



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EL
CLASIFICADO Y EMPAQUETADO DE FRESAS**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la
obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

ÁREA: Industrial y Manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Electrónica y Automatización.

AUTOR: José David Mena Chungata

TUTOR: Ing. Franklin Wilfrido Salazar Logroño, Mg.

Ambato - Ecuador

febrero - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EL CLASIFICADO Y EMPAQUETADO DE FRESAS, desarrollado bajo la modalidad de Proyecto de Investigación por el señor Mena Chungata José David, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, febrero 2024

Ing. Franklin Wilfrido Salazar Logroño, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EL CLASIFICADO Y EMPAQUETADO DE FRESAS, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtual, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, febrero 2024



José David Mena Chungata

C.C. 180488469-8

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, febrero 2024



José David Mena Chungata

C.C. 180488469-8

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Mena Chungata José David, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado: FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EL CLASIFICADO Y EMPAQUETADO DE FRESAS, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, febrero 2024

Ing. Pilar Urrutia Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Altamirano Meléndez Santiago, Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. , Guamán Molina Jesús, Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por darme salud y vida en estos años de estudio universitario a mi madre y padre quienes fueron el pilar fundamental para permitirme cumplir mi meta.

A mis hermanos, amigos, pareja quienes fueron parte de las jornadas de estudio y quien estuvieron apoyándome en los momentos difíciles de la carrera.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, por formar profesionales y me encaminaron con sus enseñanzas.

A mis maestros de cada semestre que, durante todo el proceso, fueron los que me llenaron de conocimiento forjándome como un gran profesional en la sociedad y mi docente tutor quien me guio con su conocimiento para poder culminar mi proyecto de titulación.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| PORTADA | i |
| APROBACIÓN DEL TUTOR | ii |
| AUTORÍA | iii |
| DERECHOS DE AUTOR | iv |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO | v |
| DEDICATORIA | vi |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| ÍNDICE GENERAL | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xii |
| RESUMEN EJECUTIVO | xv |
| ABSTRACT | xvi |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I | 2 |
| MARCO TEÓRICO | 2 |
| 1.1 Tema de investigación | 2 |
| 1.2 Antecedentes investigativos | 2 |
| 1.2.1 Contextualización del problema | 5 |
| 1.2.2 Fundamentación teórica | 7 |
| 1.3 Objetivos | 31 |
| 1.3.1 Objetivo general | 31 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 31 |
| CAPÍTULO II | 32 |
| METODOLOGÍA | 32 |
| 2.1. Materiales | 32 |
| 2.2. Métodos | 33 |
| 2.2.1 Enfoque | 33 |
| 2.2.2 Modalidad de investigación | 34 |
| 2.1.3 Población y muestra | 35 |

| | |
|---|----|
| 2.1.4 Recolección de información | 35 |
| 2.1.5 Procesamiento y análisis de datos..... | 36 |
| CAPÍTULO III | 38 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 38 |
| 3.1 Diseño mecánico..... | 40 |
| 3.1.1 Descripción de alternativas de modelos de máquina clasificadora..... | 40 |
| 3.1.2 Criterios de evaluación de alternativas | 40 |
| 3.1.3 Evaluación de los pesos específicos según los criterios | 41 |
| 3.1.4 Esquema del Diseño de la Máquina..... | 42 |
| 3.2 Descripción del proceso de clasificado, pesado y empaquetado | 55 |
| 3.2.1 Ingreso de las fresas | 55 |
| 3.2.2 Clasificación de la fruta | 55 |
| 3.2.3 Desplazamiento de fruta clasifica | 56 |
| 3.2.4 Pesaje de contenedores..... | 57 |
| 3.2.5 Empaqueta y sellado | 58 |
| 3.3 Diseño eléctrico | 60 |
| 3.3.1 Diagrama eléctrico en software de simulación | 60 |
| 3.3.2 Diagrama eléctrico del sistema de pesado en el software de simulación | 62 |
| 3.3.3 Diagramas de control de variables..... | 63 |
| 3.3.4 Protocolo de comunicación..... | 66 |
| 3.3.5 Comunicación Arduino y PLC..... | 68 |
| 3.4 Programación del PLC..... | 73 |
| 3.4.1 Programación TIA PORTAL V15 | 73 |
| 3.4.2 Conexión con KEPServerEX 6 | 83 |
| 3.4.3 Conexión TIA portal, KEPServerEX 6 y Wonderware InTouch..... | 89 |
| 3.5 Resultado del funcionamiento de la maquina clasificadora de fresas | 95 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| CAPÍTULO IV | 98 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 98 |
| 4.1 Conclusiones | 98 |
| 4.2 Recomendaciones | 99 |
| MATERIALES DE REFERENCIAS..... | 101 |
| ANEXOS | 105 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Modelos de clasificación manual . | 8 |
| Tabla 2. Modelos de clasificación mecánico . | 9 |
| Tabla 3. Etapas sucesivas del diseño . | 17 |
| Tabla 4. Materiales utilizados en la investigación. | 32 |
| Tabla 5. Evaluación de los pesos específicos según los criterios. | 41 |
| Tabla 6. Evaluación de criterios con las alternativas. | 42 |
| Tabla 7. Criterios de evaluación para seleccionar el motor. | 45 |
| Tabla 8. Selección de motor. | 47 |
| Tabla 9. Características del motor Deimos. | 47 |
| Tabla 10. Descripción de los elementos mecánicos para el sistema de transmisión. | 48 |
| Tabla 11. Características del eje rotatorio. | 48 |
| Tabla 12. Matriz de selección del módulo IoT. | 49 |
| Tabla 13. Características del módulo de Arduino Ethernet Shield. | 50 |
| Tabla 14. PLC-SIMATIC S7-1200 . | 51 |
| Tabla 15. Características del módulo de Arduino Mega. | 51 |
| Tabla 16. Características del servomotor. | 52 |
| Tabla 17. Características del módulo HX711. | 53 |
| Tabla 18. Características del sensor de proximidad capacitivo. | 53 |
| Tabla 19. Tamaño de fresas. | 56 |
| Tabla 20. Entrada y salidas de las maquina clasificadora de fresas. | 61 |
| Tabla 21. Código de Arduino. | 68 |
| Tabla 22. Asignación de frecuencias. | 79 |
| Tabla 23. Número de contenedores clasificado por banda. | 95 |
| Tabla 24. Número de contenedores clasificado por banda. | 96 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Prototipo de la máquina clasificadora de fresa. | 7 |
| Figura 2. Banda transportadora de productos | 13 |
| Figura 3. Ciclo básico del proceso de diseño y su enfoque sistemático | 16 |
| Figura 4. Pirámide de automatización | 19 |
| Figura 5. Tipos de redes de comunicación industria | 21 |
| Figura 6. Ciclo básico del proceso de diseño y su enfoque sistemático..... | 22 |
| Figura 7. Ciclo básico del proceso de diseño y su enfoque sistemático..... | 22 |
| Figura 8. Representación de las normativas para el desarrollo de HMI..... | 24 |
| Figura 9. Controladores del sistema SCADA. | 25 |
| Figura 10. Diagrama Básico Del Sistema SCADA..... | 26 |
| Figura 11. PLC Siemens S7-1200 | 28 |
| Figura 12. Interfaz Hombre-Máquina. | 29 |
| Figura 13. Servomotor | 30 |
| Figura 14. Sensor capacitivo | 30 |
| Figura 15. Representación de un sistema SCADA en LabVIEW..... | 31 |
| Figura 16. Esquema de comunicación de dispositivos..... | 38 |
| Figura 17. Esquema de control y monitorización..... | 39 |
| Figura 18. Esquema de la máquina clasificadora de fresas..... | 43 |
| Figura 19. Diseño de la estructura de la máquina. | 44 |
| Figura 20. Diseño del sistema de transmisión de la máquina. | 44 |
| Figura 21. Diseño del sistema de clasificado. | 49 |
| Figura 22. Entradas y salidas de Arduino Mega. | 52 |
| Figura 23. Diseño del sistema de pesado y empaquetado. | 54 |
| Figura 24. Modelo final del diseño de la máquina clasificadora..... | 54 |
| Figura 25. Ingreso de fresas a la maquina clasificadora..... | 55 |
| Figura 26. Banda troquelada de la banda 1 y 2. | 56 |
| Figura 27. Bandeja de clasificado. | 57 |
| Figura 28. Ductos de clasificación. | 57 |
| Figura 29. Circuito de pesaje..... | 58 |
| Figura 30. Banda de empaquetado. | 59 |
| Figura 31. Proceso de empaquetado..... | 59 |

| | |
|--|----|
| Figura 32. Diagrama de conexiones en CadeSimu..... | 60 |
| Figura 33. Diagrama de conexiones con el Arduino. | 62 |
| Figura 34. Conexión de elementos eléctricos..... | 63 |
| Figura 35. Lazo de control del motor. | 64 |
| Figura 36. Lazo de control de servomotor 1. | 64 |
| Figura 37. Lazo de control de servomotor 2. | 64 |
| Figura 38. Lazo de control de servomotor 3. | 65 |
| Figura 39. Lazo de control de motor pequeño 1..... | 65 |
| Figura 40. Lazo de control de motor pequeño 2..... | 65 |
| Figura 41. Lazo de control de motor pequeño 3..... | 66 |
| Figura 42. Modelo del sistema de comunicación. | 73 |
| Figura 43. Crear nuevo proyecto. | 73 |
| Figura 44. Agregar nuevo dispositivo. | 74 |
| Figura 45. Configuración IP del PLC..... | 74 |
| Figura 46. Activación de marcas de ciclo. | 75 |
| Figura 47. Selección del módulo MB_CLIENT..... | 75 |
| Figura 48. Descripción del MB_CLIENT..... | 77 |
| Figura 49. Programación segmento 1..... | 78 |
| Figura 50. Programación segmento 2..... | 79 |
| Figura 51. Programación segmento 3..... | 80 |
| Figura 52. Programación segmento 4..... | 81 |
| Figura 53. Programación segmento 7..... | 82 |
| Figura 54. Programación segmento 8 y 9..... | 83 |
| Figura 55. Crear nuevo proyecto en Kepsriver..... | 83 |
| Figura 56. Seleccionar el tipo de canal..... | 84 |
| Figura 57. Especificación de identidad del canal. | 84 |
| Figura 58. Especificación de adaptador del canal. | 84 |
| Figura 59. Verificar datos de identidad del canal..... | 85 |
| Figura 60. Crear dispositivo de conexión para el canal..... | 85 |
| Figura 61. Especificación de identidad del dispositivo del canal..... | 86 |
| Figura 62. Designar modelo para el dispositivo de conexión. | 86 |
| Figura 63. Colocar dirección ID de proyecto. | 86 |
| Figura 64. Verificar datos de identidad del dispositivo..... | 87 |

| | |
|--|----|
| Figura 65. Crear Tag de variables. | 87 |
| Figura 66. Variables globales en Tag. | 88 |
| Figura 67. Verificación del estado de los tags creados. | 88 |
| Figura 68. Crear un nuevo proyecto en Wonderware Intouch. | 89 |
| Figura 69. Crear un nuevo proyecto y definir nombre del proyecto. | 90 |
| Figura 70. Iconos de configuración para los actuadores. | 90 |
| Figura 71. Crear canal de comunicación. | 91 |
| Figura 72. Configuración de canal de comunicación. | 91 |
| Figura 73. Pantalla de inicia del control. | 92 |
| Figura 74. Pantalla de controles. | 92 |
| Figura 75. Pantalla de control manual. | 93 |
| Figura 76. Pantalla de control automático. | 93 |
| Figura 77. Pantalla de monitorización. | 94 |
| Figura 78. Pantalla de registro de datos. | 94 |
| Figura 79. Control de resultados del proceso de clasificación de fresas. | 96 |

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo diseñar, construir y automatizar una máquina de clasificación de fresas. Iniciando con un análisis cualitativo y cuantitativo de las alternativas para determinar el sistema de clasificación, el modelo seleccionado se basa en el principio de una mesa de clasificación dividida en tres secciones. Enseguida se seleccionan los elementos, dispositivos electrónicos y eléctricos necesarios para la construcción. Cada una de las piezas de la máquina se diseñaron en el software AutoCAD y la elección de los componentes implementados se realizaron mediante comparaciones de los elementos por aspectos predefinidos. Finalmente, se construye la máquina mediante el ensamblaje de los componentes y elementos.

La comunicación de los componentes de la máquina se establece a través del protocolo Modbus TCP/IP, que opera como cliente-servidor enviando una trama de solicitud, el cual indica al esclavo que operación debe realizar en función con un registro de datos de Holding Register. Además, se utiliza Keypserver como canal de comunicación entre los softwares TIA PORTAL V15, Arduino y Wonderware Intouch.

El sistema de control automático permite supervisar y monitorear la cantidad de contenedores de fresas que la máquina clasifica. También permite la manipulación de los actuadores de la máquina en dos modos de operación: manual y automático.

Las pruebas ejecutadas en la máquina de clasificación y empaquetado de fresas demuestran una capacidad de producción de 55.61 kg por hora, con un promedio de entre 63 y 64 contenedores de fresas pequeñas, medianas y grandes.

Palabras clave: Máquina, clasificación, diseño, construcción, automatización, Protocolo Modbus.

ABSTRACT

The aim of this research project is to design, build and automate a milling cutter sorting machine. Starting with a qualitative and quantitative analysis of the alternatives to determine the sorting system, the selected model is based on the principle of a sorting table divided into three sections. Next, the elements, electronics and electrical devices required for the construction are selected. The individual parts of the machine were designed in AutoCAD software and the choice of the implemented components was made by comparing the elements by predefined aspects. Finally, the machine is built by assembling the components and elements.

The communication of the machine components is established through the Modbus TCP/IP protocol, which operates as a client-server by sending a request frame, which indicates to the slave which operation to perform based on a Holding Register data register. In addition, Keypserver is used as a communication channel between TIA PORTAL V15, Arduino and Wonderware Intouch software.

The automatic control system allows to supervise and monitor the amount of burr containers that the machine sorts. It also allows manipulation of the machine's actuators in two modes of operation: manual and automatic.

Tests run on the strawberry sorting and packing machine demonstrate a production capacity of 55.61 kg per hour, averaging between 63 and 64 bins of small, medium and large strawberries.

Keywords: Machine, classification, design, construction, automation, Modbus protocol.

INTRODUCCIÓN

La feroz competencia a nivel mundial ha sido un motor clave en el avance de sistemas ciberfísicos altamente desarrollados, así como en sistemas inteligentes y autónomos. Este fenómeno ha sido particularmente evidente en el sector de manufactura y mecánica, donde las empresas se han visto en la necesidad de transformar profundamente sus procesos de producción. En este contexto, la Industria 4.0 y la manufactura inteligente desempeñan un papel esencial en esta revolución al crear algoritmos avanzados que supervisan y controlan sistemas de manufactura, gestión y modelos de negocio con el objetivo de optimizar la eficiencia, aumentar la flexibilidad y fortalecer la propuesta de valor.

El Capítulo I abarca el marco teórico, donde se exponen los antecedentes investigativos basados en investigaciones previas con características similares al tema propuesto. Además, se contextualiza el problema, resaltando la necesidad de diseñar y fabricar una máquina automatizada para clasificar y empacar fresas. También se proporciona una fundamentación teórica que contribuye a profundizar en la investigación.

El Capítulo II detalla los materiales y la metodología empleados, siguiendo un enfoque cuali-cuantitativo. Se describe el diseño, la construcción y la monitorización de la máquina automatizada, considerando la necesidad de precisión y la recopilación de datos numéricos. Además, se destaca la recopilación de información cualitativa valiosa de expertos en el campo.

El Capítulo III presenta los resultados y la discusión, donde se expone la alternativa seleccionada para la construcción y automatización de la máquina. Se detalla la elección de elementos, dispositivos, sensores y actuadores. Se describe el desarrollo de un protocolo de comunicación, la programación para el proceso de clasificación de las fresas y el control a través de pantallas de HMI mediante un sistema SCADA.

El Capítulo IV se dedica a las conclusiones y recomendaciones, con el propósito de resumir los resultados obtenidos y ofrecer sugerencias relacionadas con la fabricación de la máquina automatizada para clasificar y empacar fresas. Finalmente, se incluye la bibliografía utilizada en el desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

“FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EL CLASIFICADO Y EMPAQUETADO DE FRESAS”

1.2 Antecedentes investigativos

Para el desarrollo del proyecto de investigación se ha recurrido a varios recursos bibliográficos y estudios con similares características para obtener una asesoría e instrucción para el presente estudio, obteniendo la siguiente información:

En base del estudio denominado “Diseño y construcción de una máquina clasificadora de duraznos de tipo exportación utilizando inteligencia artificial”, presentado en la Universidad Autónoma De Bucaramanga, como trabajo de titulación desarrollado por María Camila Granados Giraldo y Jhoynner Alfredo Carrillo Hernández, ciudad de Bucaramanga en el año 2020 concluye que “para clasificar la fruta se debe controlar la iluminación, específicamente en la zona de captación de imágenes evitando sombras que afecten en las decisiones. Además se debe verificar que los agujeros de salida del durazno coincidan con los discos de salida superior. El control y monitorización se lleva a cabo por medio de una aplicación móvil que muestra una interfaz gráfica donde los operarios puedan verificar los valores, el estado de las etapas de clasificación en las que se encuentran realizando y los datos en tiempo real [1]”.

En base del estudio denominado “Diseño y construcción de una máquina clasificadora para obtención de huevos de sitotroga en la empresa Bioagro”, presentado en la Universidad Tecnológica De Pereira, como trabajo de titulación desarrollado por Juan Carlos Dávila Q fdfduintero, ciudad de Pereira en el año 2014 concluye que “primero se definen las características del bastidor móvil, permitiendo que tuviera la posibilidad de realizar alimentación de material a separar, es decir, un tarro a la vez evitando altos volúmenes de material sin clasificar, obteniendo un flujo de material constante separando los tres elementos que lo componen. El sistema de extracción diseñado cumple con los requerimientos, pues durante la operación de la máquina no se ve polvillo en el ambiente, lo cual indica que el polvillo está siendo conducido al drenaje dispuesto. Además se evidencia

una reducción en el tiempo de producción de 5 minutos por cada tarro estandarizado del laboratorio con producto a separar. La adquisición de la máquina clasificadora de huevos permite una tecnificación obteniendo mejores resultados y un mayor aprovechamiento de sus recursos con la estandarización del proceso [2]”.

En base del estudio denominado “Diseño y simulación de una máquina clasificadora y contadora de tomates de árbol”, presentado en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, como trabajo de titulación desarrollado por Jorge Leonardo Cajamarca Urgilés, ciudad de Cuenca en Ecuador en el año 2021 concluye que “ mediante un sistema de clasificación se genera una tasa de clasificación alrededor de 7200 tomates/hora, respecto a la manualmente entre cuatro personas clasifican 5000 tomates/hora y a medida que pasa el tiempo su rendimiento disminuye a causa de la fatiga muscular y ocular que provoca aquella actividad. La máquina se caracteriza por censar el peso del producto y registra las unidades de cada clase, su funcionamiento está dado por la lectura del sensor, el cual se encargará de enviar la magnitud de fuerza detectada al microcontrolador. El análisis de costo beneficio propuesto para la recuperación de la inversión a partir del análisis de tarifa hora la máquina con los ingresos anuales que se pretende generar en la producción de la zona de tomate de árbol [3]”.

En base del estudio denominado “Diseño y construcción de una máquina clasificadora de fresas a razón de 100 kg/hora”, presentado en la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, como trabajo de titulación desarrollado por Bonifaz Tixi Cristian Fabian y Pallasco Paguay Marco Antonio, ciudad de Riobamba en Ecuador en el año 2017 concluye que “primero se determina las características geométricas de la fresa mediante un estudio de campo, luego se diseñan los elementos correspondientes y se construye la máquina. En la evaluación del desempeño de la máquina se establece un tiempo promedio de clasificación en 40 minutos, en comparación del método manual significa una reducción en 1.2 horas, en el orden económico se obtuvo un ahorro de \$ 600 al mes, reduciendo el tiempo de trabajo y se triplico la cantidad de fresa clasificada [4]”.

En base del estudio denominado “Diseño y construcción de una máquina clasificadora de café según norma INEN 285:2006”, presentado en la Escuela Politécnica Nacional, como trabajo de titulación desarrollado por Christian Rafael Olivo Peñaranda y Ángel Francisco Silva Cueva, ciudad de Quito en el año 2009 concluye que “para construir la máquina

clasificadora de café verde primero se establecen los parámetros funcionales y requerimientos operacionales necesarios. En el área agroindustrial no existe la preocupación ni el interés para diseñar y construir maquinaria para el clasificado de productos agrícolas donde un 90% de éstos vende el café sin clasificar y un 10% clasifica en forma manual. El funcionamiento puede ser controlado por cualquier persona, no se requiere personal calificado, además la máquina puede ser desmontada si se requiere transportarla a otro lugar” [5].

En base del estudio denominado “Diseño y construcción de una máquina clasificadora de cebolla cabezona por tamaños”, presentado en la Universidad Santo Tomás, como trabajo de grado desarrollado por José Nicolas González Cristancho, ciudad de Tunja en el año 2021 concluye que “para seleccionar el modelo de la máquina se evaluaron los requerimientos del cliente y la viabilidad del proyecto. El tiempo promedio de la clasificación del bulto de cebolla de 50 kg fue de 10 segundos aproximadamente a comparación de la clasificación manual se tarda 9 minutos, con un ahorro de 8,8 minutos. El diseño y construcción de la máquina clasificadora de cebolla cabezona por tamaño buscando reducir el tiempo de clasificación, reducir la mano de obra y aumentar la producción [6]”.

La Industria 4.0 hace referencia a una serie de políticas económica gubernamentales basadas en estrategias de alta tecnología fundamentadas en criterios de automatización, digitalización de procesos, uso de tecnologías de electrónica e información de manufactura, prestación de servicios, creación de negocios con mayor valor agregado y que cuenten con la capacidad de interacción e intercambio de información entre máquina y ser humano [7].

En base del estudio denominado “Clasificación de calidad de fresas usando procesamiento de imágenes y máquinas de vectores de soporte”, presentado en el Instituto Tecnológico Metropolitano en la Facultad de Ingeniería de la ciudad de Colombia, como artículo científico desarrollado por Nilssen Marin y Carlos Madrigal, concluye que “ se determinan las características referentes a la forma, tamaño y color de la fruta, mediante la evaluación de imágenes pertenecientes a dos clases de fresas. La clasificación basada en la forma la SVM lineal obtiene una precisión del 100% para diferenciar entre los 2 tipos expuestos. Aunque se obtuvo un error menor referente al 6.5% a la clasificación del tamaño. En algunas fresas al detectarse el cáliz se toman pixeles pertenecientes al área no madura de la fruta lo

que influye en la medida de la madurez, el área de estos píxeles no supera el 20% del área total de la fresa [4].

La tecnología que sustentan la Industria 4.0 y la manufactura inteligente se presenta mediante simulación, los sistemas de integración horizontal y vertical, la ciber-seguridad, la realidad aumentada, los robots autónomos, el Internet Industrial de las Cosas (IIoT), el Big Data (datos masivos) y aplicaciones tecnológicas como: la inteligencia artificial y tecnologías de la información [8].

1.2.1 Contextualización del problema

La elevada competencia a nivel mundial ha provocado el desarrollo de los sistemas ciber físicos (sistemas inteligentes y autónomos), reflejados de manera exponencial implementándose sobre todo en las empresas de manufactura y mecánica por la necesidad de reconfigurar sus procesos de producción [9]. La Industria 4.0 y la manufactura inteligente forman parte de esta evolución creando algoritmos en las computadoras para monitorear y controlar los sistemas de manufactura, gestión y formas de hacer negocios, para optimizar los procesos de fabricación, alcanzar una mayor flexibilidad, eficiencia y generar una propuesta de valor [10].

En la actualidad, varios procesos de clasificación de frutas se realizan mediante máquinas diseñadas para esta tarea específica, con ayuda de mano de obra que complementa estas actividades, generando oportunidades para facilitar y agilizar este proceso integrando sistemas basados en visión artificial, esta tecnología se utiliza principalmente en la industria alimentaria para el control de calidad con la clasificación de frutas por color, características (imágenes establecidas), peso, etc. Debido a la gran cantidad de requerimientos de productos con buena calidad, siendo esta razón que esta etapa se está transformando y empezando a ser del tipo industria automatizada [11].

Las industrias han adoptado sistemas automatizados que ayuden en el procesamiento y control, con la finalidad de detectar y prevenir problemas antes de que sea demasiado tarde o que afecten en el costo del producto, servicio o proceso. Con ello se mejora en general la calidad del producto, aumentando el rendimiento, mitigan las labores manuales obsoletas y engorrosas, las labores automatizadas aumentan la confiabilidad al ejecutar las actividades o tareas de manera más precisa asegurando inspecciones rápidas y eficaces [12].

Día a día se observa una transformación digital en todas las industrias la cual implica que sus procesos es decir todas las actividades que se ejecutan de forma tradicional pasen a ser digitales, lo cual permite mejorar la gestión de operaciones, tener información actualizada del proceso, analizar el tiempo real de los procedimientos y la capacidad de mejora la comunicación entre los grupos de trabajo. Además de identificar y reducir los peligros que afectar la integridad física y mental de los trabajadores [13].

En el sistema educativo de tercer nivel en carreras afines con la tecnología se evidencia una problemática debido a la falta de mecanismos tecnológicos, mecanismos automatizados, sistemas de monitoreo y adquisición de datos, etc. Los cuales permitieran a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial y docentes interactuar con estos sistemas, realizar prácticas simulaciones en tiempo real, exhibiendo como se llevan los procesos de clasificación de manera autónoma y automatizada. Esto a través de los años se ha convertido en un obstáculo pues en la Universidad Técnica de Ambato no cuentan con esta clase de sistemas para el desarrollar las practicas o interacción a profundidad, reduciendo la probabilidad que los futuros profesionales de las carreras técnicas actuales puedan desenvolverse de la manera correcta en un campo laboral práctico en estos ámbitos.

El proceso de clasificación y pesado de la fresa es una actividad que se realiza de forma manual después de la cosecha del producto, estas etapas se basan en clasificar la fresa en calidades: primera, segunda y tercera estas calidades mencionadas tienen que ver directamente con el tamaño del producto, posterior a este proceso se realiza el empaquetado de manera manual, pero considerando las necesidades requeridas por el cliente.

Este trabajo manual llevado a cabo por los productores de esta fruta ha ocasionado que presenten dolores musculares en la columna a causa de las posturas inadecuadas, además de ello la manipulación de la fruta ha provocado enfermedades a largo plazo a causa de los químicos empleados en el fruto, otro problema que se evidencia a causa de los procesos manuales es la demora en el tiempo de entrega, el inadecuado empaquetado del fruto, lo cual ocasiona quejas por parte de los clientes. Siendo fundamental la fabricación de un mecanismo automatizado capaz de clasificar y empaquetar la fresa en tres diferentes grupos (grande, mediana y pequeña), partiendo del diseño y construcción mediante un estudio previo de las técnicas de clasificación y modelos de mecanismos de clasificación, ajustando instrumentos, calibrando componentes para posteriormente realizar pruebas de

funcionamiento necesarias. finalizando con la implementación de un sistema SCADA para monitorizar, controlar y adquirir los datos del proceso.

1.2.2 Fundamentación teórica

Máquina Clasificadora de Fresas

La máquina clasificadora de fresas se desarrolla en base a las necesidades de las personas que laboran en el sector de la fruticultura, las función principal de la misma es el clasificado por tamaño, además de ello tendrá otras funcionalidades importantes como el pesaje y empaquetado de la fruta, todo este proceso se llevara a cabo en distintas fases, como último punto a recalcar gracias a las distintas herramientas que nos ofrece la automatización se implementara un sistema de control y adquisición de datos la cual permitirá el control y monitoreo de la máquina, esta funcionalidad nos permite desarrollar la última etapa en la cual se va adquirir el peso de los contenedores de fresas para posterior a ello imprimir una etiqueta con los pesos respectivos de los contenedores de frutas siendo así el producto estaría listo para su comercialización a continuación se presenta el modelo de la máquina clasificadora.

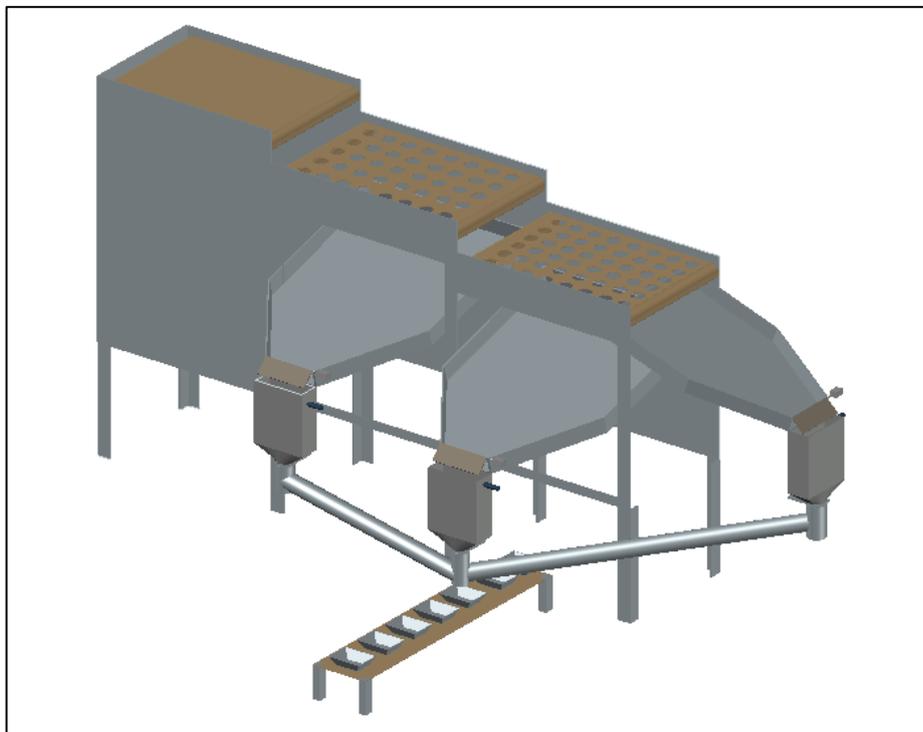


Figura 1. Prototipo de la máquina clasificadora de fresa.

Fresas que se producen en el Ecuador

La producción de la fresa en las últimas décadas ha sufrido un importante crecimiento y por ello la innovación en procesos de cultivo, recolección y clasificación, por ello la necesidad de investigar los aspectos relacionados al color, sabor y resistencia para que soporten trayectos largos al ser transportes sin perder ninguna de sus características [14] [15]. A pesar de que no existan cifras oficiales de producción en el país, el precio en el mercado de la fresa varía en relación del color rojo intenso que presentan cautivado en el mercado exigente para los agricultores, quienes han cambiado sus métodos de cultivo en el campo para obtener cultivos de esta fruta brillante y fresca [16] [17].

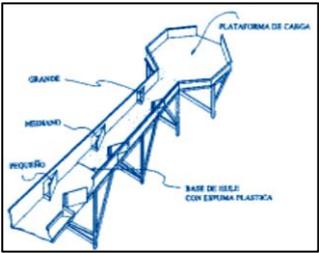
Características geométricas, diámetros, resistencia

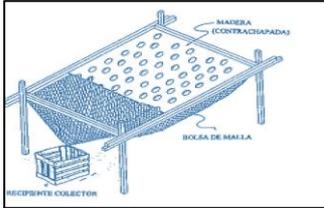
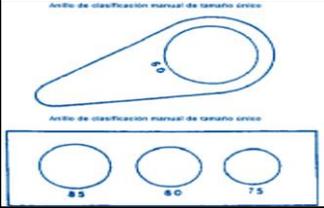
Debido a la gran variedad de fresas que se cultivan en el país, no existen Tablas o registros específicos que describan el dimensionamiento del tamaño, forma o peso de cualquier clase, por ello se debe realizar un estudio previo para determinar las características o dimensionamiento de forma, diámetro, peso, etc. de la clase de fresa seleccionada [17].

Clasificación manual

La clasificación por tamaño se lo realiza en debido a que la fruta de mayor tamaño recibe un mayor valor en el mercado. Es por ello que se crearon métodos para clasificar de manera simple y económica empleando recursos humanos pero que tiende a emplear tiempos excesivos en su clasificación. A continuación, se presenta la Tabla 1 con los principales métodos de clasificación manual [18].

Tabla 1. Modelos de clasificación manual [18].

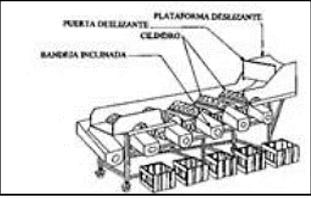
| MÉTODO | DESCRIPCIÓN | FIGURA |
|--------------------|---|---|
| Conducto inclinado | Compuesta de un conducto inclinado rectangular (metal o madera) acolchado donde se vacían y empiezan a ingresar la fruta rodando hacia la parte inferior donde existen restricciones en cada etapa. |  |

| | | |
|--------------------|--|---|
| Mesa clasificadora | Es un grupo de mesas (3 o más) que se usan de manera escalonada, las cuales constan de agujeros de un tamaño específico acorde al tamaño de clasificación. |  |
| Por anillos | Método elemental en las cual se hacen caer las frutas sobre los anillos a acción de la gravedad. |  |

Clasificación mecánica

Con el objetivo de economizar recursos (económicos, humanos y tiempo) durante el proceso de clasificación entre ellos el tiempo debido a que el clasificado tiende a ser periodos largos de clasificación. A continuación, en la Tabla 2 se muestra los principales métodos de clasificación mecánica [18].

Tabla 2. Modelos de clasificación mecánico [18].

| MÉTODO | DESCRIPCIÓN | FIGURA |
|--------------------------|---|---|
| Correas Divergentes | Basado en un número de correas que se mueven a la misma velocidad en la cual el producto es transportado y se van cayendo en función de separación de las bardas. |  |
| Por rodillos | Las frutas se transportan ahora a una sección con cinco ejes en ángulo, con el diámetro que se reduce paso a paso. |  |
| Por cilindros rotatorios | Se compone de cinco cilindros perforados que rotan cuando se pone en marcha, los cilindros están perforado, con agujeros para permitir que las frutas caigan a través de ellos. |  |

Diseño Mecánico de una máquina industrial

Máquina Industrial

Se define como un conjunto de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que están entrelazados entre si con el objetivo de desarrollar un trabajo que genere un producto. La maquinaria industrial comprende un conjunto de máquinas y equipos utilizados por un fabricante en una planta de manufactura, han tenido un gran impacto en la productividad de la industria manufacturera desde la Revolución Industrial el impacto directo consiste en el aumento de la productividad de la mano de obra [19].

Diseño Industrial

El diseño industrial es una disciplina que se encarga de la creación y desarrollo de productos, comenzando por la conceptualización de una idea y continuando con el proceso de fabricación y producción en masa. Trata de una materia multidisciplinar la cual abarca múltiples áreas, tales como el diseño de productos, la ingeniería de diseño, componentes, vehículos, diseño de estructuras, simulación de prototipos, etc. [20].

Alternativas de diseño para la fabricación de una máquina Industrial

- Geometría: La forma y dimensiones de la máquina deben ser adecuadas para su función y para facilitar su fabricación y mantenimiento.
- Peso: El peso de la máquina debe ser lo suficientemente ligero para que pueda ser transportada y manipulada fácilmente, pero también lo suficientemente resistente para soportar las fuerzas que actuarán sobre ella durante su funcionamiento.
- Tiempo de clasificación de frutas: El tiempo de clasificación de frutas es un factor importante a considerar, ya que afecta la productividad de la máquina.
- Costo: El costo de la máquina es un factor importante a considerar, ya que debe ser rentable para el fabricante y el usuario.
- Facilidad de operación: La máquina debe ser fácil de operar para los trabajadores, lo que ayudará a evitar errores y accidentes.
- Seguridad: La máquina debe ser segura para los trabajadores, lo que significa que debe estar diseñada para evitar lesiones.

- **Mantenimiento:** La máquina debe ser fácil de mantener, lo que ayudará a prolongar su vida útil.

Diseño de concepto

El diseño de concepto garantiza una ayuda para completar una idea detrás de un diseño perfecto. Al ser la parte básica del proceso de diseño, refina la idea del proyecto. En base a la selección de un diseño que cumpla con los parámetros y necesidades del proyecto, se pueden establecer varios subsistemas que la máquina deberá poseer para satisfacer el requisito al cual se enfocará [20].

Subsistemas de Alimentación

Los subsistemas de un sistema de servicio de alimentación están clasificados según el propósito por el cual fueron creados y pueden abarcar suministro, producción, distribución y servicio, e higienización y mantenimiento. Dependiendo del tipo de sistema de servicio de alimentación, los subsistemas dentro del sistema pueden variar [20].

Subsistemas de Alimentación de mecanismos para la manipulación de alimentos

- **Tolva de Alimentación:** Es un recipiente que se utiliza para almacenar los alimentos antes de que sean transportados al subsistema de clasificación. La tolva debe ser lo suficientemente grande como para almacenar una cantidad suficiente de alimentos para alimentar el subsistema de clasificación de forma continua.
- **Banda Transportadora:** Es un dispositivo que se utiliza para transportar los alimentos desde la tolva de alimentación al subsistema de clasificación. La banda transportadora debe ser lo suficientemente resistente para soportar el peso de los alimentos y lo suficientemente flexible para adaptarse a los cambios en el tamaño y la forma de los alimentos.

