



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA
EL CONTEO DE FRUTOS CON REGULACIÓN DE VELOCIDAD Y
MONITOREO EN HMI PARA PROCESOS AGROINDUSTRIALES”**

**Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Electrónico**

Autores:

Bach. Oscar Alexis Carranza Sosa

Bach. Gerardo David Lozada Llanos

Asesor:

Dr. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo

LAMBAYEQUE – PERÚ

2026

TESIS

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EL CONTEO DE FRUTOS CON REGULACIÓN DE VELOCIDAD Y MONITOREO EN HMI PARA PROCESOS AGROINDUSTRIALES”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Presentada por:

AUTOR:



BACH. OSCAR ALEXIS CARRANZA SOSA



BACH. GERARDO DAVID LOZADA LLANOS

ASESOR:



DR. ING. OBLITAS VERA CARLOS LEONARDO

TESIS

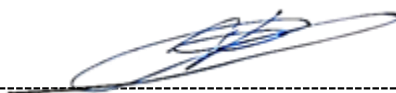
“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EL CONTEO DE FRUTOS CON REGULACIÓN DE VELOCIDAD Y MONITOREO EN HMI PARA PROCESOS AGROINDUSTRIALES”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

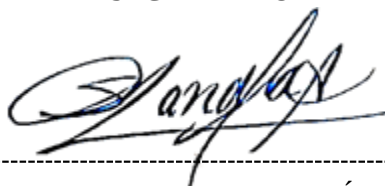
Aprobada por el jurado siguiente:



Dr. ING. FRANK RICHARD RODRIGUEZ CHIRINOS
PRESIDENTE



MG. ING. OSCAR UCHELLY ROMERO CORTEZ
SECRETARIO



Dr. ING. SANDRA LISETTE AZNARÁN GUEVARA
VOCAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS DECANATO

Ciudad Universitaria - Lambayeque

LICENCIADA - RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 015 - 2023-SUNEDU / CD



0077



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 42.-2026.-D/FACFyM

Siendo las 12:00 horas del día 05 de Mayo del 2026, se reunieron los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

«Diseño y Simulación de una máquina automatizada para el conteo de frutos con Regulación de Velocidad y Monitoreo en MMI para procesos Agroindustriales»

Designados por Resolución N° 794-2025 D/FACFyM de fecha 29 de Agosto de 2025

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

DR. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos

Presidente

DR. Ing. Oscar Vichelly Romero Cortez

Secretario

DRA. Ing. Sandra Lisette Azmarán Guevara

Vocal

La tesis fue asesorada por (el) (la) DR. Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vela nombrado por Resolución N° 794-2025 D/FACFyM de fecha 29 de Agosto de 2025

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 333-2026 D/FACFyM de fecha 24 de Abril de 2026

La Tesis fue presentada y sustentada por (el) (los) Bachiller (es): Bach. Carranza Sosa, Oscar Alexis y Bach. Lozada Llanos, Gerardo David y tuvo una duración de 30 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de Dieciacho (18) en la escala vigesimal, mención (Muy Bueno).

Por lo que queda(n) apto(s) para obtener el Título Profesional de INGENIERO ELECTRÓNICO de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 13:00 se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

DR. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos
Presidente

DR. Sandra Lisette Azmarán Guevara
Vocal

DR. Ing. Oscar Vichelly Romero Cortez
Secretario

DR. Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vela
Asesor

CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

(Aprobado con Res N° 095-2020-D)

Yo, Carlos Leonardo Oblitas Vera, Asesor de tesis de: Bach. Carranza Sosa Oscar Alexis y Lozada Llanos Gerardo David, Titulada: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EL CONTEO DE FRUTOS CON REGULACIÓN DE VELOCIDAD Y MONITOREO EN HMI PARA PROCESOS AGROINDUSTRIALES”**, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 5% verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizo dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender de la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 10 de abril de 2026

Dr. Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera
Asesor
DNI 03701836

Adj.

1. Recibo Digital Turnitin firmado.
2. Vista actual con Informe de Originalidad Turnitin firmados.
3. Archivo procesado en Turnitin: INFORME FINAL_TESIS_DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EL CONTEO DE FRUTOS .pdf

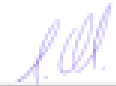
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EL CONTEO DE FRUTOS CON REGULACIÓN DE VELOCIDAD Y MONITOREO EN HMI PARA PROCESOS AGROINDUSTRIALES

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	5%	1%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
3	biblioteca.usbbog.edu.co:8080 Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	apirepositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	vitela.javerianacali.edu.co Fuente de Internet	<1%
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ulasamericas.edu.pe Fuente de Internet	<1%


 Dr. Ing. Carlos Leonardo Obillas Yera
 Asesor
 DNI 03701830

9	gala.gre.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Internacional del Ecuador Trabajo del estudiante	<1 %
13	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.upch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
18	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %



