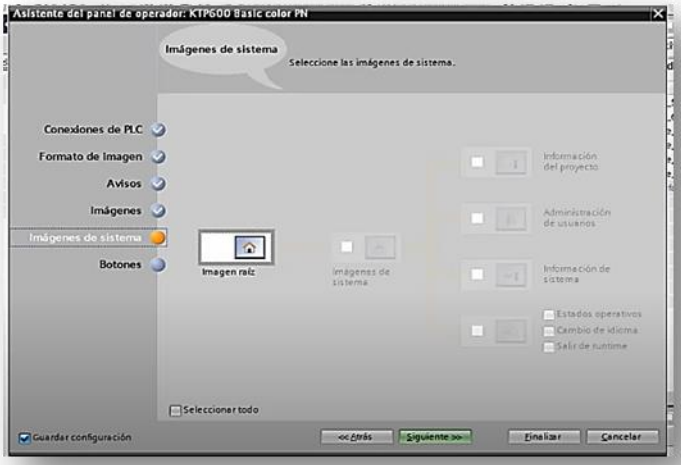
Ilustración 26 Agregado de nuevas imágenes a pantalla HMI.



Fuente: Propia del autor.

V. **Imágenes de sistemas preconfiguradas**, el software de TIA PORTAL ofrece opciones de imágenes preconfiguradas para facilitar la edición del proyecto, como cambio de idioma, estado operativos, administración de usuario entre otras ventanas; para nuestro ejercicio solo se tendrá la imagen de raíz principal. Ver ilustración

Ilustración 27 selección de imágenes preconfiguradas del sistema.



Fuente: Propia del autor.

VI. **Botones de sistema preconfigurados**, para esta opción se insertarán los botones con la función de arrastrar y soltar o haciendo un simple clic en botones disponibles del sistema y visualizar en la vista preliminar como está quedando la imagen de raíz, para nuestro proyecto se quitarán todos los botones del sistema. Después de haber realizado la configuración de los botones, deberá pulsar la opción finalizar, para poder empezar a programar y editar desde la aplicación HMI.

Ilustración 28 Configuración botones pantalla HMI.

Fuente: Propia del autor.

VII. **Configuración de la IP y comunicación**, después de haber realizado las configuraciones del panel, es necesario asignarle una dirección IP al equipo para poder garantizar la comunicación con el PLC y la PC. Para ello se podrá dirigir a la opción Configuración del dispositivo en el árbol de proyecto; seleccionar el panel e ingresar en propiedades→ general→ dirección Ethernet, nos desplazara a una pestaña nueva de Direcciones de ethernet y se deberá asignaran las siguientes direcciones.

Dirección IP: 192.168.0.2

Mascara Subred: 255.255.255.0

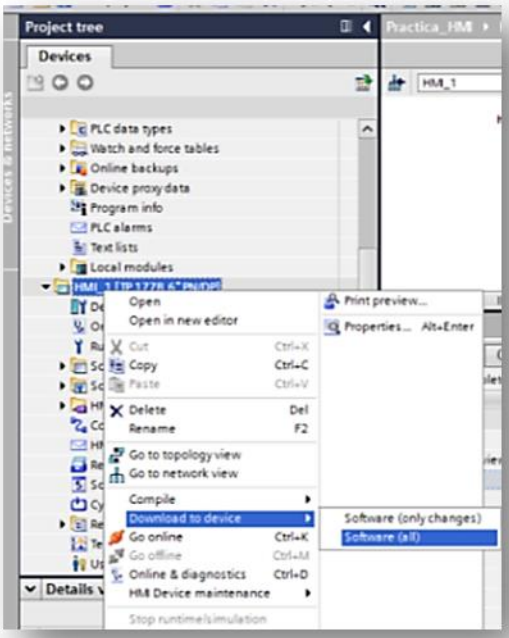
3.3. DESCARGAR LA APLICACIÓN A LA HMI

Después de editar y configurar todo el proyecto es necesario cargarle la aplicación a la HMI y descargarle el programa al PLC, para ello se deberá copilar el programa para verificar que no se tiene ningún error y si lo hay tomar oportunas correcciones del programa. Para esto se deberá dirigir al árbol de proyecto y dar click derecho sobre el HMI y escoger la opción Copilar → Todo.

Tener en cuenta que se puede copilar el programa como viene predeterminado, esto se hace solo para comprobar si se está realizando la compilación sin errores.

Ahora se procederá a descargar el programa a la Panel HMI, se deberá dirigir al árbol de proyecto y tendrá que hacer click derecho sobre el HMI, situarse en Cargar dispositivo y escoger la opción Todo.

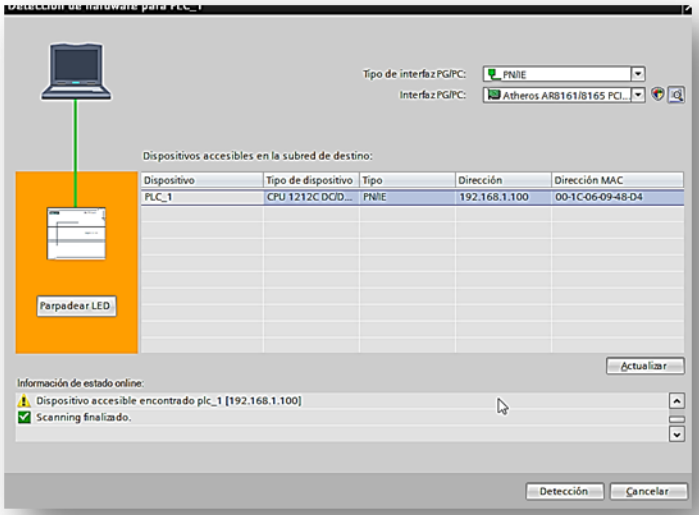
Ilustración 29 Descargar el programa a la Panel HMI.



Fuente: Propia del autor.

Después de seleccionar la opción **Todo** se desplegará una nueva ventana emergente, donde se deberá establecer la conexión del dispositivo en este caso HMI. En la parte media de la ventana tendrá que escoger como primera opción PN/IE para el tipo de **interfaz PG/PC** y automáticamente se configura la **interfaz PG/PC,** luego procederá a darle clic debajo de la lista de dispositivos compatibles en la opción **actualizar**, donde mostrará el nombre del panel, tipo de dispositivo, dirección etc.

Ilustración 30 Configuración PLC - Pantalla HMI.

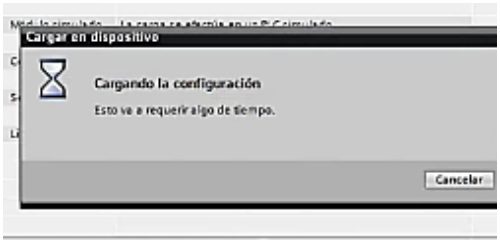


Fuente: Propia del autor.

Se puede comprobar la conexión haciendo clic **Parpadear LED** y automáticamente parpadeara la pantalla comprobando que si hay una conexión del programa al panel; después de haber configurado la conexión se debe seleccionar la opción **Cargar.**

Después se desplegará a una ventana nueva validando las configuraciones y aplicaciones graficas con el fin de evitar errores al momento de cargarlas al HMI, si el software valida la coherencia del proyecto habilitara la opción **Cargar.**

Ilustración 31 Carga de programa.



Fuente: Propia del autor.

4. CONFIGURACION Y CONTROL DE DATOS DE MOTORES

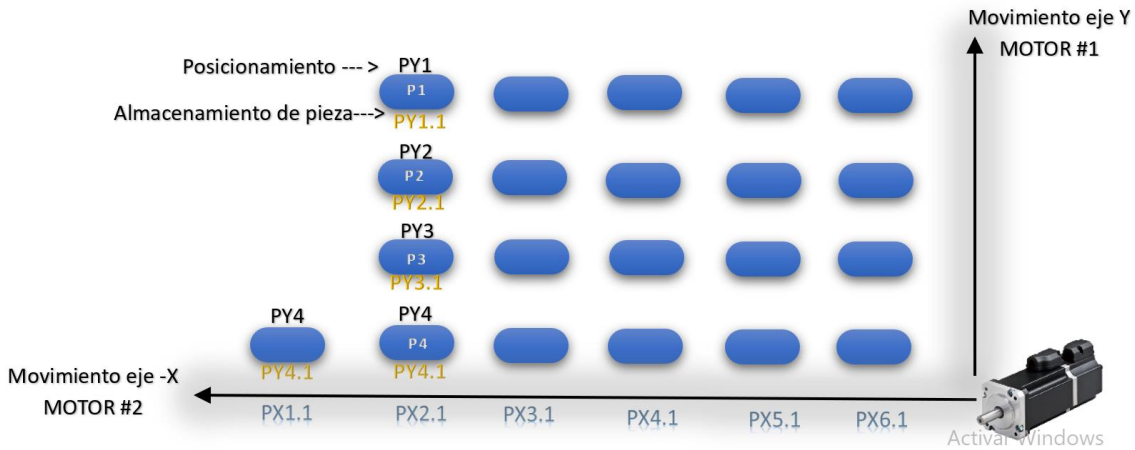
En este apartado, se procederá a parametrizar las posiciones del estante de la estación mecatrónica. Se requiere establecer una cuadrícula que permita asignar coordenadas en los ejes X y Y para cada posición. Esto permitirá adquirir y modificar los parámetros de velocidad y posición de los motores mediante el software Configuration Tools, de manera que se pueda llevar el producto a la posición deseada, Se desarrollaran las siguientes características:

- Definir el tamaño de la cuadrícula en función del espacio disponible en el estante y la resolución necesaria para las posiciones deseadas.
- Establecer el número de filas y columnas de la cuadrícula, lo cual determinará la cantidad total de posiciones disponibles.
- Asignar coordenadas en los ejes X y Y a cada posición de la cuadrícula.
- Utilizando el software Configuration Tools, accede a los parámetros de los motores asociados al movimiento del estante de la estación mecatrónica.
- Configurar los parámetros de velocidad, como la velocidad máxima y la aceleración/deceleración.
- Establecer los parámetros de posición, como los límites de posición y los desplazamientos permitidos, para asegurar un movimiento preciso y seguro del estante.
- Utilizar el software Configuration Tools para adquirir los parámetros de velocidad y posición de los motores en cada posición de la cuadrícula.

4.1. PLANOS ALMACEN.

Se establecerá los numero de posiciones que tendrá el almacén teniendo en cuenta que se generará dos movimientos por posición en el eje “Y” (movimiento vertical dejado de pieza) en total habrá 4 posiciones y 8 movimientos por cada hilera vertical y en el eje X que se encargará del desplazamiento horizontal, para este solo se generará seis movimientos simples.