Subsistemas de Clasificación

Estos subsistemas se encargan netamente de realizar las funciones específicas de clasificación netamente del producto para el cual fueron desarrollados.

- **Motor Eléctrico:** Es el encargado de proporcionar la energía necesaria para mover los componentes del subsistema de clasificación. El motor debe ser lo suficientemente potente para mover los componentes a la velocidad adecuada.
- **Cadena de Transmisión:** La cadena de transmisión es el dispositivo que transmite la energía del motor eléctrico a los componentes del subsistema de clasificación. La cadena de transmisión debe ser lo suficientemente fuerte para soportar la carga del motor eléctrico.
- **Actuadores:** Son los dispositivos que mueven los componentes del subsistema de clasificación. Los actuadores pueden ser eléctricos, neumáticos o hidráulicos.
- **Sensores de proximidad:** Son los dispositivos que detectan la presencia de alimentos. Los sensores de proximidad pueden ser utilizados para controlar el funcionamiento del subsistema de clasificación.

Diseño de Banda Transportadora

La banda transportadora se define como el elemento flexible encargado de transportar los materiales desde el punto de carga de la cinta hasta el otro extremo donde se realiza la descarga del material transportado. Los parámetros a considerar para el diseño de la banda corresponden al peso de las fresas las cuales estarán distribuidas en la superficie de la banda para lo cual se considera la masa del producto y la longitud máxima que llegaría alcanzar para lo cual se emplearía una metodología de cálculo de diseño de bandas transportadora para el cálculo se procede a seguir una serie de pasos.

1. Determinar la masa de la mercancía transportada en toda la longitud
2. Determinar el peso de la mercancía por metro
3. Determinar la cantidad de peso
4. Determinar los coeficientes de fricción
5. Determinar el tirón efectivo de la banda
6. Determinar la masa del tambor
7. Determinar la fuerza de tracción máxima
8. Determinar la capacidad mecánica
9. Determinar la velocidad de la banda transportadora



Figura 2. Banda transportadora de productos [21].

Normas que rigen para la construcción y la manipulación de alimentos

El presente Código recomienda la aplicación de prácticas generales de higiene en la manipulación (inclusive el cultivo y recolección, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento transporte, distribución y venta) de alimentos para el consumo humano con objeto de garantizar un producto inocuo, saludable y sano [21].

Norma CEP-INEN 01:1987

El presente Código de Manipulación de Alimentos, fue elaborado tomando en cuenta principalmente, las recomendaciones de la FAO vertidas en el Codex Alimentarius, para mejorar la manipulación de alimentos y su comercialización. En este tiempo, todos los sectores interesados podrán hacer llegar al Instituto Ecuatoriano de Normalización observaciones de carácter técnico sobre cualquier parte de este Código, las mismas que serán tomadas en cuenta para incorporarlas en su primera revisión [21].

Reglamento Técnico Ecuatoriano. RTE INEN 131 “SEGURIDAD E HIGIENE DE MAQUINARIA PARA PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS”

Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características [22].

Metodologías de procesos de diseño

1. Conceptos de: Metodología – Método – Proceso

Los objetivos se plantean para el desarrollo del proyecto y hacen referencia a la búsqueda de un espacio para el diseño, con el objetivo de acercarse al conocimiento y centrarse en conceptos que ayuden a la reflexión [23].

- **Metodología científica:** Define el marco teórico para intentar explicar, justificar y describir métodos específicos.
- **Método:** Desarrolla un procedimiento específico para abordar un problema mediante la aplicación de conceptos y métodos.
- **Metodología de diseño:** se establece un orden estructural para diseñar una guía, considerando la utilidad iniciando con el “organiza” el proceso de diseño y se fundamenta el empleo de métodos, teniendo en cuenta que cada proyecto es un caso metodológico particular. Determina la secuencia de las acciones, el contenido y los procedimientos específicos.
- **Estrategia de diseño:** Se coordina y dirige las acciones a realizar para alcanzar un objetivo.

Procesos de diseño

Las transformaciones ocurren a un objeto de diseño determinado a partir de una situación inicial, hasta que se alcanza un nuevo estado en que ese objeto de diseño ha cambiado. El proceso se detiene cuando el producto adquiere las características deseadas, en este momento el proceso se extingue y el objeto de diseño es un producto que satisface los requerimientos de quien diseña. Puede decirse que es “qué” hago en cada momento para resolver determinado problema o situación de diseño [23].

Metodología del diseño

Las actividades de diseño consisten en convertir las necesidades de un sector o empresa en una propuesta de producto para ser transmitido en una forma que pueda ser materializarse.

El ciclo básico del diseño es una parte de la metodología que busca la resolución de problemas donde las actividades están destinadas a objetivos para el desarrollo [24].

- **Problema práctico:** El problema se sitúa en el área de los juicios de valor en el dominio mental.
- **Análisis:** Se analiza las funciones técnicas, económicas, ergonómicas y ambientales del producto.
- **Síntesis:** Se genera una o varias alternativas de solución a partir de diferentes elementos, ideas y diseños.
- **Simulación:** Busca conocer el comportamiento inicial del diseño, pues el diseño las características del diseño no siempre adecuados.

Los pasos son:

- 1) Aplicación de prototipos virtuales con modelos informáticos para observar los comportamientos.
- 2) La materialización de prototipos físicos totales o parciales para la obtención de sus comportamientos mediante ensayos.
- 3) Establecimiento de juicios de valor basados en la estética y otras percepciones.

Evaluación

Establece una valorización de la utilidad, calidad y eficacia, en la resolución de problemas en relación al comportamiento del o los prototipos de los desarrollados o diseñados por simulación o ensayo con las especificaciones establecidas [25] [26]

Decisión

Realizada la evaluación de resistencia y comportamiento de las alternativas se procede a seleccionar la mejor o la que mayor adaptabilidad presenta [25] [26]:

- a) Seleccionar un diseño inicial.
- b) Establecer una metodología de evaluación o iteración.

c) Desarrollan una evaluación de las alternativas.

En la siguiente Figura se resumen todos los pasos para el desarrollo del ciclo básico de diseño.

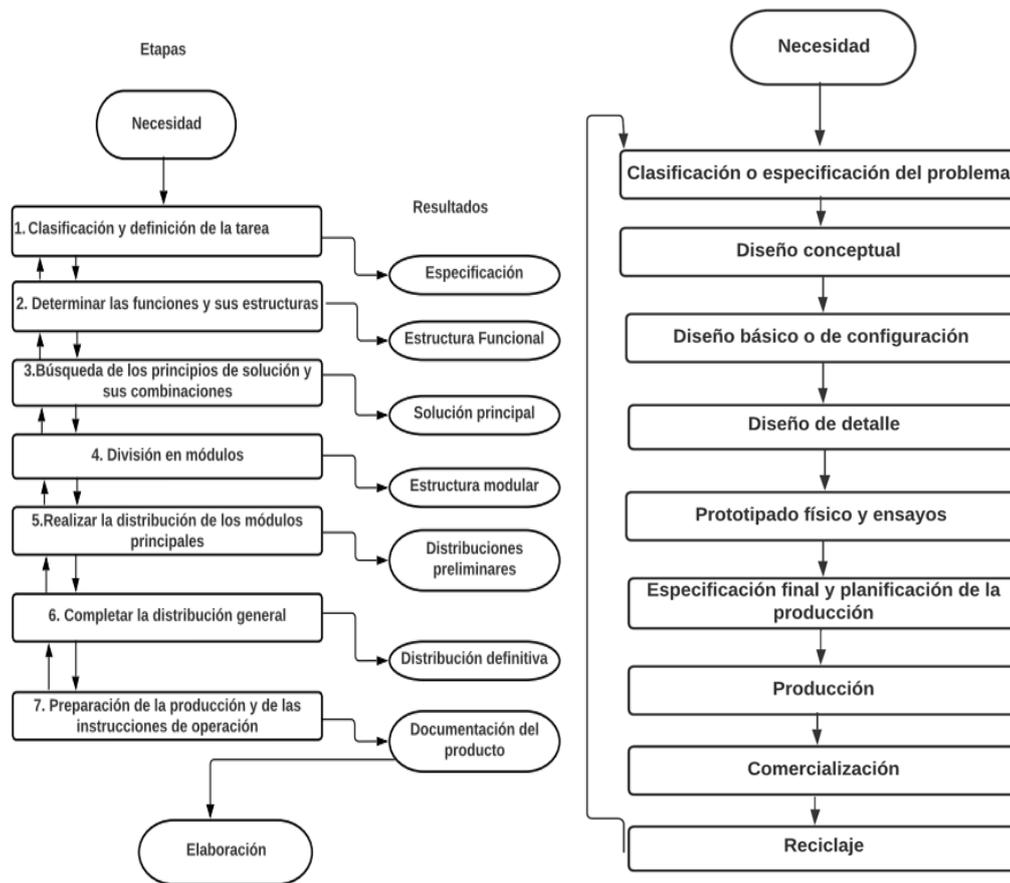


Figura 3. Ciclo básico del proceso de diseño y su enfoque sistemático [22].

El ciclo básico de diseño es la unidad fundamental que aplica de forma iterativa a lo largo del proceso de diseño en una secuencia de espiral convergente donde cada vez las soluciones encontradas se aproximan más a los objetivos y requerimientos del problema. Sin embargo, debido a su carácter general y abstracto, no ofrece el suficiente alcance para establecer una metodología de diseño, por lo que conviene estructurar el proceso de diseño en grupos de actividades relacionadas que conduzcan a ciertos estados de desarrollo mostrada en la Tabla 3 [25] [26].

Tabla 3. Etapas sucesivas del diseño [25] [26].

| ETAPA | DESCRIPCIÓN |
|------------------------------|---|
| 1. Definición del producto | Se determina los aspectos sobre el producto, pero no se tiene la certeza que los parámetros iniciales permitir los trabajos de diseño. |
| 2. Diseño conceptual | Hace referencia a especificaciones del producto, origina alternativas de solución y luego elige la alternativa más conveniente |
| 3. Diseño de materialización | Materialización a través de un conjunto organizado de elementos. piezas, componentes para fabricar el producto. |
| 4. Diseño de detalle | Documentación de la construcción del producto. Detalle en planos de las piezas y conjuntos específicos, la documentación de los componentes incorporados o módulos. |

Industria 4.0

La Industria 4.0 se hace referencia en la pirámide de automatización que consta de cinco niveles jerárquicos. La cuarta revolución industrial logra la interconexión de los sistemas productivos industriales con la sociedad digital para satisfacer las demandas de consumo de las personas, a un nivel acelerado de extracción y procesamiento de las materias primas utilizando tecnologías (big data, comunicación de la nube, inteligencia artificial, internet del todo, computación cuántica, impresión 3D, sistemas ciber físicos, redes industriales, 6G, comunicación molecular, realidad aumentada, nanotecnología, TICs, entre otras) con la aplicación mediante estrategias innovadoras, creativas y eficientes que ayuden a minimizar el impacto ambiental y sostenibilidad económica [27].

Automatización industrial mediante industria 4.0

Toda industria busca una eficiencia económica y productiva generando que los procesos de manufactura evolucionen (IV revolución industrial o Industria 4.0). La cual requiere una conexión de la instrumentación industrial con las áreas de la empresa mediante niveles jerárquicos que permiten su automatización [28].

Proceso para la automatización industrial mediante industria 4.0

La automatización de la industria manufacturera se realiza bajo un sistema de arquitectura basado en la pirámide de automatización que consta de 5 niveles. La diferencia de la tradicional automatización con la pirámide es la conexión de sensores, actuadores, controladores, SCADA mediante redes de comunicación industriales [29].

Pirámide de Automatización Industrial

Es una representación gráfica jerarquizada de los niveles de automatización industrial que requiere la industria para su funcionamiento, acorde a las nuevas tecnologías de la comunicación en un entorno de Arquitectura Industrial 4.0 [30].

La pirámide de automatización generalmente tiene 5 niveles estructurados estratégicamente para su intercomunicación en el proceso productivo. Esta pirámide sirve para la correcta estructuración del proceso de automatización en la planta industrial, por tal motivo, para tener un conocimiento a nivel de gerencia se debe tener presente el objetivo de cada nivel [30].

La Figura 4 muestra la pirámide de automatización, los niveles determinan la clase de instrumentos o herramientas tecnológicas que se usan en cada piso de la pirámide.

- El Nivel 0 contiene sensores, actuadores y todo dispositivo de campo.
- En el Nivel 1 se encuentran controladores lógicos programables (PLC), sistemas de control distribuido (DCS), sistemas de control numérico, tarjetas basadas en microprocesadores o microcontroladores, computadores industriales, entre otros.
- El Nivel 2 lo conforma el sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA).
- En el Nivel 3 está instalado el Sistemas de ejecución de fabricación (MES).
- En el Nivel 4 se tiene el sistema de Planificación de Recursos Empresariales ERP.

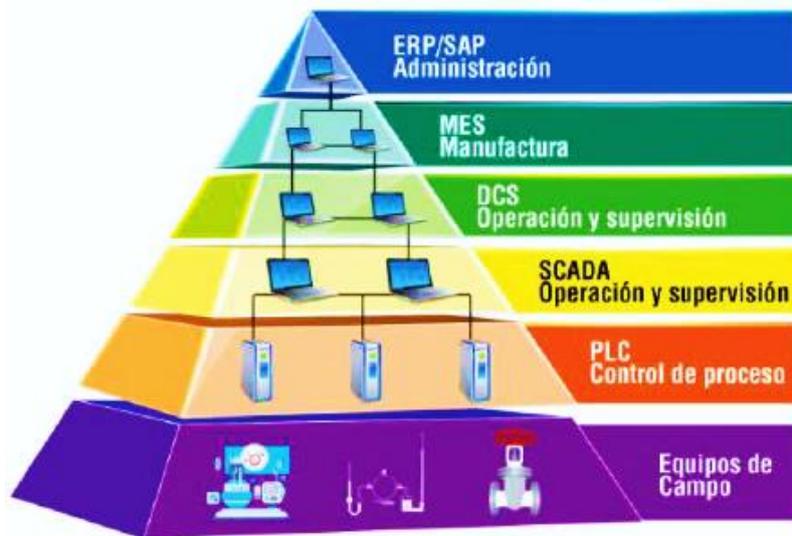


Figura 4. Pirámide de automatización [27].

Niveles de la pirámide de automatización

Para estructurar los niveles de automatización en empresas se utilizó la pirámide de automatización que consta de 5 niveles jerárquicos que son detallados a continuación.

Nivel 0 nivel de procesos.

Es el nivel más bajo en la jerarquía de la pirámide de automatización, donde se encuentran sensores, actuadores y todo dispositivo de campo. Son las piezas que conforman una máquina. Los sensores y actuadores que interactúan directamente con el proceso productivo suelen recibir el nombre de dispositivos de campo. Los sensores son dispositivos que captan las señales analógicas y/o digitales del proceso industrial y envían esta información a un controlador. El controlador evalúa, compara y procesa la información, con el fin de emitir una señal de salida que llega a los actuadores, los mismos que accionan los mecanismos de la maquinaria para cumplir el proceso industrial [31].

Nivel 1 nivel de control

Se controlan las máquinas que intervienen en el proceso de producción. El control de movimientos de las máquinas se lo realiza mediante un cerebro inteligente programable, el mismo que emite señales que son ejecutadas por los actuadores. El cerebro inteligente se lo denomina controlador y son del tipo controladores lógicos programables (PLC),

controladores de automatización programable (PAC), sistemas de control distribuido (DCS), sistemas de control numérico, tarjetas basadas en microprocesador o microcontroladores, computadores industriales, entre otros. Este nivel recibe información del Nivel 0 y envía órdenes para que los elementos industriales ejecuten sus funciones. También este nivel se comunica con el nivel 2 que es el de supervisión del proceso industrial [31].

Nivel 2 nivel de supervisión (SCADA)

Se encuentra el sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) que está integrado por hardware, software y red de comunicación. En este nivel se observa el proceso productivo en forma gráfica y animada, a través de la interfaz hombre máquina (HMI). Por medio de la HMI se permite la gestión y control de cualquier sistema local o remoto gracias a una interfaz gráfica que comunica al usuario con el sistema [31].

Nivel 3 nivel de fábrica

El Nivel de fábrica es denominado nivel de planificación o nivel de sistemas de ejecución de fabricación (MES) y tiene que ver con las operaciones realizadas y monitorización de la planta industrial. En este sistema se realizan las tareas de programación de la producción, gestión de materiales, gestión de compras, análisis de costos de fabricación, control de inventarios, gestión de recursos de fabricación, gestión de calidad, gestión de mantenimiento, esto permite a la gerencia ver lo que está sucediendo y tomar decisiones basadas en esa información [31].

Nivel 4 nivel de empresa

El Nivel de empresa (nivel corporativo o nivel administrativo) es el nivel más alto de la pirámide de automatización, por lo tanto, gestiona e integra todos los niveles anteriores [31].

Redes de comunicación industrial

Las redes de comunicación industrial permiten la transferencia de datos entre los diferentes niveles de la pirámide de automatización las cuales pueden ser divididas en redes de datos o información que están ligada a la parte superior de la pirámide y las redes de control o buses de campo (fieldbus) que están ligadas a la parte inferior de la pirámide [32].

La transmisión de datos entre los niveles de la pirámide automatización se transfiere mediante redes de comunicación y su selección para ser instaladas en cada nivel va de acuerdo con el tipo, volumen y velocidad de transferencia de datos; el ambiente de trabajo, interconectividad entre instrumentos industriales; conexión de dispositivos de fabricación como robots, máquinas de control numérico; manejo de tráfico de datos, entre otras. En la Figura 4 se muestra los algunos tipos de redes de comunicación industrial que son utilizados para la conexión entre los niveles jerárquicos de la automatización [32].

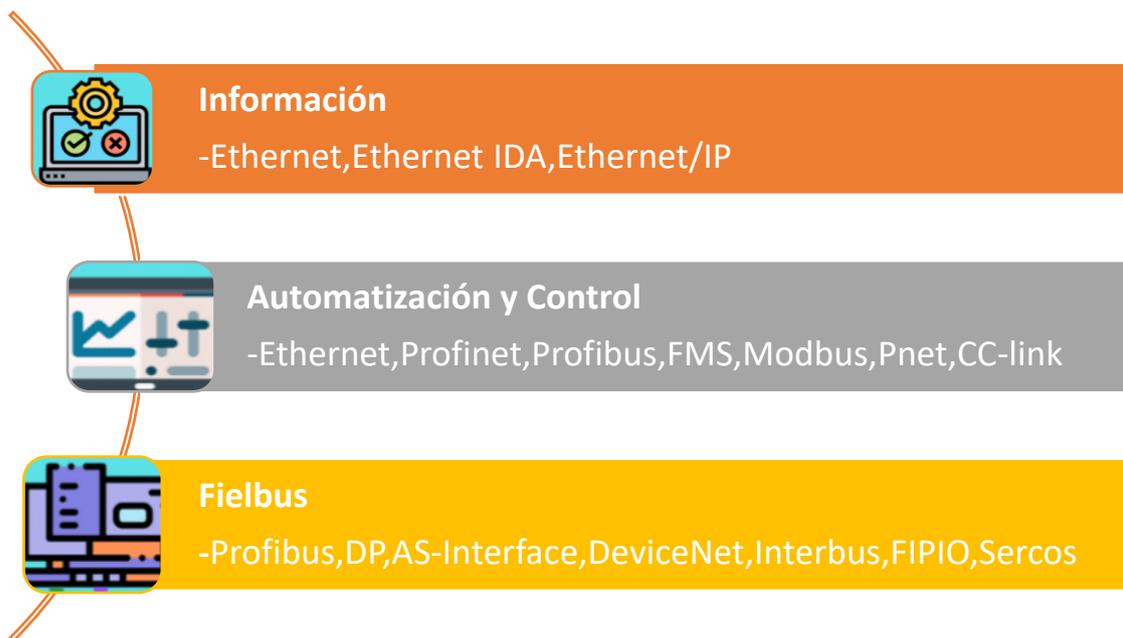


Figura 5. Tipos de redes de comunicación industria [29].

Sistema de control

El sistema de control de procesos está formado por un conjunto de dispositivos de diverso orden. Pueden ser de tipo eléctrico, neumático, hidráulico, mecánico, entre otros. El tipo o los tipos de dispositivos están determinados, en buena medida, por el objetivo a alcanzar [19]. Debe seguir la lógica de al menos 3 elementos base:

- Una variable a la que se busca controlar
- Un actuador
- Un punto de referencia o set-point

Sistema de control de lazo abierto

En este tipo no existe información o retroalimentación sobre la variable a controlar, es decir, la salida no depende en absoluto de la entrada. Se utiliza donde la variable es predecible y admite un margen de error amplio.

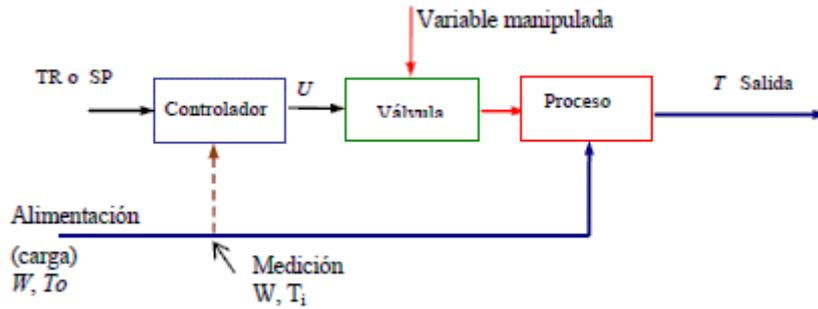


Figura 6. Ciclo básico del proceso de diseño y su enfoque sistemático.

Sistemas de control de lazo cerrado

En este tipo de sistema de control sí hay información sobre la variable, incluso retroalimentación sobre los estados que va tomando. La información sobre la variable se obtiene mediante el uso de sensores que son colocados de forma estratégica. Los sensores hacen posible que el proceso sea completamente autónomo.

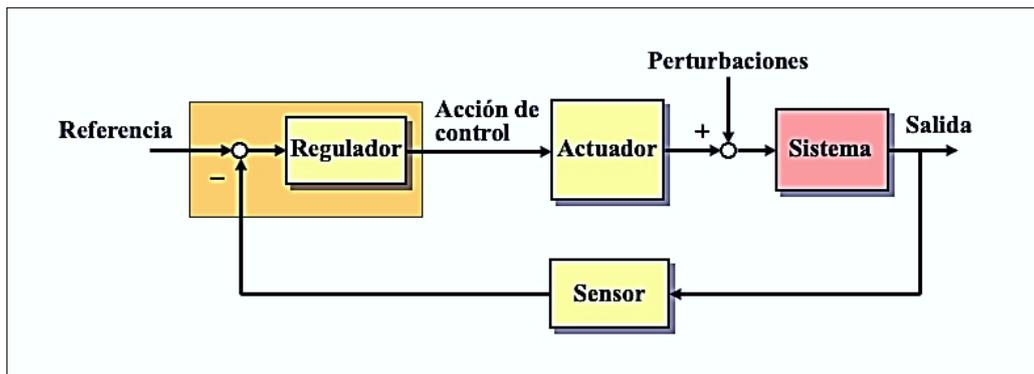


Figura 7. Ciclo básico del proceso de diseño y su enfoque sistemático.

Normativas utilizadas para el diseño del HMI

Para la implementación de automatización industrial en máquinas de una planta, el uso de normativas para el diseño de HMI garantizan resultados eficaces y seguros en el control de un proceso.

Norma ISA 101

Las Normas ISA 101 (ANSI/ISA-101.01-2015) engloban acuerdos fundamentales para el desarrollo de interfaces HMI dentro de la automatización industrial que garantizan omitir el flujo innecesario de información no deseada para el usuario, obteniendo así la eficiencia y reducción de sobrecarga de datos.

Existen varios factores indispensables para el diseño de HMI como los detallados a continuación:

- Diseño de objetos dinámicos.
- Jerarquía de menús. Pantallas emergentes.
- Selección de color y fondos.
- Teclados, forma y tamaño del objeto.
- Estructuración de base de datos-históricos.
- Pantallas de asistencia.
- Administración de usuarios.

La normalización del uso de colores establece que el color nunca es utilizado únicamente como un diferenciador de un estado o condición. Los colores brillantes son utilizados principalmente para llamar la atención sobre situaciones anormales en un proceso, además de ello es importante la correcta representación de valores en proceso en un interfaz hombre-máquina en base a la normativa dichos valores deben ser representados de una manera diferente que la de un texto estático uno de los varios parámetros importantes establece que los ceros iniciales no se deben ser representados. En cuanto a la representación de alarmas la normativa establece que las alarmas se codifiquen en base a la prioridad. Es importante saber que los colores de alarma no deben ser utilizados para funciones que no tengan relación con la alarma es decir deben regirse a las reglas básicas del uso de colores. La representación de los cambios de estado es de vital importancia saber que el brillo de un objeto representa

el estado de encendido/ apagado, de igual manera el uso de una palabra de valor del proceso junto a ella. La representación de Tablas puede incorporar los principios adecuados, para la incorporación de colores e indicadores de estado consistentes con el objetivo de hacer que el dato de control se destaque por último la representación de botones y comandos de navegación permiten acceder a las diferentes pantallas creadas por el usuario.

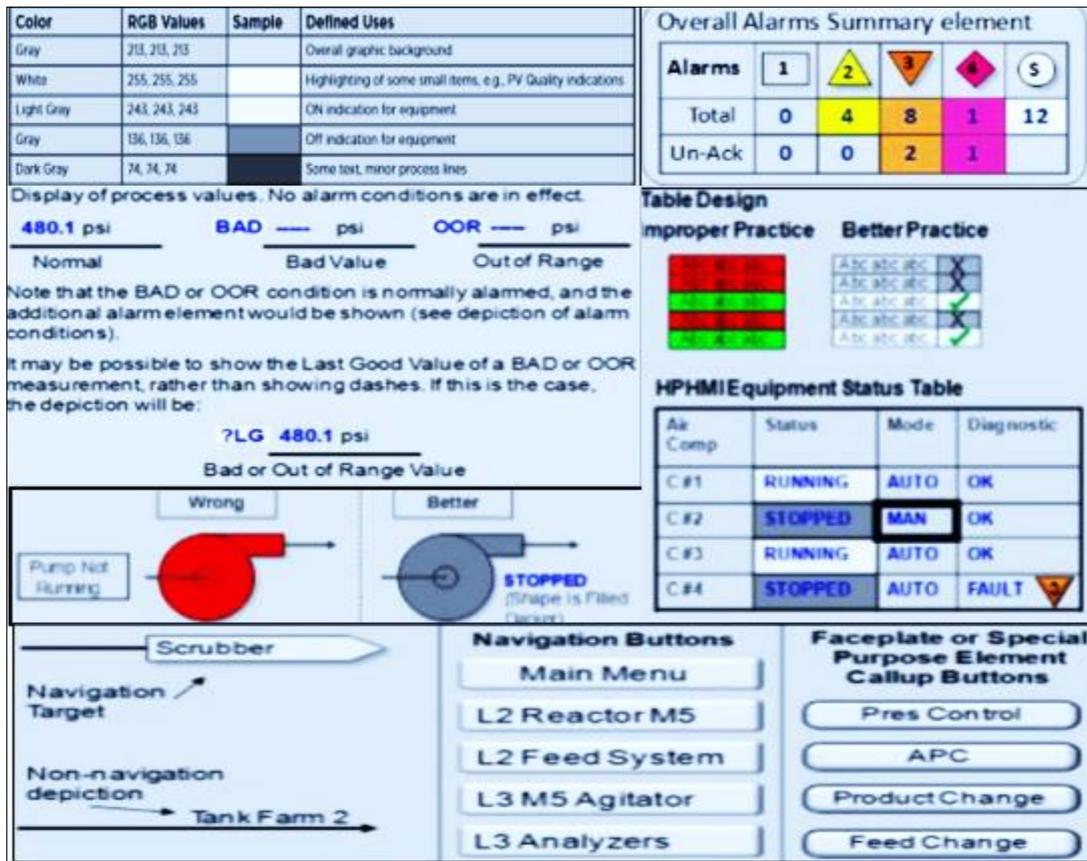


Figura 8. Representación de las normativas para el desarrollo de HMI.

Normativas de diseño para implementación de un sistema SCADA

La tecnología de supervisión control y adquisición de datos nos permite interactuar con estaciones remotas las mismas que evitan que los operadores tengan que estar en esos lugares. Los operadores encargados de la supervisión se pueden situar en las estaciones centrales y mediante SCADA se pueden hacer ajustes en los controles locales. Un sistema SCADA se puede utilizar como solución para que el operador no recorra grandes distancias para realizar el control de los sistemas en diversos puntos de la planta por tal motivo contar con un sistema SCADA bien estructurado permite sacar el mayor provecho y rendimiento a los siguientes componentes:

- Sensores
- Transmisores
- Switches
- Actuadores
- Válvulas
- Motores



Figura 9. Controladores del sistema SCADA.

Un sistema de control y adquisición de datos debe cumplir estos objetivos

- Comunicación fácil y transparente con el operador en todas las redes locales.
- Sistema capaz de adaptarse a todas las necesidades que requiera la compañía.
- Sistemas de fácil y sencilla instalación e interacción con el usuario.

Sistema SCADA cuenta con

- Señales de entrada /salida.
- Controladores.
- Redes.
- HMI.
- Base de Datos.
- Equipos de comunicación.

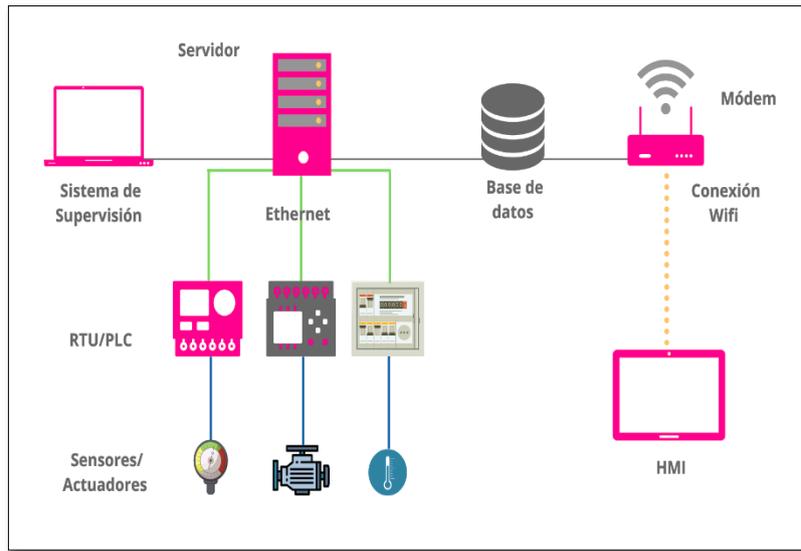
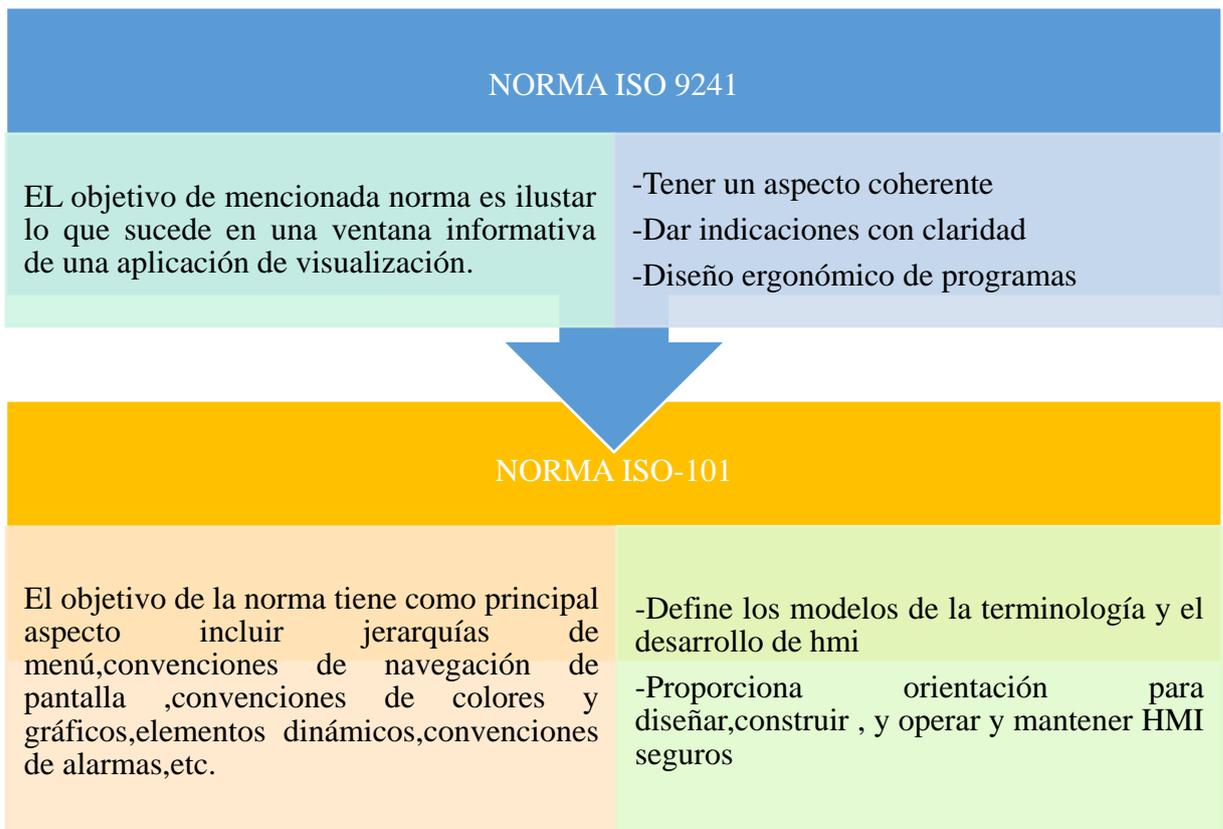


Figura 10. Diagrama Básico Del Sistema SCADA.

NORMATIVA DE LOS SISTEMAS SCADA



Monitoreo de sistemas de control

Los sistemas de monitorización y control son sistemas capaces de obtener información del entorno donde se despliegan para su posterior análisis. Con base en este análisis, realizan las acciones pertinentes.

SCADA

Es una herramienta de control y automatización industrial utilizada en los procesos productivos que se desee control, supervisar y adquirir datos para generar un informe a distancia mediante una herramienta informática con el propósito de corregir a tiempo posibles errores.

Un sistema SCADA permite a las empresas:

- Control de procesos industriales.
- Recopilar y procesar datos.
- Crear paneles de alarma en fallas de máquinas.
- Control de calidad en base a los datos recopilados.

Componentes de un sistema SCADA

- Plc.
- Hmi.
- Sensores.
- Actuadores.
- Sistemas de comunicación.

Controlador

Es un objeto físico que tiene la finalidad de mantener todos los componentes de un entorno realizando un trabajo en concreto, este se encarga de seguir la secuencia de instrucciones para no cometer errores que supongan la caída del entorno [33].

Controlador lógico programable (PLC)

Se utiliza en la industria de la ingeniería automática debido a que está sujeto a automatizar procesos industriales en general, para realizar un sin número de procesos más limpios y estables. Se sostiene de la generación de parámetros básicos necesarios para desarrollar las actividades fundamentales del sistema tales como el manejo de variables en tiempo real basados en un tiempo de respuesta inmediato [34].



Figura 11. PLC Siemens S7-1200 [31].

Tipos de controlador lógico programable (PLC)

Existen 2 tipos de PLC [35]:

- Compacto: Consiste en un solo componente que conforma el todo, no requiere de módulos externos o de entradas o salidas porque sus componentes se encuentran internamente.
- Modular: Es un PLC que está compuesto por un grupo de elementos que trabajan entre sí para desarrollar el entorno natural bajo el cual se va a realizar un trabajo, por lo general estos cuentan con entradas y salidas y el CPU.

Interfaz Humano – Máquina (HMI)

Los paneles de proceso son equipos electrónicos cuya función es la interacción directa entre el hombre y la máquina, ya que de ahí se denominan sus siglas HMI. En base a estos dispositivos se puede visualizar diferentes datos y resultados del controlador lógico programable PLC, para que los operadores de la planta visualicen el comportamiento de un proceso específico.

Además de contar con diversas funcionalidades estos paneles de proceso permiten enviar información la cual es receptada por el PLC permitiéndole así tomar ciertas decisiones sobre el proceso que está controlando. El intercambio de información consiste en que el usuario pueda ingresar datos de ajuste, visualizar mensajes del PLC, monitorear variables del proceso, etc.



Figura 12. Interfaz Hombre-Máquina.

Servomotores

Un servomotor es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición [36].



Figura 13. Servomotor [33].

Sensor capacitivo

Son sensores semejantes a los de proximidad inductivos, no obstante, su diferencia radica exactamente en el principio de funcionamiento, el cual se basa en el cambio de la capacitancia de la placa detectora localizada en la región denominada cara sensible [36].



Figura 14. Sensor capacitivo [33].