Dr. Ing. Carlos Leonardo Obillos Vera
Asesor
DNI-83701836



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Carranza Sosa Oscar Alexis / Lozada Llanos Gerardo David
 Título del ejercicio: Quick Submit
 Título de la entrega: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PA...
 Nombre del archivo: LACI_N_DE_UNA_M_QUINA_AUTOMATIZADA_PARA_EL_CONTE...
 Tamaño del archivo: 2.45M
 Total páginas: 115
 Total de palabras: 12,569
 Total de caracteres: 83,634
 Fecha de entrega: 10-abr-2026 10:41a. m. (UTC-0500)
 Identificador de la entrega: 2927740330




UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA
 EL CONTEO DE FRUTOS CON REGULACIÓN DE VELOCIDAD Y
 MONITOREO EN HMI PARA PROCESOS AGROINDUSTRIALES”

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Investigadores:
 Bach. Oscar Alexis Carranza Sosa
 Bach. Gerardo David Lozada Llanos

Asesor:
 Dr. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo

LAMBAYEQUE – PERÚ
 2026


 Dr. Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera
 Asesor
 DNI 03701836

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Oscar Alexis Carranza Sosa y Gerardo David Lozada Llanos, investigadores principales, y el Dr. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo asesor de nuestro trabajo de investigación denominado “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMATIZADA PARA EL CONTEO DE FRUTOS CON REGULACIÓN DE VELOCIDAD Y MONITOREO EN HMI PARA PROCESOS AGROINDUSTRIALES”, declaramos que este trabajo no está plagado y no contiene información falsa. Si se determina lo contrario, responsablemente cancelaremos este informe y procederemos a los trámites administrativos necesarios. Esto podrá dar lugar a la revocación de cualquier título o grado obtenido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 10 de abril del 2026.

AUTOR:

BACH. OSCAR ALEXIS CARRANZA SOSA

BACH. GERARDO DAVID LOZADA LLANOS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis, en primer lugar, a Dios, por brindarme la vida, la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para superar cada desafío y permitirme alcanzar esta importante meta profesional. A mis queridos padres, Gerardo Lozada Vega y Berta Llanos Bustamante, por su amor incondicional, sus sacrificios, sus consejos y el apoyo constante que me han brindado a lo largo de mi formación. Gracias por ser mi ejemplo de esfuerzo, perseverancia y valores.

A mis hermanos, Noemí y Gabriel, por su cariño, comprensión y compañía en cada etapa de este camino. Su apoyo y confianza han sido una fuente de motivación para seguir adelante.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional, les expreso mi más sincero agradecimiento.

God is Good all the time

GERARDO DAVID LOZADA LLANOS

Dedico este proyecto a mi madre Bhelu, por ser mi guía, motivación y apoyo constante. A mi hermana, por acompañarme y ser un pilar en cada paso. Agradezco también a mis docentes por sus conocimientos y orientación.

Finalmente, a mi tío Walter, por sus palabras, confianza y enseñanzas, que me inspiraron a alcanzar cada meta.

OSCAR ALEXIS CARRANZA SOSA

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios por guiar mis pasos, darme fortaleza en los momentos difíciles y permitirme culminar satisfactoriamente esta etapa tan importante de mi vida profesional.

A mis padres, les agradezco por su amor, esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional. Gracias por creer siempre en mí, por sus enseñanzas y por ser el pilar fundamental de mi formación personal y académica.

A mi tía Yola y Sussan que fueron un gran soporte y apoyo en el camino de mi profesión.

Asimismo, agradezco a mis docentes, asesores y a todas las personas que compartieron sus conocimientos, orientación y experiencias, contribuyendo de manera significativa al desarrollo y culminación de esta investigación.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por formar parte de este importante logro.

All the time, God is Good

GERARDO DAVID LOZADA LLANOS

Mi mayor agradecimiento es para Dios por permitirme hoy estar aquí desarrollando este proyecto, a mi madre que me apoyo y en todo momento confió en mí, a los docentes de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, quienes han dejado huellas valiosas en mi formación y me han brindado sus conocimientos. Expreso un agradecimiento especial a mi asesor de proyecto por su orientación y aportes.