Ilustración 32 Almacén estación Mecatrónica



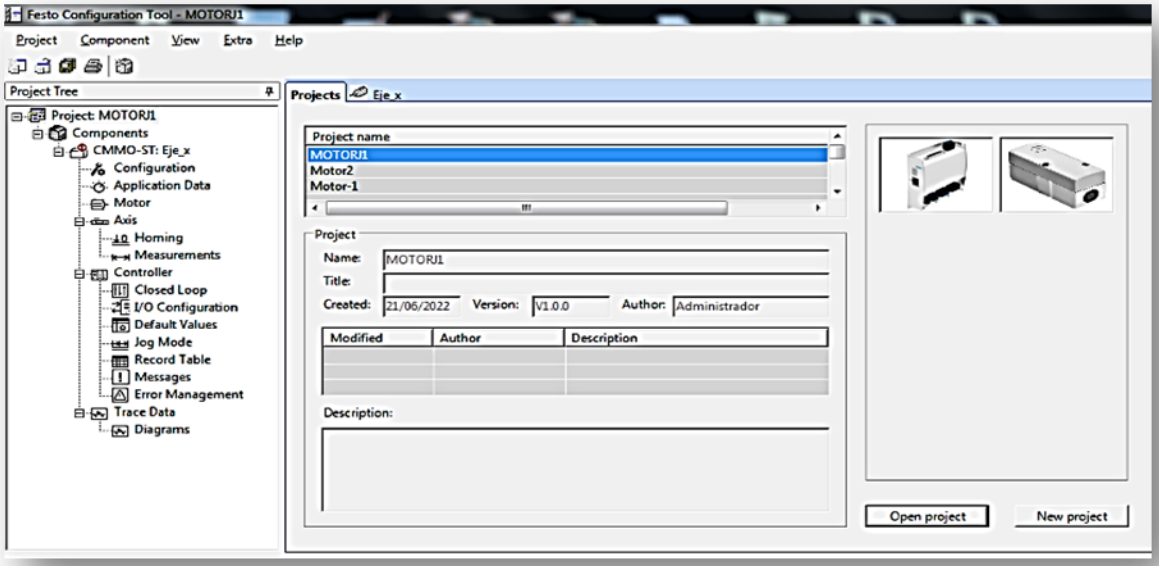
Fuente: Propia del autor

Como se ilustro en la imagen cada movimiento que va a generar por posición llegará primero PY1 (posición lista para dejar pieza) y después se desplazará a PY1.1 (posición lista dejado de pieza) se repetirá este ciclo para las siguientes columnas.

4.2. CONFIGURACIÓN DE LOS MOTORES

En esta práctica se controlarán los motores eléctricos paso a paso mediante el software Festo configuration Tools, lo primero que se debe realizar es abrir el programa y extraer el archivo ya configurado con las referencias del motor #1. Para este ejemplo se utilizará el archivo MOTORJ1 que se refiere a las posiciones del eje “Y”, se deberá dar doble clic al archivo y esto dará la opción de establecer la conexión.

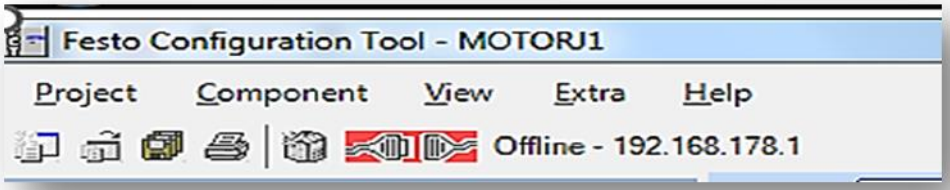
Ilustración 33 Ventana inicial Festo Configuration Tool.



Fuente: Propia del autor.

Aparecerá en la parte superior izquierda de la ventana un “conector rojo” se tendrá que dar clic sobre él y se establecerá la conexión GO online con la nueva IP que se determina por defecto. Después cambiara el conector a verde confirmando que se estableció la conexión; si esto no pasa mostrara color anaranjado indicando que hay problema en la dirección IP.

Ilustración 34 Indicador de que se estableció la conexión.

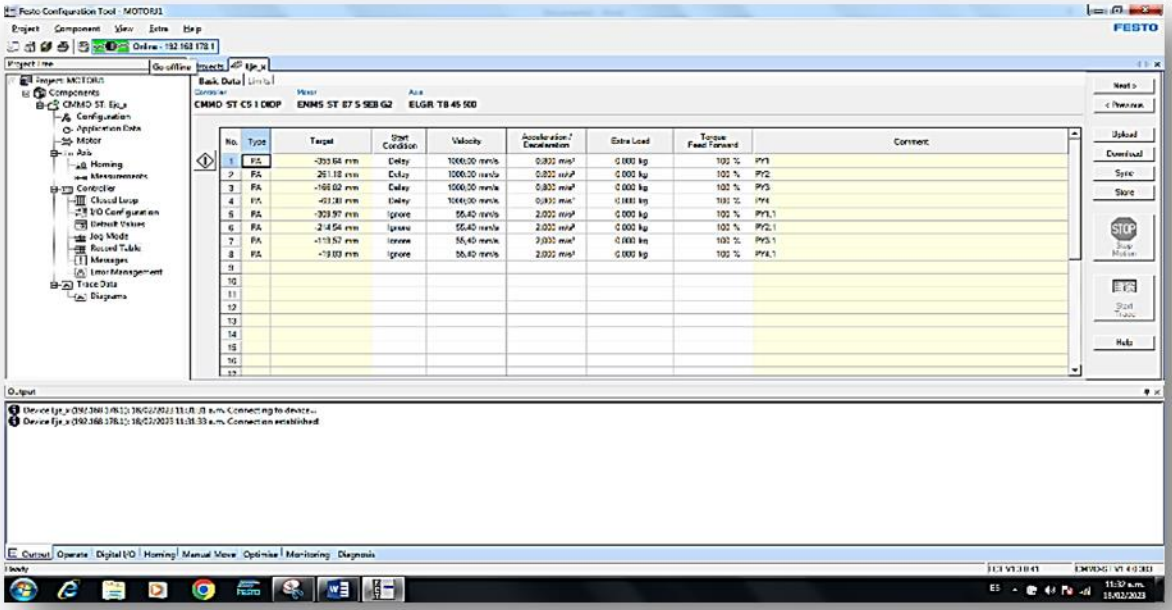


Fuente: Propia del autor.

4.3. FIJAR LAS POSICIONES EN LA TABLA.

Después haber realizado conexión sin ningún error se deberá dirigir al árbol de proyecto y escoger la opción **Record Table** se abrirá una ventana con una tabla donde se establecerá los puntos de referencias.

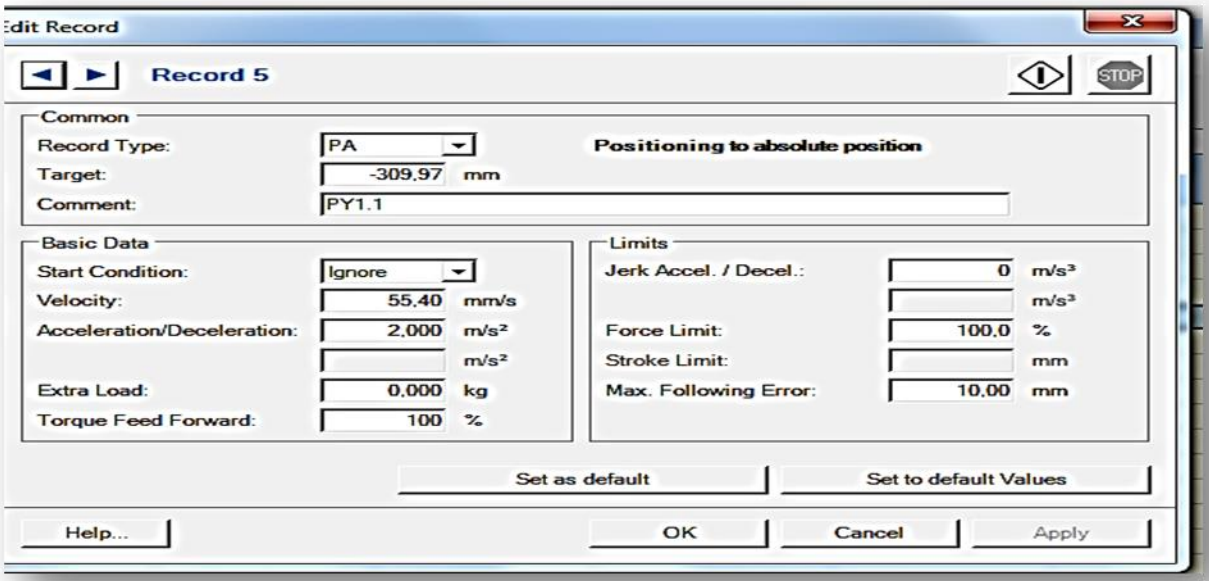
Ilustración 35 Establecer puntos de referencias.



Fuente: Propia del autor.

Se tendrá que dar clic en la primera posición ya sea para agregar o modificar, se desplegará una nueva ventana donde se podrá editar tipo de registro y como opción se deberá escoger **PA (coordenadas absolutas),** target (primer punto de referencia), velocidad y aceleración. Para tener un orden se agregará un comentario dándole un nombre a cada posición que se va estableciendo durante las pruebas y daremos **OK.**

Ilustración 36 Ingreso de parámetros.

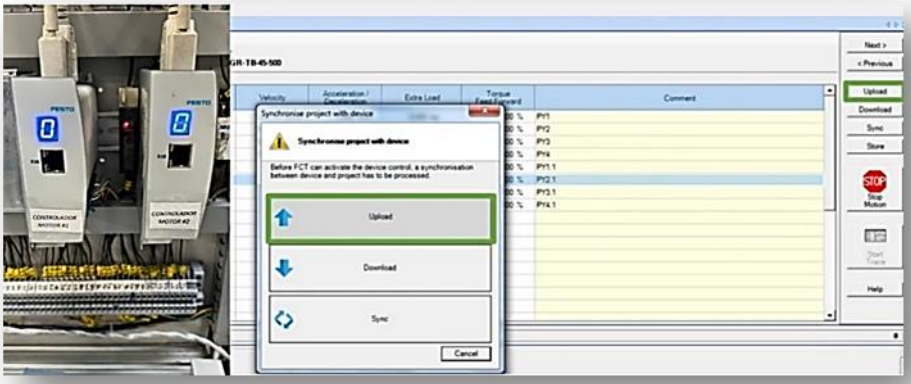


Fuente: Propia del autor.

Si se quiere modificar la posición se tendrá que mover los motores manualmente para ello se debe seguir los siguientes pasos:

1. Cargar el programa al actuador #1 con conexión cable ethernet al PC, dirigirse a la opción Upload → se generará una pestaña nueva de sincronización y se tendrá que dar clic en Upload.

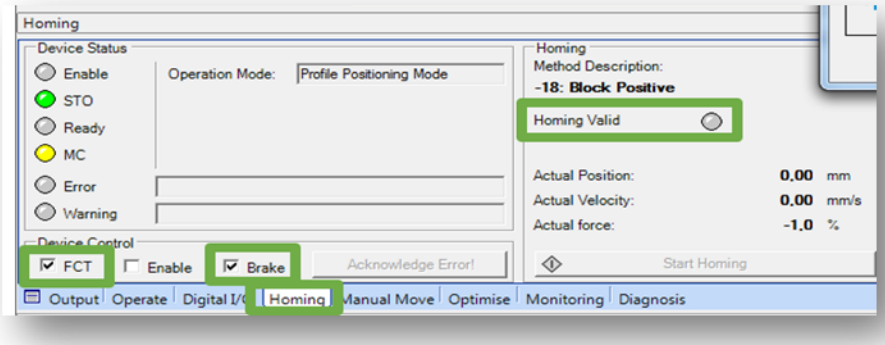
Ilustración 37 Cargado de parámetros.