Software de monitorización

Se denominan software de monitorización aquellos programas cuya función principal es realizar un seguimiento de las estructuras de una empresa tanto de los sistemas principales y subsistemas, el objetivo principal es garantizar que los procesos productivos que puede controlar, supervisar, recopilar y analizar datos funcione como se lo espera.

Software LABIEW

LabVIEW es un software que permite el desarrollo de sistemas con un lenguaje de programación visual gráfica el cual permite el diseño, control, simulación de sistemas informáticos además de ello este software nos proporciona una gran ventaja para unificar

tareas de control y adquisición de datos, procesado de señal accesos a sistemas SCADA mediante la WEB. La diversificación de tecnologías aplicadas en los sistemas de monitorización control y adquisición de datos SCADA es posible crear sistemas de monitoreo sencillos y bajo costo para ser implementados en diferentes tipos de procesos a nivel de industria.

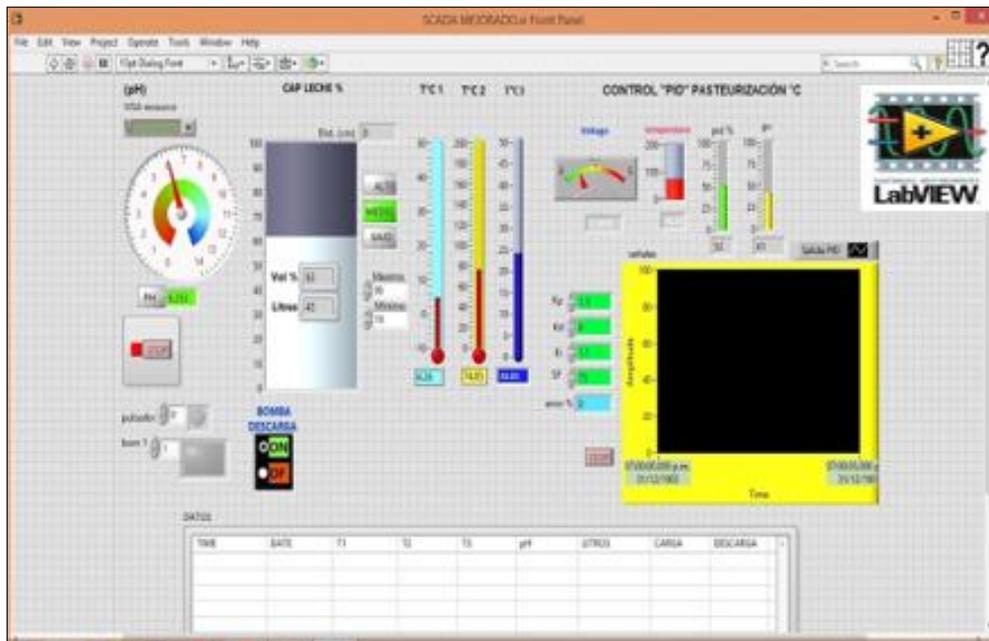


Figura 15. Representación de un sistema SCADA en LabVIEW.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Fabricar una máquina automatizada para el clasificado y empaquetado de fresas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar los modelos de sistemas automatizados de clasificación de fresas en el sector agrario.
- Diseñar un sistema de automatización para el clasificado de fresas.
- Construir un mecanismo automatizado para el clasificado de fresas.
- Monitorizar el proceso automatizado de clasificado y empaquetado de fresas mediante un sistema SCADA.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Para realizar la presente investigación se utilizó los siguientes materiales presentes en la Tabla 4.

Tabla 4. Materiales utilizados en la investigación.

| Material | Gráfico | Descripción |
|----------------------|---|---|
| Computadora portátil |  | Equipo electrónico utilizado para la digitación, almacenamiento y procesamiento de información |
| Microsoft Word |  | Software empleado el procesamiento de la información y presentación de la información recolectada. |
| AUTOCAD |  | Software empleado para el diseño del layout de la empresa. |
| Tia Portal V15 |  | Software que permite integrar todos los componentes en un proyecto de automatización: control, HMI, motores, periféricos descentralizados, control de movimiento y distribución de energía. |
| Wonderware InTouch |  | Es una Interfaz Hombre-Máquina (HMI) y software que permite la visualización de procesos. |

Tabla 4. Materiales utilizados en la investigación (continuación).

| Material | Gráfico | Descripción |
|----------------------|---|--|
| Arduino |  | Es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. |
| Fritzing |  | Es un programa libre de automatización de diseño electrónico que busca ayudar a diseñadores y artistas para que puedan pasar de prototipos a productos finales |
| PLC AC/DC/RL 1214 |  | Es un controlador lógico programable, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, electroneumáticos, y electrohidráulicos. |

2.2. Métodos

2.2.1 Enfoque

La presente investigación adoptó un enfoque cuali-cuantitativo. Los objetivos relacionados con el diseño, la construcción y la monitorización de la máquina automatizada se basan en un enfoque cuantitativo, dada la necesidad de precisión y la medición de datos numéricos. En contraste, el primer objetivo, centrado en el análisis de modelos existentes, se apoya en un enfoque cualitativo, permitiendo la recopilación de información cualitativa valiosa de expertos en el campo. La conjunción de ambos enfoques proporcionó una comprensión integral y efectiva para alcanzar el objetivo general.

2.2.2 Modalidad de investigación

- **Investigación bibliográfica-documental:**

Este estudio se enmarcó como una investigación bibliográfica que involucra la revisión de diversas fuentes, como libros, artículos científicos y revistas, entre otros. A través de un análisis preliminar, se eligió el modelo para la concepción y fabricación de la máquina clasificadora, y se desarrollaron criterios para la implementación del sistema automatizado, lo que permitirá la validación o refutación de los resultados obtenidos.

Niveles o tipo de investigación

- **Investigación descriptiva:**

La investigación adoptó un enfoque descriptivo, ya que se empleó la observación cuantitativa para recopilar datos de manera objetiva sobre el proceso. Esto incluye la medición de tiempos de procesamiento, peso y cantidad de envases utilizados en la clasificación de la fruta. Además, se realizó una observación cualitativa detallada que se centra en las características sistemáticas y los procedimientos empleados en el proceso de clasificación ejecutado por el mecanismo automatizado.

- **Investigación explicativa:**

Se llevaron a cabo un análisis exhaustivo de las ventajas y desventajas asociadas con la implementación de un sistema automatizado de clasificación de fresas en las parcelas que han adoptado esta tecnología, así como en los estudiantes que se encargaron de analizar este tipo de proyectos. Además, este proyecto ha contribuido al impulso de sistemas autónomos que operan mediante el control y la gestión de variables a lo largo del desarrollo de la actividad.

- **Investigación experimental:**

Se definió el diseño del modelo del mecanismo automatizado destinado a la clasificación de fresas, incluyendo los componentes esenciales requeridos para su funcionamiento en las áreas mecánica, eléctrica y electrónica. Además, se especificaron los instrumentos empleados para supervisar y controlar el proceso, junto con la visualización del estado de las variables a través de un sistema SCADA.

- **Investigación aplicada:**

Se aplicó este tipo de investigación, al aplicar conocimientos adquiridos en la carrera. Este tipo de investigación se llevó a cabo aplicando los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización. El objetivo principal consistió en diseñar, construir y automatizar una máquina clasificadora de fresas utilizando dichos conocimientos y habilidades.

2.1.3 Población y muestra

La población de trabajo se compone de todas las personas que interactúan con el mecanismo automatizado o que tienen interés en implementar este sistema de clasificación de frutas en sus procesos, incluyendo tanto a los estudiantes de la FISEI como a individuos externos a la Universidad Técnica de Ambato.

2.1.4 Recolección de información

El proceso de recopilación de información se divide en las siguientes etapas:

1. Manejo de Información:

- A través de una investigación bibliográfica, se identifican y analizan diversos modelos de mecanismos y sistemas automatizados utilizados en el proceso de clasificación de fresas.
- Se lleva a cabo la identificación de los elementos necesarios para el monitoreo y control efectivo del proceso de clasificación de fresas utilizando un sistema SCADA.

2. Diseño del Prototipo:

- Se establece un modelo de mecanismo de automatización, lo que implica la selección cuidadosa de elementos, instrumentos y componentes que compondrán la máquina. Estos componentes se eligen en función de la evaluación de parámetros previamente estudiados para garantizar un funcionamiento óptimo y eficiente de la máquina.

3. Diseño del Entorno Físico:

Variable Independiente:

- La variable independiente aborda la problemática principal que motiva la investigación. Este sistema se presenta como un lazo cerrado que analizará ciertas variables para la clasificación de la fruta, evaluando los aspectos a favor y en contra de la construcción y automatización de un sistema automatizado para la clasificación de fresas.

Variable Dependiente:

- Esta variable se enfoca en la gestión de los datos recopilados durante la etapa de investigación. Se aplican pruebas de funcionamiento para observar el comportamiento del sistema en relación con el objetivo para el cual fue diseñado.

2.1.5 Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos, se realizaron las siguientes etapas después de haber preparado los instrumentos y herramientas para la recopilación de información:

1. Investigación bibliográfica sobre los tipos de mecanismos y sistemas utilizados en la clasificación de fresas: Esta fase implica analizar fuentes bibliográficas para comprender los diferentes enfoques y tecnologías aplicadas en la clasificación de fresas.
2. Creación de una matriz de tipos de clasificación de la fresa: Se desarrollará una matriz que describa los métodos y criterios utilizados para clasificar las fresas, lo que servirá como referencia para el diseño del prototipo.
3. Desarrollo de prototipos de máquinas clasificadoras: Se crearán prototipos de máquinas que permitirán evaluar diferentes enfoques y tecnologías para la clasificación de fresas.
4. Selección del mecanismo para la clasificación de fresa: Se tomará una decisión informada sobre el mecanismo específico que se utilizará en la máquina clasificadora, basado en la investigación y pruebas realizadas en etapas anteriores.

5. Diseño y pruebas finitas del prototipo: Se llevará a cabo el diseño detallado de la máquina clasificadora seleccionada, seguido de pruebas exhaustivas para garantizar su funcionamiento óptimo.
6. Construcción del mecanismo automatizado para la clasificación: Se procederá a la construcción física de la máquina clasificadora de acuerdo con el diseño final.
7. Implementación de sensores y equipos de automatización en la maquinaria: Se integrarán los sensores y dispositivos de automatización necesarios para el funcionamiento eficiente del sistema.
8. Programación y configuración de los criterios paramétricos del sistema: Se programarán los algoritmos y configurarán los parámetros necesarios para que la máquina realice la clasificación de fresas de acuerdo con los estándares definidos.
9. Evaluación del rendimiento del mecanismo automatizado: Se llevarán a cabo pruebas de rendimiento para evaluar la eficacia y eficiencia del sistema automatizado en la clasificación de fresas.

Estas etapas forman un proceso integral para el desarrollo y evaluación de la máquina clasificadora automatizada.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clasificación y empaquetado de frutos representan una parte fundamental en el sector agrario. La implementación de un sistema físico y automatizado en este proceso es esencial para asegurar un nivel adecuado de cuidado y manipulación de los frutos. La utilización de una máquina capaz de clasificar y empaquetar los frutos permite llevar a cabo el proceso de manera estandarizada, en colaboración con la intervención humana.

La máquina clasificadora se compone de una amplia gama de componentes físicos y sistemas informáticos necesarios para llevar a cabo el proceso de clasificación y empaquetado de fresas. El proceso se inicia con la programación en tres plataformas diseñadas para uso industrial. Además, se establece la conexión de varios componentes, como actuadores, sensores y controladores. Un elemento crucial que habilita este sistema es el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP, que, a través de la conexión Ethernet, facilita la interacción entre los componentes físicos y los sistemas informáticos. Asimismo, el uso de OPC permite la comunicación en el ámbito del control y supervisión del proceso industrial de clasificación, a través de un SCADA.

El propósito fundamental de esta implementación es garantizar el correcto desarrollo y funcionamiento del sistema de automatización en los talleres tecnológicos de la FISEI.

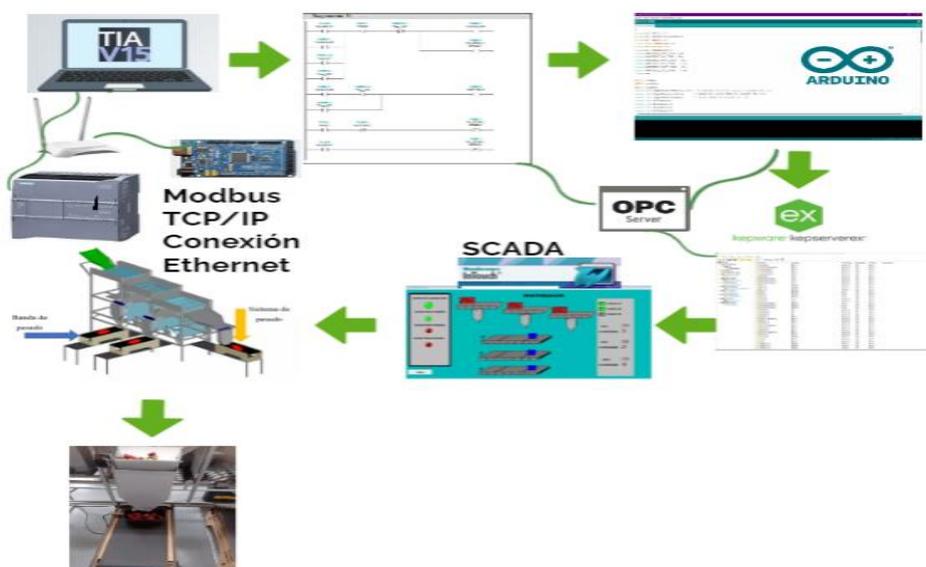


Figura 16. Esquema de comunicación de dispositivos.

El desarrollo del sistema de clasificación de fresas comienza con la solicitud de un usuario y contraseña para acceder a los controles de monitorización y control. Una vez que el usuario autorizado ha ingresado, se le presenta la opción de elegir entre el control manual o automático.

En caso de optar por el control manual, el usuario puede interactuar con todos los actuadores del sistema y visualizar los datos generados por el sistema. Por otro lado, si se selecciona el control automático, al presionar el botón de inicio, el sistema inicia de inmediato el proceso de clasificación. Este proceso se basa en un peso previamente programado, lo que determina el tamaño de los contenedores para las fresas clasificadas.

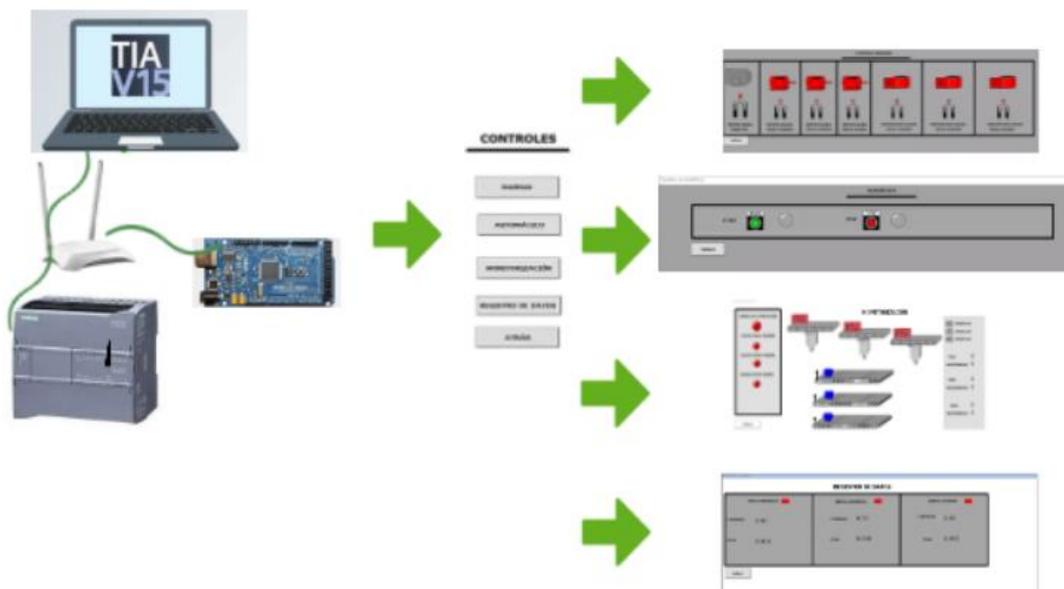


Figura 17. Esquema de control y monitorización.

A continuación, se presentan las etapas establecidas para el diseño, construcción y ensamblaje de las partes de la máquina, así como el diseño eléctrico que abarca el cableado y la alimentación de los componentes eléctricos y electrónicos. También se describen los canales de comunicación empleados en el proceso que vincula el software y el hardware, y finalmente, se detalla la programación utilizada para controlar los actuadores y sensores del sistema de clasificación.

3.1 Diseño mecánico

En la etapa inicial del proceso, se procede a la selección del modelo adecuado para la estructura de la máquina clasificadora de fresas. Para lograrlo, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva de diversas alternativas de diseño para los módulos y componentes esenciales, como el sistema motriz, los ejes y los motores, entre otros. Este enfoque garantiza que se elija la configuración óptima que mejor se adapte a los requerimientos del proceso de clasificación.

3.1.1 Descripción de alternativas de modelos de máquina clasificadora

Para la construcción de la máquina clasificadora de fresas, se exploraron diversas alternativas de modelos basadas en los métodos de clasificación y transmisión de fruta presentados en el marco referencial, que se detallan en las Tablas 1 y 2. Estas alternativas incluyen:

- **Alternativa 1:** Una máquina clasificadora de fresas que emplea el principio de clasificación por anillo. Esta modalidad implica una clasificación manual mediante anillos de diámetros específicos, en una serie de etapas segmentadas en cubículos. Las fresas que excedan los diámetros determinados se almacenan en cada cubículo.
- **Alternativa 2:** Una máquina clasificadora de fresas basada en correas divergentes. Este método involucra el uso de múltiples correas en movimiento constante, permitiendo que las fresas se deslicen entre ellas y se depositen en contenedores según su separación.
- **Alternativa 3:** Una máquina clasificadora de fresas que emplea cilindros rotatorios. Esta metodología implica el deslizamiento de las fresas hacia una estación circular inclinada con paredes escalonadas que forman aberturas ajustadas al tamaño de la fruta. La rotación de la estación distribuye las fresas en gavetas o contenedores.
- **Alternativa 4:** Una máquina clasificadora de fresas basada en mesas de clasificación escalonadas. Estas mesas, organizadas en grupos de 3 o más etapas, cuentan con agujeros de tamaño específico acorde a los requisitos de clasificación.

3.1.2 Criterios de evaluación de alternativas

Los criterios de valoración que se consideraron más determinantes fueron:

- a) Precio; alusivo a la adquisición de componentes y materiales con precios cómodo y accesibles para la construcción de la máquina.
- b) Mantenimiento; para el desarrollo de actividades de mantenimiento y limpieza sean sencillas para evitar el deterioro y desgaste generando perdidas.
- c) Velocidad; respecto al tiempo de clasificación de fresas para que estos sean bajos y de esta manera la reducir costos.
- d) Operación sencilla; en base a la puesta en marcha de la máquina sea de fácil manejo para cualquier operario.
- e) Regulación; para poder ajustar los diferentes diámetros y para utilizar en otras frutas.

En la Tabla 5 se establece una evaluación para determinar los pesos específicos de cada criterio de evaluación detallados anteriormente.

Tabla 5. Evaluación de los pesos específicos según los criterios.

| Criterio | Precio | Operación sencilla | Velocidad | Regulación | Mantenimiento | Σ | Pond |
|--------------------|--------|--------------------|-----------|------------|---------------|-------------|-------------|
| Precio | | 1 | 1 | 1 | 1 | 4.0 | 0.40 |
| Operación sencilla | 0 | | 1 | 1 | 1 | 3.0 | 0.30 |
| Velocidad | 0 | 0 | | 1 | 1 | 2.0 | 0.20 |
| Regulación | 0 | 0 | 0 | | 0.5 | 0.5 | 0.05 |
| Mantenimiento | 0 | 0 | 0 | 0.5 | | 0.5 | 0.05 |
| SUMA | | | | | | 10.0 | 1.0 |

3.1.3 Evaluación de los pesos específicos según los criterios

Para cada una de las alternativas se evalúa bajo un rango de valores (1-5) conforme a las condiciones basadas en los criterios expuestos.

Tabla 6. Evaluación de criterios con las alternativas.

| Criterio | Ponderación | Alternativa 1 | | Alternativa 2 | | Alternativa 3 | | Alternativa 4 | |
|--------------------|-------------|---------------|------|---------------|------|---------------|-----|---------------|------|
| | | Calificación | P*C | Calificación | P*C | Calificación | P*C | Calificación | P*C |
| Precio | 0.4 | 3 | 1.2 | 3 | 1.2 | 2 | 0.8 | 3 | 1.2 |
| Operación sencilla | 0.3 | 3 | 0.9 | 4 | 1.2 | 4 | 1.2 | 4 | 1.2 |
| Velocidad | 0.2 | 1 | 0.2 | 2 | 0.4 | 3 | 0.6 | 4 | 0.8 |
| Regulación | 0.05 | 2 | 0.1 | 3 | 0.15 | 4 | 0.2 | 3 | 0.15 |
| Mantenimiento | 0.05 | 3 | 0.15 | 2 | 0.1 | 2 | 0.1 | 3 | 0.15 |
| SUMA | 1 | | 2.55 | | 3.05 | | 2.9 | 3.5 | |

La alternativa 4 posee una mayor prioridad para como solución para el clasificado de las fresas debido a las características de la fruta como tal, pues varias de las opciones planteadas anteriormente radican en que la fresa tenga forma esférica, lo que en dependencia del tipo de fresa no se cumple siempre. La máquina clasificadora de fresas bajo el principio de mesa de clasificado contara de 3 secciones o grupos de mesas, la primera sección de una rampa donde se introducen la fruta para que se desplacen a la segunda etapa donde se encuentra una plancha troquela con Figuras del tamaño de la fresa correspondiente al diámetro de la fresa considera como pequeña, seguida de otra plancha troquela con diámetros correspondiente a la forma de la fresa considera como mediana y finalmente llegar a la etapa donde se recolecta la fresa considera como grande.

3.1.4 Esquema del Diseño de la Máquina

Luego de seleccionar la alternativa para la fabricación del proyecto, el siguiente paso consiste en identificar los sistemas o módulos existentes dentro de la máquina clasificadora de fresas. Este proceso es esencial para diseñar los componentes requeridos. Es imperativo considerar las dimensiones y parámetros de varios módulos para garantizar un funcionamiento sin problemas. Luego, estos módulos se organizan sistemáticamente para completar cada etapa de la clasificación basada en el tamaño. Los componentes necesarios para el diseño de la estructura de la máquina clasificadora de fresas se ilustran en la Figura 18.



Figura 18. Esquema de la máquina clasificadora de fresas.

Estructura

La estructura, fabricada con acero galvanizado, sirve como base para la integración de los demás sistemas de la máquina. Esta sección se divide en tres etapas: la primera es la entrada de la fruta, donde se acoplan la bandeja de ingreso, los rodillos huecos de 2 cm de diámetro y una banda de superficie lisa que permite el desplazamiento de la fruta. La segunda etapa, basada en la primera clasificación, consiste en la caída de la fruta desde la primera banda hacia la banda de clasificación de fruta pequeña, que tiene una superficie perforada en forma de fresas del tamaño considerado como pequeño. La tercera etapa de clasificación es similar a la segunda, pero en este caso, se utiliza un troquelado en forma de fresa mediana. La figura 19 muestra el diseño de esta estructura de la máquina.

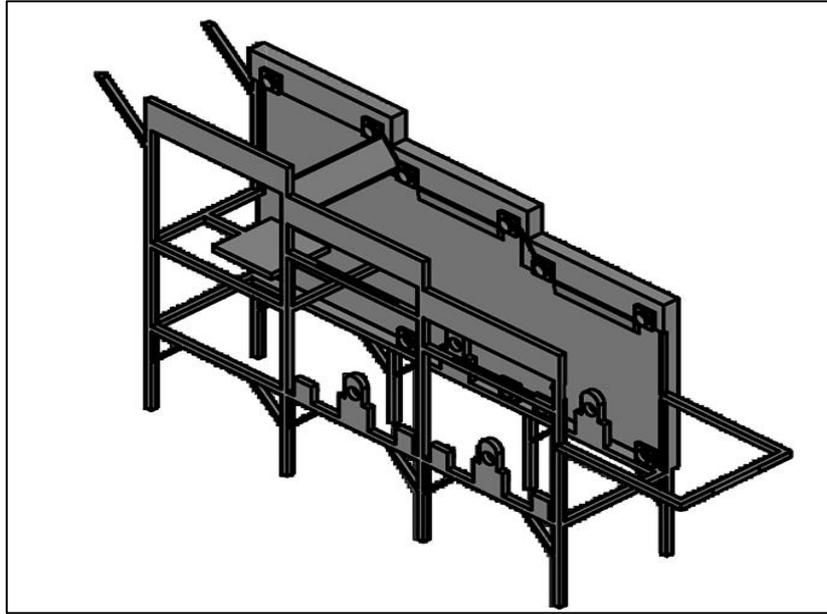


Figura 19. Diseño de la estructura de la máquina.

Sistemas transmisión

El sistema de transmisión se basa en un conjunto de elementos encargados de hacer que la fruta avance por las bandas transportadoras, al convertir la energía mecánica del motor en fuerza motriz mediante los piñones y las cadenas de transmisión.

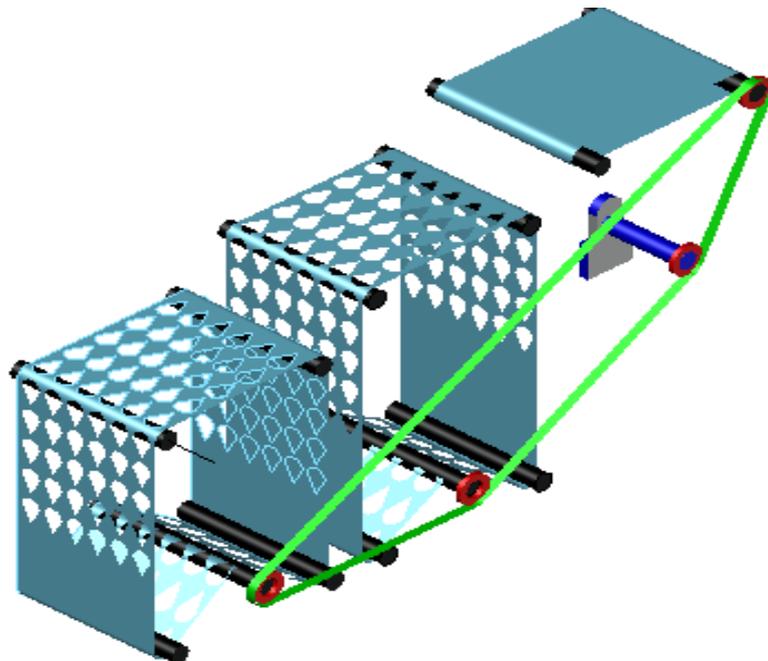


Figura 20. Diseño del sistema de transmisión de la máquina.

El sistema de transmisión tiene la función de canalizar la energía del motor a través de los conductores de los piñones y las cadenas de transmisión que se conectan directamente a los ejes. Esto resulta en la generación de movimiento en cada uno de los ejes principales, los cuales, a su vez, se encuentran interconectados mediante bandas troqueladas para impulsar el avance de la fruta.

Selección de motor

La selección del motor apropiado desempeña un papel fundamental en la ejecución exitosa de cualquier proyecto que dependa de potencia mecánica. Los motores son el motor principal detrás de una diversidad de aplicaciones. Al seleccionar un motor, es crucial considerar factores esenciales como la aplicación específica, la eficiencia, el tipo de energía, el tamaño y la potencia necesaria, entre otros aspectos críticos. Comprender en detalle las necesidades y los criterios específicos es esencial para tomar una decisión informada, y estos se detallan en la tabla 7.

Tabla 7. Criterios de evaluación para seleccionar el motor.

| # | Criterios |
|----|----------------------------|
| 1 | Tipo de Motor |
| 2 | Rendimiento |
| 3 | Tamaño |
| 4 | Costo |
| 5 | Eficiencia |
| 6 | Control de Velocidad |
| 7 | Durabilidad |
| 8 | Facilidad de Mantenimiento |
| 9 | Compatibilidad Electrónica |
| 10 | Consumo de Energía |

A continuación se describe cada parámetro a considerar en la selección de un motor:

1. Tipo de Motor: Esto se refiere al tipo de motor que se utilizará (motores eléctricos, motores de turbina, etc.).

2. Rendimiento: El rendimiento se relaciona con la eficiencia y la capacidad del motor para convertir la energía en trabajo útil. Se mide en términos de potencia de salida y eficiencia energética.
3. Tamaño: El tamaño del motor es importante para determinar si cabe en la aplicación deseada y si se ajusta al espacio disponible. Puede influir en la eficiencia y el rendimiento.
4. Costo: El costo del motor incluye tanto el precio de compra inicial como los costos operativos y de mantenimiento a lo largo de su vida útil. Debes considerar tu presupuesto y los costos a largo plazo.
5. Eficiencia: La eficiencia se refiere a la capacidad del motor para aprovechar la energía de manera efectiva. Motores más eficientes suelen consumir menos energía y generar menos pérdidas de calor.
6. Control de Velocidad: Algunas aplicaciones requieren controlar la velocidad del motor de manera precisa. Evalúa si el motor es capaz de proporcionar el control de velocidad necesario.
7. Durabilidad: La durabilidad se relaciona con la vida útil del motor y su capacidad para resistir el desgaste y las condiciones adversas. Un motor duradero suele requerir menos mantenimiento y reemplazo.
8. Facilidad de Mantenimiento: La facilidad de mantenimiento se refiere a la simplicidad con la que se pueden llevar a cabo tareas de mantenimiento, reparación y sustitución de piezas.
9. Compatibilidad Electrónica: En aplicaciones modernas, es importante que el motor sea compatible con sistemas electrónicos y de control. Debe poder integrarse fácilmente con la electrónica existente.
10. Consumo de Energía: El consumo de energía es crucial para determinar los costos operativos y ambientales. Debes considerar cuánta energía consume el motor en relación con su rendimiento.

En la tabla 8 se presentará la evaluación realizada a tres motores de corriente directa (ABB, DEIMOS y WEG).

Tabla 8. Selección de motor.

| Criterio | ABB | DEIMOS | WEG |
|-------------------------------|------------|---------------|------------|
| 1. Tipo de Motor | 5 | 8 | 6 |
| 2. Rendimiento | 6 | 9 | 7 |
| 3. Tamaño | 6 | 7 | 8 |
| 4. Costo | 4 | 6 | 5 |
| 5. Eficiencia | 6 | 8 | 7 |
| 6. Control de Velocidad | 6 | 9 | 7 |
| 7. Durabilidad | 6 | 8 | 7 |
| 8. Facilidad de Mantenimiento | 5 | 7 | 6 |
| 9. Compatibilidad Electrónica | 7 | 8 | 6 |
| 10. Consumo de Energía | 5 | 7 | 6 |
| Puntuación Total | 56 | 77 | 65 |

El modelo Deimos es el motor que obtiene la mayor ponderación según los parámetros evaluados, lo que significa que es la opción que mejor se adapta al modelo que se va a construir.

En el Anexo 1 se presenta la ficha técnica del motor Deimos. En la tabla 9 se muestra un resumen de los parámetros del motor seleccionado.

Tabla 9. Características del motor Deimos.

| Motor DEIMOS | | | |
|---|------------------|-----------------------------|-------------------|
|  | | Unidad de control: | ALPHA |
| | | Alimentación: | 110 V |
| | | Potencia absorbida: | 270 W |
| | | Módulo piñón: | 4 |
| Deceleración: | No | Reacción al impacto: | Embrague mecánico |
| Bloqueo mecánico: | Bloqueo mecánico | Frecuencia de uso: | Semi intensivo |
| Condiciones ambientales: | -15 °C a 60 °C | Peso del actuador: | 11 kg |

De igual manera en la tabla 10 y 11 se presenta una breve descripción de los elementos y características de los elementos utilizados para el sistema de transmisión respectivamente.

Tabla 10. Descripción de los elementos mecánicos para el sistema de transmisión.

| Elemento Mecánico | Imagen | Descripción |
|------------------------------|--|--|
| Piñón fijo |  | Es un mecanismo de cremallera, o también es la rueda más pequeña en un par de ruedas dentadas. |
| Chumacera |  | Soporte mecánico que se utiliza para sostener un eje rotativo, se compone de dos elementos: un anillo exterior (montado en el equipo o maquinaria) y el anillo interior (aloja el eje rotativo). |
| Cadena de transmisión |  | Elemento de máquina que sirve para transmitir el movimiento de arrastre de fuerza entre ruedas dentadas |

Tabla 11. Características del eje rotatorio.

| Eje de acero | | |
|---|-----------------|---|
|  | Longitud | 380 mm |
| | Diámetro | 40 mm |
| Material | Acero | Varilla lisa para eje lineal 8 mm con tolerancia de 380 mm. |

Sistema de clasificado

El sistema de clasificación se basa en la colocación de bandejas debajo de las bandas troqueladas, con una inclinación de 25 grados, de manera que la fruta se deslice hacia sus respectivos ductos. La gestión en esta sección se lleva a cabo mediante condiciones programadas en el PLC, donde las rejillas permiten u obstaculizan el paso de las fresas hacia los ductos correspondientes. Estos ductos redirigen las fresas hacia los contenedores ubicados debajo de ellos. Las dimensiones de estas partes se detallan en el Anexo 3.

En la figura 21 se especifican las partes correspondientes al sistema de clasificación y el diseño que integra esta sección en la estructura de la máquina.

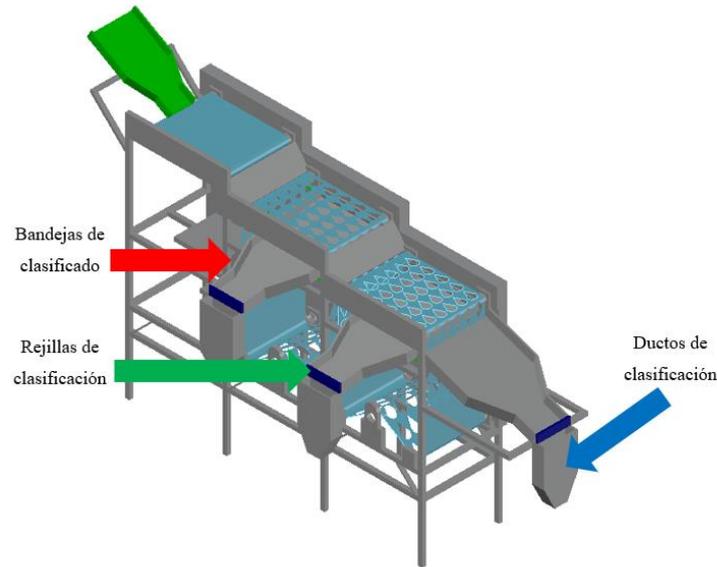


Figura 21. Diseño del sistema de clasificado.

Selección del módulo IoT

Para lograr que los sensores, actuadores, software y dispositivos se conecten y comuniquen, permitiendo el intercambio de datos con otros dispositivos, es esencial establecer una infraestructura de comunicación, como Internet en este caso. Esto implica la implementación de protocolos de comunicación y la elección de dispositivos capaces de facilitar este proceso.

Tabla 12. Matriz de selección del módulo IoT.

| Criterios de selección | Nodo MCU | Arduino Ethernet Shield |
|-----------------------------|----------|-------------------------|
| Instalación de Programación | 8 | 9 |
| Conectividad a Internet | 9 | 10 |
| Consumo eléctrico | 8 | 7 |
| Robustez | 8 | 9 |
| Rango de aplicación | 9 | 8 |
| Total | 42 | 43 |

El módulo que mejor se adapta a los requisitos propuestos, basándonos en los criterios evaluados, es el Arduino Ethernet Shield debido a sus destacadas cualidades. Esta placa permite a un Arduino conectarse a Internet. Para lograrlo, simplemente se coloca este módulo en el Arduino y se conecta a la red mediante un cable RJ45, basada en el microchip Ethernet Wiznet. Este dispositivo habilita una conexión IP que es capaz de utilizar tanto TCP como UDP. Para obtener una visión general de las características de este módulo seleccionado en la tabla 13.

Tabla 13. Características del módulo de Arduino Ethernet Shield.

| Arduino Ethernet Shield | | | |
|-----------------------------------|----------|----------------------------|------------------|
| Voltaje de entrada: | 7-12V | Memoria flash: | 32KB (ATmega328) |
| Voltaje de operación: | 5V | SRAM: | 2KB (ATmega 328) |
| Pines de entrada y salida: | 14 pines | EEPROM: | 1KB (ATmega 328) |
| Entradas análogas: | 6 | Velocidad de reloj: | 16 MHz |

De igual manera se presenta las características de otros dispositivos, módulo o actuadores utilizados en el sistema de clasificado, entre los elementos se encuentran (Dispositivo PLC, Placa Arduino Mega y servomotor).

El servomotor permite un control preciso de la posición y los movimientos de su eje. Esto significa que puede desplazarse a un ángulo, posición y velocidad específicos en cualquier momento, lo que resulta fundamental para mover la rejilla que guía el paso de las fresas con precisión.