OSCAR ALEXIS CARRANZA SOSA

ÍNDICE GENERAL

INFORMACIÓN GENERAL	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Síntesis de la situación problemática.	15
1.2 Formulación del problema de investigación	17
1.3 Hipótesis	17
1.4 Objetivos.	18
1.4.1 Objetivo general.....	18
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
CAPITULO II: DISEÑO TEÓRICO.....	19
2.1 Antecedentes.....	19
2.1.1 Antecedentes Internacionales	19
2.1.2 Antecedentes Nacionales	20
2.1.3 Antecedentes Locales	21
2.2 Bases teóricas.....	22
2.2.1 Automatización Industrial.....	22
2.2.2 Controladores lógicos programables	22
2.2.3 Sensores.....	23
2.2.4 Interfaz Hombre-Máquina (HMI).....	25
2.3 Bases Conceptuales	26
2.3.1 Operacionalización de variables.....	26
CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....	28
3.1 Procedimiento para validar técnicamente la hipótesis mediante simulación	28
3.2 Población y muestra.....	31
3.3 Técnicas, instrumentos, equipos y materiales.....	33

CAPITULO IV: RESULTADOS.....	34
4.1 Análisis de requerimientos técnicos del sistema	34
4.1.1 Caracterización del proceso productivo.....	34
4.1.2 Identificación y caracterización del tipo de frutos procesados	35
4.1.3 Análisis de caudal y flujo de frutos.....	36
4.1.4 Condiciones ambientales del área de trabajo.....	36
4.1.5 Requerimientos del usuario operador.....	37
4.1.6 Requerimientos técnicos del sistema automatizado.....	37
4.1.7 Conclusión del análisis de requerimientos	38
4.2 Resultados del diseño mecánico	40
4.2.1 Determinación de dimensiones del transportador.....	41
4.2.2 Selección de materiales y estructura.....	42
4.2.3 Diseño y ubicación del sistema sensor.....	44
4.2.4 Sistema de movimiento y transmisión.....	46
4.2.5 Diseño del área de carga y descarga	47
4.2.6 Ensamble general del sistema en CAD.....	47
4.2.7 Conclusión del diseño mecánico	48
4.3 Resultados del sistema de control.....	49
4.3.1 Propuestas de solución.	49
4.3.2 Definición de Variables	50
4.3.3 Diagramas Eléctricos.....	50
4.3.4 Diseño del Tablero eléctrico.....	53
4.3.5 Filosofía de Control.....	56
4.3.6 Código de Programación	57
4.3.7 Ventanas del HMI.....	61
4.4 Evaluación mediante simulación de la precisión del conteo y tiempo de operación.	
69	
4.5 Evaluación de los resultados	75
4.6 Discusión de los resultados.	77
CONCLUSIONES.....	80

	14
RECOMENDACIONES.....	81
REFERENCIAS.....	82
ANEXOS.....	85
ANEXO 1.....	86
1.1 Imágenes de campo del equipo.....	86
ANEXO 2.....	88
2.1 Diagramas Eléctricos de Fuerza y Control.	88
ANEXO 3.....	102
3.1 Código de Programación	102
ANEXO 4.....	111
4.1 Simulación del diseño.....	111
ANEXO 5.....	113
5.1 Fichas Técnicas.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Sensor Fotoeléctrico DATALOGIC	24
Figura 2 - Sensor Encoder IFM.	24
Figura 3 - Pantalla HMI Weintek.....	25
Figura 4 – filosofía de control	31
Figura 5 - Equipos de empackado manual existentes	39
Figura 6 - Mesa de Selección manual de la agroindustria referencial	39
Figura 7 - Pantalla Software Solidworks	40
Figura 8 - Maquina Contadora de frutos.....	42
Figura 9 - Transportador contadora con Biconos.....	43
Figura 10 - Biconos de PVC sanitario.	43
Figura 11 - Ubicación de sensores.	45
Figura 12 - ubicación de Sensores.....	45
Figura 13 - Transportador vista de planta motores.....	46
Figura 14 - tolva de alimentación.....	47
Figura 15 - Vista isométrica del equipo contadora.....	48
Figura 16 - software Eplan electric.	51
Figura 17 - software Eplan electric Diagrama de Fuerza	51
Figura 18 - software Eplan electric Diagrama de Fuerza	52
Figura 19 - software Eplan electric Diagrama de Control.....	52
Figura 20 - software Eplan electric Topología de RED.....	53
Figura 21 - Diseño del Tablero eléctrico de control.....	54
Figura 22 - pictórico de placa del tablero.....	55
Figura 23 - pictórico de puerta de tablero	55
Figura 24 - Software machine expert	57
Figura 25 - Bloques del Modo Manual.....	59
Figura 26 - Bloques del Modo Automático.....	60
Figura 27 - Bloques de Comunicación.....	61
Figura 28 - Ventana de inicio del software EasyBuilder	62
Figura 29 - Ventana de inicio y modo automático.	63
Figura 30 - Ventana de modo manual.....	65
Figura 31 - Ventana de alarmas	66
Figura 32 - Ventana de ayuda.....	67
Figura 33 - Ventana de configuración.	68
Figura 34 - Simulación del sistema automatizado en Machine Expert.....	70
Figura 35 - Simulación del sistema Modo automático.	70
Figura 36 - Simulación del Conteo de Frutas.	71
Figura 37 - Fuente Elaboración propia.	72
Figura 38 - Marcha del Proceso para conteo.	73
Figura 39 - Sistema sin fallos.	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Variables Independiente y Dependiente	26
Tabla 2 - Técnicas, instrumentos, equipos y materiales	33
Tabla 3 - Registro de parámetros en frutas	35
Tabla 4 – Variables de Control.....	50
Tabla 5 - Comparación del proceso convencional y el sistema automatizado.....	74

INFORMACIÓN GENERAL

- ***Título***

Diseño y simulación de una máquina automatizada para el conteo de frutos con regulación de velocidad y monitoreo en HMI para procesos agroindustriales.