Fuente: Propia del autor.

2. Ahora se procederá a posicionar el punto cero de referencia para el motor, se posiciona por detección de choque o bloqueo. Tendrá que dirigirse a la pestaña Homing en la parte inferior de la pantalla, se observara que el Homing es invalido, será necesario habilitar FCT (toma el control del dispositivo conectado), Brake y se habilitará la opción de Enable (establece el control habilitado).

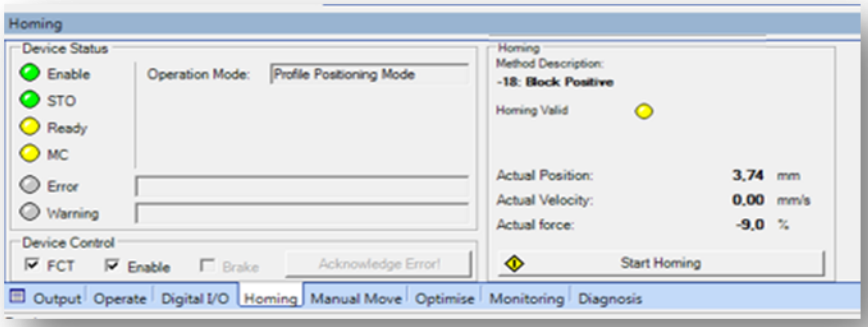
Ilustración 38 Posicionamiento punto cero.



Fuente: Propia del autor.

Después se visualizará que el estado de dispositivos estará habilitado Enable, STO, Ready y MC con esto se habilitará la opción **Start Homing** dando clic y automáticamente se desplazará ligeramente el eje “Y” hacia la izquierda hasta que se genere la detección de choque y mostrara que Homing es válido.

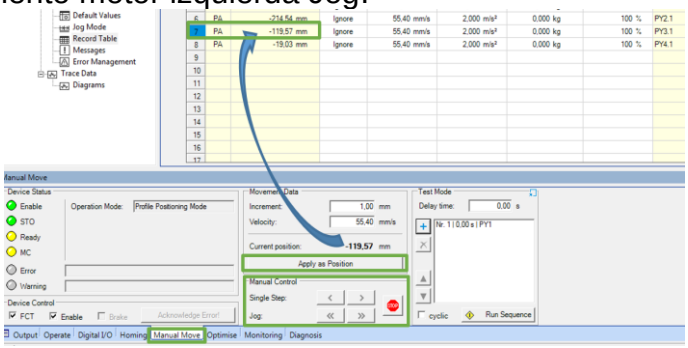
Ilustración 39 Validación de Homing.



Fuente: Propia del autor.

3. Se tendrá que ingresar a Manual Move en esta ventana se podrá desplazar el motor continuamente a la izquierda o derecha con la opción Jog o Single Step el motor se mueve por pasos. Esto dará el punto exacto donde sera desplazado en milímetros y guardarlo en la tabla en la opción Apply as Position

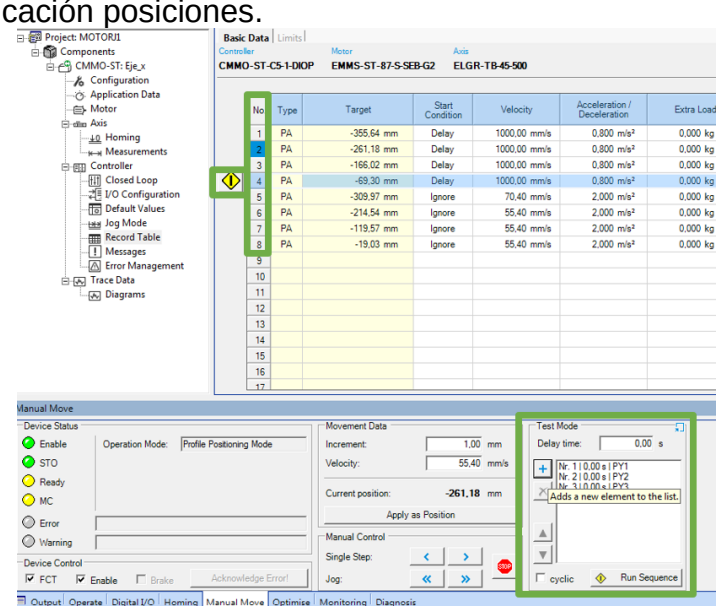
Ilustración 40 Movimiento motor izquierda Jog.



Fuente: Propia del autor.

4. Si se desea verificar las posiciones guardadas se tiene la opción de comprobar cada una de ellas o seleccionar todas en un ciclo repetitivo. Para dirigirse a una posición se debe ir a la tabla y seleccionar cualquier posición guardada, al lado del número de la posición se mostrará un rombo amarillo y se tendrá que dar doble clic sobre él y automáticamente se desplazará; antes de hacer el proceso solicitara descargar el software al controlador por si se realizó algún cambio.

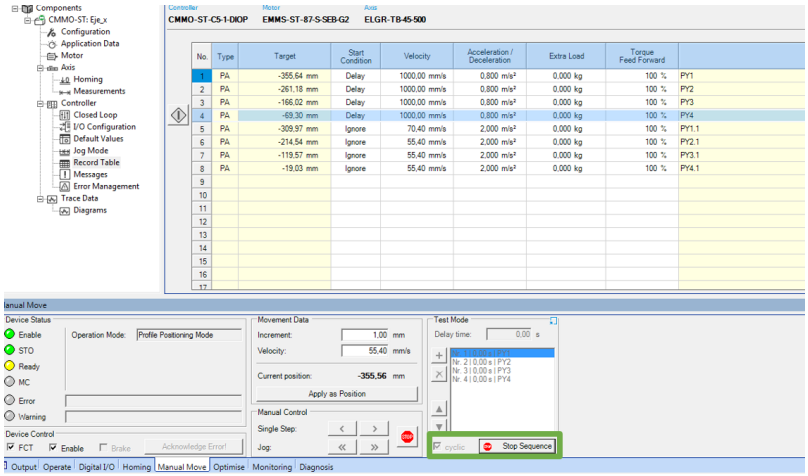
Ilustración 41 Verificación posiciones.



Fuente: Propia del autor.

Si se quiere que realice un ciclo o un bucle de movimientos por posiciones debe dirigirse a la tabla Test Mode , allí seleccionar la posiciones que se quieren agregar con la opción + o x para eliminar. Luego de esto dar clic en Run Sequence y se dará el ciclo una vez y para que se realice un bucle clic en la opción Cyclic.

Ilustración 42 Bucle de movimientos por posiciones.



Fuente: Propia del autor.

Se realiza el mismo procedimiento para el archivo MOTORJ2 del motor #2

4.4. CONFIGURACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LAS POSICIONES.

Ya configurado todas las posiciones de los servomotores se procederá a programar en TIA Portal. se tomará como ejemplo la primera posición de la franja amarilla como se muestra en la siguiente ilustración y se realizará dos movimientos en ese punto, como se había mencionado parte superior Posicionamiento y parte inferior Almacenamiento de pieza.

Ilustración 43 Descripción Posiciones.

Fuente: Propia del autor.

Para esta posición P1 arrancara desde el punto cero hasta realizar estos dos movimientos que tendrán como nombre de variable en el TIA PORTAL k3 (posicionamiento) y k3.1 (almacenamiento de pieza). Ahora se procederá a tomar la primera posición que se agrego en la tabla de Festo configuration tools para el motor #1 del eje ´´Y´´ que tendrá como salida 4 bit del PLC al actuador de los motores.

Bit de posición P1 para el motor My

Tabla 4.Posiciones Almacén

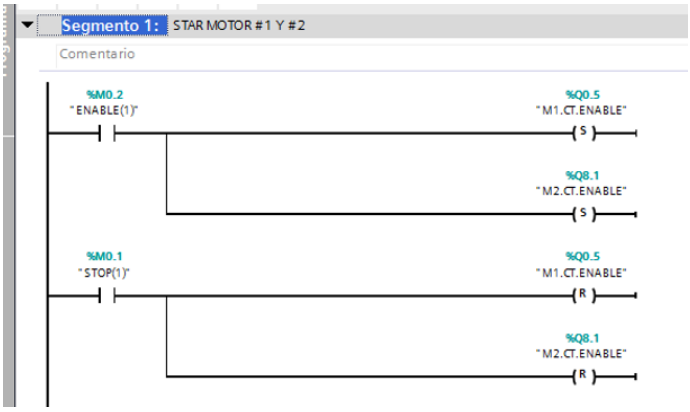
MOTOR # 1		POSICIONAMIENTO	ALMACENA LA PIEZA
NOMBRE DE LA VARIABLE	VARIABLE	K3	K3.1
PY1	Q0.0	1	1
PY2	Q0.1	0	0
PY3	Q0.2	0	1
PY4	Q0.3	0	0

Fuente: Propia del autor

Ahora se programará desde TIA portal, se realizaran los siguientes pasos para la realización del programa.

1. Se creará un nuevo segmento de líneas de programación llamada STAR MOTOR #1 Y #2, En esta parte se identificarán M1.CT. Enable que es el bit que permitirá habilitar el funcionamiento del motor del eje Y; será habilitada y seteada desde la pantalla HMI con un botón llamado Enable(1) y será resetada con variable Stop(1)

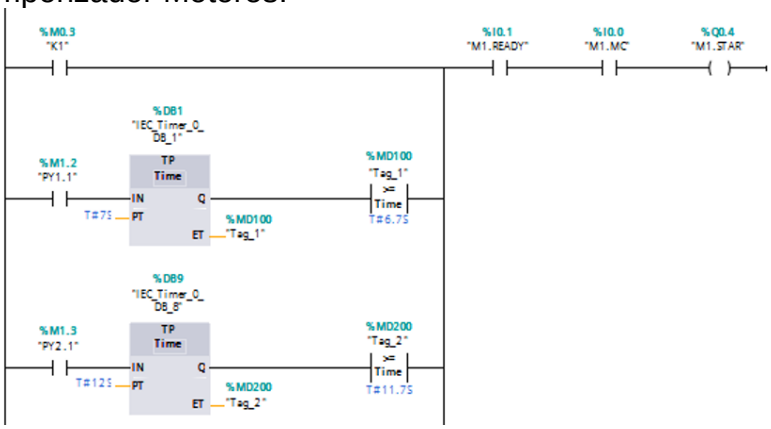
Ilustración 44 Programación Start Motor 1 Y 2.



Fuente: Propia del autor.