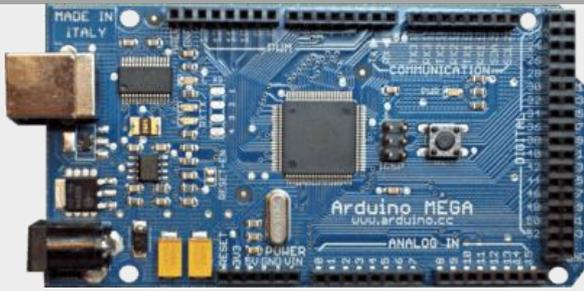
El controlador lógico programable S7-1200 está equipado con un microprocesador, entradas y salidas digitales, así como entradas de alta velocidad y salidas de alta velocidad integradas, además de contar con entradas analógicas incorporadas.

Tabla 14. PLC-SIMATIC S7-1200

| SIMATIC S7-1200 | | | |
|---|--|----------------------------|----------|
|  | Designación del tipo de producto: | CPU 1214C AC/DC/Relais | |
| | Versión de firmware: | V 4.5 | |
| | Valor nominal (AC): | 120 V AC Sí 230 V AC Sí | |
| | Frecuencia de red: | 47 Hz - 63 Hz | |
| Entradas digitales: | 14; integrado | Salidas digitales: | 10; Relé |
| Entradas analógicas: | 2 | Salidas analógicas: | 0 |
| Protocolos (Ethernet): | TCP/IP SNMP DCP LLDP | Otros protocolos: | MODBUS |

Las placas de Arduino están equipadas con entradas y salidas digitales que pueden leer botones, interruptores y sensores digitales, y pueden configurarse de diversas formas a través de la programación. Además, disponen de entradas y salidas analógicas que permiten la lectura de sensores analógicos y la variación mediante la modulación por ancho de pulso (PWM) con bajo voltaje y amperaje.

Tabla 15. Características del módulo de Arduino Mega.

| Arduino Mega | | | |
|--|--|------------------------------------|-----------------|
|  | | | |
| Microcontrolador: | ATMega2560 | Memoria: | 256 KB Flash |
| Pinout: | 54 pines digitales y 16 pines analógicos | Puertos serie por hardware: | 3 |
| Voltaje de trabajo: | 5V | Velocidad de reloj: | 16 MHz |

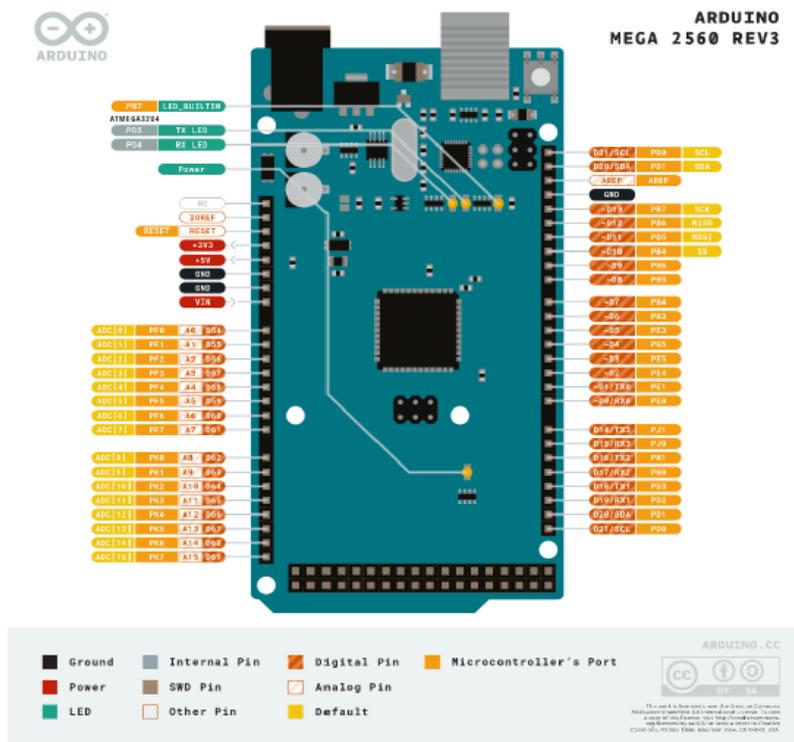


Figura 22. Entradas y salidas de Arduino Mega.

Tabla 16. Características del servomotor.

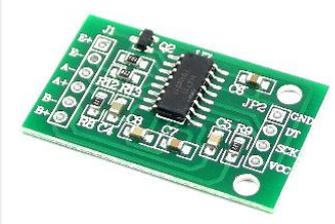
| Servomotor | | | |
|---|-------------|-----------------------------|-----------------------|
|  | | Rango de ángulo rotacional: | 360° (giro continuo). |
| | | Frecuencia PWM: | 50Hz (20ms). |
| | | Material de los piñones: | Plástico |
| Torque: | 3,2Kg/cm | Voltaje de entrada: | 4,8v DC a 6v DC |
| Velocidad de funcionamiento: | 0,23s / 60° | | |

Sistema de pesado y empaquetado

El sistema de pesado se basa en el principio cuya capacidad de transformar fuerzas (presión, tensión o peso) en una variación en su resistencia eléctrica, la cual puede ser cuantificada y registrada. Los sensores de este tipo son dispositivos cuya resistencia se modifica en

respuesta a la fuerza aplicada sobre ellos para ello se emplea el módulo HX711 mediante la transmisión a una celda cuya variación de voltaje determinara el paso de los recipientes. En la tabla 17 se presenta las características del módulo utilizado.

Tabla 17. Características del módulo HX711.

| MÓDULO HX711 TRANSMISOR DE CELDA | | | |
|---|-----------------------------------|--|-------------|
|  | Voltaje de operación: | | 5V DC |
| | Resolución conversión A/D: | | 24 bit |
| | Frecuencia de lectura: | | 80 Hz |
| | Dimensiones: | | 38*21*10 mm |
| Consumo de corriente: | 10 mA | Conexión: | |
| Voltaje de entrada diferencial: | ±40 mV | Rojo: Voltaje de excitación +, E+, VCC Negro: Voltaje de excitación -, E-, GND Verde: Amplificador -, Señal -, A- Blanco: Amplificador +, Señal +, A+ | |

Además se utiliza un sensor capacitivo para detectar que el recipiente plástico se encuentre en la posición indicada para que caiga mediante el orificio de los ductos, otro aspecto a tener en cuenta es las condiciones de programación, pues el servomotor va controlar de am, era directa a la rejilla que permitirá el paso de las fresas por los ductos. En la tabla 18 se presentan los parámetros del sensor capacitivo utilizado.

Tabla 18. Características del sensor de proximidad capacitivo.

| Sensor de proximidad capacitivo | | | |
|---|--------------------------------|------------------------------|-------------|
|  | Salida: | | Tipo PNP |
| | Protección: | | IP67 |
| | Temperatura de trabajo: | | -25 a 70°C |
| | Peso: | | 167 gr |
| Corriente de salida: | 300 mA máx. | Voltaje de Operación: | 6 – 24 V DC |
| Rango de detección: | 3 mm a 10 mm | Corriente de trabajo: | 20 mA máx. |

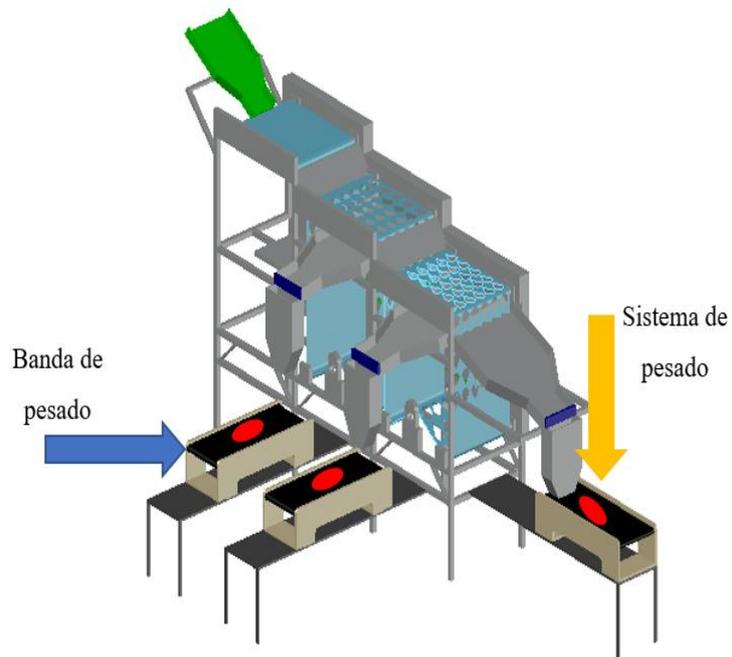


Figura 23. Diseño del sistema de pesado y empaquetado.

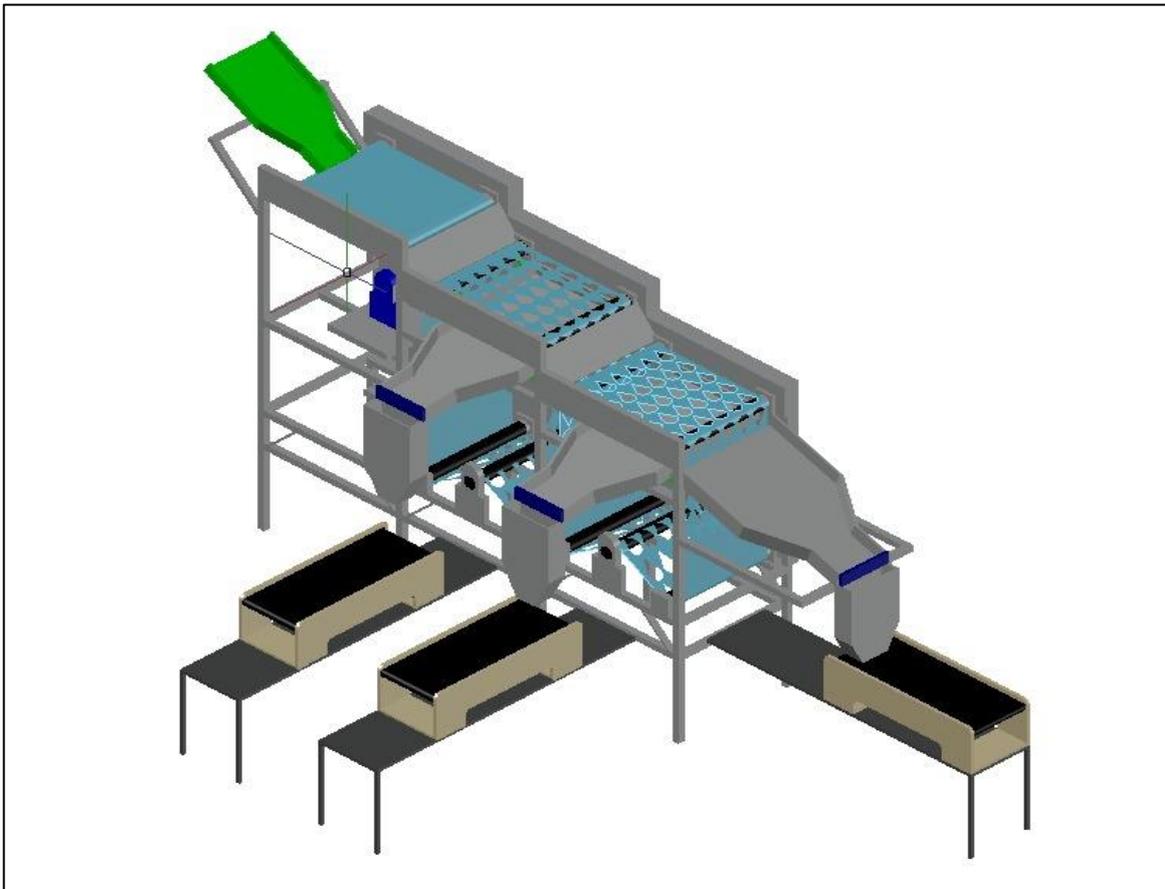


Figura 24. Modelo final del diseño de la máquina clasificadora.

3.2 Descripción del proceso de clasificado, pesado y empaquetado

El proceso de clasificación, pesado y empaquetado de las fresas implica múltiples etapas. A continuación, se detalla minuciosamente este proceso.

3.2.1 Ingreso de las fresas

El proceso de clasificación se inicia al presiona al botón de encendido que activa el motor que opera las bandas transportadoras correspondientes a la fase de ingreso de las frutas (banda de entrada) y las etapas de clasificación (banda 1 y banda 2). Las frutas son dispuestas en contenedores con un peso de 5 kg y se desplazan por la bandeja de entrada hasta llegar a la banda transportadora que conduce a la primera etapa de clasificación.



Figura 25. Ingreso de fresas a la maquina clasificadora.

3.2.2 Clasificación de la fruta

La clasificación de la fruta se efectúa en las bandas transportadoras (banda 1 y banda 2), que cuentan con aberturas adaptadas al tamaño de las fresas. Las planchas de las bandas presentan troquelados en cada una. La primera banda permite el acceso a fresas pequeñas en

comparación con el tamaño, mientras que la segunda banda permite el paso de fresas medianas. Aquellas fresas que no pasan por las aberturas de las bandas tienen un tamaño superior al de los troquelados, categorizándose como grandes con un tamaño superior. Las dimensiones de las fresas se describen en la tabla 19.

Tabla 19. Tamaño de fresas.

| Clase | Medidas Longitudinal (mm) | Medida transversal (mm) |
|---------|---------------------------|-------------------------|
| Pequeña | 34 | 19 |
| Mediana | 43 | 20 |
| Grande | 48 | 25 |



Figura 26. Banda troquelada de la banda 1 y 2.

3.2.3 Desplazamiento de fruta clasifica

Una vez que las fresas ingresan por los orificios del troquelado, caen sobre las bandejas utilizadas para el clasificado de la fruta. Estas bandejas están inclinadas a 25 grados, lo que facilita el deslizamiento de las fresas hacia los ductos que dirigen la fruta a los contenedores correspondientes. Al final de cada bandeja de clasificado, se encuentra una compuerta que permite el paso de las fresas, es decir, permite que las frutas caigan en los contenedores según un peso establecido. Esta compuerta está controlada por un servomotor que la abre.



Figura 27. Bandeja de clasificado.

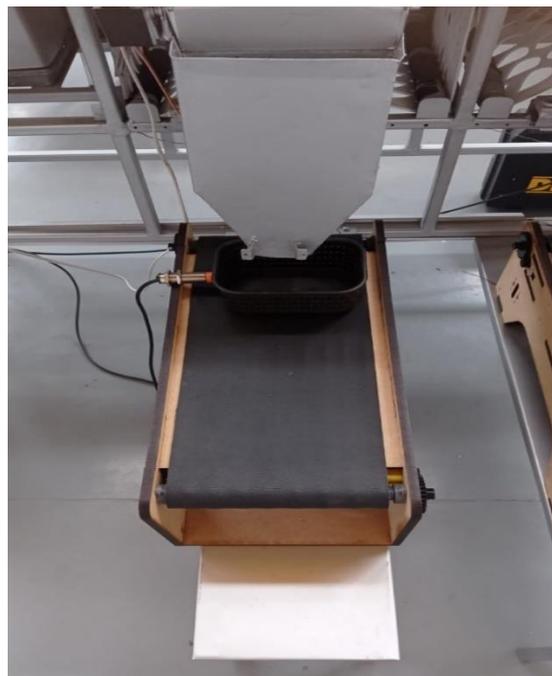


Figura 28. Ductos de clasificación.

3.2.4 Pesaje de contenedores

El proceso de pesaje se realiza mediante un sistema equipado con una galga extensométrica, un tipo de sensor que cambia su resistencia en respuesta a la fuerza aplicada. Esta galga mide el peso de cada contenedor y, al alcanzar el peso especificado, envía una señal que activa un servomotor. La activación del servomotor provoca el cierre de una compuerta, bloqueando

así el flujo de más fresas. Las galgas extensométricas son sensores versátiles que miden deformaciones, presiones y cargas. Estos sensores funcionan mediante el efecto de la variación de resistencia bajo fuerza y se utilizan en aplicaciones que van desde la medición de tensiones hasta la detección de tipos de pisada.

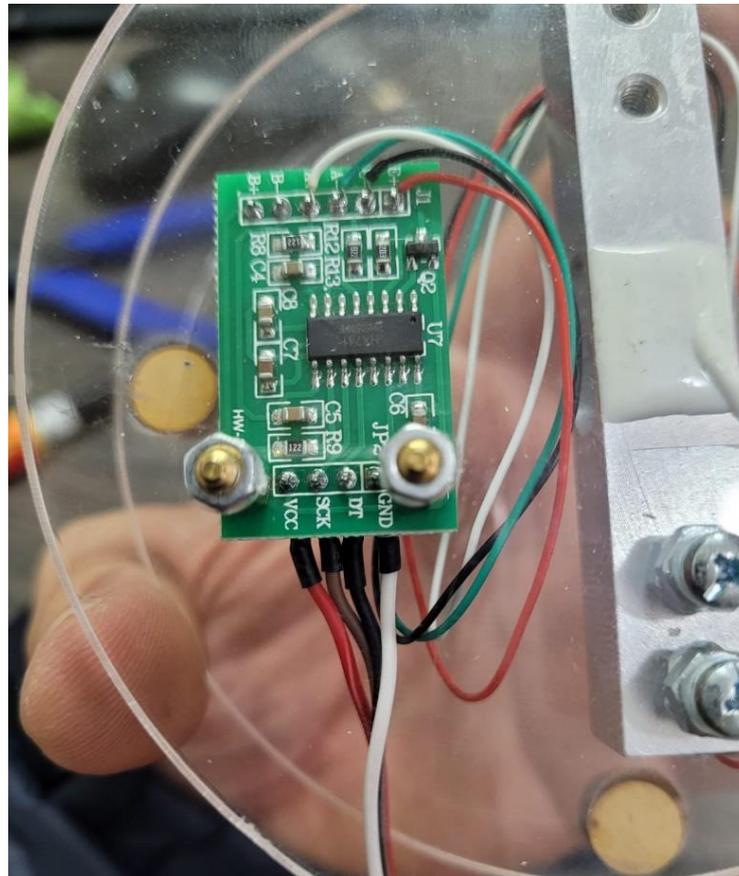


Figura 29. Circuito de pesaje.

3.2.5 Empaqueta y sellado

El proceso de transporte de envases de frutas se mejora mediante la incorporación de tres nuevas bandas transportadoras (banda fresas pequeña, fresas medianas y fresas grandes) ubicadas en la parte inferior de cada contenedor. Estas bandas son activadas cuando los envases alcanzan un peso específico, permitiendo su desplazamiento. Este sistema se basa en una retroalimentación que asegura que la banda correspondiente se active, facilitando el posicionamiento de nuevos envases en ubicaciones específicas. Para el control preciso, se utiliza un sensor capacitivo de presencia. La implementación de estas bandas transportadoras optimiza el proceso de manejo de envases y mejora la eficiencia en la línea de producción.



Figura 30. Banda de empaquetado.



Figura 31. Proceso de empaquetado.

3.3 Diseño eléctrico

3.3.1 Diagrama eléctrico en software de simulación

Con el fin de garantizar un rendimiento óptimo del control mediante el PLC (Control Lógico Programable), se empleó el software Cadesimu para simular las interconexiones eléctricas del sistema.

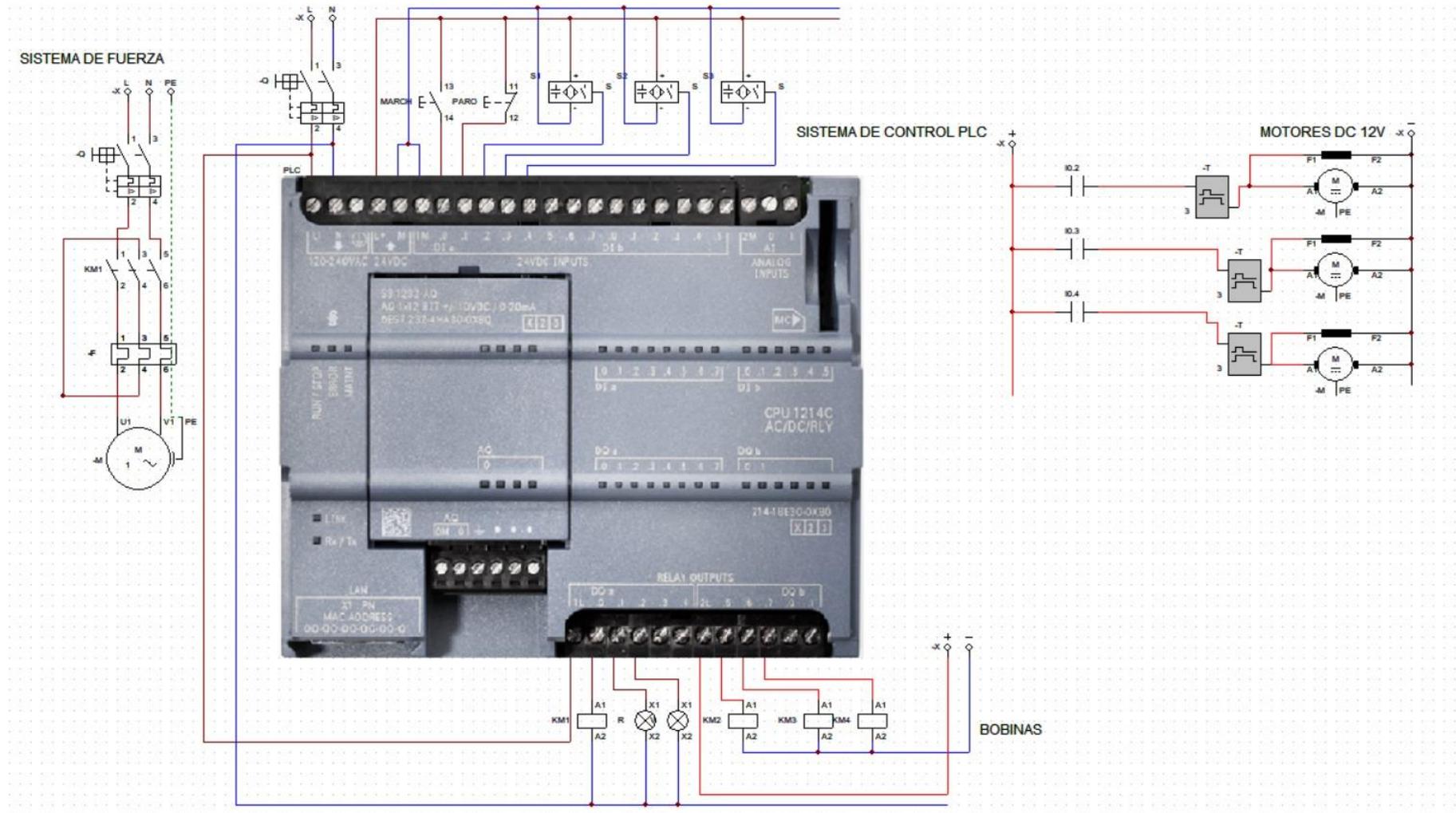


Figura 32. Diagrama de conexiones en CadeSimu.

El sistema eléctrico está equipado con diversos componentes, incluyendo:

- Un PLC (Control Lógico Programable).
- Dos pulsadores, uno de inicio y otro de paro.
- Tres sensores de detección capacitivos destinados a los contenedores.
- Cuatro motores, uno de gran potencia utilizado en el sistema de transmisión y tres motores más pequeños diseñados para la movilización de los contenedores con la fruta.
- Dos indicadores luminosos.

La función principal del PLC es la lectura de los datos proporcionados por los sensores, su posterior procesamiento y la emisión de señales de control hacia los actuadores correspondientes. Los detalles específicos de la conexión de estos elementos al sistema se encuentran detallados en la tabla 20, que muestra las entradas y salidas del PLC.

Tabla 20. Entrada y salidas de las maquina clasificadora de fresas.

| Dirección I/O | Tipo | Elemento |
|----------------------|-------------|-------------------------|
| I 0.0 | Entrada | Pulsador de marcha |
| I 0.1 | Entrada | Pulsador de paro |
| I 0.2 | Entrada | Sensor PNP capacitivo 1 |
| I 0.3 | Entrada | Sensor PNP capacitivo 2 |
| I 0.4 | Entrada | Sensor PNP capacitivo 3 |
| Q 0.0 | Salida | Motor DC Deimos |
| Q 0.1 | Salida | Luz piloto (verde) |
| Q 0.2 | Salida | Luz piloto (rojo) |
| Q 0.5 | Salida | Motor banda 1 |
| Q 0.6 | Salida | Motor banda 2 |
| Q 0.7 | Salida | Motor banda 3 |

3.3.2 Diagrama eléctrico del sistema de pesado en el software de simulación

Algunos elementos de control, como las pesas y servomotores, no están directamente conectados al PLC. Para gestionar estos elementos, se utiliza un sistema que adquiere datos de ellos a través de sensores y transductores conectados a un Arduino. Un transductor es un dispositivo que convierte señales físicas, como la presión, en señales eléctricas, o viceversa. Estos dispositivos permiten la captura de información del entorno físico, la cual se procesa en sistemas electrónicos para automatizar la máquina clasificadora de fresas. En la figura 33 se presenta el diagrama utilizado para la conexión de los elementos y dispositivos.

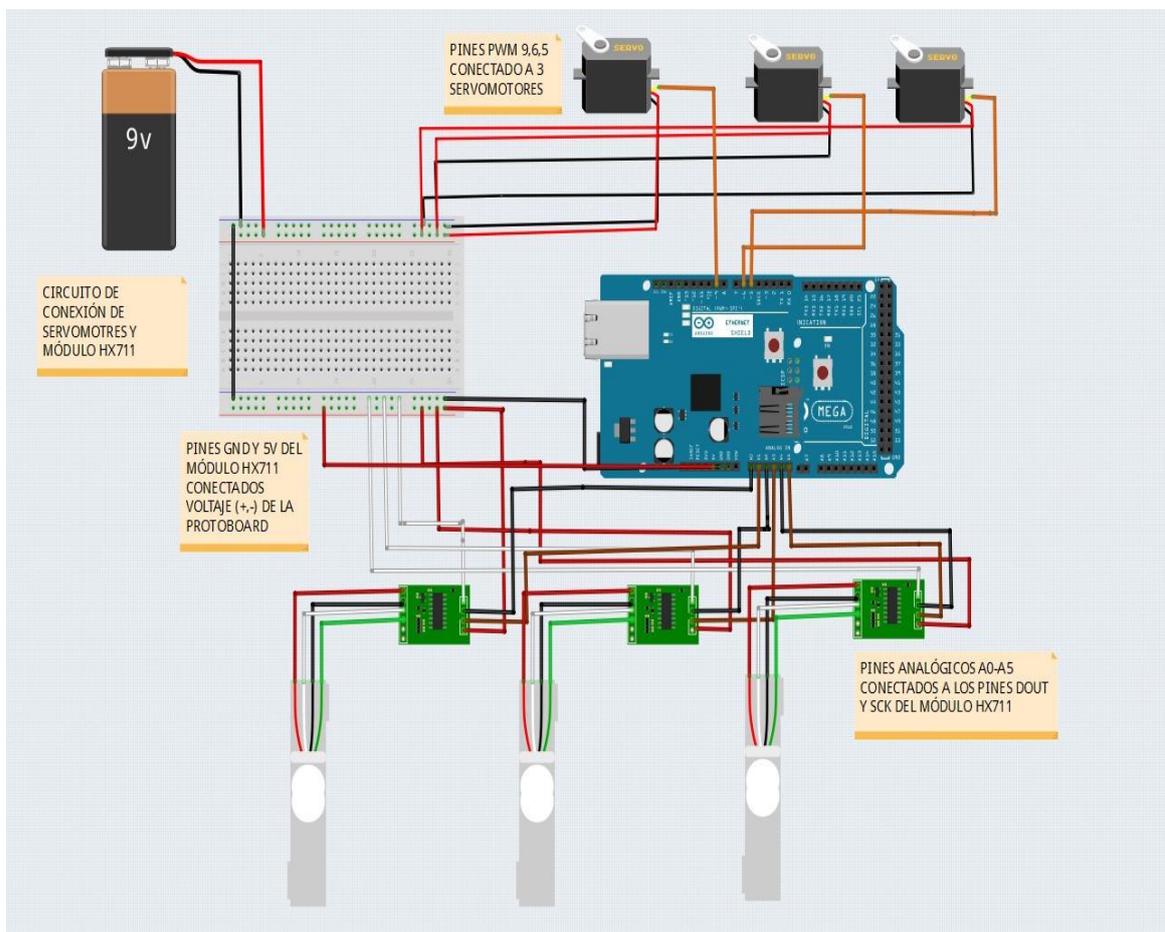


Figura 33. Diagrama de conexiones con el Arduino.

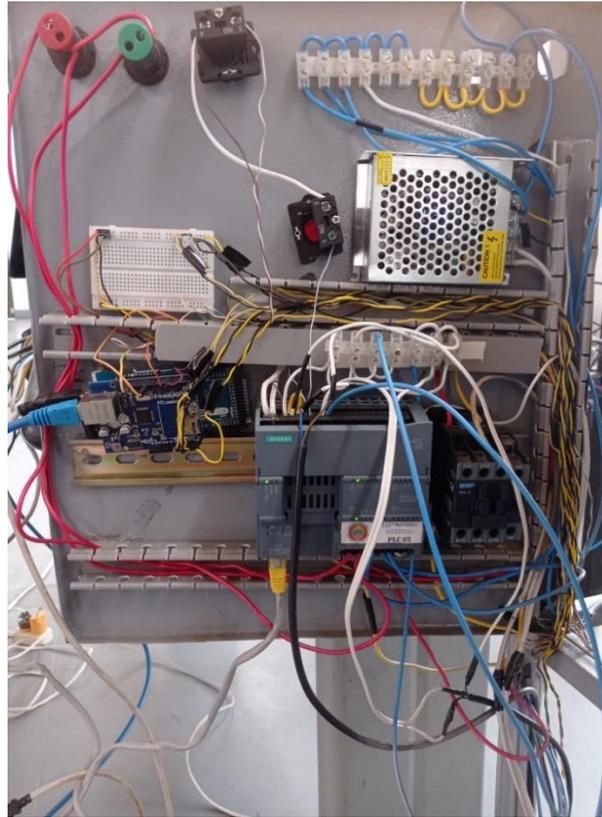


Figura 34. Conexión de elementos eléctricos.

3.3.3 Diagramas de control de variables

Un lazo de control es un arreglo de elementos que forman parte de un sistema de control, y permiten mantener las condiciones deseadas de un proceso o sistema. Es la parte fundamental de un sistema de control automático de procesos, ya que permite mantener condiciones y cantidades variables de proceso controladas.

El sistema de la máquina clasificadora de fresas cuenta con siete lazos de control, de los dos tipos (abierto y cerrado) para el control en cada una de sus etapas.

El primer lazo de control presente en la máquina es el motor principal, el cual corresponde al modelo Deimos. Este lazo de control se clasifica como tipo abierto, ya que su variable de velocidad no se controla de manera directa. En su lugar, el motor opera a su capacidad máxima, adaptándose a las condiciones necesarias en el sistema de transmisión para mover las fresas. Por lo tanto, cuando se enciende, el motor comienza desde 0 revoluciones y acelera gradualmente hasta alcanzar una velocidad constante. Puede observarse el diagrama de este lazo de control abierto en la figura 35.

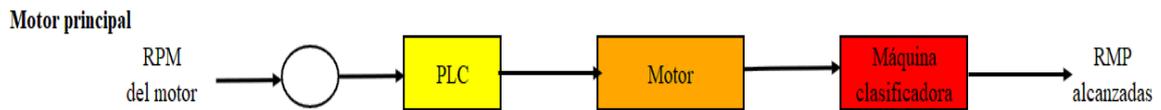


Figura 35. Lazo de control del motor.

El segundo, tercer y cuarto lazo de control (figura 36, figura 37 y figura 38) están diseñados para regular la apertura y cierre de las rejillas que permiten o bloquean el flujo de las fresas hacia los conductos. Este control se activa en función de un peso aproximado de 300 gramos en cada contenedor de fruta. Utilizando el módulo HX711, que se basa en el principio de la galga extensiométrica, se detecta la deformación de las celdas debido al peso de la fruta, lo que genera variaciones en la resistencia eléctrica. Estas variaciones se traducen en una señal eléctrica que el sistema interpreta para mostrar al usuario el peso correspondiente.

Activación / desactivación de
rejilla 1

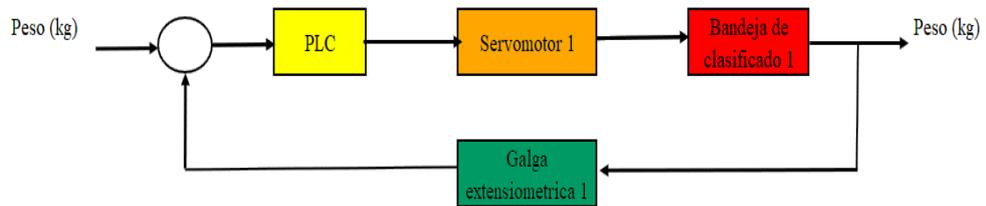


Figura 36. Lazo de control de servomotor 1.

Activación / desactivación de
rejilla 2

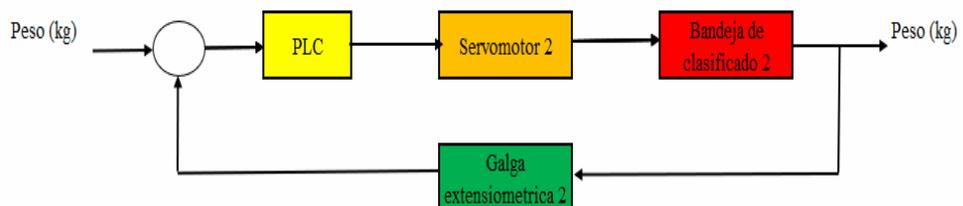


Figura 37. Lazo de control de servomotor 2.

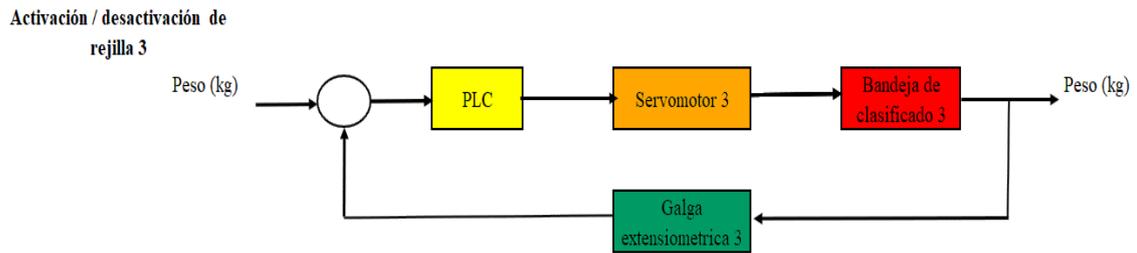


Figura 38. Lazo de control de servomotor 3.

El quinto, sexto y séptimo lazo de control (representados en las Figuras 39, 40 y 41) tienen la función de transportar los contenedores una vez que estos alcanzan el peso previamente mencionado. Estos lazos de control están interconectados con los lazos de control anteriores y operan en secuencia. Cuando se logra el peso deseado, se activan para desplazar los contenedores llenos, permitiendo que los contenedores que están detrás se posicionen en el lugar adecuado para recibir las fresas. Este proceso se realiza mediante un sensor capacitivo de presencia, que opera según el principio de placas conductoras y evita la conducción de corriente entre las dos placas. Estas placas están conectadas a través de un circuito, y cuando el circuito se interrumpe, las placas almacenan energía, generando un voltaje que indica la presencia de un objeto.

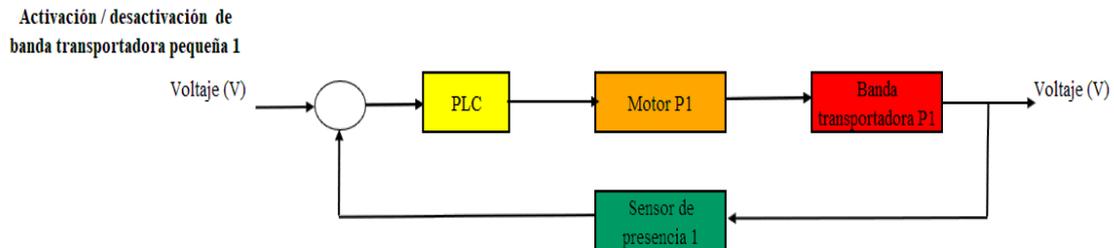


Figura 39. Lazo de control de motor pequeño 1.

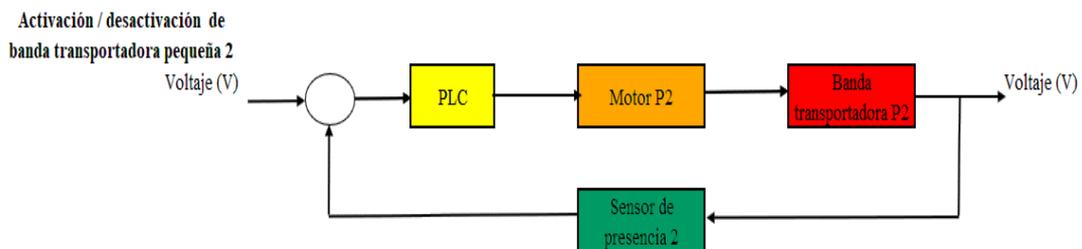


Figura 40. Lazo de control de motor pequeño 2.