Después se debe agregar otra línea programación donde se habilitará automáticamente los controladores de los servomotores con las siguientes variables ya creadas. M1.MC bit que confirma el posicionamiento y M1.Ready bit que comunica al PLC que el motor se encuentra listo y como salida se habilitará M1.STAR bit que indica que se debe desplazar a la posición establecida. También se necesitará agregarle un tiempo para que llegue al posicionamiento y cuando almacena la pieza. Debemos agregar una variable tipo memoria PY1.1 que tardará en desplazarse 7 segundos con un temporizador TP desde la posición cero hasta el lugar donde la va almacenar en K3. Para que esta condición se realice se tendra que habilitar un pequeño pulso así que se agrega un comparador que cuando sea mayor a 6.5 segundos en TP envié un pulso a 0.3 segundos, habilitando el M1. STAR. ahora también se realizará el mismo proceso para k3.1 que almacena la pieza con un tiempo de 12 segundos y con un pulso de 0.3 segundos.

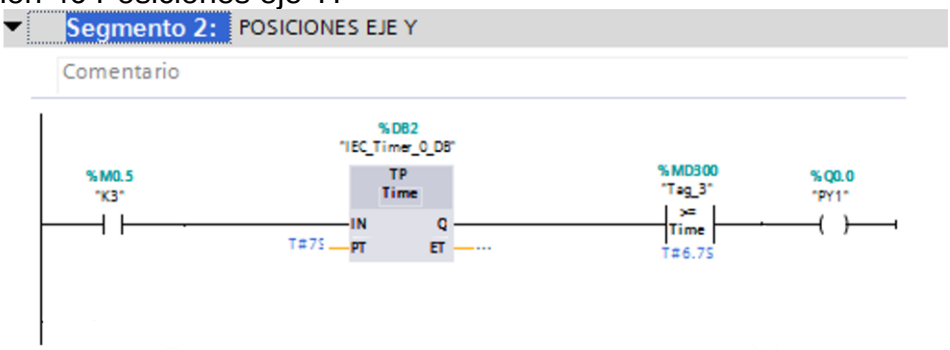
Ilustración 45 Temporizador Motores.



Fuente: Propia del autor.

2. Para el segundo segmento de línea de programación tomara como nombre POSICIONES EJE Y. para habilitar el movimiento de posicionamiento de K3 de entrada, se debe habilitar Q0.0 como nombre de variable PY1 que en este caso solo habilita un bit de salida. Tener en cuenta que también tendrá el mismo tiempo que le se le agrego para habilitar M1.STAR ya que esta tiene que ser activada al mismo tiempo para que la condición de confirmación de posicionamiento se realice.

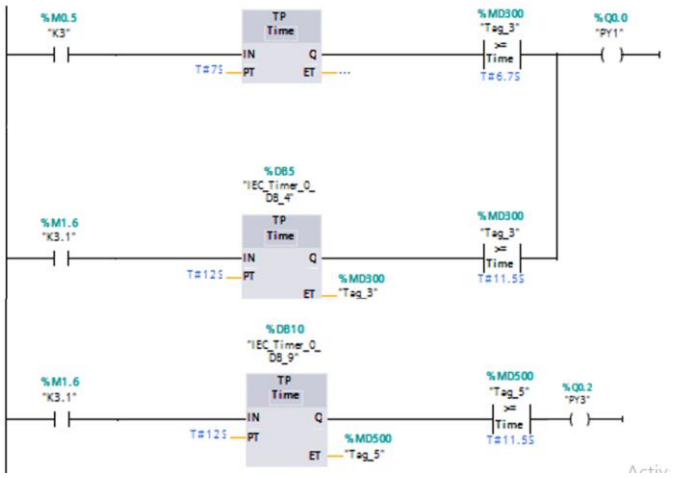
Ilustración 46 Posiciones eje Y.



Fuente: Propia del autor.

Se realizará el mismo proceso para K3.1 que habilitará dos bits de salida Q0.0 Y Q0.2 que dará la confirmación de almacenamiento de pieza con los mismos tiempos establecidos.

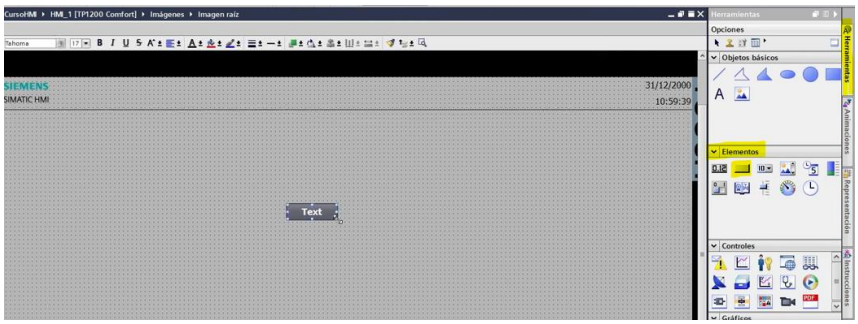
Ilustración 47 Confirmación de almacenamiento de pieza.



Fuente: Propia del autor.

3. Se creará un botón para habilitar K3 Y K3.1 en el panel HMI para dirigirse a la posición establecida en el programa. Debe dirigirse a la carpeta del HMI en el árbol del proyecto, clic en imágenes → imagen raíz. Esto desplegara en la parte izquierda unas opciones de herramientas se tendrá que dar clic elementos → botón y se creara un recuadro, se puede establecer el tamaño y con doble clic agregarle un texto en nuestro caso se le asignara el nombre de A1 al botón.

Ilustración 48 Creación Botón HMI.



Fuente: Propia del autor.

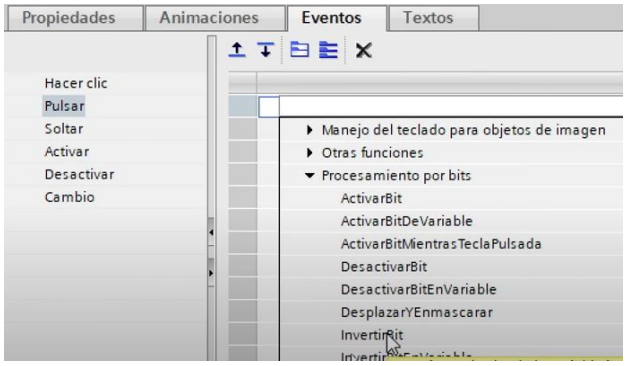
En la pestaña inferior en propiedades dará diversas opciones para modificar tamaño, color, aspecto, parpadeo entre otras cosas. Estas opciones no se utilizarán para el ejemplo así que se continuara con el proceso.

Ilustración 49 Opciones características de diseño de botón.

Fuente: Propia del autor.

Ahora se agregarán las condiciones. Deberá dirigirse a la misma pestaña en Eventos→ Al pulsar se desplegará un número de acciones, se escogerá Procesamiento por bits → ActivarBit.

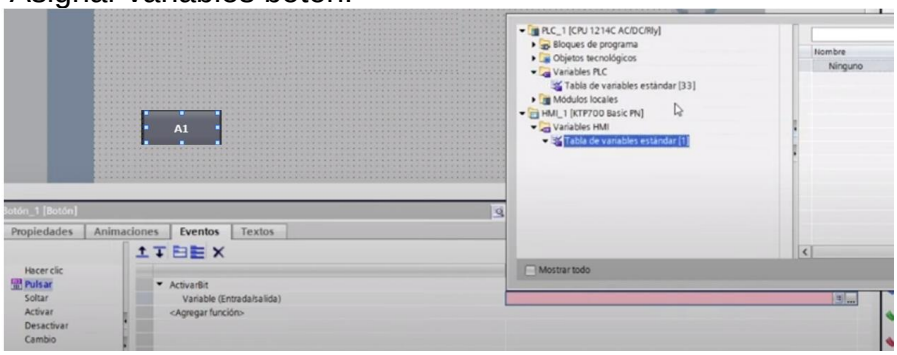
Ilustración 50 Condiciones botón.



Fuente: Propia del autor.

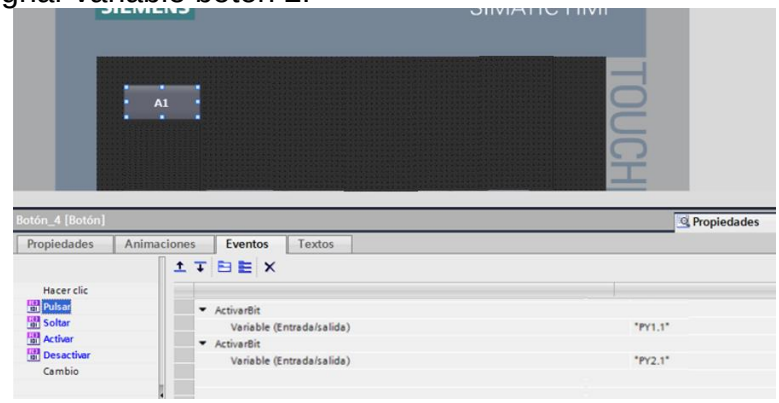
Tener en cuenta que este botón tiene que pulsar el PY1.1 - PY2.1 que será la activación de M1.STAR y activar los bits del controlador PY1 - PY3 para dirigirse a la posición establecida, ya en la opción de pulsar se tendrá quje dar clic en los tres punticos en la franja roja, deberá dirigirse a Variables PLC → Tabla de variable estándar escoger la variable y realizar este proceso nuevamente para la siguiente variable en la opción agregar función.

Ilustración 51 Asignar variables botón.



Fuente: Propia del autor.

Ilustración 52 Asignar variable botón 2.



Fuente: Propia del autor.

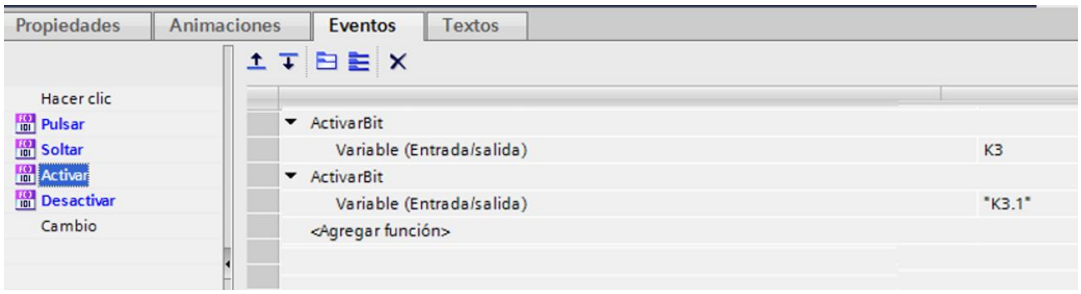
Después de agregar las dos variables se procede hacer el mismo procedimiento, pero esta vez en Soltar → Procesamiento por bits → DesactivarBit y escoger las mismas variables para deshacer el clic.

lustración 53 Procedimiento botón soltar.

Fuente: Propia del autor.

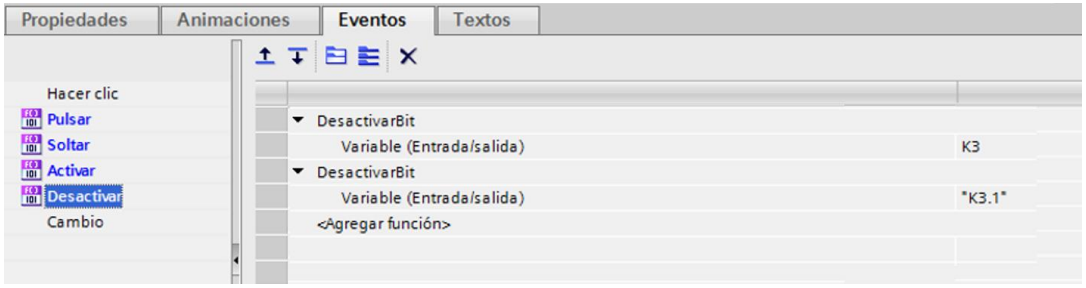
Tendrá que dirigirse ahora activar los bits del controlador con el mismo procedimiento, opciones Activar y Desactivar agregando las variables K3 y K3.1.

Ilustración 54 Activar bit controlador,



Fuente: Propia del autor.

Ilustración 55 Desactivar bit controlador.

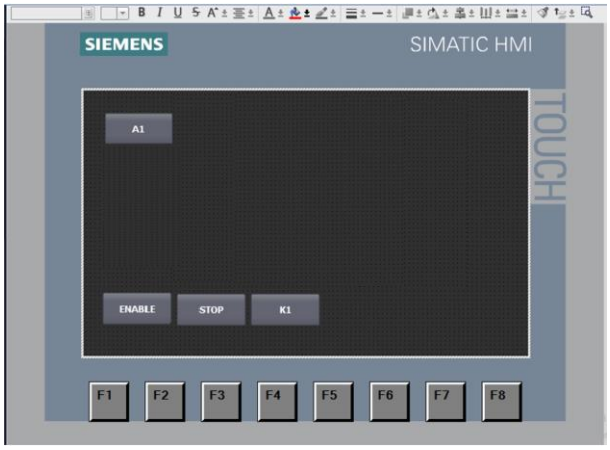


Fuente: Propia del autor.

Listo nuestro botón ya quedara creado y con las variables establecidas para ser activado.

4. Se procederá a crear tres botones el primero con el nombre ENABLE que será seteado con la variable Enable(1) para activar el M1.CT.ENABLE, esta tendrá la opción de hacer clic en pulsar y soltar haciendo que el motor se encuentre activado. El segundo con el nombre STOP que será reseteado con el nombre de la variable STOP(1) , opción Hacer clic → pulsar y soltar realizando el desactivación del motor. Y por último un botón que nos servirá para que los motores lleguen a su posición cero, tendrá el nombre de k1 que será activada con la variable k1 opción Hacer clic → pulsar y soltar. Después se procederá a cargar el programa al panel HMI y se realizaran las pruebas.

Ilustración 56 Resultado botones pantalla HMI.



Fuente: Propia del autor.

Ciclo de manejo: ENABLE (ACTIVAR MOTOR)→ K1 (POSICION *CERO)→* ***A1*** (POSICIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE PIEZA)→ STOP (DESACTIVAR MOTOR).

5. INSTRUCTIVO

El objetivo del instructivo (ANEXOA) es proporcionar a los estudiantes una guía paso a paso para programar e implementar una pantalla HMI utilizando el PLC Siemens S7-1200 y el software TIA Portal. Este documento les permitirá desarrollar sus propios proyectos y prácticas relacionadas con la automatización industrial. El instructivo estará disponible para descargar a través de un código QR (ANEXOH) para facilitar el acceso y la referencia.

Materiales necesarios:

- Computadora con el software TIA Portal Versión 14 instalado.
- PLC Siemens S7-1200 con fuente de alimentación y módulos de E/S.
- Pantalla HMI SIEMENS KTP700 con el PLC Siemens S7-1200.
- Conexión de red o cable de programación para conectar el PLC a la computadora.

En el instructivo se encuentran y desarrollan los siguientes los siguientes tópicos para el desarrollo e implementación de un sistema HMI:

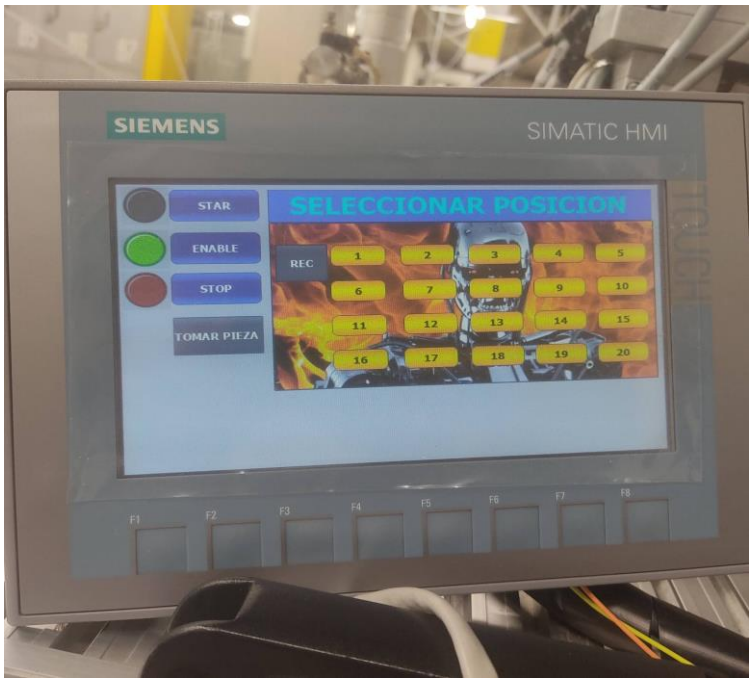
- Establecer una comunicación segura y confiable entre el PLC y la pantalla HMI utilizando los protocolos compatibles.
- Conecta el PLC Siemens S7-1200 y la pantalla HMI al TIA Portal utilizando una conexión de red o un cable de programación
- Desarrollo en TIA Portal para crear un proyecto nuevo.
- Como diseñar la interfaz gráfica de usuario en la pantalla HMI, considerando los elementos clave como botones, indicadores, gráficos y alarmas.
- Configura los módulos de E/S y la comunicación entre el PLC y la pantalla HMI.
- Configura las variables y las direcciones de memoria correspondientes para el intercambio de datos entre ambos dispositivos.
- Utiliza el lenguaje de programación Ladder o el lenguaje estructurado (SCL) en el TIA Portal para programar el PLC.

6. RESULTADOS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Como resultado de implementar los anteriores pasos descritos en el capítulo anterior , se logró diseñar una interfaz gráfica en la que se integraron los botones que dan inicio al proceso (START) detiene el proceso (STOP) y permite habilitar (ENABLE) los motores de los Ejes (X,Y) de la estación mecatrónica como se puede apreciar en la ilustración (Ilustración 56) , el operario mediante dichos botones digitales logro controlar el proceso, además de esto se puedo comprobar que el proceso se puede detener si la máquina está incurriendo en algún error , si se está estrellando , o está afectando la integridad de alguna persona mediante el paro de emergencia, arrojando una alerta de fallo en la pantalla HMI .

Se diseño en otra Slider de la HMI el estante de la estación, con el cual se pudo seleccionar y dejar satisfactoriamente la pieza en cada lugar sin incurrir en ningún error, tendiendo así un 100 % de éxito en cada ciclo que realizo la máquina.

Ilustración 57 Diseño Final interfaz HMI.



Fuente: Propia del autor.

Para la programación de los controladores implico una serie de pasos y consideraciones para garantizar el funcionamiento óptimo de ajuste de aceleración, velocidad y posición; ya esto dependerá lo que le establezca el usuario que va a programar o modificar algún cambio. Como resultado se programó cada posición para el motor del eje X y Y con sus respectivos nombres para que nos proporcione de formal visual las pociones establecidas que permite al operador ver si están eficientemente correctas con el sistema

Ilustración 58 Posicionamientos numero 2.

No.	Type	Target	Start Condition	Velocity	Acceleration / Deceleration	Extra Load	Torque Feed Forward	
1	PA	487,66 mm	Delay	1000,00 mm/s	1,500 m/s²	0,000 kg	100 %	recolector
2	PA	342,77 mm	Delay	1000,00 mm/s	1,500 m/s²	0,000 kg	100 %	1
3	PA	263,52 mm	Delay	1000,00 mm/s	1,500 m/s²	0,000 kg	100 %	2
4	PA	187,86 mm	Delay	1000,00 mm/s	1,500 m/s²	0,000 kg	100 %	3
5	PA	112,09 mm	Delay	1000,00 mm/s	1,500 m/s²	0,000 kg	100 %	4
6	PA	33,23 mm	Ignore	1000,00 mm/s	2,000 m/s²	0,000 kg	100 %	5
7								

Fuente: Propia del autor.

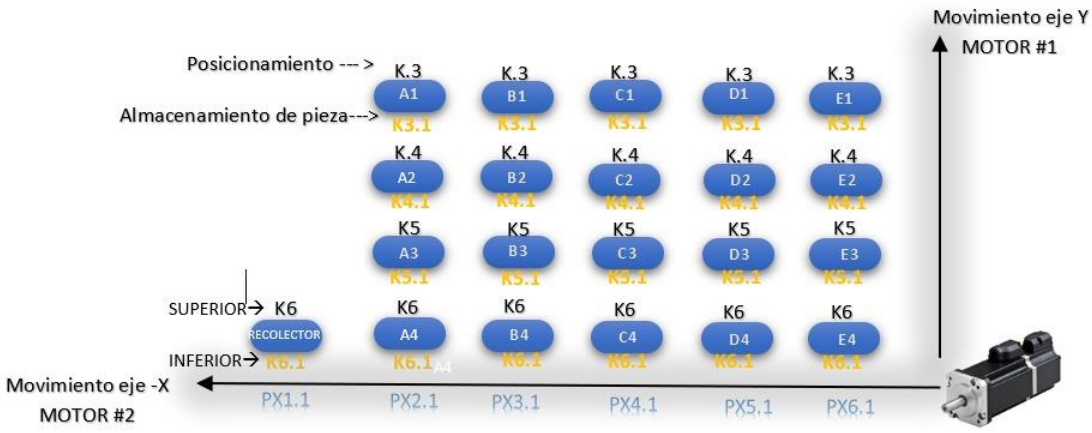
Ilustración 59 Posicionamiento motor numero 1.

No.	Type	Target	Start Condition	Velocity	Acceleration / Deceleration	Extra Load	Torque Feed Forward	
1	PA	-355,64 mm	Delay	1000,00 mm/s	0,800 m/s²	0,000 kg	100 %	PY1
2	PA	-261,18 mm	Delay	1000,00 mm/s	0,800 m/s²	0,000 kg	100 %	PY2
3	PA	-166,02 mm	Delay	1000,00 mm/s	0,800 m/s²	0,000 kg	100 %	PY3
4	PA	-69,30 mm	Delay	1000,00 mm/s	0,800 m/s²	0,000 kg	100 %	PY4
5	PA	-309,97 mm	Ignore	70,40 mm/s	2,000 m/s²	0,000 kg	100 %	PY1.1
6	PA	-214,54 mm	Ignore	55,40 mm/s	2,000 m/s²	0,000 kg	100 %	PY2.1
7	PA	-119,57 mm	Ignore	55,40 mm/s	2,000 m/s²	0,000 kg	100 %	PY3.1
8	PA	-19,03 mm	Ignore	55,40 mm/s	2,000 m/s²	0,000 kg	100 %	PY4.1

Fuente: Propia del autor.