Activación / desactivación de banda transportadora pequeña 3

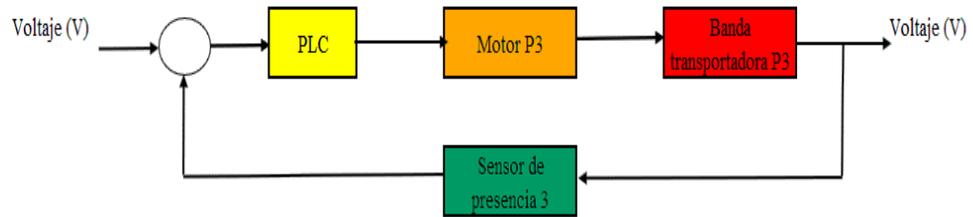


Figura 41. Lazo de control de motor pequeño 3.

3.3.4 Protocolo de comunicación

El protocolo implementado en la máquina clasificadora de fresas es el Protocolo MODBUS, que opera en modo maestro-esclavo (cliente-servidor). En este sistema, el maestro (cliente) controla constantemente las comunicaciones con los esclavos, que pueden ser hasta 247. Los esclavos (servidores) responden a las solicitudes del maestro, proporcionando los datos solicitados o ejecutando las acciones indicadas.

La comunicación entre el maestro y el esclavo es de tipo Peer to Peer y se establece de la siguiente manera: primero se envía una trama de pregunta que contiene el código de función que indica al esclavo qué operación realizar, junto con los datos necesarios para su ejecución. Luego, se recibe una trama de respuesta que contiene la confirmación o los datos resultantes de la ejecución de la función.

En cuanto a los campos de las tramas MODBUS:

- El número de esclavo (1 byte) indica la dirección del destinatario de la trama.
- El código de operación o función (1 byte) define el tipo de operación a realizar sobre el esclavo, que puede ser de lectura/escritura en memoria o de control del esclavo.

Para direccionar variables o elementos en el mapa de direcciones MODBUS, se utiliza una dirección que es una unidad menor que la del registro deseado. Por ejemplo, para acceder al relé 127, se utiliza el valor 126 en el campo de dirección. En MODBUS, cada tipo de dato se mapea en un rango de memoria específico:

- @1-10000 (DOs - salidas digitales): 1 bit por dirección para indicar el estado de una salida.
- @10001-20000 (DIs - entradas digitales): 1 bit por dirección para leer el estado de una entrada digital.
- @20001-30000: Este rango de direcciones no se utiliza en el protocolo MODBUS estándar.
- @30001-40000 (AIs - entradas analógicas): 16 bits por dirección para almacenar medidas o entradas analógicas.
- @40001-50000 (AOs - salidas analógicas): 16 bits para registros de salidas analógicas.

Estos rangos se acceden mediante funciones específicas, y cada uno tiene su dirección base implícita para facilitar el acceso.

Cuando se define la dirección de una variable u otro elemento en el mapa de direcciones MODBUS, restamos una unidad de la dirección real a la que deseamos acceder.

- El relé número 1 de un controlador se direcciona con el valor 0000 en el campo de dirección de un mensaje MODBUS.
- El relé 0x007F (127 decimal) de un controlador se direcciona con el valor 0x007E (126 decimal) en el campo de dirección de un mensaje MODBUS.
- Para acceder al Holding Register 40001, se utiliza el valor 0000 en el campo de dirección del mensaje. Es importante destacar que el código de función utilizado para acceder a los Holding Registers implica automáticamente el acceso a direcciones con el formato '4XXXX'.
- Para acceder al Holding Register 40108, se lee desde la dirección 0x006B (107 decimal).

3.3.5 Comunicación Arduino y PLC

Tabla 21. Código de Arduino.

| Código | Descripción |
|--|---|
| <code>#include "HX711.h"</code> | La biblioteca permite la comunicación con sensores de peso HX711. |
| <code>#include <ModbusEthernet.h></code> | La biblioteca permite la implementación de la comunicación Modbus a través de Ethernet. |
| <code>#include <Servo.h></code> | La biblioteca permite el control de servomotores, permitiendo moverlos con precisión. |
| <code>#include <Ethernet.h></code> | La biblioteca proporciona las funciones y herramientas necesarias para configurar y utilizar una conexión Ethernet. |
| <code>#include <Modbus.h></code> | La biblioteca permite la comunicación con dispositivos compatibles con Modbus. |
| <code>#include <ModbusIP.h></code> | La biblioteca permite la interacción con dispositivos compatibles con el protocolo Modbus a través de una conexión Ethernet/IP. |
| <code>long LOADCELL_DOUT_PIN = A0;</code> <code>long LOADCELL_SCK_PIN = A1;</code> <code>long LOADCELL_DOUT_PIN1 = A2;</code> <code>long LOADCELL_SCK_PIN1 = A3;</code> <code>long LOADCELL_DOUT_PIN2 = A4;</code> <code>long LOADCELL_SCK_PIN2 = A5;</code> <code>long ts;</code> | <p>La variable <code>LOADCELL_DOUT_PIN</code> como un valor largo (long) igual al número del pin analógico en Arduino. Esto se utiliza para definir qué pin se está utilizando como entrada para leer una señal analógica.</p> <p>La variable <code>LOADCELL_SCK_PIN</code> como un valor largo (long) igual al número del pin analógico en Arduino. Esto se utiliza para definir qué pin se está utilizando como reloj (clock) para la lectura de una señal analógica.</p> <p>La línea “long ts;” es de tipo largo (long) utilizada para almacenar valores enteros largos, como timestamps o números enteros largos.</p> |
| <code>HX711 scale;</code> <code>HX711 scale1;</code> <code>HX711 scale2;</code> | Crea una instancia del objeto "scale" de la clase HX711 utilizada en la interacción con un sensor de peso HX711 para leer y procesar datos del sensor de peso. |
| <code>const int Holding0=0;</code> <code>const int Holding1=1;</code> <code>const int Holding2=2;</code> <code>const int Holding3=3;</code> <code>const int Holding4=4;</code> <code>const int Holding5=5;</code> | Interacción de las variables enteras para definir valores que no deben cambiar durante la ejecución del programa con el bloque en la programación del plc para leer y escribir. |
| <code>ModbusIP mb;</code> | Es instancia se utiliza para interactuar con una conexión Modbus TCP/IP con esta línea, se crea un objeto que puede establecer y gestionar la comunicación Modbus a través de una conexión Ethernet/IP. |
| <code>Servo myservo;</code> <code>Servo myservo1;</code> <code>Servo myservo2;</code> | Crea una instancia del objeto "myservo" utilizada para mover y controlar el servo motor conectado. |

| | |
|---|--|
| <pre>int peso=0; int peso1=0; int peso2=0;</pre> | <p>Se declara una variable llamada "peso" de tipo entero (int). La variable es utilizada para almacenar y actualizar información relacionada con el peso.</p> |
| <pre>float calibration_factor = -501; float calibration_factor1 = -501; float calibration_factor2 = -501;</pre> | <p>Se declara una variable llamada "calibration_factor" de tipo flotante. Esta variable se puede utilizar para almacenar un factor de calibración que se utiliza en cálculos de ajuste. El factor de calibración -501 nace bajo una constata prueba y error de los valores.</p> |
| <pre>void setup() { ts=millis(); myservo.attach(9); myservo1.attach(5); myservo2.attach(6);</pre> | <p>Se utiliza para asignar el valor actual del tiempo para registrar el tiempo en que ocurre un evento.</p> <p>Se utiliza para asociar el objeto "myservo" a un pin específico, el servo motor se controlará a través del pin utilizando comandos proporcionados por la biblioteca Servo.</p> |
| <pre>Serial.begin(9600); byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF,0xFE, 0xED}; byte ip [] = {192,168,1,51}; mb.config (mac,ip);</pre> | <p>Se utiliza para iniciar la comunicación serial con una velocidad de baudios de 9600.</p> <p>Se definir una dirección MAC (Media Access Control) en un programa con comunicación Ethernet. Se asigna a un dispositivo de red para identificarlo en una red local.</p> <p>Se utiliza para definir una dirección IP, esta se utiliza para identificar un dispositivo en una red y establecer como una serie de cuatro bytes que representan valores decimales.</p> <p>Se utiliza para configurar una instancia del objeto "mb" una dirección MAC y una dirección IP. Esta configuración permite que el dispositivo comunicarse a través de una red Ethernet utilizando el protocolo Modbus con la dirección MAC y la dirección IP especificadas.</p> |
| <pre>mb.addIreg(InputRegister); mb.addIreg(InputRegister1); mb.addIreg(InputRegister2);</pre> | <p>Se utiliza un registro de entrada (Input Register) a una instancia que generalmente se utiliza en la comunicación Modbus TCP/IP. Este registro permite almacenar datos de lectura que se pueden acceder o consultar a través de una comunicación Modbus.</p> |
| <pre>mb.addHreg(Holding); mb.addHreg(Holding1); mb.addHreg(Holding2); mb.addHreg(Holding3); mb.addHreg(Holding4); mb.addHreg(Holding5);</pre> | <p>Se utiliza un registro de retención (Holding Register) a una instancia del objeto. Los registros de retención se utilizan para almacenar datos que pueden ser escritos o leídos a través de una comunicación Modbus.</p> |
| <pre>scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);</pre> | <p>Se utiliza para inicializar y configurar la escala de la clase HX711. Se utilizan para la comunicación con el sensor de celda de carga HX711.</p> <p>LOADCELL_DOUT_PIN` generalmente representa el pin que recibe los datos del sensor de celda de carga.</p> <p>LOADCELL_SCK_PIN` generalmente representa el pin que controla el reloj o la sincronización de la comunicación con el sensor.</p> |

| | |
|---|--|
| <pre> scale.set_scale(); scale.tare(); long zero_factor = scale.read_average(); Serial.print("Zero factor: "); Serial.println(zero_factor); scale1.begin(LoadCell_DOUT_P1 N1,LoadCell_SCK_PIN1); scale1.set_scale(); scale1.tare(); long zero_factor1 = scale1.read_average(); Serial.print("Zero factor: "); Serial.println(zero_factor1); scale2.begin(LoadCell_DOUT_P1 N2,LoadCell_SCK_PIN2); scale2.set_scale(); scale2.tare(); long zero_factor2 = scale2.read_average(); Serial.println(zero_factor2);} </pre> | <p>Se utiliza para calibrar un sensor de celda de carga HX711, estableciendo el factor de escala para convertir las lecturas del sensor en unidades de peso.</p> <p>Se utiliza para establecer el valor de tara en un sensor de celda de carga HX711. La tara es el valor que se resta de las lecturas del sensor para eliminar el peso del contenedor en el que se coloca el objeto a pesar.</p> <p>Se utiliza para calcular y almacenar el factor de cero en un sensor de celda de carga HX711. El factor de cero representa la lectura promedio del sensor cuando no hay peso sobre la celda de carga. Este valor se utiliza para eliminar cualquier desviación en las mediciones por el peso cero del sensor.</p> <p>La función `Serial.print()` se usa para imprimir el texto "Zero factor: " en la ventana del monitor serial, y `Serial.println()` se usa para imprimir el valor de la variable `zero_factor` en la siguiente línea.</p> <p>-El código se repite para los dos sensores restantes.</p> |
| <pre> Serial.begin(9600); byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF,0xFE, 0xED}; byte ip [] = {192,168,1,51}; mb.config (mac,ip); </pre> | <p>Se utiliza para iniciar la comunicación serial con una velocidad de baudios de 9600.</p> <p>Se define una dirección MAC (Media Access Control) en un programa con comunicación Ethernet. Se asigna a un dispositivo de red para identificarlo en una red local.</p> <p>Se utiliza para definir una dirección IP, esta se utiliza para identificar un dispositivo en una red y establecer como una serie de cuatro bytes que representan valores decimales.</p> <p>Se utiliza para configurar una instancia del objeto "mb" una dirección MAC y una dirección IP. Esta configuración permite que el dispositivo se comunique a través de una red</p> |

| | |
|--|--|
| <pre> void loop() { mb.task(); if(millis()>ts+300){ scale.set_scale(calibration_factor); peso=scale.get_units(),1; scale1.set_scale(calibration_factor1); peso1=scale1.get_units(),1; scale2.set_scale(calibration_factor2); peso2=scale2.get_units(),1; myservo.write(mb.Hreg(Holding)); myservo1.write(mb.Hreg(Holding1)); myservo2.write(mb.Hreg(Holding2)); mb.Hreg(Holding3,peso); mb.Hreg(Holding4,peso1); mb.Hreg(Holding5,peso2); Serial.println(Holding); }} </pre> | <p>Ethernet utilizando el protocolo Modbus con la dirección MAC y la dirección IP especificadas.</p> <p>Se utiliza para el procesamiento relacionado con la comunicación Modbus. Esta función suele ser llamada en un bucle de programa para procesar solicitudes y respuestas Modbus, permitiendo que el dispositivo se comunique.</p> <p>La expresión <code>millis() > ts + 300</code> se utiliza para verificar si ha pasado un cierto período de tiempo desde el valor almacenado en la variable "ts". Se representa el tiempo en milisegundos y el valor almacenado en "ts" es mayor que 300 milisegundos.</p> <p><code>scale.set_scale(calibration_factor)</code> establece un factor de escala del sensor de celda de carga HX711 utilizando el valor almacenado en la variable "calibration_factor". Esto ajusta las lecturas del sensor para convertirlas en unidades de medida específicas.</p> <p><code>peso = scale.get_units()</code>: obtiene el peso medido por el sensor de celda de carga y asignarlo a la variable "peso".</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se repite el proceso para las otras 2 escalas. <p>Escribir un valor almacenado en un registro de retención (Holding Register) de un dispositivo Modbus a un servo motor controlado.</p> <p>Escribe el valor de la variable "peso" en un registro de retención (Holding Register) con la dirección "Holding", se utiliza para enviar datos, el valor de peso, a través de Modbus a otro dispositivo o sistema que pueda utilizar estos datos para control.</p> <p>Se utiliza para imprimir en el monitor serial el valor almacenado en la variable "Holding".</p> |
| <p>El objetivo del código es medir el peso utilizando tres sensores de celda de carga (HX711), controlar tres servomotores y comunicarse a través de Modbus Ethernet para enviar y recibir datos.</p> <p>Iniciando con la inclusión de bibliotecas necesarias para el funcionamiento del programa. Estas bibliotecas incluyen "HX711" para la interfaz de sensores de celda de carga, "ModbusEthernet" y "ModbusIP" para la comunicación Modbus a través de Ethernet, "Servo" para controlar servomotores, y "Ethernet" para la configuración de la interfaz Ethernet.</p> | |

Enseguida se definen los pines a los que están conectados los sensores de celda de carga y los servomotores. Se configuración los elementos HX711 para cada uno de los tres sensores de celda de carga (scale, scale1, scale2) y objetos Servo para los tres servomotores (myservo, myservo1, myservo2).

Luego se realiza la configuración inicial con la función `setup()`, donde se realizan varias configuraciones iniciales:

- Se inicializan los objetos Servo.
- Se inicia la comunicación serial a 9600 baudios para la depuración.
- Se configura la dirección MAC y la dirección IP para la comunicación Ethernet Modbus.
- Se agregan registros de entrada (`InputRegister`) y registros de retención (` Holding`) para la comunicación Modbus.
- Se configuran y calibran los tres sensores de celda de carga, calculando los factores de calibración y estableciendo el factor de tara.

En el bucle principal el programa principal se encuentra en la función `loop()`, donde se ejecuta continuamente.

- Se llama a `mb.task()` para manejar las tareas de comunicación Modbus.
- Cada 300 milisegundos (aproximadamente 3 veces por segundo), se actualizan las lecturas de peso de los tres sensores de celda de carga y se almacenan en las variables `peso`, `peso1` y `peso2`.
- Se ajusta el factor de escala de los sensores de celda de carga con los factores de calibración correspondientes.
- Se actualiza la posición de los tres servomotores según los valores almacenados en los registros de retención Modbus (` Holding`, ` Holding1`, ` Holding2`).
- Se actualizan los valores de peso en los registros de retención Modbus (` Holding3`, ` Holding4`, ` Holding5`).

En la comunicación serial se imprime en el puerto serial el valor de ` Holding`, que parece ser un valor constante en este código y no cambia.

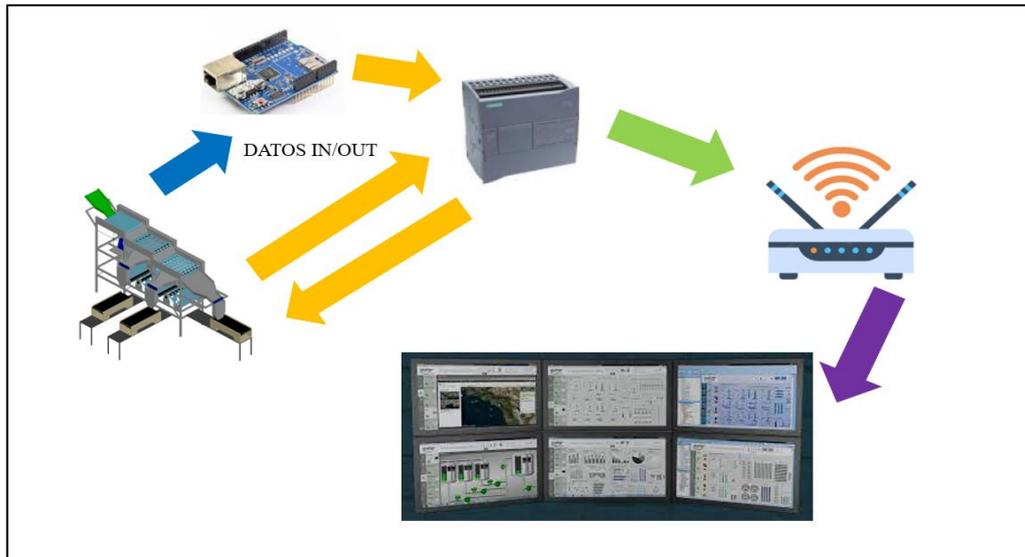


Figura 42. Modelo del sistema de comunicación.

3.4 Programación del PLC

3.4.1 Programación TIA PORTAL V15

Crear un nuevo proyecto

1. Iniciamos creando un nuevo proyecto.

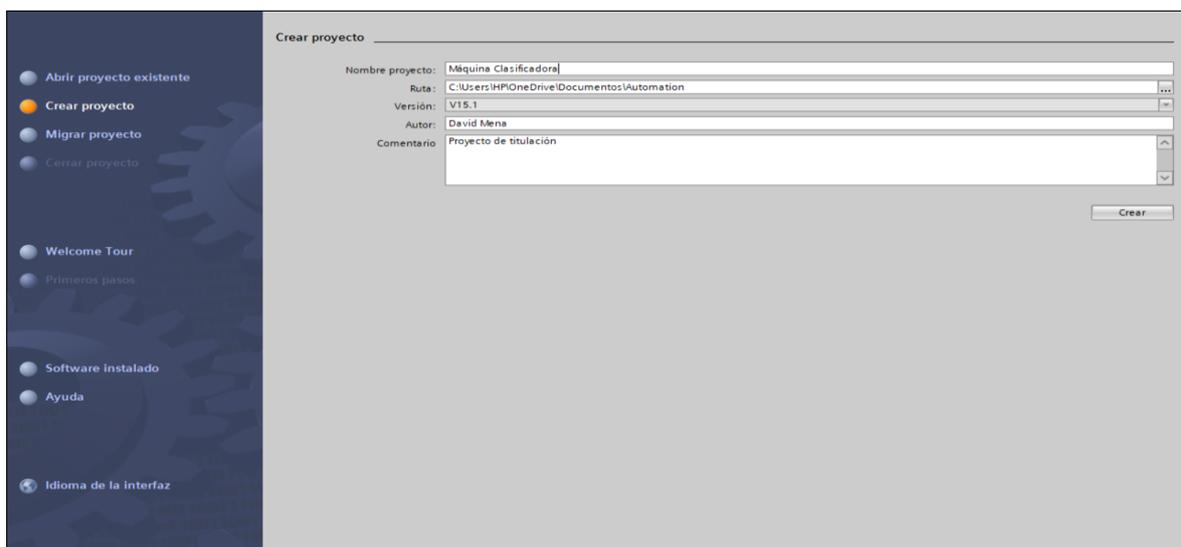


Figura 43. Crear nuevo proyecto.

2. Se designa el dispositivo agregar para ello se dirige a dispositivos y redes, agregar dispositivos, controladores, Simatic s7-1200, CPU, seleccionar el modelo CPU S7-1200 1214 AC/DC/Rly y agregar dispositivo.

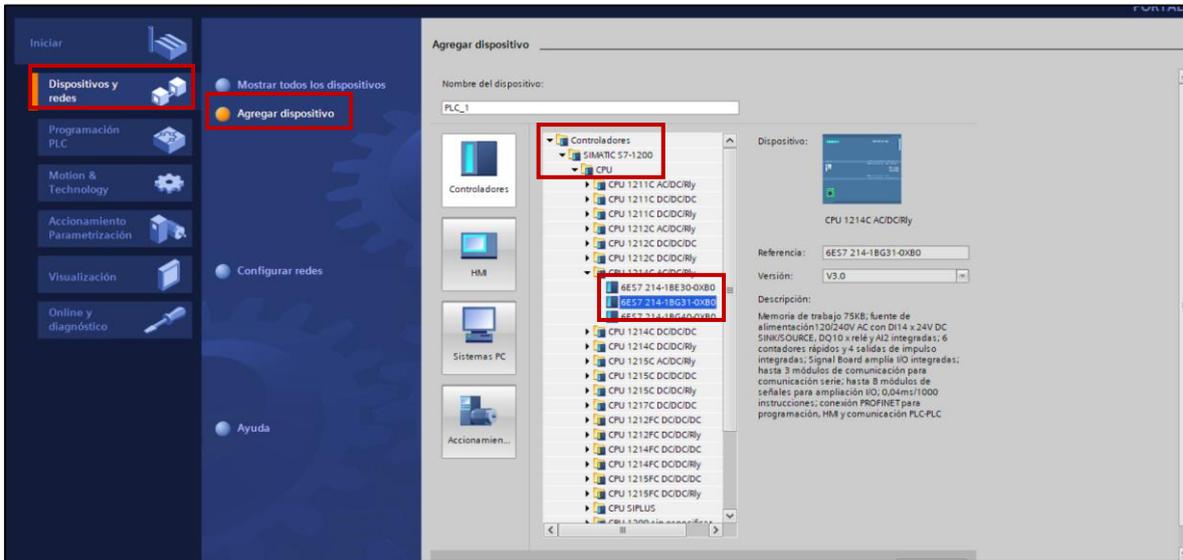


Figura 44. Agregar nuevo dispositivo.

3. Enseguida debemos configurar el dispositivo, para ello se da clic sobre el PLC, interfaz, direcciones Ethernet y agregar la dirección IP del PLC.

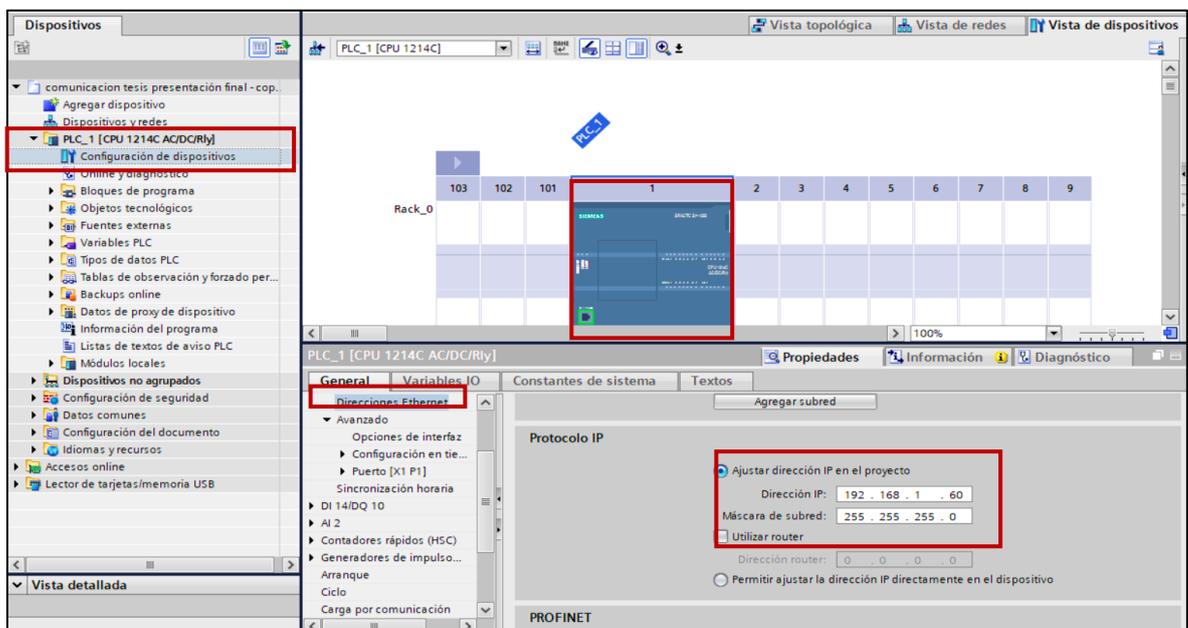


Figura 45. Configuración IP del PLC.

- Se activan las marcas ciclo delo sistema, dirigiéndonos a Generadores de impulsos, Marcas de ciclo, activar la utilización del byte de marcas de ciclo y colocar un número de dirección de marca único para activar.

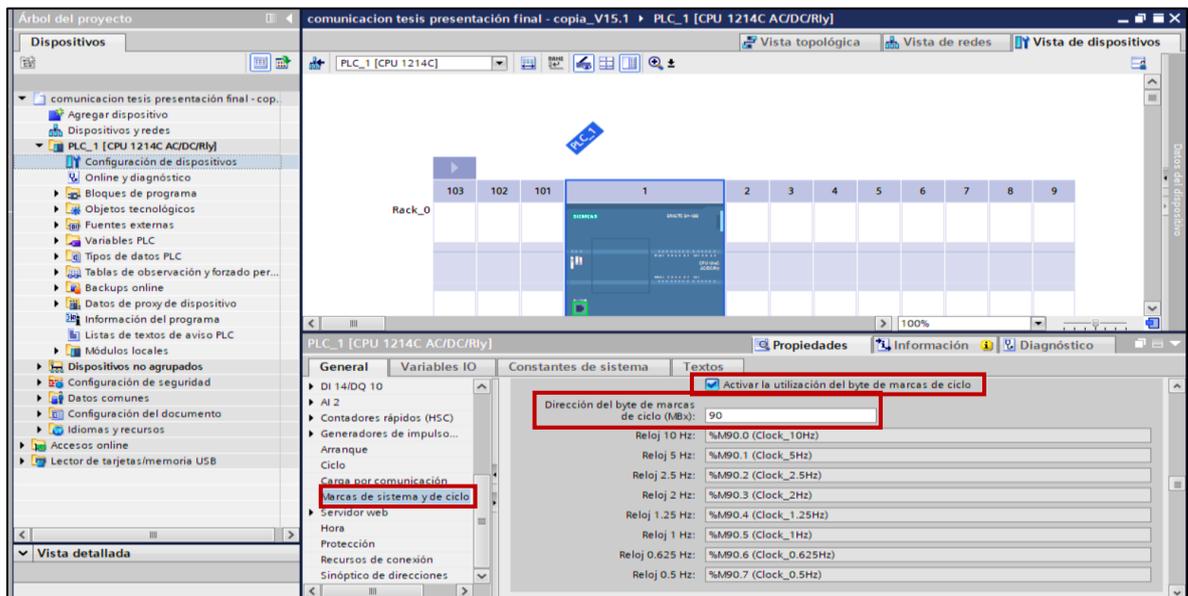


Figura 46. Activación de marcas de ciclo.

- Para establecer la comunicación el protocoló implementado se basa en la comunicación Modbus que se basa en la relación maestro – esclavo, el módulo se encuentra en la Comunicación, carpeta Otros, Modbus TCP y selección MB Client, este módulo se selecciona y se arrastra hacia la zona de trabajo.

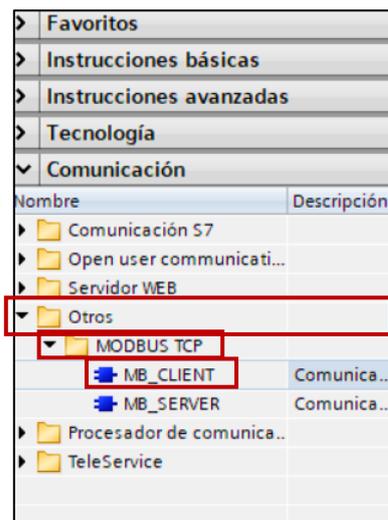


Figura 47. Selección del módulo MB_CLIENT

El protocolo empleado es de tipo Peer to Peer, en el cual se establece una comunicación en modo "maestro - esclavo". En este contexto, el maestro solicita información y el esclavo responde, y el comando se envía a un dispositivo cuya dirección se encuentra en el rango de 1d a 247d.

Al asignar una dirección a una variable u otro elemento en el mapa de direcciones MODBUS, se utiliza una unidad menos que el número de registro al que se desea acceder. Por ejemplo, si quisiéramos acceder al relé con dirección 127d, debemos especificar el valor 126d en el campo de dirección del mensaje. Para acceder al Holding Register 40001, se utiliza el valor 0000 en el campo de dirección del mensaje.

En el caso de los registros 40001-50000, que corresponden a salidas analógicas o registros de propósito general (Output Registers – Holding Registers), estos tienen una longitud de 16 bits. Pueden ser accedidos utilizando las funciones 3 (lectura), 6 (escritura) o 16 (escritura múltiple). Además, estos registros tienen implícita la dirección base 40001, por lo que para acceder a una dirección específica, simplemente especificamos la distancia entre esa dirección y la dirección base.

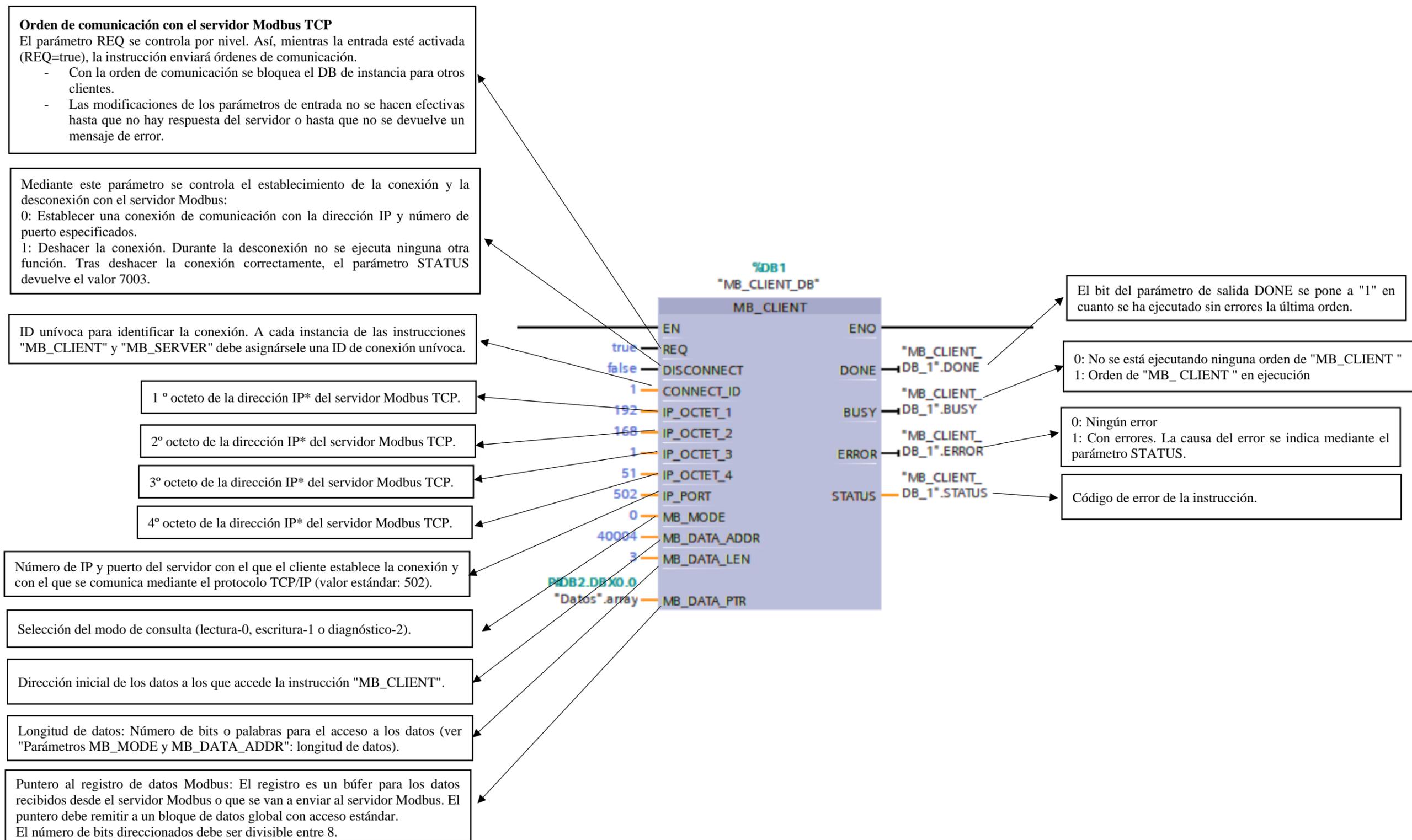


Figura 48. Descripción del MB_CLIENT.

6. A continuación, se procede a establecer la programación correspondiente para el funcionamiento de los sensores y actuadores de la máquina clasificadora. Para ello, se han definido segmentos de trabajo que detallan el procedimiento que se llevará a cabo."

- Segmento 1

En primera instancia se programa el funcionamiento de la puesta en marcha del motor principal, según el estado de mismo se activaras los indicadores de luminosidad de encendido (verde) y apagado o paro (rojo). Además se presentar si las bandas se encuentran activadas o no.

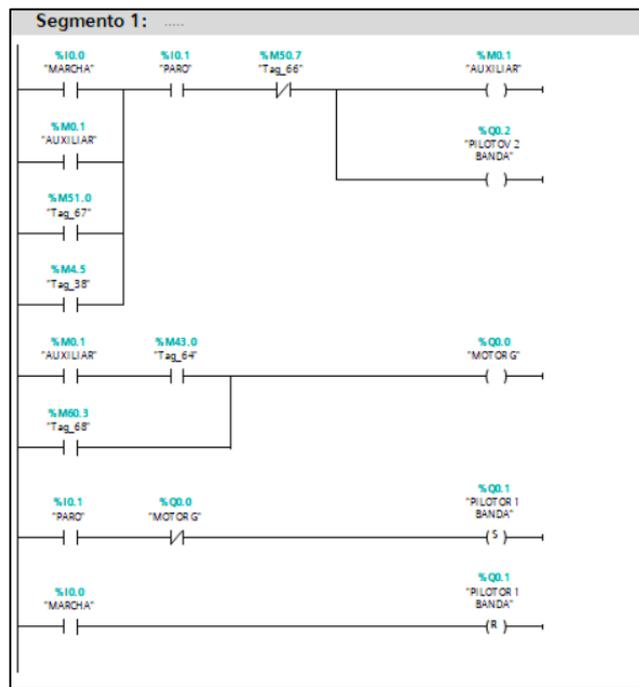


Figura 49. Programación segmento 1.

- Segmento 2

Las marcas de ciclo en el sistema son utilizadas para ejecutar partes del programa solo durante el primer ciclo después del arranque o para evaluar el diagnóstico cuando cambia su estado. Existen dos marcas de sistema que permanecen en estado 1 o 0 de manera constante.

El significado de la marca M 90.0 es igual a 1 durante el arranque y en el primer ciclo posterior al mismo, y en todos los demás casos es igual a 0.

- La marca M90.1 se pone en 1 al cambiar el estado del diagnóstico.
- Mientras que la marca M90.2 siempre se mantiene en 1.
- Por otro lado, la marca M90.3 siempre se mantiene en 0.

Cada bit del byte de marcas de ciclo está asociado a una frecuencia específica, la cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22. Asignación de frecuencias.

| Bit del byte de marcas de ciclo | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---------------------------------|-----|-------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Duración del período (s) | 2,0 | 1,6 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,1 |
| Frecuencia (Hz) | 0,5 | 0,625 | 1 | 1,25 | 2 | 2,5 | 5 | 10 |

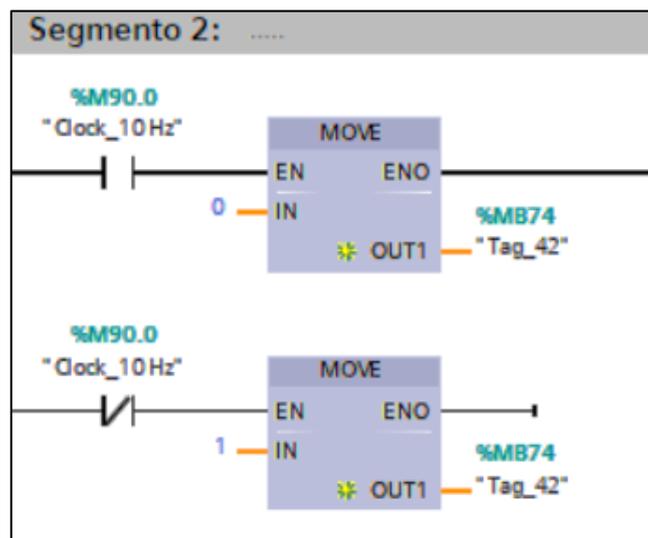


Figura 50. Programación segmento 2.

- Segmento 3

Posteriormente, se procede a configurar los módulos MB_CLIENT_DB para establecer una comunicación bidireccional entre el PLC y el Arduino bajo el esquema maestro-esclavo. El primer bloque se configura en el modo 0, que implica lectura o recepción de datos, mientras que el siguiente módulo se establece en el modo 1, que corresponde a la escritura o envío de

datos. Esta configuración permite la transmisión y recepción de datos desde y hacia los actuadores.

El primer bloque se encarga de recibir los datos provenientes del Arduino relacionados con las tres pesas, utilizando instrucciones MOVE. Por otro lado, el segundo bloque se encarga de la escritura y envío de datos para activar los servomotores, los cuales controlan el acceso o bloqueo del paso de las fresas a través de los ductos.

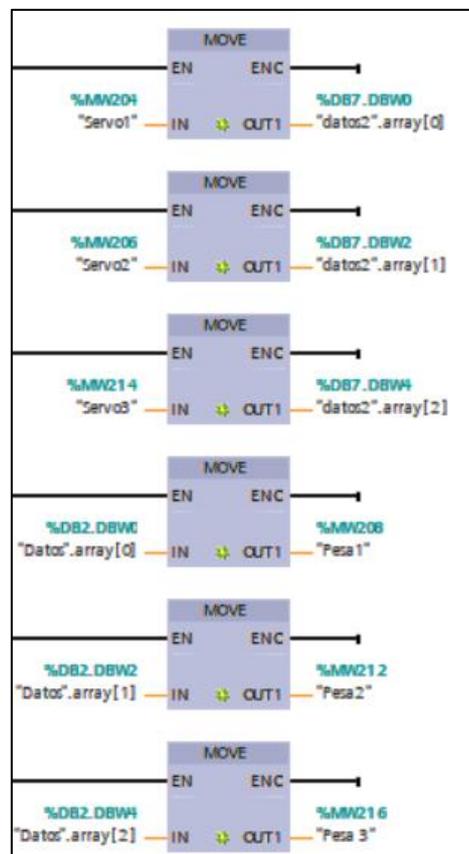
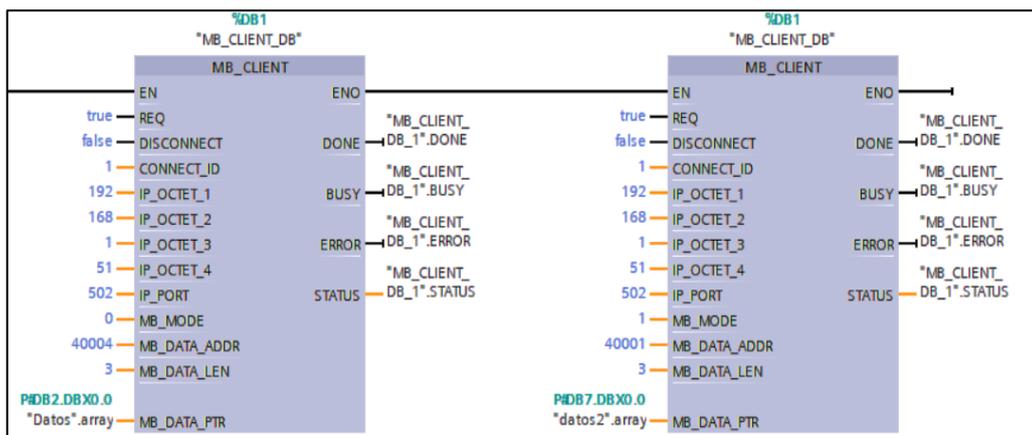


Figura 51. Programación segmento 3.

- Segmento 7

La programación de este segmento se basa Set y Reset de las, cuando esta función recibe una señal de impulso en la entrada SET, el estado lógico de la salida se activa. Esta información se mantendrá hasta que se envíe una nueva señal de impulso a la entrada de Reset, apagando la salida de esta función. Con ello se mantendrán la función de automático para el proceso de clasificado.

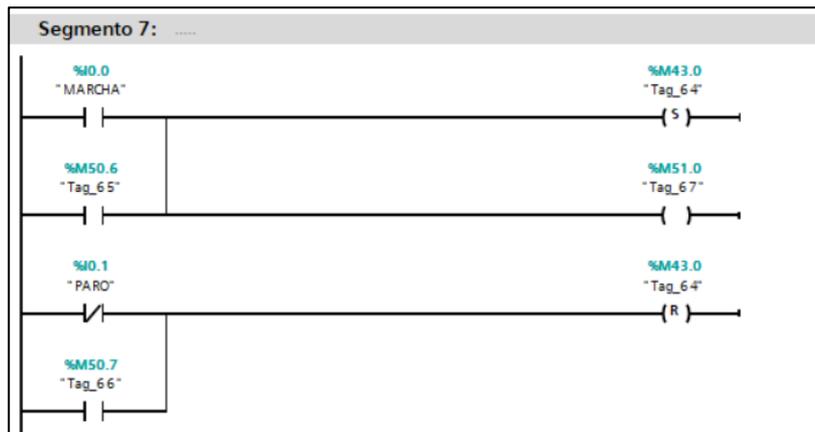


Figura 53. Programación segmento 7.

- Segmento 8 y 9

Siguiendo lo explicado en el segmento 7, la programación del segmento 8 incluye la reconfiguración de la variable de control, ya que se produce un cambio de modo de operación de automático a manual. Inicialmente, el sistema opera en modo automático como condición predeterminada. Por otro lado, en el segmento 9 se detalla el proceso de ajuste y reinicio de las variables para facilitar la transición del modo de trabajo de manual a automático. Debido a que en las pantallas de trabajo de Wonderware Intouch solo se puede trabajar con un modo de trabajo, ya sea el modo automático o manual bloqueando el modo de operación del método que no es seleccionado, evitando que los datos de cada método de trabajo interfieran entre sí.

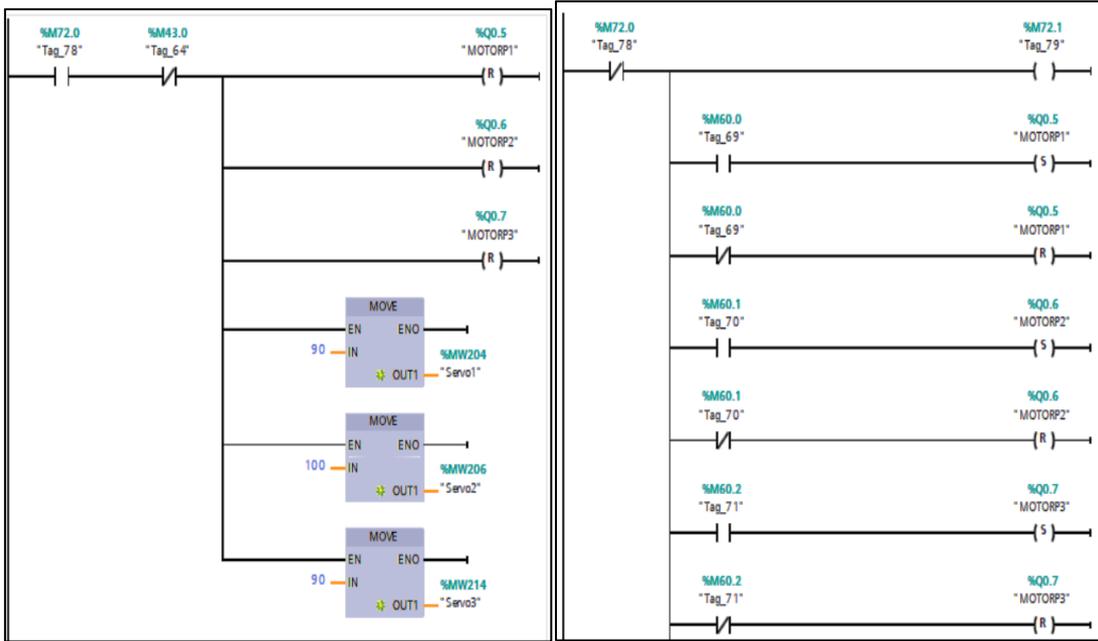


Figura 54. Programación segmento 8 y 9.

3.4.2 Conexión con KEPServerEX 6

Para establecer la conexión entre el TIA PORTAL y el INTOUCH, se utiliza el Kepserver como medio de comunicación para ello se realizan los siguientes pasos.

1. Se crea un nuevo proyecto dando clic en File y New project.

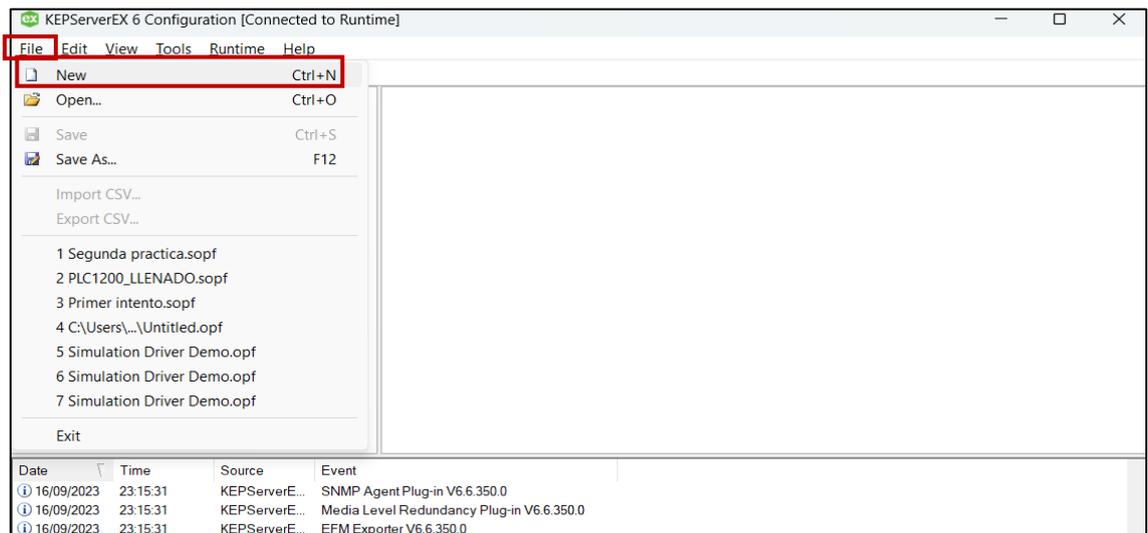


Figura 55. Crear nuevo proyecto en Kepserver.

2. Añadimos un nuevo canal ingresando a Project, Connectivity y añadir un nuevo canal, aquí se desplegará una nueva ventana con el nombre Add Channel Wizard donde se selecciona el tipo de canal a utilizar en este caso Siemens TCP/IP Ethernet.

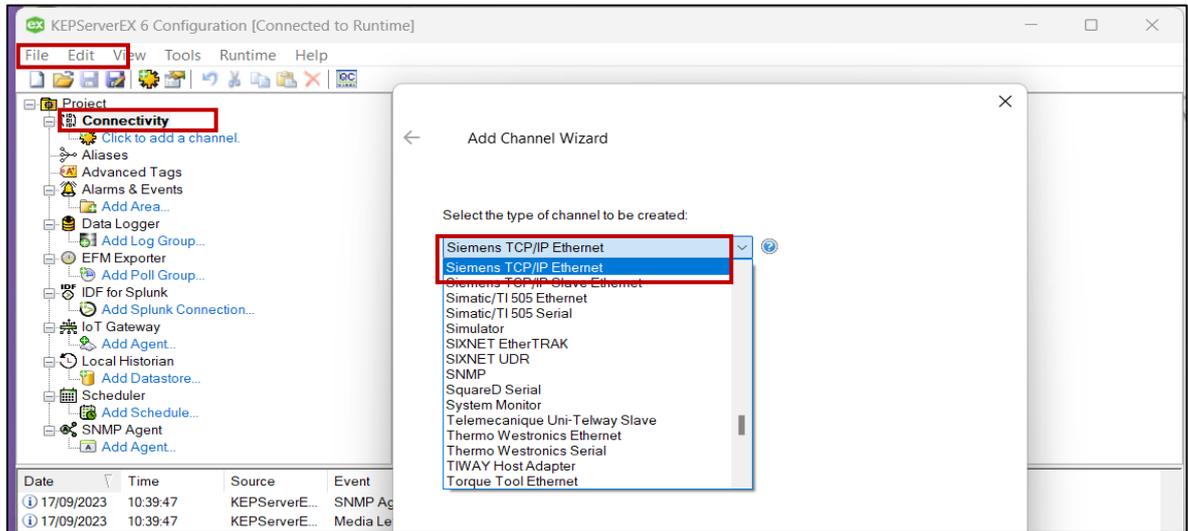


Figura 56. Seleccionar el tipo de canal.

3. Colocar un nombre al canal seleccionado.

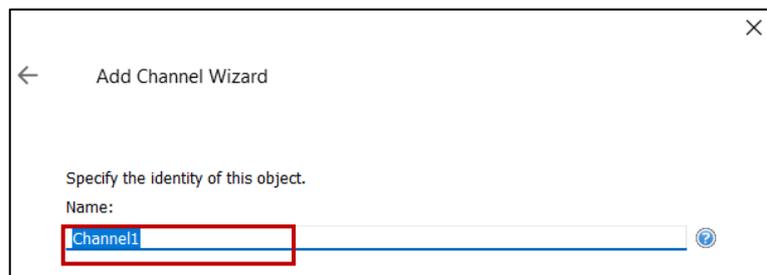


Figura 57. Especificación de identidad del canal.

4. Se designa por Default la dirección del adaptador de red del canal.

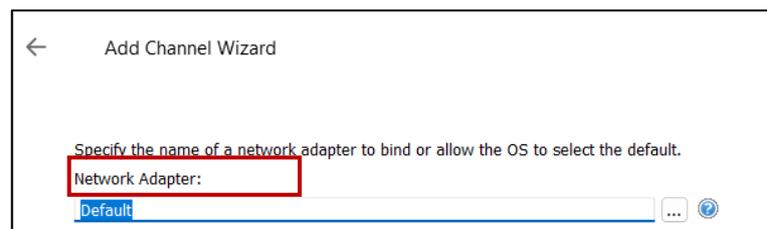


Figura 58. Especificación de adaptador del canal.

5. Verificar que las condiciones ingresadas en el canal se han las establecidas.

| Add Channel Wizard | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Identification | |
| Name | Channel1 |
| Description | |
| Driver | Siemens TCP/IP Ethernet |
| Diagnostics | |
| Diagnostics Capture | Disable |
| Ethernet Settings | |
| Network Adapter | Default |
| Write Optimizations | |
| Optimization Method | Write Only Latest Value for All Tags |
| Duty Cycle | 10 |
| Non-Normalized Float Handling | |
| Floating-Point Values | Replace with Zero |

Figura 59. Verificar datos de identidad del canal.

6. El siguiente paso es establecer un dispositivo que permita la conexión con el canal creado.

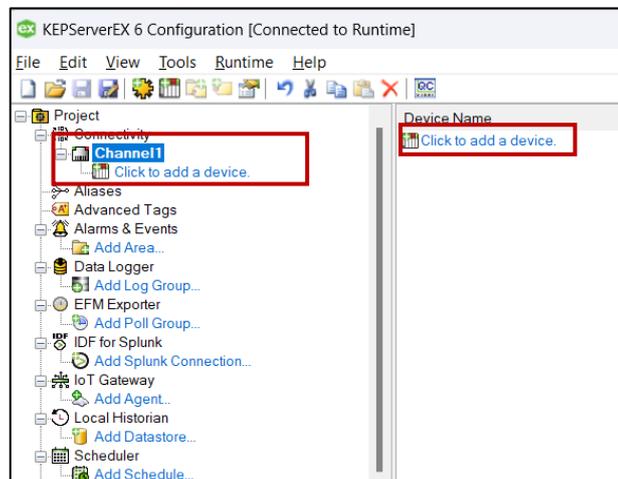


Figura 60. Crear dispositivo de conexión para el canal.

7. Designar un nombre al asistente de dispositivo creado.

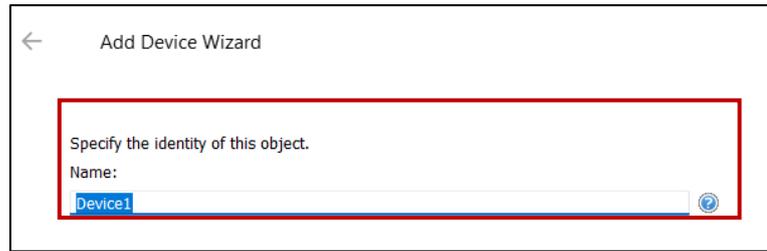


Figura 61. Especificación de identidad del dispositivo del canal.

8. Selecciona un tipo específico de dispositivo para establecer una comunicación.

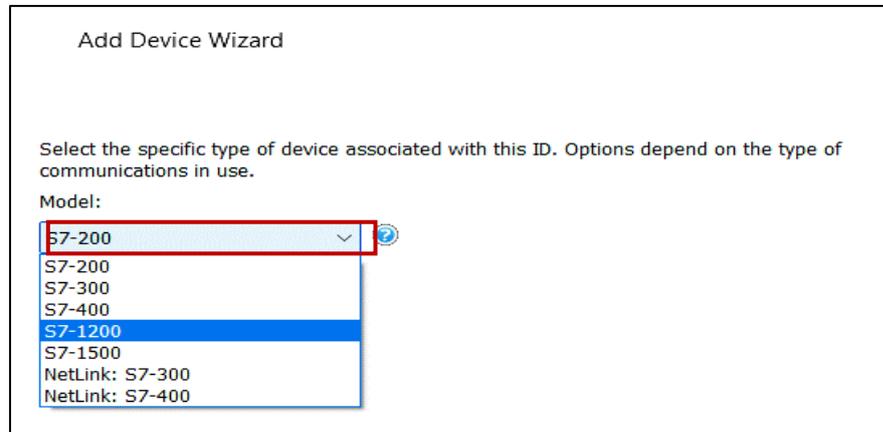


Figura 62. Designar modelo para el dispositivo de conexión.

9. Colocar la misma dirección IP designada al PLC como dirección ID para el nodo del dispositivo

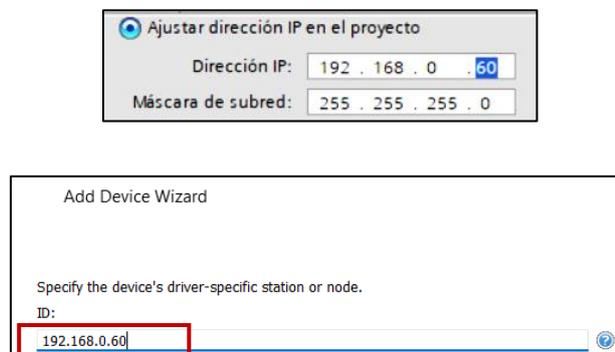


Figura 63. Colocar dirección ID de proyecto.

10. Verificar que las condiciones ingresadas en el dispositivo del canal se han las establecidas.

| | |
|---|------------------------------------|
| Identification | |
| Name | Device1 |
| Description | |
| Driver | Siemens TCP/IP Ethernet |
| Model | S7-1200 |
| Channel Assignment | Channel1 |
| ID | 192.168.0.60 |
| Operating Mode | |
| Data Collection | Enable |
| Simulated | No |
| Scan Mode | |
| Scan Mode | Respect Client-Specified Scan Rate |
| Initial Updates from Cache | Disable |
| Communication Timeouts | |
| Connect Timeout (s) | 3 |
| Request Timeout (ms) | 2000 |
| Attempts Before Timeout | 2 |
| Timing | |
| Inter-Request Delay (ms) | 0 |
| Auto-Demotion | |
| Demote on Failure | Disable |
| Tag Generation | |
| On Device Startup | Do Not Generate on Startup |
| On Duplicate Tag | Delete on Create |
| Parent Group | |
| Allow Automatically Generated Subgro... | Enable |
| Communication Parameters | |
| Port Number | 102 |
| MPI ID | 0 |
| S7 Comm. Parameters | |
| Maximum PDU Size | 960 |

Figura 64. Verificar datos de identidad del dispositivo.

11. Luego se añaden los tags dando en clic en add a stactic tag e ingresando los parámetros correspondientes.

*Nombre de la variable.

*Dirección; en este caso se introduce la dirección de la variable ya sea una entrada, salida o una marca.

* Los demás parámetros se definen por default.

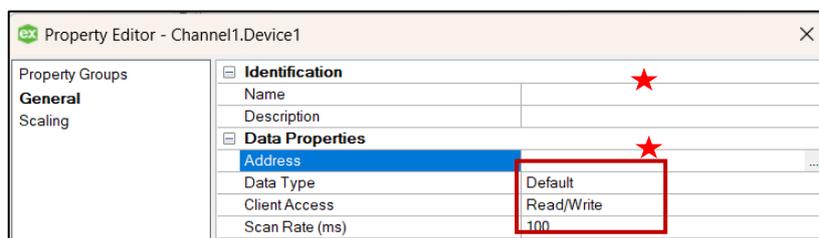


Figura 65. Crear Tag de variables.

Se crean todas las variables necesarias para establecer la comunicación

| Tag Name | Address | Data Type | Scan Rate | Scaling | Description |
|-------------------|---------|-----------|-----------|---------|-------------|
| automatico | M724 | Boolean | 100 | None | |
| marchamotorgrande | M603 | Boolean | 100 | None | |
| marchasalida_1 | M600 | Boolean | 100 | None | |
| marchasalida_2 | M601 | Boolean | 100 | None | |
| marchasalida_3 | M602 | Boolean | 100 | None | |
| MOTOR G | 00.0 | Boolean | 100 | None | |
| MOTOR_SALIDA_1 | 00.5 | Boolean | 100 | None | |
| MOTOR_SALIDA_2 | 00.6 | Boolean | 100 | None | |
| MOTOR_SALIDA_3 | 00.7 | Boolean | 100 | None | |
| MOV_C1 | MD224 | DWord | 100 | None | |
| MOV_C2 | MD230 | DWord | 100 | None | |
| MOV_C3 | MD236 | DWord | 100 | None | |
| PESA_1 | MW208 | Word | 100 | None | |
| PESA_2 | MW212 | Word | 100 | None | |
| PESA_3 | MW216 | Word | 100 | None | |
| PILOTOR | 001 | Boolean | 100 | None | |
| PILOTOR V | 002 | Boolean | 100 | None | |
| SALIDACONTEO_1 | MW218 | Word | 100 | None | |
| SALIDACONTEO_2 | MW220 | Word | 100 | None | |
| SALIDACONTEO_3 | MW222 | Word | 100 | None | |
| SENSOR_1 | I0.2 | Boolean | 100 | None | |
| SENSOR_2 | I0.3 | Boolean | 100 | None | |
| SENSOR_3 | I0.4 | Boolean | 100 | None | |
| SERVO1_A | M301 | Boolean | 100 | None | |
| SERVO1_ABIERTO | M604 | Boolean | 100 | None | |
| SERVO1_C | M300 | Boolean | 100 | None | |
| SERVO2_A | M305 | Boolean | 100 | None | |
| SERVO2_ABIERTO | M605 | Boolean | 100 | None | |
| SERVO2_C | M306 | Boolean | 100 | None | |
| SERVO3_A | M401 | Boolean | 100 | None | |
| SERVO3_ABIERTO | M606 | Boolean | 100 | None | |
| SERVO3_C | M400 | Boolean | 100 | None | |
| simulador1 | MD240 | DWord | 100 | None | |
| START | M606 | Boolean | 100 | None | |
| STOP | M607 | Boolean | 100 | None | |
| TIEMPO_C1 | MD224 | DWord | 100 | None | |
| TIEMPO_C2 | MD230 | DWord | 100 | None | |
| TIEMPO_C3 | MD236 | DWord | 100 | None | |

Figura 66. Variables globales en Tag.

12. Finalmente se verifica que las variables estén correctamente creadas presionando en el icono de QC y sección nombre del archivo y revisar que se encuentran en el estado “Good”

| Item ID | Data Type | Value | Timestamp | Quality | Update Count |
|---------------------------------|-----------|-------|--------------|---------|--------------|
| tesis maquina _CurrentPDUSize | Word | 240 | 15:22:24.360 | Good | 2 |
| tesis maquina _Rack | Byte | 0 | 15:22:23.396 | Good | 1 |
| tesis maquina _Slot | Byte | 1 | 15:22:23.396 | Good | 1 |
| tesis maquina automatico | Boolean | 1 | 15:37:44.516 | Good | 4 |
| tesis maquina marchamotorgrande | Boolean | 0 | 15:23:03.424 | Good | 3 |
| tesis maquina marchasalida_1 | Boolean | 0 | 15:37:36.512 | Good | 5 |
| tesis maquina marchasalida_2 | Boolean | 0 | 15:23:09.425 | Good | 3 |
| tesis maquina marchasalida_3 | Boolean | 0 | 15:23:11.415 | Good | 3 |
| tesis maquina MOTOR G | Boolean | 0 | 15:23:03.429 | Good | 3 |
| tesis maquina MOTOR_SALIDA_1 | Boolean | 0 | 15:37:36.510 | Good | 5 |
| tesis maquina MOTOR_SALIDA_2 | Boolean | 0 | 15:23:09.430 | Good | 3 |
| tesis maquina MOTOR_SALIDA_3 | Boolean | 0 | 15:23:11.420 | Good | 3 |
| tesis maquina MOV_C1 | DWord | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina MOV_C2 | DWord | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina MOV_C3 | DWord | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina PESA_1 | Word | 0 | 15:40:59.614 | Good | 38 |
| tesis maquina PESA_2 | Word | 0 | 15:23:52.414 | Good | 4 |
| tesis maquina PESA_3 | Word | 0 | 15:40:43.600 | Good | 45 |
| tesis maquina PILOTOR | Boolean | 1 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina PILOTOR V | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina SALIDACONTEO_1 | Word | 91 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina SALIDACONTEO_2 | Word | 17 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina SALIDACONTEO_3 | Word | 19 | 15:23:10.427 | Good | 2 |
| tesis maquina SENSOR_1 | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina SENSOR_2 | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina SENSOR_3 | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina SERVO1_A | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina SERVO1_ABIERTO | Boolean | 0 | 15:23:13.424 | Good | 3 |
| tesis maquina SERVO1_C | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina SERVO2_A | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina SERVO2_ABIERTO | Boolean | 0 | 15:23:16.415 | Good | 3 |
| tesis maquina SERVO2_C | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina SERVO3_A | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina SERVO3_ABIERTO | Boolean | 0 | 15:23:19.418 | Good | 3 |
| tesis maquina SERVO3_C | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina simulador1 | DWord | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina START | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina STOP | Boolean | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina TIEMPO_C1 | DWord | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina TIEMPO_C2 | DWord | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |
| tesis maquina TIEMPO_C3 | DWord | 0 | 15:22:23.445 | Good | 1 |

Figura 67. Verificación del estado de los tags creados.

3.4.3 Conexión TIA portal, KEPSeverEX 6 y Wonderware InTouch

Para llevar a cabo el control y monitoreo del funcionamiento de su máquina clasificadora de fresas, la empresa emplea pantallas HMI que brindan una visión completa de todos los aspectos operativos. A través del programa Wonderware Intouch, se configuran los siguientes parámetros:

- Se establece el modo de operación, que puede ser manual o automático, permitiendo una versatilidad total en el proceso.
- Se personaliza el acceso a información específica y los controles disponibles de acuerdo al nivel de usuario que haya ingresado, asegurando una gestión eficiente de los recursos.
- Se facilita la manipulación del estado de los actuadores en el modo manual y la activación o desactivación del sistema en el modo automático, garantizando un control preciso en todo momento.
- Finalmente, se registran de manera exhaustiva los datos relativos al número de contenedores que se despachan a través de la banda de clasificación, brindando un seguimiento detallado del proceso.

A continuación, se detallarán los pasos utilizados en la creación y configuración de las pantallas HMI para supervisar y controlar eficazmente el proceso de clasificación y pesaje.

1. Crear un nuevo proyecto, dando clic en la parte superior izquierda en file, seleccionar nuevo proyecto y establecer el lugar de almacenamiento del mismo.

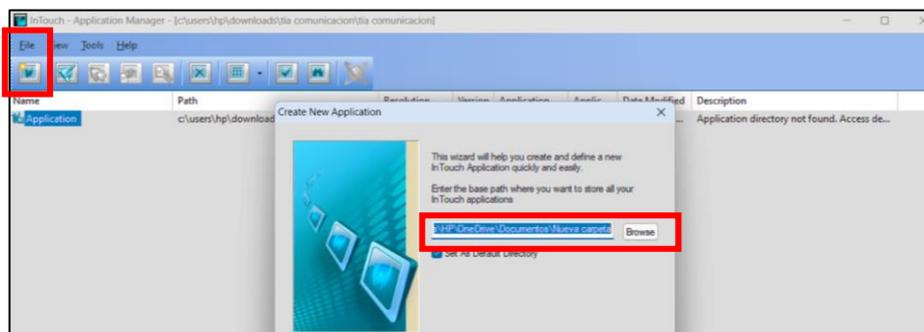


Figura 68. Crear un nuevo proyecto en Wonderware Intouch.

2. Establecer el nombre del directorio en donde se va a crear el aplicativo Wonderware Intouch.
3. Definir un nombre del programa y realizar una descripción referente al programa creado para el aplicativo Wonderware Intouch.

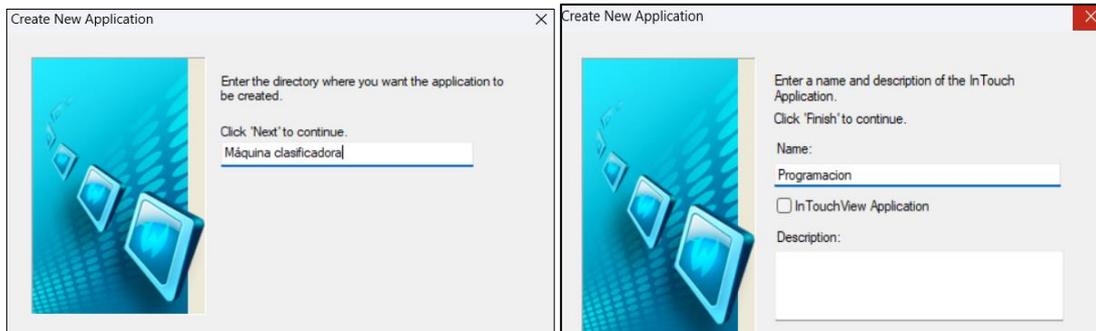


Figura 69. Crear un nuevo proyecto y definir nombre del proyecto.

4. Se selecciona los iconos, figuras y cuadros de texto que permitan crear un entorno enfocado a crear animaciones y permita visualizar el proceso de la máquina.

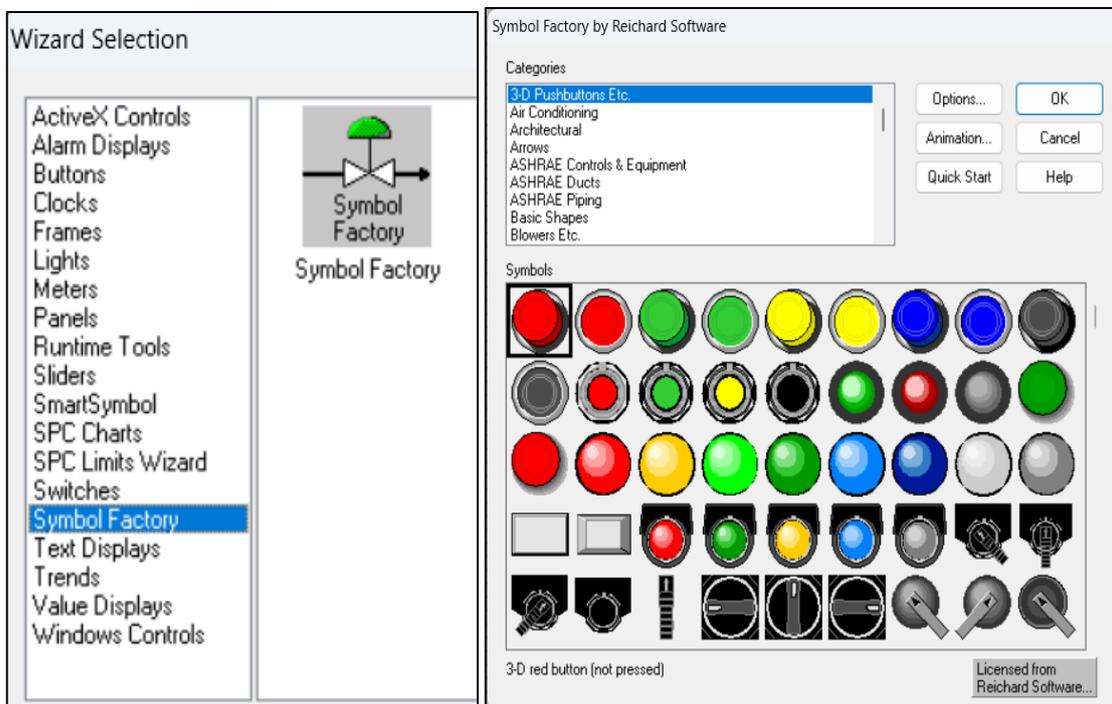


Figura 70. Iconos de configuración para los actuadores.

5. Se realiza la conexión entre Keepserver y Wonderware Intouch mediante el canal creado, accediendo a configuración en la parte inferior izquierda y añadir el nombre del canal de acceso que debe ser el mismo creando en Keepserver.

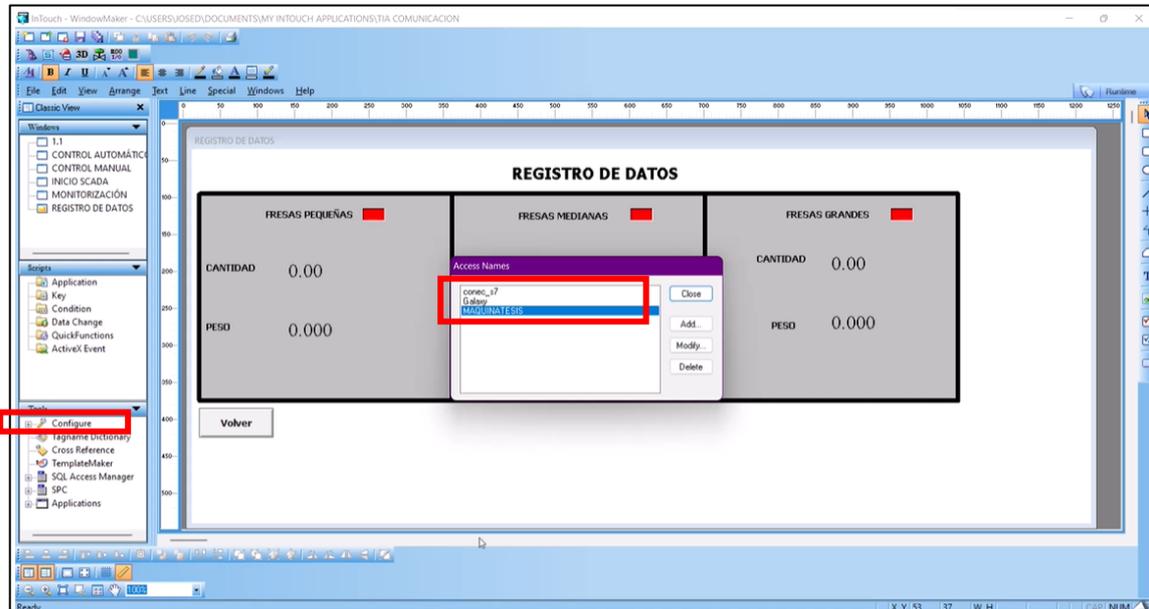


Figura 71. Crear canal de comunicación.

6. Configurar el canal de comunican:
 - a. Definir un nombre para el acceso de comunicación.
 - b. El nombre de la aplicación de ¿be establecerse como: server_runtime.
 - c. Colocar el nombre del canal de comunicación creado en Keepserver.

Los siguientes parámetros se definen por default.

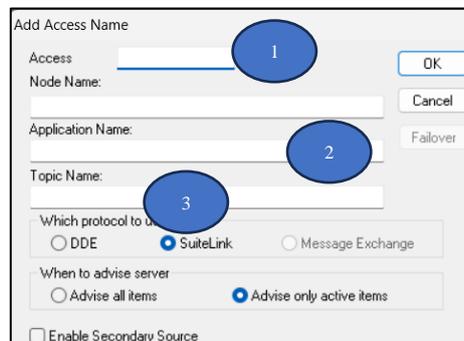


Figura 72. Configuración de canal de comunicación.