Como segundo punto se realizó toda la parte de la programación en el TIA portal teniendo en cuenta que se tuvo que dar un nombre a cada variable por cada movimiento establecido y se determinó un tiempo por cada ciclo de trabajo. Como resultado se diseñó de forma más amigable para supervisar y controlar la posición que se desea llegar mediante los datos programados con respecto a los planos del almacén.

Ilustración 60 Posiciones Estante.



Fuente: Propia del autor.

Tabla 5 Tabla de posicionamiento por bit del eje y

POSICIONES DE MOTOR								
	K3	K4	K5	K6	K 3.1	K 4.1	K5.1	K6.1
Q 0.0	1	0	1	0	1	0	1	0
Q 0.1	0	1	1	0	0	1	1	0
Q 0.2	0	0	0	1	1	1	1	0
Q 0.3	0	0	0	0	0	0	0	1

Fuente: Propia del autor.

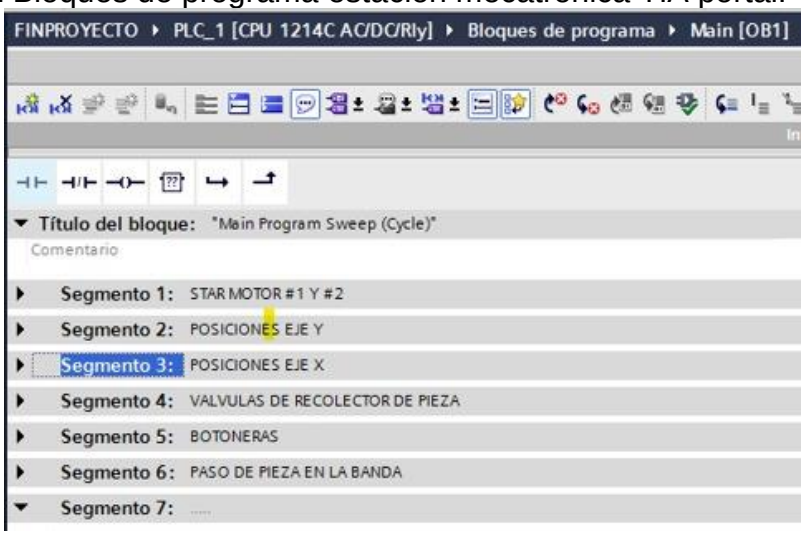
Tabla 6 Tabla de posicionamiento por bit eje X

POSICIONES DE MOTOR EJE X						
	PX1.1	PX2.1	PX3.1	PX4.1	PX5.1	PX6.1
Q 0.6	1	0	1	0	1	0
Q 0.7	0	1	1	0	0	1
Q 1.0	0	0	0	1	1	1

Fuente: Propia del autor.

Por último, se muestra la implementación del programa completo utilizando todos los elementos de la estación mecatrónica, ya realizado por bloques de programa las diferentes etapas que componen los procesos de la estación.

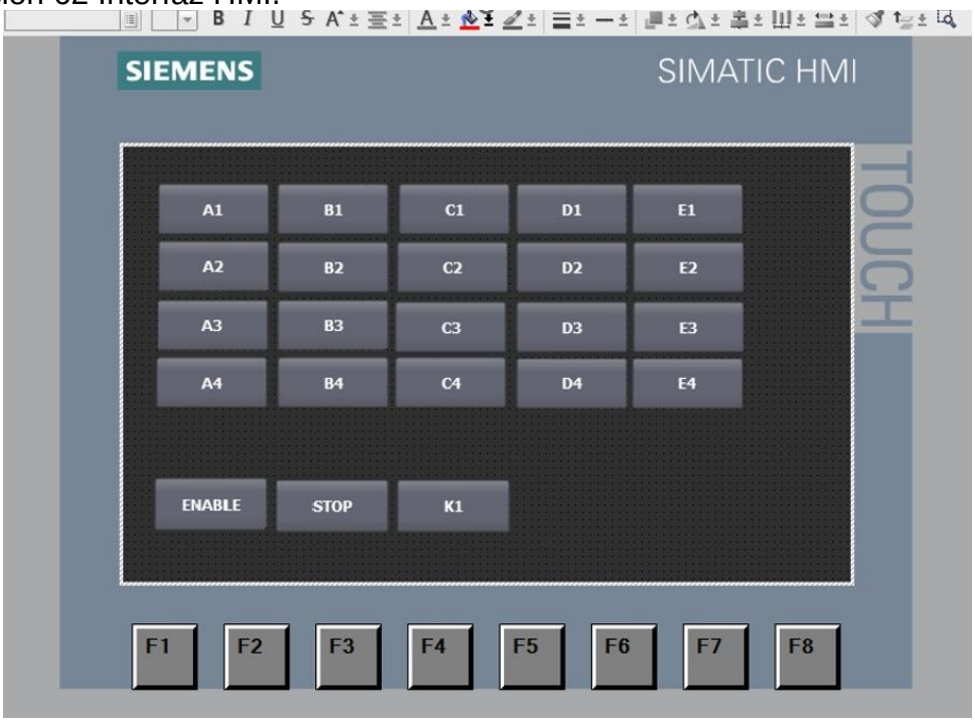
Ilustración 61 Bloques de programa estación mecatrónica TIA portal.



Fuente: Propia del autor.

Se obtiene como resultado la interfaz gráfica completa del almacén, permitiendo al operario controlar el posicionamiento de la pieza

Ilustración 62 Interfaz HMI.



Fuente: Propia del autor.

7. CONCLUSIONES

A partir del análisis procedente y dando respuesta a la pregunta inicialmente planteada ¿Es posible que la implementación de una interfaz HMI permita la comprensión, aplicación y afianzamiento de conocimientos en automatización? , se puede concluir que durante el desarrollo de una práctica como lo es el diseño e implementación de una Interfaz HMI , se evidenció que definitivamente se afianzaron conocimientos en diferentes campos de la ingeniería que se vienen trabajando durante la carrera profesional como lo es el diseño , ejercido tanto en el levantamiento de planos en el desarrollo visual de la interfaz de la HMI, además de esto se fortalecieron conocimientos en el área de la automatización realizando el desarrollo de la programación de lo motores paso a paso y los diferentes actuadores para que funcionaran en armonía en un proceso continuo.

Se lograron controlar y monitorear las variables de posición y velocidad de los motores paso a paso del almacén de la estación mecatrónica mediante al software configuration Tools, logrando así completar el ciclo total de funcionamiento de la estación el cual anteriormente no se encontraba programado, permitiendo así poder seleccionar la ubicación donde se desea dejar las piezas , cabe resaltar que el objetivo inicialmente planteado para controlar desde la pantalla HMI con un sistema SCADA no fue posible implementarla ya que no se cuenta con los licenciamientos necesarios para la integración de los dos programas involucrados

Para el desarrollo de futuras prácticas y ya que este proyecto se encuentra orientado a un ambiente académico se diseñó un instructivo que servirá de apoyo y guía a docentes, personal de laboratorio y estudiantes a interpretar, ejecutar y conocer la manera de programar procesos simulados en la pantalla HMI que imiten a las líneas de producción que son usadas actualmente en la industria de la automatización. Esto con el objetivo de facilitar la interacción del usuario con el mismo y hacer más fácil y comprensivo el uso del equipo.

8. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Durante la implementación de la interfaz HMI a la estación mecatrónica se plantea para una futura renovación , la posibilidad de diseñar una aplicación móvil la cual permita el monitoreo del estado de la estación de manera remota , mediante conexión de IP , ya que método actualmente se emplea para planes de mantenimiento tanto de líneas de producción, como en sistemas de seguridad electrónica , además de esto debido a la creciente contaminación global y la necesidad de la humanidad de encontrar diferentes alternativas energéticas , se considera la opción suministrar la energía de alimentación de la estación mecatrónica ya sea de manera total o parcial , haciendo uso de las energías renovables como lo son la energía solar y eólica . Como una alternativa adicional se puede explorar la opción de incluir modelamiento tres de para el seguimiento del proceso mediante la pantalla HMI.

9. REFERENCIAS

[1] SIEMENS, «SIEMENS,» [En línea]. Available: https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6AV2123-2GB03-0AX0.

[2] M. Inc., «motores y generadores,» [En línea]. Available: https://motoresygeneradores.com/servomotores-consideraciones-generales/.

[3] E. P. COMPANY, «ENCODER PRODUCT COMPANY,» [En línea]. Available: https://www.encoder.com/article-que-es-un-encoder.

[4] SIEMENS, «SIEMENS SIE PORTAL,» 2022. [En línea]. Available: https://mall.industry.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Product/6AV2123-2GB03-0AX0.

[5] SICMA21, «SICMA21,» [En línea]. Available: https://www.sicma21.com/que-son-los-actuadores-en-la-industria/.

[6] F.-G. E. ,. Q.-A. V. ,. B.-L. J. Quezada-Quezada José Carlos, «Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable».

[7] H. T. L. ,. C. C. ,. E. T. Marco Singaña, «Diseño e Implementación de Sistema SCADA y HMI, utilizando».

[8] J. Q.-Q. R. C.-M. M. C.-B. E. Flores-García, «Propuesta de automatización del proceso industrial de empaquetado de platos de poliestireno expandido empleando PLC y HMI».

[9] O. K. ,. O. G. ,. A. T. ,. O. K. Yuriy Kondratenko, «Automation of control processes in specialized pyrolysis complexes based on web SCADA systems,» 2017.

[10] S. F. Yachou, Evaluación de estándares HMI/SCADA Aplicación de la guía GEDIS a los Sistemas SCADA del NAP (Network Access Point) de Canarias, La Laguna, 2014.

[11] C. d. f. t. p. l. industria, «Centro de formacion tecnica para la industria,» [En línea]. Available: https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/.

[12] A. 2. C. d. f. t. p. l. industria, «Aula 21,» [En línea].

[13] P. PROGRAMACIONSIEMENS.COM, «PS PROGRAMACIONSIEMENS.COM,» [En línea]. Available: https://programacionsiemens.com/s7-1200/.