7. Se establecerán múltiples pantallas, dependiendo del nivel de control definido por la pirámide de automatización.

La primera pantalla, que se encuentra al inicio del sistema automatizado diseñado para el clasificado y empaquetado de frutas, incorpora varios controles, incluyendo un sistema de autenticación de usuario. Para ello, se configura un nombre de usuario y una contraseña que permitirán el acceso a las funciones del sistema:

- Usuario: Operador_Mena
- Clave: 1425



Figura 73. Pantalla de inicio del control.

8. En la segunda pantalla, se define el nivel de control necesario para acceder a otras pantallas de control. Esto se basa en dos modos de control: manual y automático, que incluyen la monitorización del sistema de clasificación, el registro de datos para la clasificación y la capacidad de retroceder."

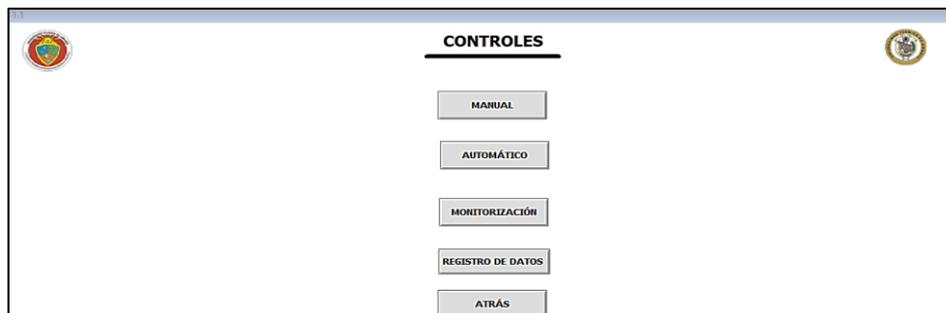


Figura 74. Pantalla de controles.

9. Después de ingresar al modo manual, la pantalla subsiguiente permite la activación de los actuadores, que incluyen el motor principal, los servomotores 1, 2 y 3 para las compuertas de salida, así como los motores pequeños de salida 1, 2 y 3.

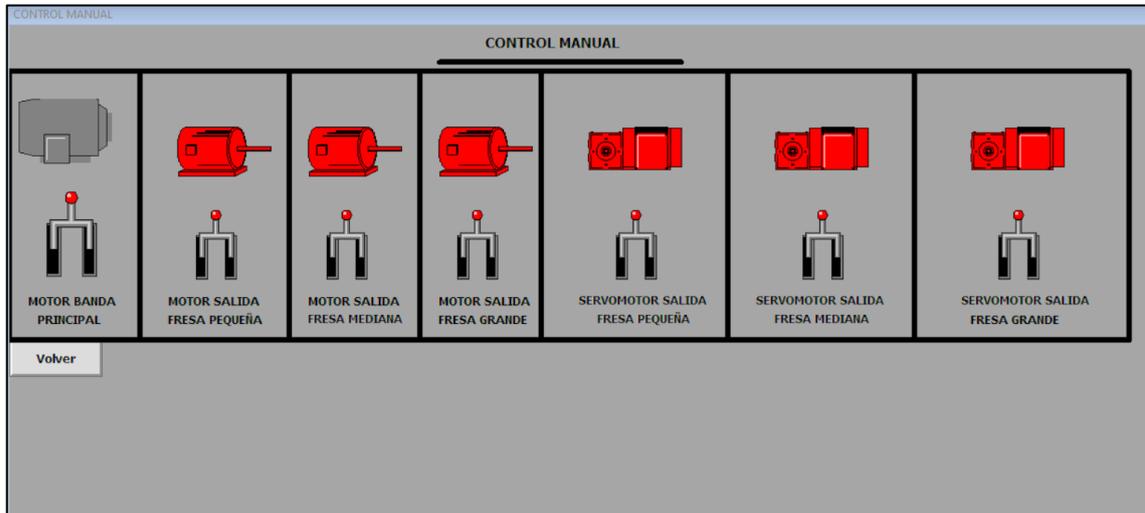


Figura 75. Pantalla de control manual.

10. Después de ingresar al modo automático, la pantalla subsiguiente permite la activar y parar el sistema.

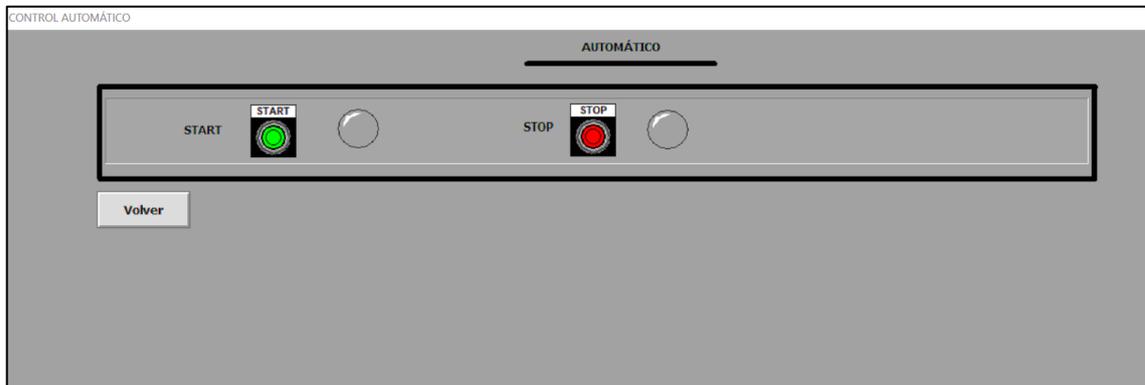


Figura 76. Pantalla de control automático.

11. La pantalla de monitorización permite acceder de manera visual proceso de clasificado y pesado de la fresa pequeña, mediana y grande.

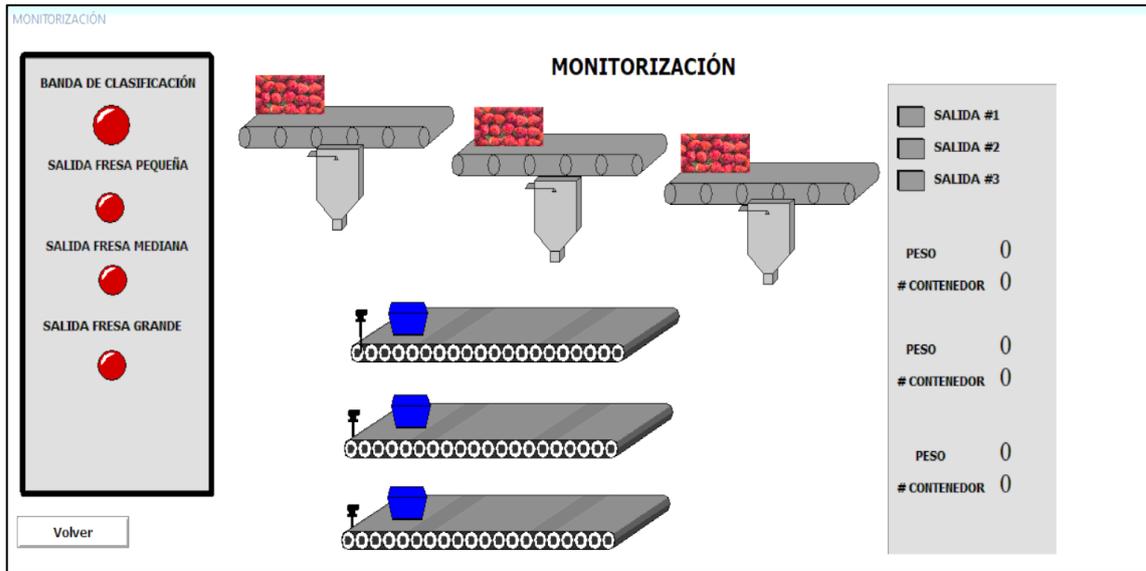


Figura 77. Pantalla de monitorización.

12. La pantalla de registro de datos permite visualizar los valores respecto a la cantidad de contenedores y el peso que se despachan por banda.



Figura 78. Pantalla de registro de datos.

3.5 Resultado del funcionamiento de la maquina clasificadora de fresas

Para evaluar el desempeño de la máquina clasificadora y empaquetadora de fresas, se consideraron diversos aspectos, como el grado de clasificación y el tiempo requerido para llevar a cabo esta tarea.

Para llevar a cabo esta evaluación, se realizaron un total de 10 pruebas, durante las cuales se examinó el funcionamiento de la máquina en la clasificación de 10 kg de fresas, que sirvieron como base para nuestro estudio. Es importante destacar que el ajuste de peso para las fresas pequeñas y grandes se configuró en 170 gramos, mientras que para las fresas medianas se estableció en 120 gramos. Los resultados de estas pruebas se detallan en la Tabla 23.

Tabla 23. Número de contenedores clasificado por banda.

| Muestra | Número de contenedores | | |
|---------|------------------------|---------------|--------------|
| | Fresa pequeña | Fresa mediana | Fresa grande |
| 1 | 21 | 25 | 18 |
| 2 | 22 | 23 | 19 |
| 3 | 24 | 21 | 17 |
| 4 | 20 | 24 | 20 |
| 5 | 18 | 24 | 22 |
| 6 | 24 | 18 | 20 |
| 7 | 20 | 24 | 20 |
| 8 | 21 | 26 | 17 |
| 9 | 18 | 22 | 24 |
| 10 | 23 | 24 | 17 |

Es importante destacar que no toda la fruta se distribuye ni ingresa a los contenedores, ya que no cumple con las condiciones de peso establecidas, lo que significa que no se cuentan como contenedores llenos. Los resultados indican que, en un lote de 10 kilogramos de fresas, se logra una clasificación promedio de entre 63 y 64 contenedores de fresas pequeñas, medianas y grandes. La Figura 77 muestra los resultados de esta clasificación en una de las pantallas de control del sistema SCADA desarrollado.

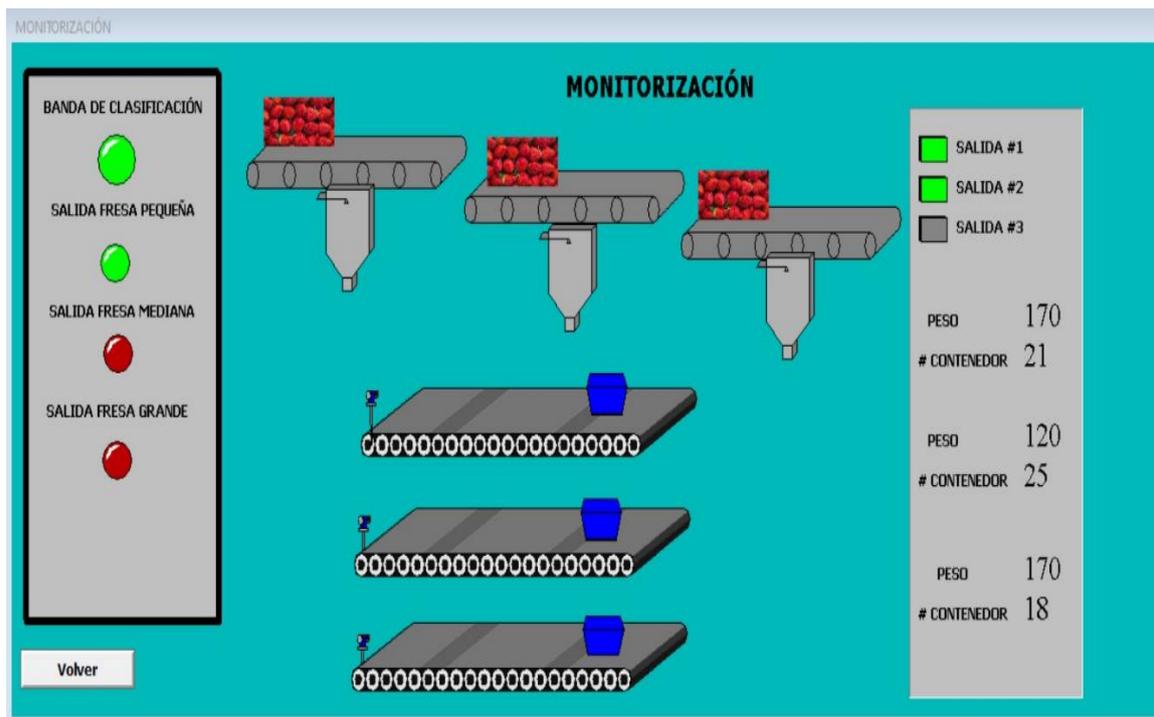


Figura 79. Control de resultados del proceso de clasificación de fresas.

El tiempo necesario para la clasificación de las fresas se registró mediante un cronometraje externo, es decir, se midió el tiempo que la máquina tomó para clasificar los 10 kg de fresas en cada una de las 10 pruebas realizadas. Los resultados recopilados se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24. Número de contenedores clasificado por banda.

| Muestra | Tiempo de clasificado (minutos) |
|---------|---------------------------------|
| 1 | 11.18 |
| 2 | 10.27 |
| 3 | 10.67 |
| 4 | 10.62 |
| 5 | 10.58 |
| 6 | 10.80 |
| 7 | 10.77 |
| 8 | 11.68 |
| 9 | 10.64 |
| 10 | 10.71 |

Los resultados obtenidos del tiempo necesario para la clasificación y empaquetado de 10 kg de fresas indican un promedio de 10.79 minutos.

$$Cp = \frac{10Kg}{10.79 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}}$$

$$Cp = 55.61 \frac{Kg}{hora}$$

Considerando los parámetros analizados, se determina la capacidad de producción de la máquina, la cual se establece en 55.61 kg de fresas por hora.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- A través de un análisis tanto cualitativo como cuantitativo, se determinó el modelo para el sistema de clasificación. La máquina clasificadora de fresas seleccionada opera siguiendo el principio de una mesa de clasificación dividida en tres secciones. La primera sección cuenta con una rampa por donde se introduce la fruta, permitiendo que esta se desplace hacia la segunda etapa. En esta segunda etapa, se encuentra una plancha troquelada que varía según el tamaño de la fresa en cuestión, considerando tanto su sección transversal como longitudinal. Las fresas de tamaño pequeño, con medidas de 34 mm y 19 mm respectivamente, pasan por una plancha troquelada específica. Las fresas de tamaño mediano, que poseen diámetros de 43 mm y 20 mm, atraviesan una plancha troquelada correspondiente. Finalmente, las fresas de gran tamaño, con dimensiones de 48 mm y 25 mm, llegan a la última etapa de recolección.
- Cada una de las partes del sistema de clasificación fue diseñada utilizando el software AutoCAD, donde se establecieron los parámetros teniendo en cuenta las necesidades específicas relacionadas con el tamaño de la máquina, el tipo de fruta y los materiales requeridos. La selección de los componentes eléctricos se basó en un enfoque cuantitativo que consideró varios aspectos predefinidos. A partir de esta selección, se procedió a ensamblar los componentes y elementos necesarios para concluir la construcción de la máquina.
- El medio de comunicación implementado en la máquina clasificadora de fresas es la comunicación Modbus TCP/IP, que opera en modo maestro-esclavo (cliente-servidor). En este proceso, se envía una trama de pregunta que contiene el código de función, el cual indica al esclavo qué operación debe llevar a cabo con base en los registros de datos de Holding Register. Estos registros son compartidos en el registro de retención para la transmisión y recepción de datos. Además, se utiliza Keepserver como canal de comunicación entre los softwares TIA PORTAL V15, Arduino y Wonderware Intouch.

- El desarrollo de un sistema de control automático brinda al operador un control absoluto sobre la producción, permitiéndole supervisar con precisión la cantidad de contenedores de fresas que la máquina clasifica. La monitorización se logra por medio del controlador lógico programable incorporado en la máquina. muchas de las máquinas de este tipo emplean mecanismos más simples, carecen de esta tecnología debido a la percepción de que representa un gasto innecesario. Es importante destacar que Wonderware Intouch es un software de soporte fácil de manejar que permite la manipulación sencilla de la lógica del programa del PLC.
- A través de las pruebas realizadas en la máquina de clasificación y empaquetado de fresas, se ha determinado que su capacidad de producción es de 55.61 kg por hora, con un promedio de entre 63 y 64 contenedores de fresas pequeñas, medianas y grandes.

4.2 Recomendaciones

- Para programar el proceso en el software CADe SIMU, es esencial comenzar con una introducción al entorno físico. Este enfoque garantiza que el programador disponga las entradas y salidas del PLC de manera precisa, lo que, a su vez, contribuye a prevenir posibles daños provocados por una manipulación incorrecta del cableado. Esta etapa inicial de integración del entorno físico con el software se convierte en una medida de seguridad crucial para asegurar la eficiencia y la fiabilidad del sistema en su conjunto.
- Uno de los aspectos fundamentales en el desarrollo de la máquina clasificadora de fresas es la consideración del mercado al que se va a proveer. Dado que existen varios tipos de sistemas disponibles, es crucial adaptar el diseño a las necesidades específicas. Además, es esencial evaluar el volumen de producción que se espera alcanzar con la máquina, ya que los costos varían en función de la aplicación industrial.
- Al seleccionar el controlador para la implementación en el sistema, se deben tener en cuenta múltiples parámetros, como los protocolos de comunicación, los componentes a utilizar y el conocimiento de la marca elegida. Si se planea configurar módulos externos, como variadores de frecuencia, es fundamental considerar la

comunicación que estos admiten y los direccionamientos de memoria necesarios para obtener los datos requeridos.

- La máquina ha sido diseñada con la perspectiva de futuras mejoras, lo que significa que cada uno de sus módulos puede ser modificado para mejorar tanto su rendimiento como su capacidad de producción. Además, la incorporación de un PLC en la máquina brinda la oportunidad de introducir nuevos parámetros en el sistema SCADA, permitiendo un control adicional sobre el proceso de producción.

MATERIALES DE REFERENCIAS

- [1] M. Granados y J. Carrillo., Diseño y construcción de una máquina clasificadora de duraznos de tipo exportación utilizando inteligencia artificial, Bucaramanga: Universidad Autónoma De Bucaramanga, 2020.
- [2] J. Dávila, Diseño y construcción de una máquina clasificadora para obtención de huevos de sitotroga en la empresa Bioagro, Pereira: Universidad Tecnológica De Pereira, 2014.
- [3] J. Cajamarca Urgilés, Diseño y simulación de una máquina clasificadora y contadora de tomates de árbol, Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2021.
- [4] N. Marin y C. Madrigal, Clasificación de calidad de fresas usando procesamiento de imágenes y máquinas de vectores de soporte, Medellín – Colombia: VIII Congreso Internacional de Computación y Telecomunicaciones, 2016.
- [5] Bonilla I, Tavison A, Morales M, Guajardo L y Laines C, «IOT, El Internet de las Cosas y la Innovacion de sus Aplicaciones .,» 2016, pp. Vincula Téctica, 2313-2340.
- [6] J. González, Diseño y construcción de una máquina clasificadora de cebolla cabezona por tamaño, Tunja: Universidad Santo Tomás, 2021.
- [7] G. Alcuri, «Control de procesos y caracterización de situaciones industriales por métodos globalizantes,» ALCTRA, Recherche & Développement, 2013, pp. 43-58.
- [8] M. García , E. Irísarri y F. Pérez , «Arquitectura de Automatización basada en sistemas ciberfísicos para la fabricación flexible en la Industria de petróleo y gas.,» 156-166., 2018, p. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial..
- [9] SAP - Desarrollo de programas de sistemas de análisis, «Qué es la Industria 4.0,» www.sap.com, 2016. [En línea]. Available: <https://www.sap.com/latinamerica/products/scm/industry-4-0/what-is-industry-4-0.html>. [Último acceso: 15 dic 2022].

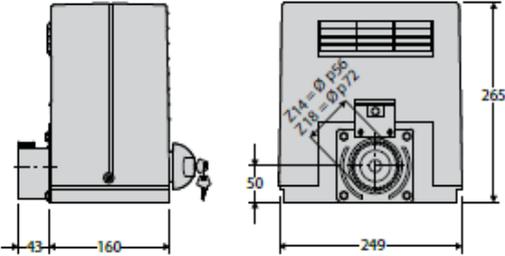
- [10 LOGICBUS, «www.logicbus.com.,» 15 01 2017. [En línea]. Available:
] <https://www.logicbus.com.mx/que-es-la-industria-4-0.php>. [Último acceso: 16 12
2022].
- [11 J. Gomez y E. Gimenes., Descripción del comportamiento de insectos y enfermedades
] en el cultivo de la fresa (fragaria ananassa) en el departamento de Madriz, Nicaragua:
Universidad Nacional Agraria, 2012.
- [12 Jorge Ulloa, «www.creaform3d.com,» SISTEMAS DE CONTROL DE CALIDAD
] AUTOMATIZADO, 2018. [En línea]. Available:
<https://www.creaform3d.com/blog/es/sistemas-de-control-de-calidad-automatizado/>.
[Último acceso: 10 01 2023].
- [13 Manual de fresa, PROGRAMA DE APOYO AGRÍCOLA Y AGROINDUSTRIAL
] VICEPRESIDENCIA DE FORTALECIMIENTO EMPRESARIAL, Bogota :
CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ: Pg 1-10. , 2015.
- [14 Interempresas Media, «www.frutas-hortalizas.com,» 25 01 2020. [En línea]. Available:
] <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Fresa.html>. [Último acceso: 01
12 2022].
- [15 Gaviria CA, Ochoa CI, Sánchez N, Medina C y Lobo M, Propiedades antioxidantes de
] los frutos de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale Swartz*)., Colombia: Universidad
Nacional de Colombia, 2009.
- [16 M. Fernández, «Agricultores le apuestan al cultivo de fresa,» *Revista - El Agro*, vol. 1,
] nº 8-10, p. 4, 2013.
- [17 Arantxa Bellido, «Tipos y Variedades de Fresas más Famosas y Deliciosas,»
] *Sembrar100*, vol. 1, 17 8 2022.
- [18 M. Reyes., Desing concept and operation of ASEAN packinghouse equipment for fruits
] and vegetables, Philipine-USA: 130, 1988.
- [19 «sicma 21,» 2021. [En línea]. Available: [https://www.sicma21.com/maquinaria-
\] industrial-que-es-y-tipos/](https://www.sicma21.com/maquinaria-industrial-que-es-y-tipos/).

- [20 «Infinitia,» 2023. [En línea]. Available:
] <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/disenio-industrial-definicion-funcion/>.
- [21 INEN, Código de práctica para la manipulación de alimentos., Quito-Ecuador: CPE
] INEN, 1987.
- [22 INEN, RTE INEN 131 'Seguridad e Higiene de Maquinaria para Procesamiento de
] Alimentos', 2014.
- [23 Mgter. Arq. Nora E. NACIF, MÉTODOS DE DISEÑO, Facultad de Arquitectura,
] Urbanismo y Diseño - Universidad Nacional de San Juan .
- [24 C. Romeva, Diseño concurrente, Barcelona-España: ediciones JPC, 2002.
]
- [25 Riba Carless y Romeva, Diseño concurrente., Diseño concurrente: ediciones JPC,
] 2002.
- [26 L. Ruiz Ruiz , Manipulacion manual de cargas guia de cargas. [En,
] <http://intranet.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Formacion%20divulgacion/material%20didactico/GuiatecnicaMMC.pdf>.: España, 2017.
- [27 Universidad de Valencia, «Redes de comunicación industriales.,» de
] <https://www.uv.es/rosado/courses/sid/sid.html>, 2009.
- [28 A. Higuera y F. Castillo., CIM: El computador en la automatización de la producción.,
] España: Universidad de Castilla-La Mancha, 2017.
- [29 Hurtado J, Introducción a las Redes de Comunicación Industrial., España:
] <https://www.lawebdelprogramador.com/pdf/15495-Introduccion-a-las-Redes-de-Comunicacion-Industrial.html>, 2015.
- [30 Lozano M y Zamora R, Tecnologías y herramientas de ingeniería asociadas los niveles
] superiores de la pirámide de la automatización, Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena de Indias., 2018.

- [31 Siemens, Instrumentación de campo para la automatización de procesos., Alemania:
] Siemens AG:
[https://support.industry.siemens.com/cs/document/109069191/archivo%3A-fi-01-cat%C3%A1logos-instrumentaci%C3%B3n-de-campo-para-la-automatizaci%](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109069191/archivo%3A-fi-01-cat%C3%A1logos-instrumentaci%C3%B3n-de-campo-para-la-automatizaci%20), 2016.
- [32 Universidad de Valencia, Tema 3. Redes de comunicación industriales,
] <https://www.uv.es/rosado/courses/sid/sid.html>, 2009.
- [33 G. Abarca, Diseño digital con aplicaciones, Barcelona: Patria Educación, 2018.
]
- [34 T. Mejer., Controles PLC con texto estructurado (ST), 2020: Books on Demand, IEC
] 61131-3 y la mejor práctica de programación ST..
- [35 D Molina, Módulo con controladores lógicos programables para la enseñanza
] aprendizaje de electrónica, 3Ciencias, 2019.
- [36 J. Escaño, Integración de sistemas de automatización industrial, Madrid, Paraninfo,
] S.A., 2019.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha Técnica del motor DEIMOS.

| DEIMOS | |   | |
|---|--|---|---|
|  | Nombre | Descripción | |
| | DEIMOS 500 SR | Operador 230V para cancelas correderas de hasta 500kg de peso. Velocidad de la hoja 8.5m/min. Final de carrera electromecánico. | |
| | DEIMOS 700 | Operador 230V para cancelas correderas de hasta 700kg de peso. Velocidad de la hoja 8.5m/min. Final de carrera electromecánico. | |
| | DEIMOS 800 F | Operador 230V para cancelas correderas de hasta 800kg de peso. Velocidad de la hoja 8.5m/min. Final de carrera electromecánico. | |
| | DEIMOS 700 | DEIMOS | |
| Unidad de control | ALPHA | | |
| Allimentación | 230V | 230V | |
| Potencia absorbida | 290W | 270W | |
| Módulo piñón | 4 | 4 | |
| Deceleración | no | no | |
| Reacción al impacto | embrague mecánico | embrague mecánico | |
| Bloqueo | mecánico | mecánico | |
| Desbloqueo | mediante manecilla con llave triangular | mediante manecilla con llave triangular | |
| Frecuencia de uso | semIntensivo | semIntensivo | |
| Condiciones ambientales | de -15°C a 60°C | | |
| Peso del actuador | 11kg | 11kg | |
| Dimensiones | | | |
|  | | | |
| ALPHA SD | | | |
| Cuadro de mandos universal para un operador de 230 V/500 W monofásico | | | |
|  | ALPHA SD <ul style="list-style-type: none"> - Aplicación: el panel de control de un operador para puertas correderas y puertas, persianas y puertas de garaje - Alimentación de la tarjeta: 230 V monofásico - Operador de energía: 230V monofásica 500 W máximo - Características principales: ajustable a través de los potenciómetros, LED y detección de fallas utilizando dos canales receptor - Características principales: cierre rápido, legumbres, espía puerta abierta - Compatibilidad: MIZAR | | |
| | | | |
| Accesorios | | | |
| | Código | Nombre | Descripción |
|  | D221073 | CP | Cremallera de plástico, módulo 4, sección 22 x 22 mm, longitud 1 m, fijación con tornillo en ranura |
|  | N999151 | SFD | Base de anclaje para DEIMOS (suministrada con el operador) |
|  | D111904 | MITTO B RCB02 R1 | Transmisor de 2 canales. Alcance 50/100m. Alimentación 12V con 1 pila tipo 23A |
|  | P121024 | Q.BO TOUCH | Teclado digital de membrana 433 MHz con código variable. |
|  | P121022 | Q.BO KEY WM | Selector con llave de exterior con doble contacto. |
|  | P111526 | DESME A15 | Par de fotocélulas autoalineantes. Alcance 30 m. Alimentación 24 Vca/cc. |
|  | P903018 | PHP | Par de columnas de aluminio para fotocélulas de la serie THEA/DESME |

Anexo 2. Ficha técnica del PLC

SIEMENS

Hoja de datos

6ES7214-1BG40-0XB0



Figura similar

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta AC/DC/relé, E/S INTEGRADAS:
14 DI 24 V DC; 10 DO, relé 2 A; 2 AI 0-10V DC, alimentación: AC 85-264 V AC
con 47-63 Hz, Memoria de programas/datos 100 KB

| Información general | |
|--|--|
| Designación del tipo de producto | CPU 1214C AC/DC/Relais |
| Versión de firmware | V4.5 |
| Ingeniería con | |
| • Paquete de programación | STEP 7 V17 o superior |
| Tensión de alimentación | |
| Valor nominal (AC) | |
| • 120 V AC | Si |
| • 230 V AC | Si |
| Rango admisible, límite inferior (AC) | 85 V |
| Rango admisible, límite superior (AC) | 264 V |
| Frecuencia de red | |
| • Rango admisible, límite inferior | 47 Hz |
| • Rango admisible, límite superior | 63 Hz |
| Intensidad de entrada | |
| Consumo (valor nominal) | 100 mA con 120 V AC; 50 mA con 240 V AC |
| Consumo, máx. | 300 mA con 120 V AC; 150 mA con 240 V AC |
| Intensidad de cierre, máx. | 20 A; con 264 V |
| It | 0,8 A²s |
| Intensidad de salida | |
| Para bus de fondo (5 V DC), máx. | 1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM |
| Alimentación de sensores | |
| Alimentación de sensores 24 V | |
| • 24 V | 20,4 a 28,8 V |
| Pérdidas | |
| Pérdidas, típ. | 14 W |
| Memoria | |
| Memoria de trabajo | |
| • Integrada | 100 kbyte |
| Memoria de carga | |
| • Integrada | 4 Mbyte |
| • enchufable (SIMATIC Memory Card), máx. | con SIMATIC Memory Card |
| Respaldo | |
| • existente | Si |
| • libre de mantenimiento | Si |
| • sin pila | Si |
| Tiempos de ejecución de la CPU | |
| para operaciones de bits, típ. | 0,08 µs; /instrucción |
| para operaciones a palabras, típ. | 1,7 µs; /instrucción |

6ES72141BG400XB0
Página 1/7

13/9/2023

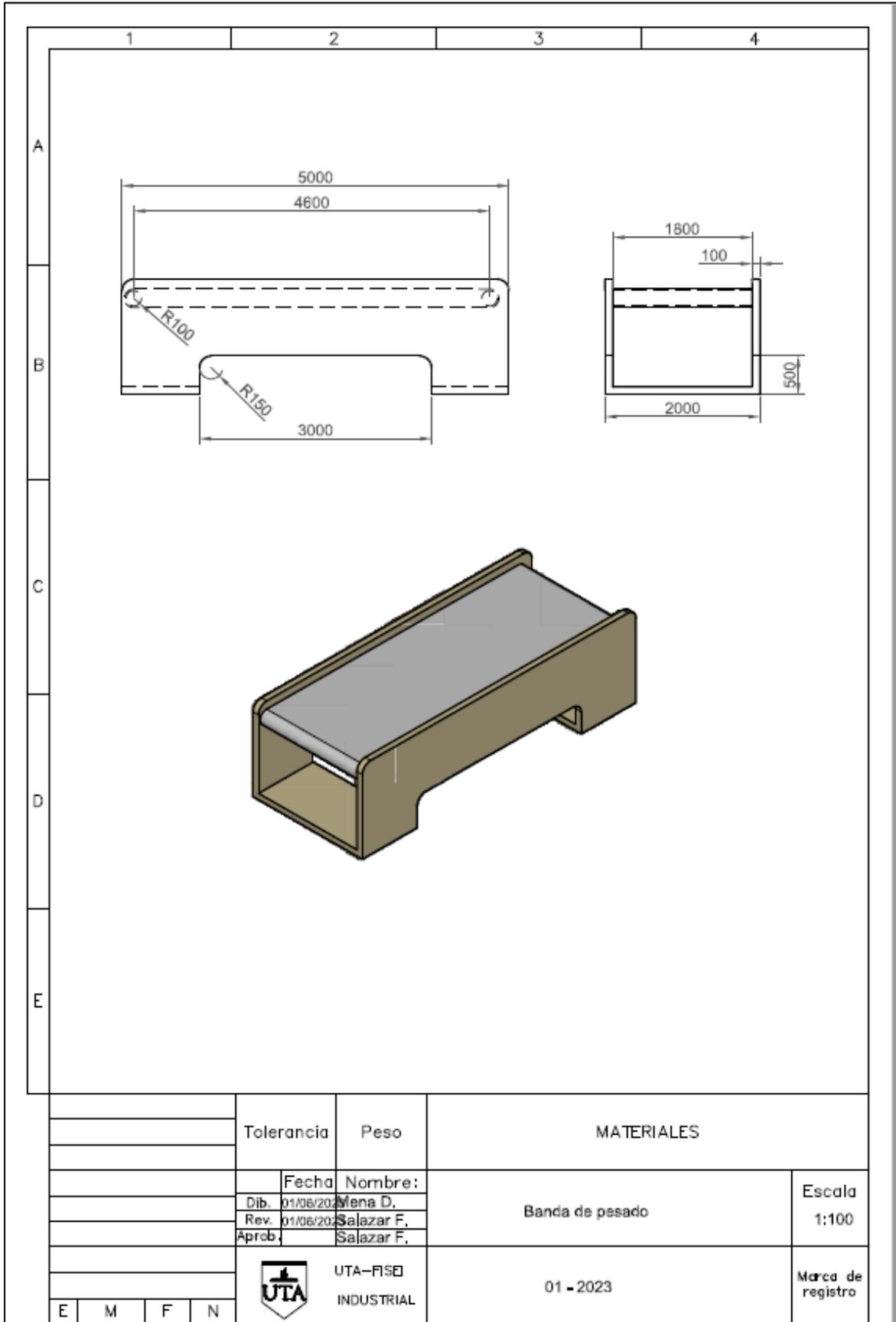
Sujeto a cambios
© Copyright Siemens

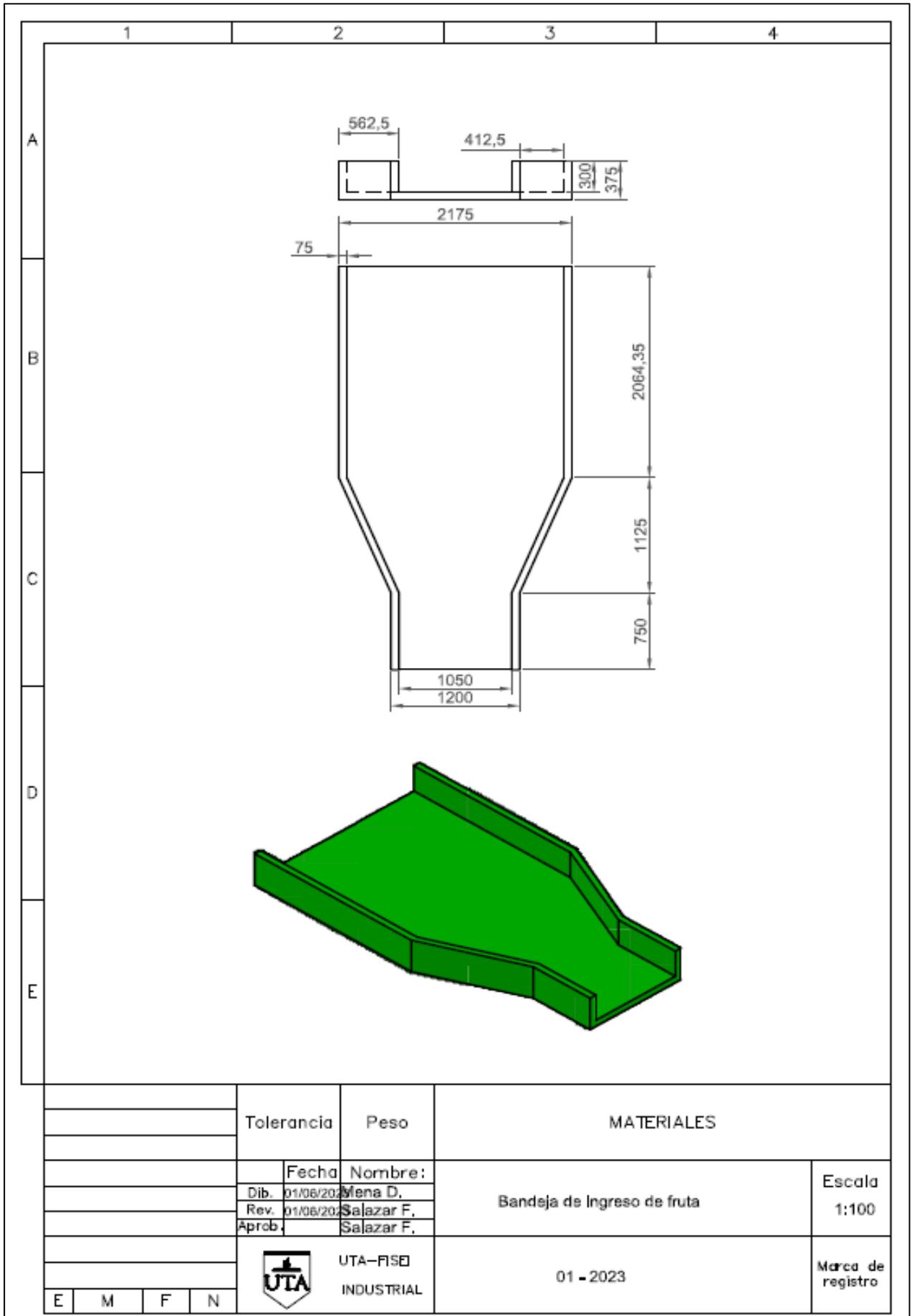
| | |
|---|---|
| para aritmética de coma flotante, tip. | 2,3 µs; /instrucción |
| CPU-bloqueo | |
| Nº de bloques (total) | DBs, FCs, FBs, contadores y temporizadores. El número máximo de bloques direccionables es de 1 a 65535. No hay ninguna restricción, uso de toda la memoria de trabajo |
| OB | |
| • Número, máx. | Limitada únicamente por la memoria de trabajo para código |
| Áreas de datos y su remanencia | |
| Área de datos remanentes (Incl. temporizadores, contadores, marcas), máx. | 14 kbyte |
| Marcas | |
| • Tamaño, máx. | 8 kbyte; Tamaño del área de marcas |
| Datos locales | |
| • por cada prioridad, máx. | 16 kbyte; Clase de prioridad 1 (ciclo de programa): 16 kbyte, clase de prioridad 2 a 26: 6 kbytes |
| Área de direcciones | |
| Imagen del proceso | |
| • Entradas, configurables | 1 kbyte |
| • Salidas, configurables | 1 kbyte |
| Configuración del hardware | |
| Nº de módulos por sistema, máx. | 3 Communication Module, 1 Signal Board, 8 Signal Module |
| Hora | |
| Reloj | |
| • Reloj de hardware (en tiempo real) | Si |
| • Duración del respaldo | 480 h; típicamente |
| • Desviación diaria, máx. | ±60 s/mes a 25 °C |
| Entradas digitales | |
| Nº de entradas digitales | 14; Integrado |
| • De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas | 6; HSC (High Speed Counting) |
| Fuente/sumidero (M/P) | Si |
| Número de entradas atacables simultáneamente | |
| Todas las posiciones de montaje | |
| — hasta 40 °C, máx. | 14 |
| Tensión de entrada | |
| • Valor nominal (DC) | 24 V |
| • para señal "0" | 5 V DC, con 1 mA |
| • para señal "1" | 15 V DC at 2,5 mA |
| Retardo a la entrada (a tensión nominal de entrada) | |
| para entradas estándar | |
| — parametrizable | 0,2 ms, 0,4 ms, 0,8 ms, 1,6 ms, 3,2 ms, 6,4 ms y 12,8 ms, elegible en grupos de 4 |
| — en transición "0" a "1", máx. | 0,2 ms |
| — en transición "0" a "1", máx. | 12,8 ms |
| para entradas de alarmas | |
| — parametrizable | Si |
| para funciones tecnológicas | |
| — parametrizable | Monofásica: 3 @ 100 kHz y 3 @ 30 kHz, Diferencial: 3 @ 80 kHz y 3 @ 30 kHz |
| Longitud del cable | |
| • apantallado, máx. | 500 m; 50 m para funciones tecnológicas |
| • no apantallado, máx. | 300 m; para funciones tecnológicas: No |
| Salidas digitales | |
| Número de salidas | 10; Relé |
| Poder de corte de las salidas | |
| • con carga resistiva, máx. | 2 A |
| • con carga tipo lámpara, máx. | 30 W con DC, 200 W con AC |
| Retardo a la salida con carga resistiva | |
| • "0" a "1", máx. | 10 ms; máx. |
| • "1" a "0", máx. | 10 ms; máx. |
| Salidas de relé | |
| • Nº de salidas relé | 10 |
| • Número de ciclos de manobra, máx. | mecánicos: 10 millones, con tensión nominal de carga: 100 000 |
| Longitud del cable | |