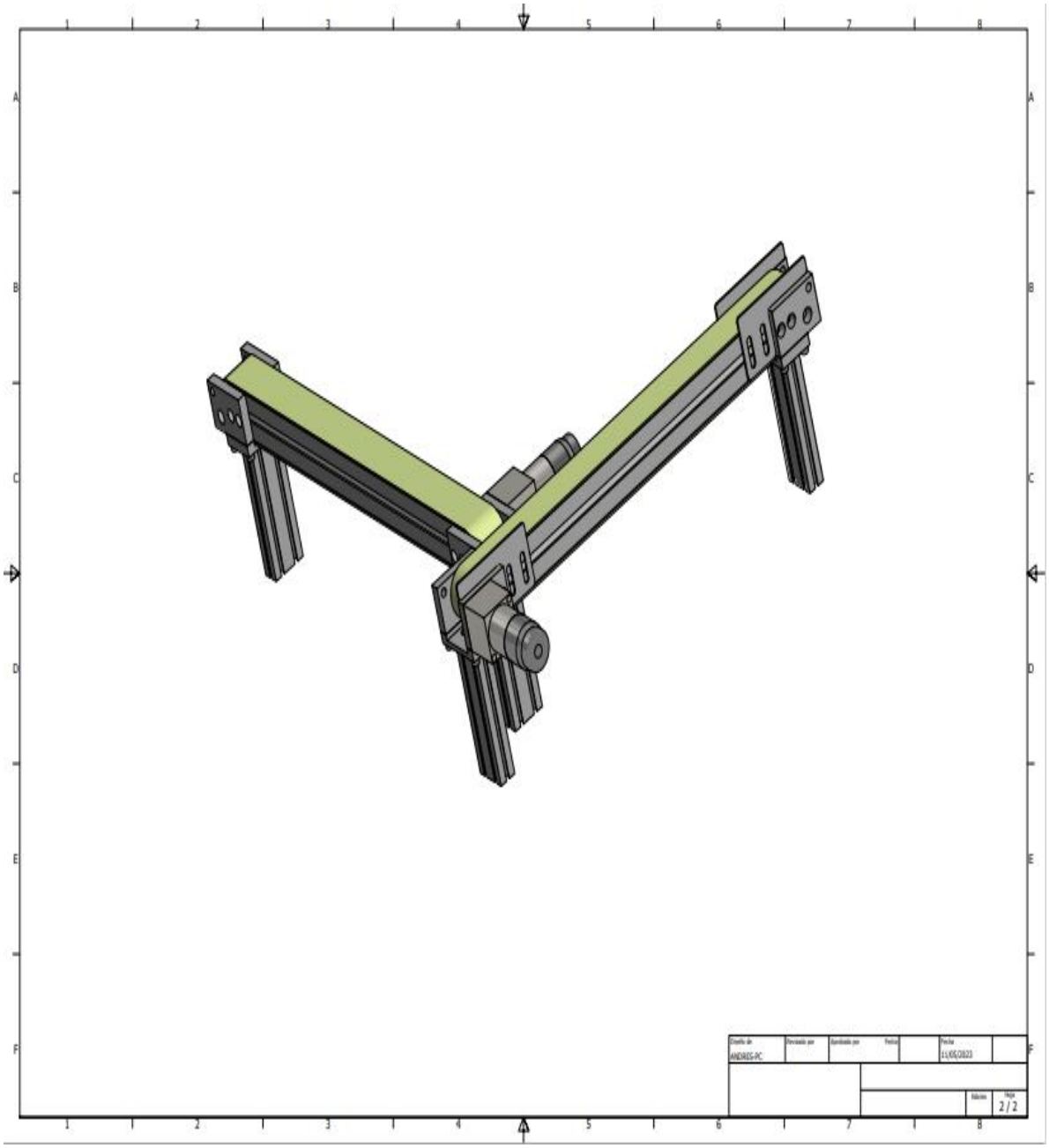
[14] SIEMENS, «SIEMENS,» [En línea]. Available: https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/tia-portal/basics-programming-s7-1200/sce-031-100-fc-programming-s7-1200-r1709-es.pdf.

[15] https://www.sicma21.com/que-son-los-actuadores-en-la-industria/, «SICAMA21,» [En línea]. Available: https://www.sicma21.com/que-son-los-actuadores-en-la-industria/.

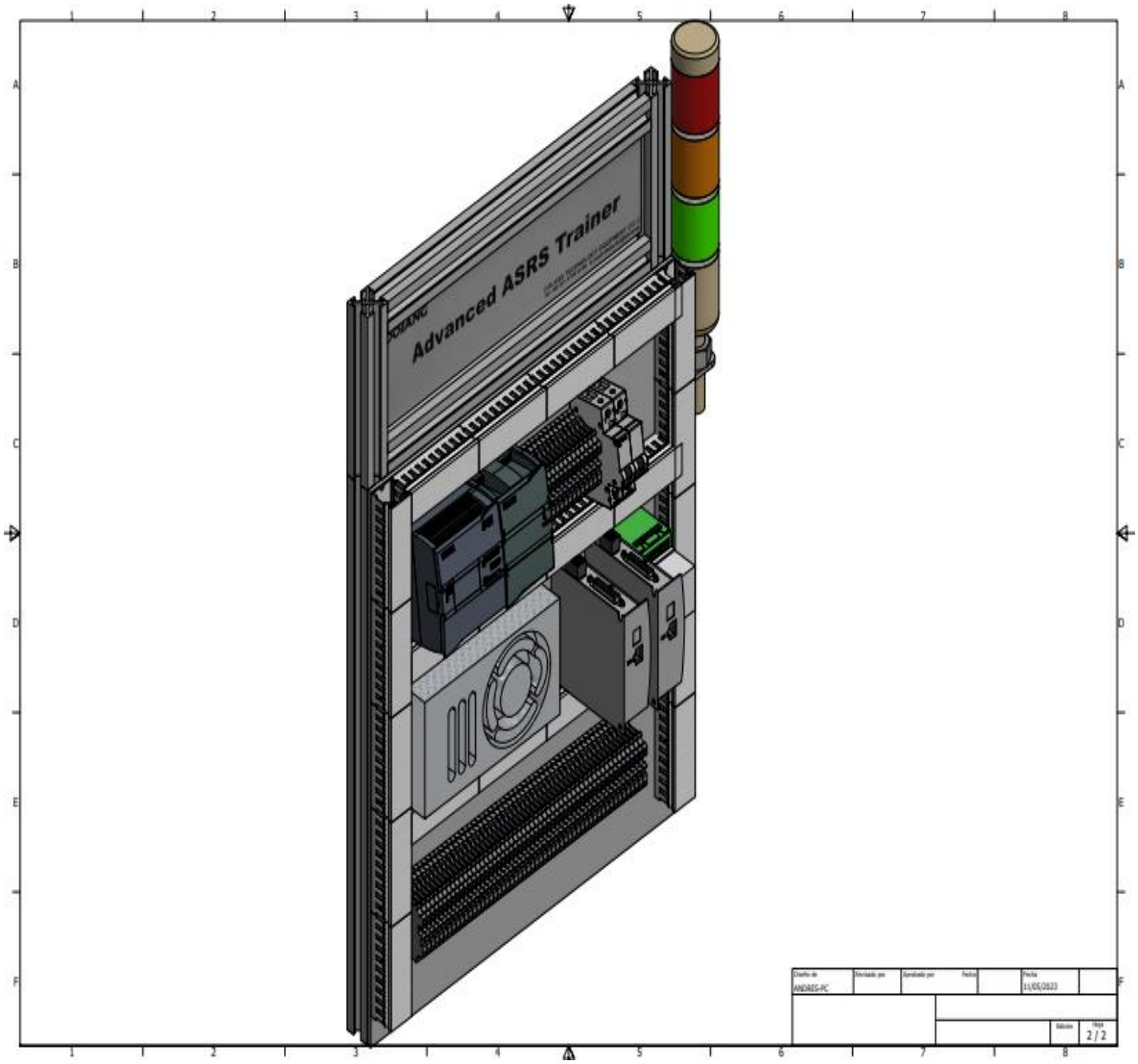
[16] SICMA21, «SICAMA21,» [En línea]. Available: https://www.sicma21.com/que-son-los-actuadores-en-la-industria/.

ANEXO A. PORTADA INSTRUCTIVO

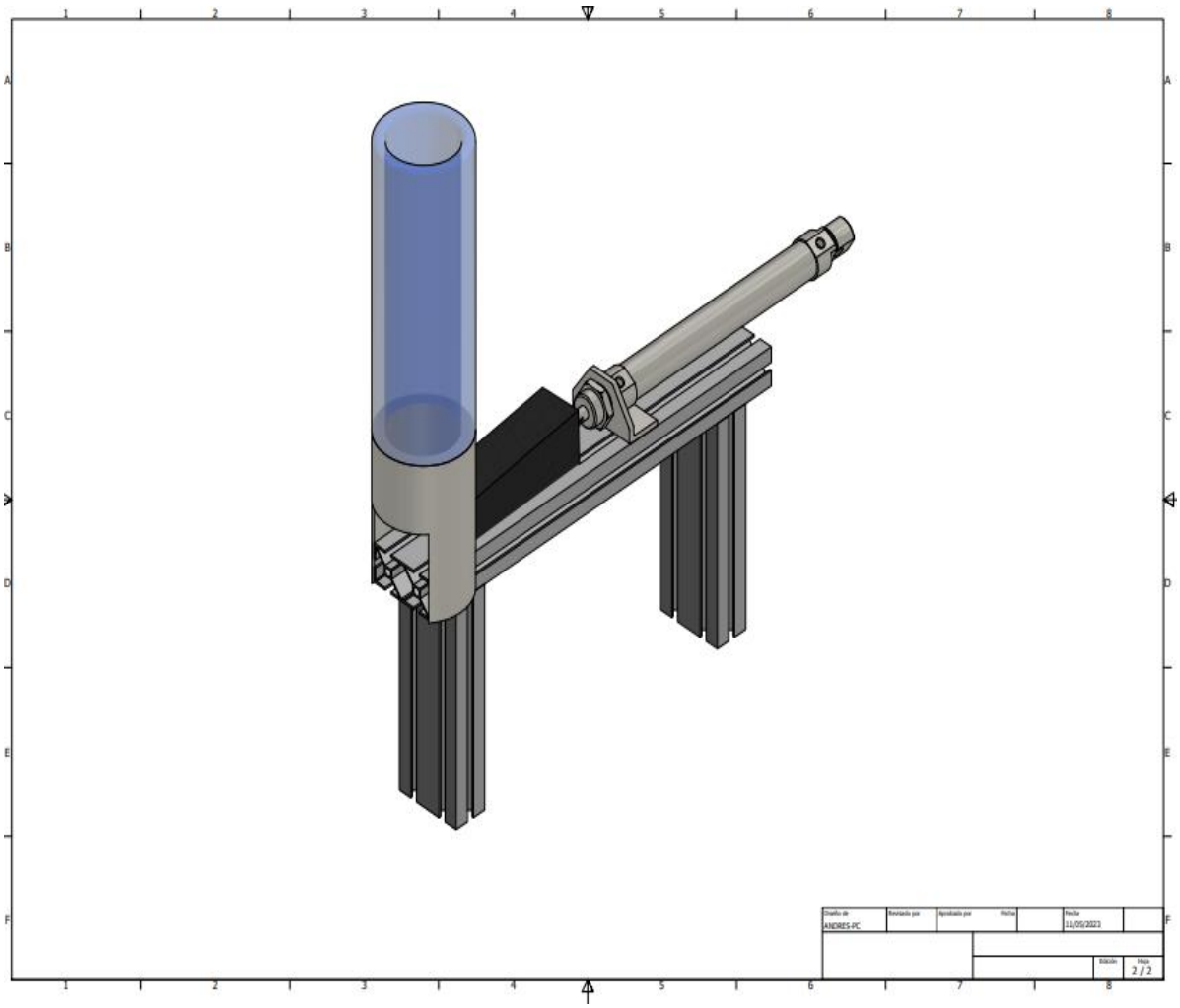
ANEXO B. DISEÑO BANDA ESTACIÓN MECATRÓNICA