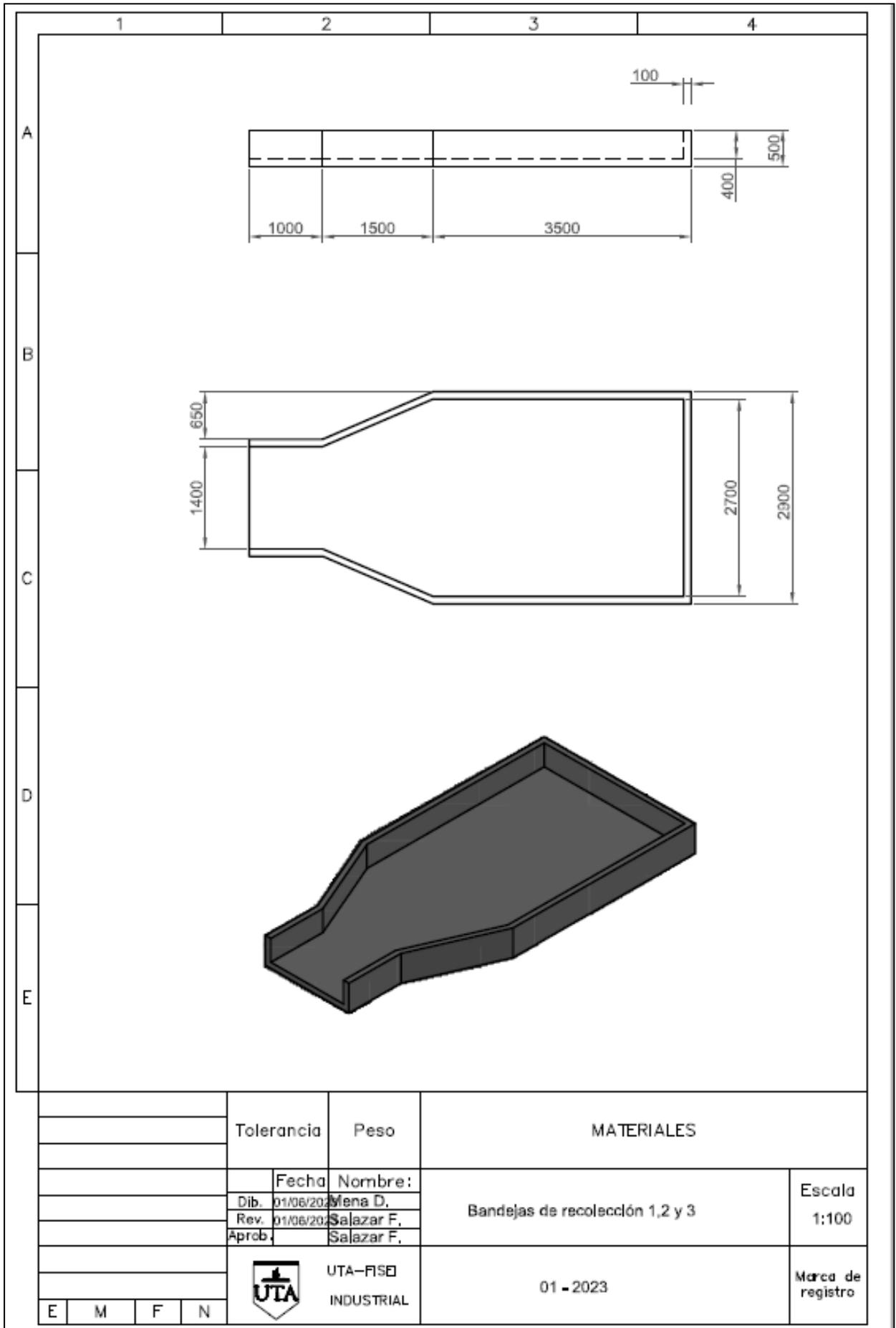
| | |
|---|---|
| • apantallado, máx. | 500 m |
| • no apantallado, máx. | 150 m |
| Entradas analógicas | |
| Nº de entradas analógicas | 2 |
| Rangos de entrada | |
| • Tensión | SI |
| Rangos de entrada (valores nominales), tensiones | |
| • 0 a +10 V | SI |
| — Resistencia de entrada (0 a 10 V) | ≥100 kOhmios |
| Longitud del cable | |
| • apantallado, máx. | 100 m; trenzado y apantallado |
| Salidas analógicas | |
| Nº de salidas analógicas | 0 |
| Formación de valor analógico para entradas | |
| Tiempo de integración y conversión/resolución por canal | |
| • Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx. | 10 bit |
| • Tiempo de integración parametrizable | SI |
| • Tiempo de conversión (por canal) | 625 µs |
| Sensor | |
| Sensores compatibles | |
| • Sensor a 2 hilos | SI |
| 1. Interfaz | |
| Tipo de interfaz | PROFINET |
| con aislamiento galvánico | SI |
| Detección automática de la velocidad de transferencia | SI |
| Autonegociación | SI |
| Autocrossing | SI |
| Física de la interfaz | |
| • RJ 45 (Ethernet) | SI |
| • Número de puertos | 1 |
| • Switch Integrado | No |
| Protocolos | |
| • PROFINET IO-Controller | SI |
| • PROFINET IO-Device | SI |
| • Comunicación SIMATIC | SI |
| • Comunicación IE abierta | SI; También disponible cifrada |
| • Servidores web | SI |
| • Redundancia del medio | No |
| PROFINET IO-Controller | |
| • Velocidad de transferencia, máx. | 100 Mbit/s |
| Servicios | |
| — Comunicación PG/OP | SI; cifrado preajustado mediante TLS V1.3 |
| — Modo Isócrono | No |
| — IRT | No |
| — PROFIenergy | No |
| — Arranque priorizado | SI |
| — Número de dispositivos IO con arranque preferente, máx. | 16 |
| — Nº de IO Devices que se pueden conectar en total, máx. | 16 |
| — Nº de IO-Devices conectables para RT, máx. | 16 |
| — de ellos, en línea, máx. | 16 |
| — Activar/desactivar IO Devices | SI |
| — Nº de IO-Devices activables/desactivables simultáneamente, máx. | 8 |
| — Tiempo de actualización | El valor mínimo del tiempo de actualización depende además del componentes para comunicación ajustado para PROFINET IO, del número de dispositivo IO y de la cantidad de datos de usuario configurados. |
| PROFINET IO-Device | |
| Servicios | |
| — Comunicación PG/OP | SI; cifrado preajustado mediante TLS V1.3 |
| — Modo Isócrono | No |

| | |
|---|--|
| — IRT | No |
| — PROFinergy | Si |
| — Shared Device | Si |
| — Nº de IO Controller con Shared Device, máx. | 2 |
| Protocolos | |
| Soporta protocolo para PROFINET IO | Si |
| Soporta protocolo para PROFI-safe | No |
| PROFIBUS | Si; Requiere CM 1243-5 (maestro) o CM 1242-5 (esclavo) |
| OPC UA | Si; OPC UA Server |
| AS-Interface | Si; Se requiere un CM 1243-2 |
| Protocolos (Ethernet) | |
| • TCP/IP | Si |
| • DHCP | No |
| • SNMP | Si |
| • DCP | Si |
| • LLDP | Si |
| Funcionamiento redundante | |
| Redundancia del medio | |
| — MRP | No |
| — MRPD | No |
| Comunicación SIMATIC | |
| • S7-Routing | Si |
| Comunicación IE abierta | |
| • TCP/IP | Si |
| — Tamaño de datos, máx. | 8 kbyte |
| • ISO-on-TCP (RFC1006) | Si |
| — Tamaño de datos, máx. | 8 kbyte |
| • UDP | Si |
| — Tamaño de datos, máx. | 1 472 byte |
| Servidores web | |
| • Soporta | Si |
| • Páginas web definidas por el usuario | Si |
| OPC UA | |
| • Requiere licencia runtime | Si; licencia "Basic" necesaria |
| • OPC UA Server | Si; acceso a datos (Read, Write, Subscribe), llamada de método, requiere licencia runtime |
| — Autenticación de aplicaciones | Políticas de seguridad disponibles: ninguna, Basic128Rsa15, Basic256Rsa15, Basic256Sha256 |
| — Autenticación de usuarios | *Anónimo o mediante nombre de usuario y contraseña |
| — Número de sesiones, máx. | 10 |
| — Número de suscripciones por sesión, máx. | 5 |
| — Intervalo de muestreo, mín. | 100 ms |
| — Intervalo de emisión, mín. | 200 ms |
| — Número de métodos de servidor, máx. | 20 |
| — Número de elementos vigilados (monitored items), máx. recomendado | 1 000 |
| — Número de Interfaces del servidor, máx. | 2 |
| — Número de nodos en Interfaces del servidor definidas por el usuario, máx. | 2 000 |
| Otros protocolos | |
| • MODEBUS | Si |
| funciones de comunicación / título | |
| Comunicación S7 | |
| • Soporta | Si |
| • como servidor | Si |
| • Como cliente | Si |
| • Datos útiles por petición, máx. | ver la Ayuda online (S7 communication, User data size) |
| Nº de conexiones | |
| • total | conexiones PG: 4 reservadas/4 máx.; conexiones HMI: 12 reservadas/18 máx.; conexiones S7: 8 reservadas/14 máx.; conexiones Open User: 8 reservadas/14 máx.; conexiones web: 2 reservadas/30 máx.; conexiones OPC UA: 0 reservadas/10 máx.; conexiones totales: 34 reservadas/64 máx. |
| Funciones de test y puesta en marcha | |

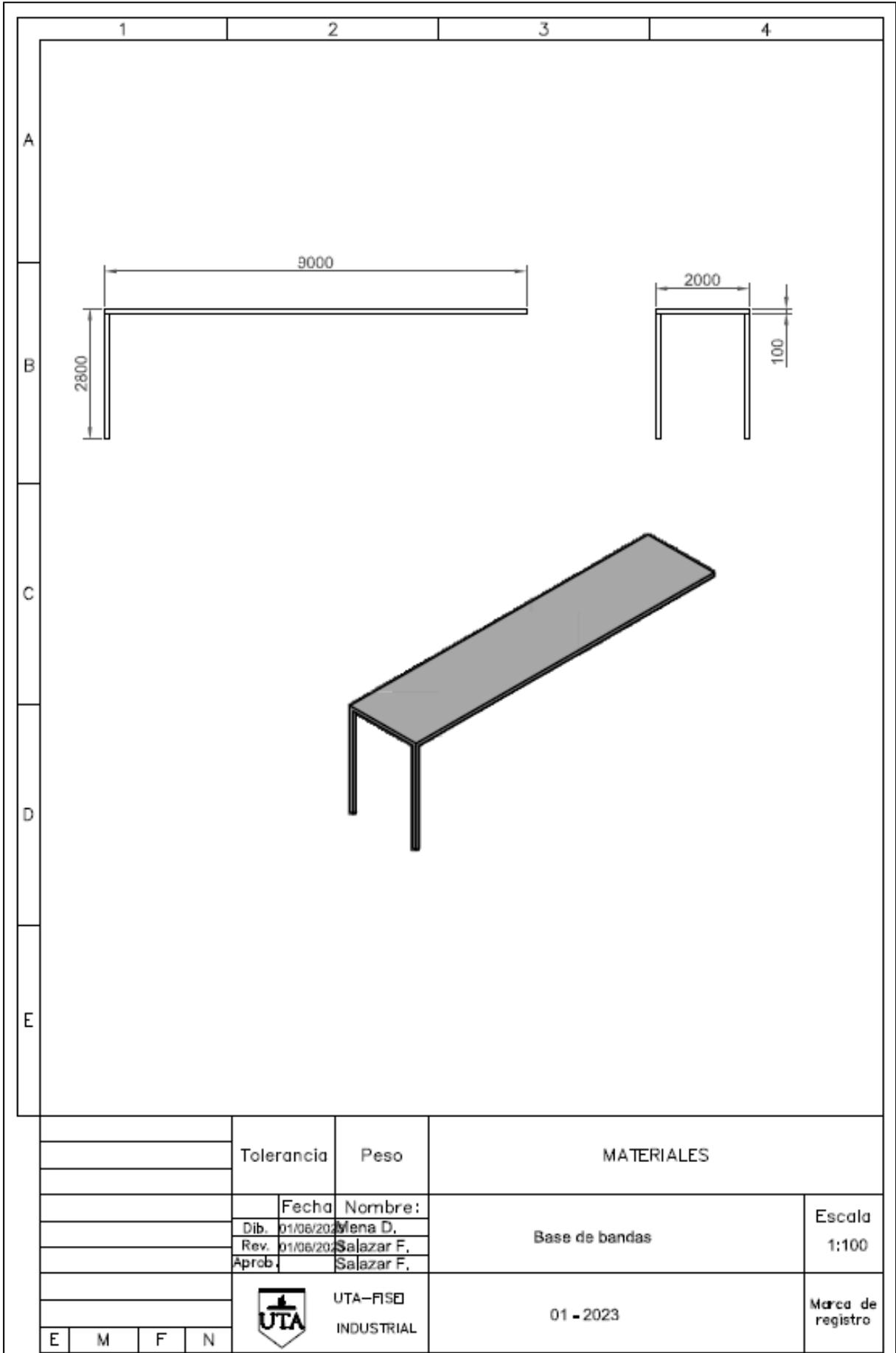
Anexo 3. Planos del diseño de las partes de la máquina clasificadora de fresas.



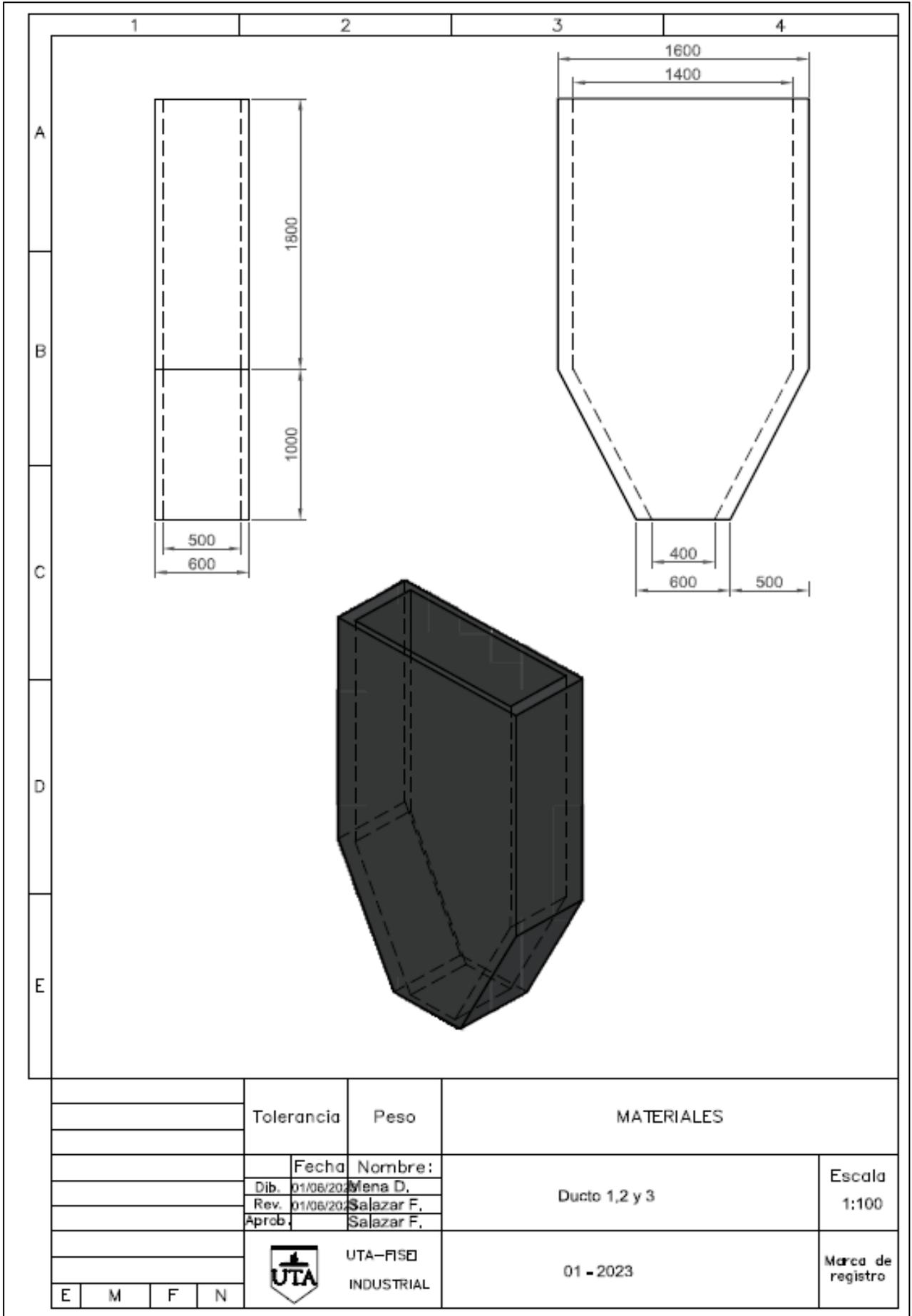


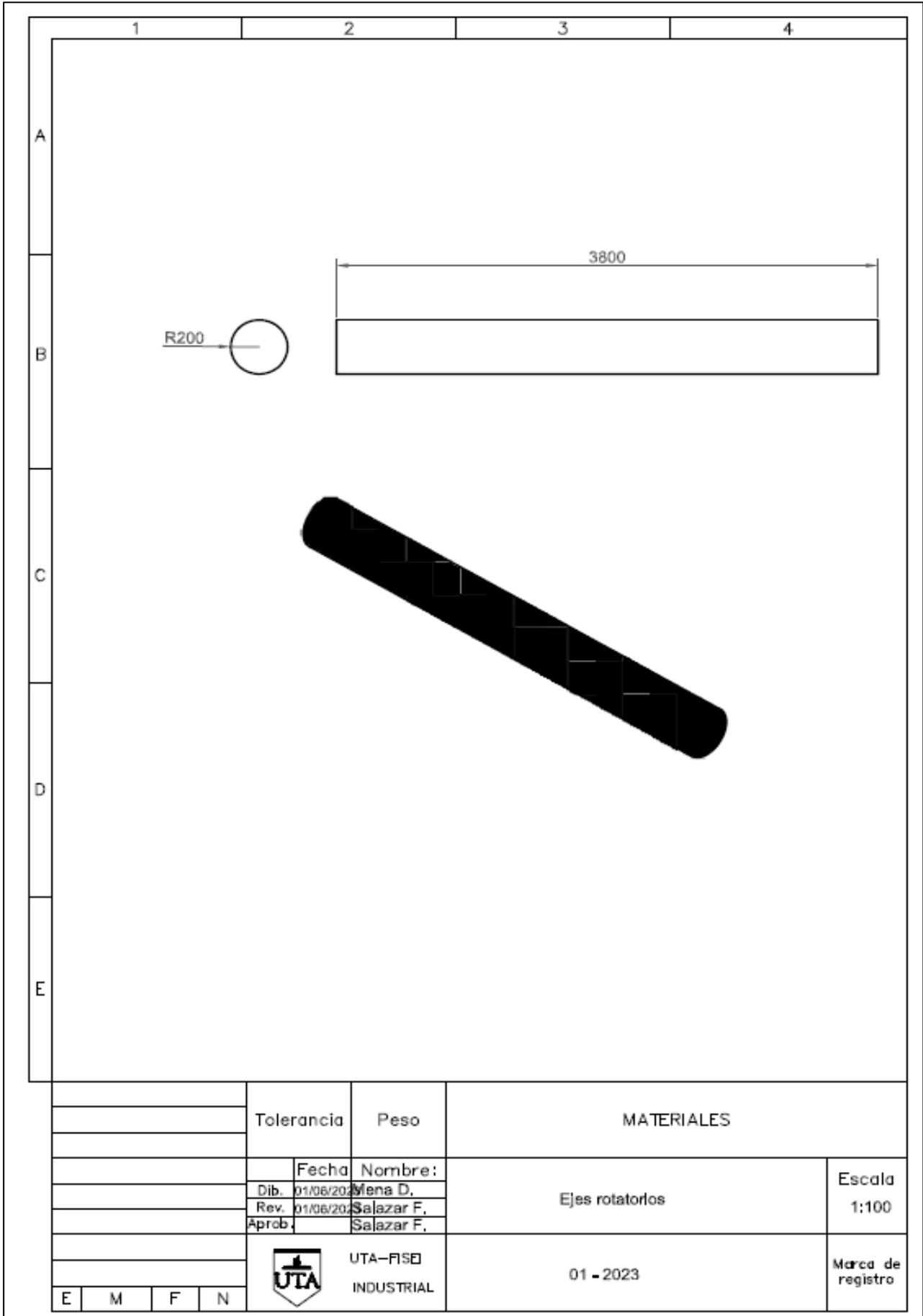


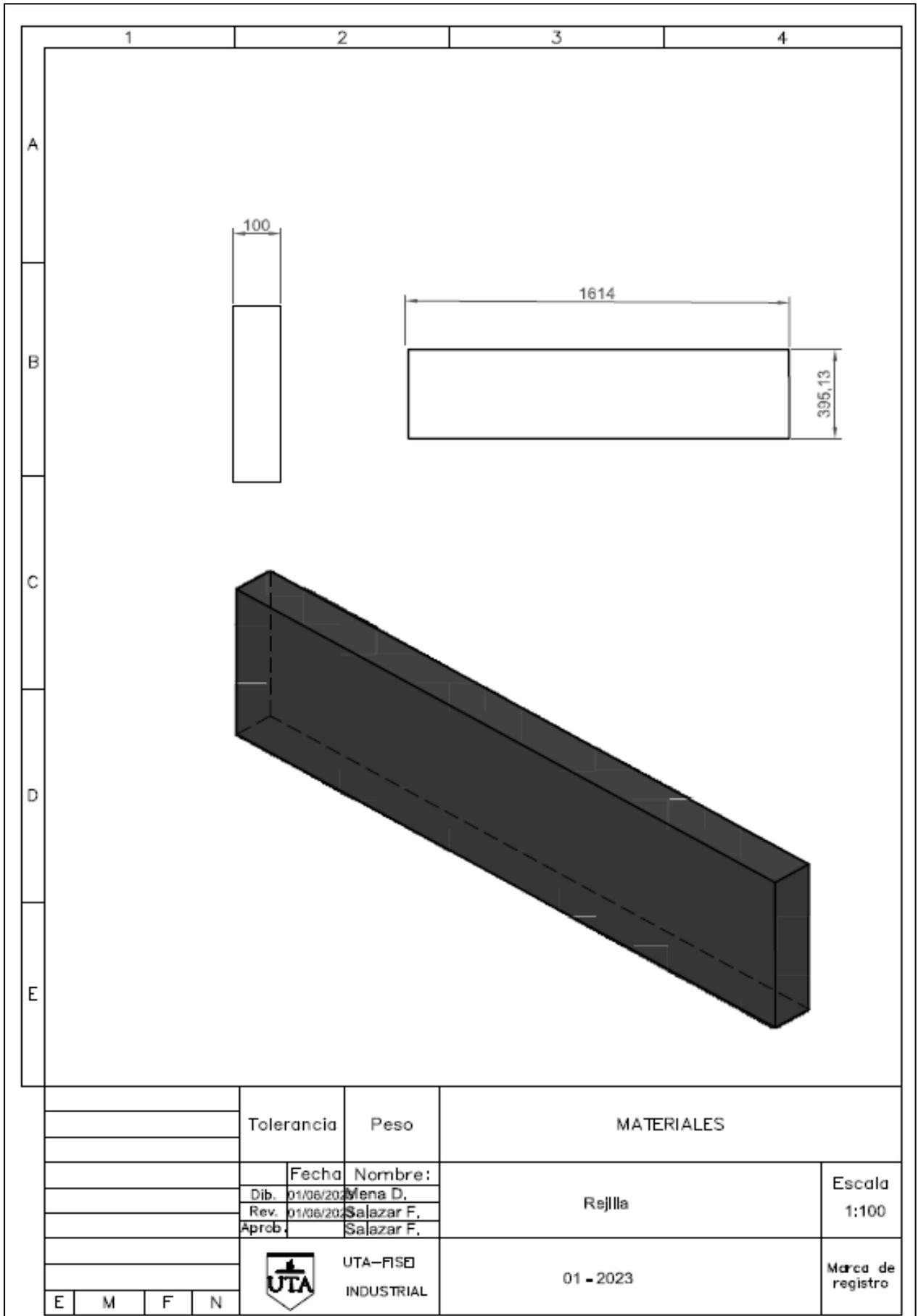
| | | | | | |
|---|---|--|------------|---------------------------------|-------------------|
| | | Tolerancia | Peso | MATERIALES | |
| | | Fecha | Nombre: | Bandejas de recolección 1,2 y 3 | Escala 1:100 |
| | | Dib. 01/06/2023 | Mena D. | | |
| | | Rev. 01/06/2023 | Salazar F. | | |
| | | Aprob. | Salazar F. | 01 - 2023 | Marca de registro |
| | |  UTA-RISE INDUSTRIAL | | | |
| E | M | F | N | | |

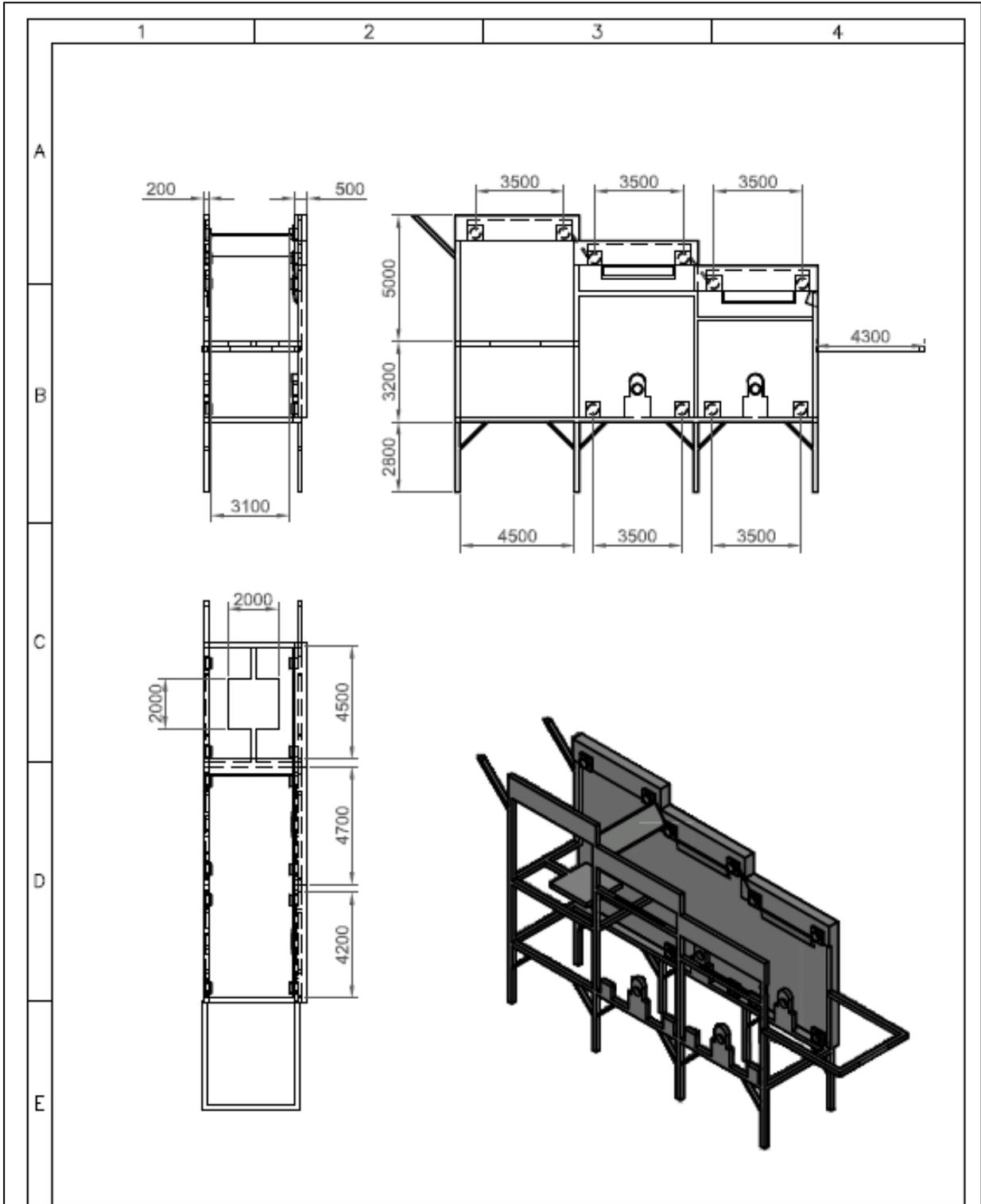


| | | | | | |
|---|---|---|------------|----------------|-------------------|
| | | Tolerancia | Peso | MATERIALES | |
| | | | | | |
| | | Fecha | Nombre: | Base de bandas | Escala 1:100 |
| | | Dib. 01/06/2023 | Mena D. | | |
| | | Rev. 01/06/2023 | Salazar F. | | |
| | | Aprb. | Salazar F. | | |
| | |  | UTA-FISE | 01 - 2023 | Marca de registro |
| | | | INDUSTRIAL | | |
| E | M | F | N | | |

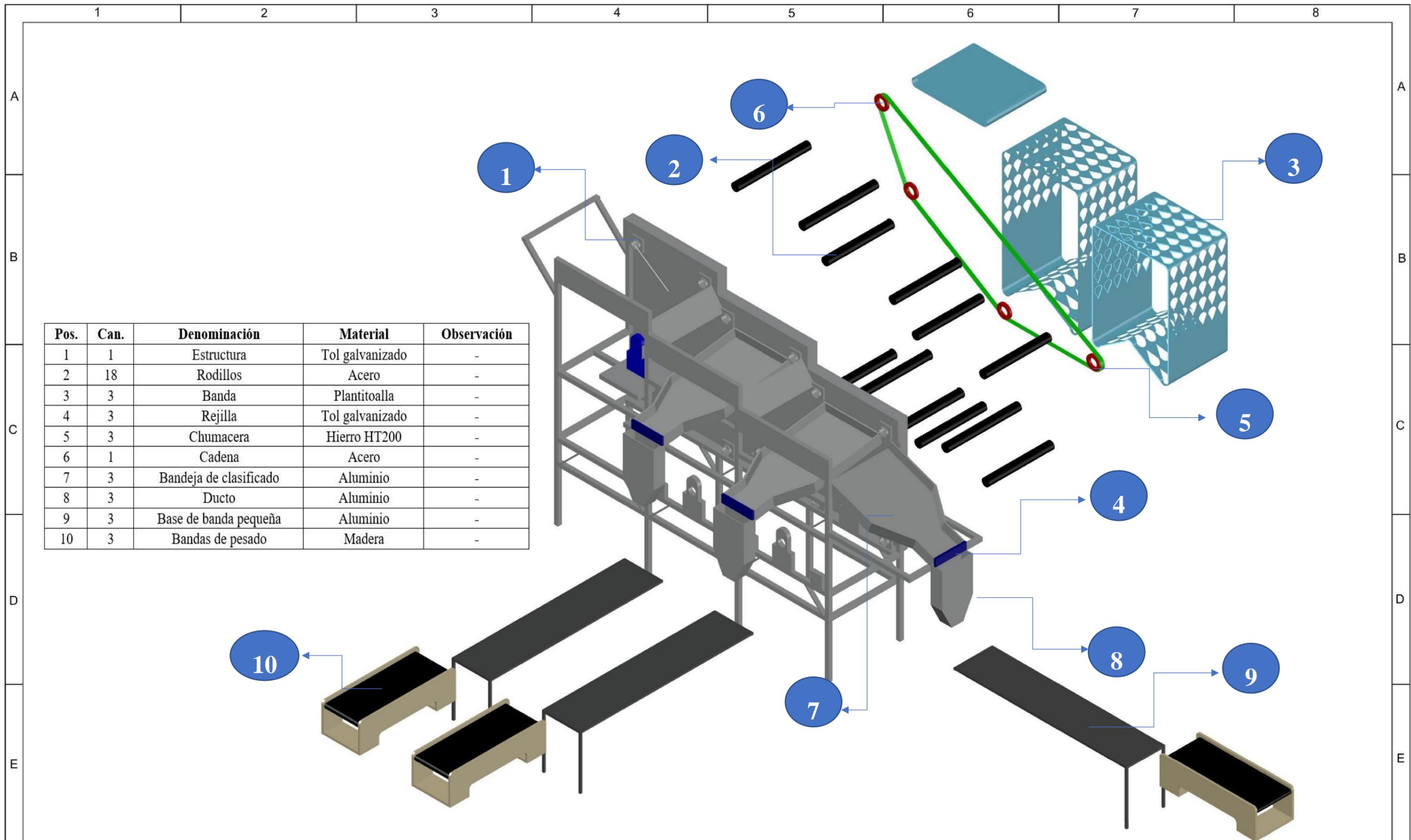








| | | | | | |
|---|---|--|------------|------------|----------------------|
| | | Tolerancia | Peso | MATERIALES | |
| | | Fecha | Nombre: | Estructura | Escala 1:100 |
| | | Dib. 01/06/2023 | Mena D. | | |
| | | Rev. 01/06/2023 | Salazar F. | | |
| | | Aprob. | Salazar F. | 01 - 2023 | Marca de registro |
| | |  UTA-FISE INDUSTRIAL | | | |
| E | M | F | N | | |



| | | Tolerancia | Peso | Materiales | |
|--|-------|------------|------------|-------------------------|-------------------|
| | | | | | |
| | | Fecha | Nombre | Explosión de la máquina | Escala: 1:1000 |
| | Dib. | 1/06/2023 | Mena D. | | |
| | Rev. | 1/06/2023 | Salazar F. | | |
| | Apro. | 1/06/2023 | Salazar F. | | |
| | | | | 01-2023 | Marca de Registro |