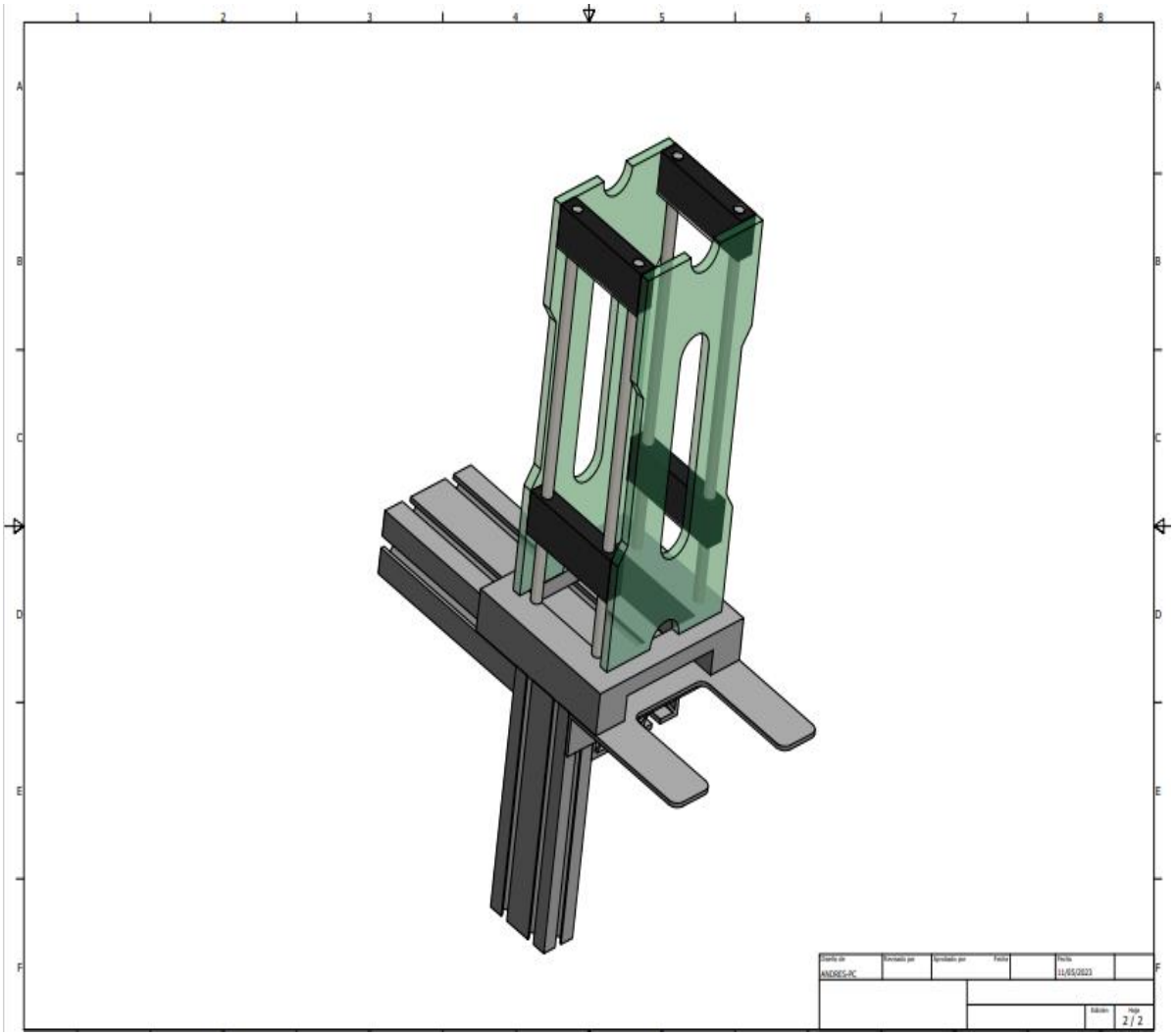
ANEXO C. DISEÑO TABLERO ELECTRICO



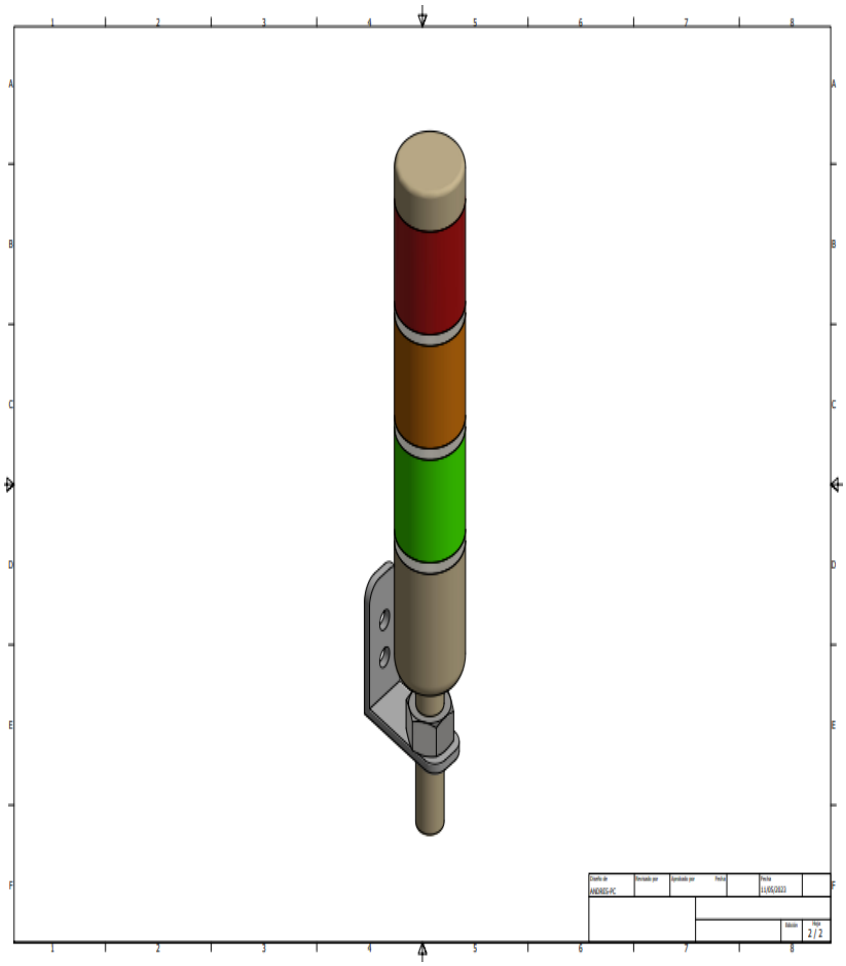
ANEXO D. PLANO ALIMENTADOR PRODUCTO



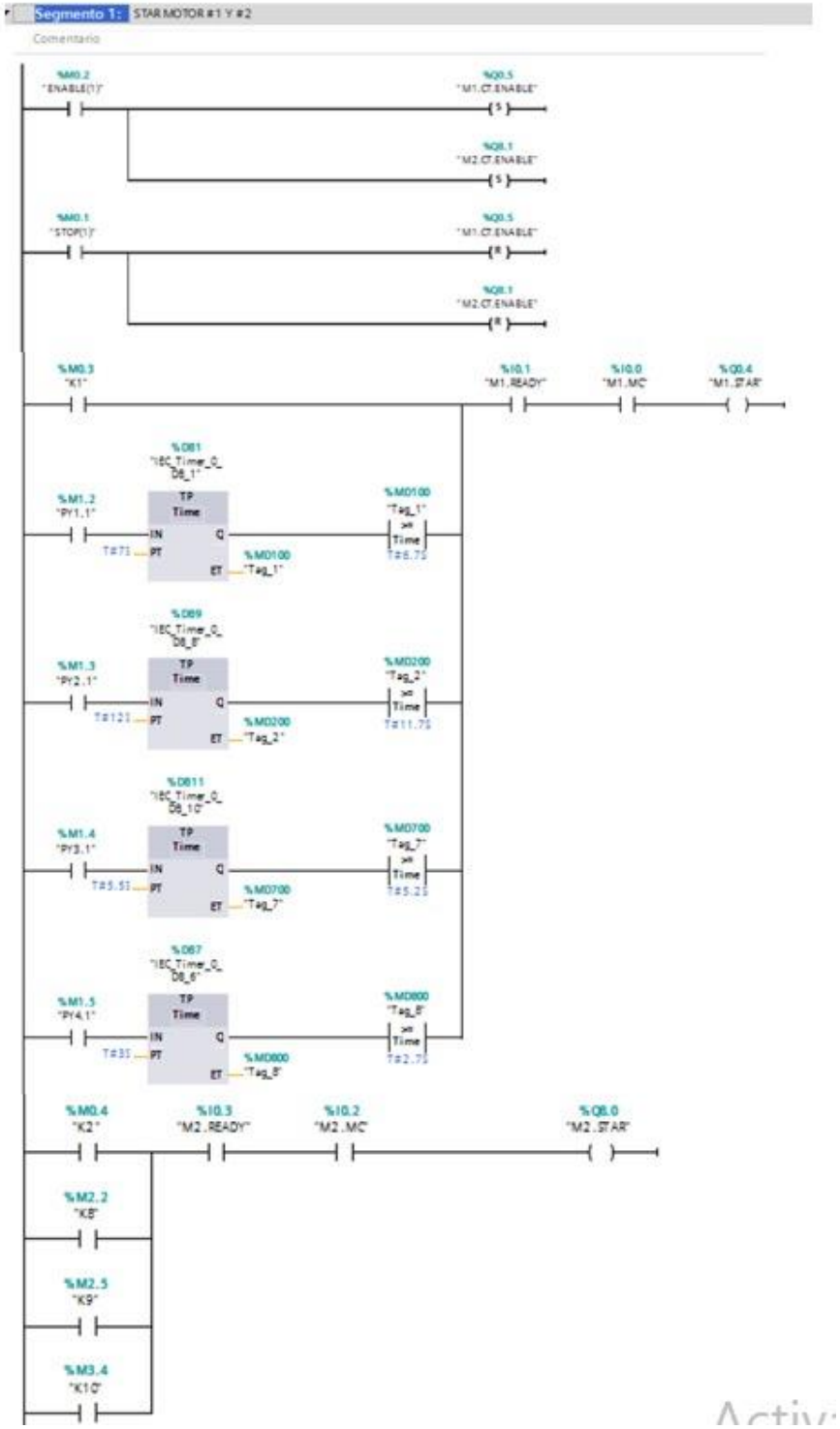
ANEXO E. PLANO ALINETADOR BASES



ANEXO F. PLANO BALIZA



ANEXO G. PROGRAMACION TIA PORTAL



ANEXO H. CODIGO QR INSTRUCTIVO