- ***Autores***

Bach. Oscar Alexis Carranza Sosa.

Bach. Gerardo David Lozada llanos.

- ***Asesor de especialidad***

Dr. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo.

- ***Línea de investigación***

Ingenierías y tecnologías.

- ***Lugar***

Agroindustria Lambayeque.

- ***Duración estimada del proyecto***

Fecha de inicio: lunes 04 de agosto 2025.

Fecha de finalización: viernes 28 de noviembre 2025.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo diseñar y simular una máquina automatizada para el conteo de frutos, incorporando regulación de velocidad y monitoreo mediante una interfaz Hombre-Máquina (HMI), con la finalidad de mejorar la eficiencia, precisión y control del proceso en la etapa final de producción agroindustrial. El estudio surge a partir de la problemática identificada en diversas agroindustrias, donde el conteo manual de frutos genera errores, variabilidad en los resultados y mayores tiempos de operación, afectando la productividad y calidad del proceso. La metodología empleada corresponde a un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y diseño no experimental, basado en el diseño y validación funcional del sistema mediante simulación. El desarrollo del proyecto comprendió el análisis de requerimientos técnicos del proceso agroindustrial, el diseño mecánico de la máquina mediante software CAD, el diseño del sistema de control integrado por sensores fotoeléctricos, un controlador lógico programable (PLC) y un variador de frecuencia, así como la implementación de una HMI desarrollada en EasyBuilder para el monitoreo y control del sistema. Para simular el funcionamiento del sistema se utilizó el software Machine Expert, lo cual permitió evaluar aspectos como la precisión en el conteo de unidades, la regulación de la velocidad en el transportador y también la forma en que el operador interactúa con la HMI. Los resultados que se obtuvieron demuestran que el sistema automatizado que se propone ofrece una precisión bastante mayor, una reducción considerable en el tiempo de operación y además una mejora notable en la repetitividad del proceso si lo comparamos con el método de conteo manual convencional. Finalmente, se concluye que el diseño y simulación de la máquina automatizada constituye una solución técnica viable para optimizar el conteo de frutos en procesos agroindustriales.

Palabras claves: Automatización industrial, Conteo de frutos, Interfaz Hombre-Máquina (HMI).

ABSTRACT

This research aims to design and simulate an automated fruit counting machine, incorporating speed regulation and monitoring via a Human-Machine Interface (HMI), to improve the efficiency, accuracy, and control of the process in the final stage of agro-industrial production. The study stems from problems identified in various agro-industries, where manual fruit counting generates errors, variability in results, and longer operating times, negatively impacting productivity and process quality. The methodology employed is a quantitative, applied, and non-experimental design, based on the design and functional validation of the system through simulation. The project development included the analysis of the technical requirements of the agro-industrial process, the mechanical design of the machine using CAD software, the design of the integrated control system comprised of photoelectric sensors, a programmable logic controller (PLC), and a frequency inverter, as well as the implementation of an HMI developed in EasyBuilder for system monitoring and control. To simulate the system's operation, Machine Expert software was used, allowing for the evaluation of aspects such as unit counting accuracy, conveyor speed regulation, and operator interaction with the HMI. The results demonstrate that the proposed automated system offers significantly greater accuracy, a considerable reduction in operating time, and a notable improvement in process repeatability compared to the conventional manual counting method. In conclusion, the design and simulation of the automated machine constitute a viable technical solution for optimizing fruit counting in agro-industrial processes.

Keywords: Industrial automation, Fruit counting, Human–Machine Interface (HMI).

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Síntesis de la situación problemática.

El sector que es agroindustrial enfrenta en la actualidad el reto bastante importante de aumentar su eficiencia en la producción y además garantizar estándares de calidad y también trazabilidad que son cada vez más exigentes. Sin embargo, en numerosas plantas de selección y también empaque de frutos todavía se siguen utilizando métodos de conteo que son manuales o también semiautomatizados, los cuales presentan una probabilidad bastante alta de errores, variabilidad en los resultados que se obtienen y además tiempos operativos que son prolongados. Estas prácticas que son tradicionales no solo reducen de manera considerable la precisión del proceso, sino que también incrementan los costos operativos y además generan pérdidas que son significativas en la etapa de tipo poscosecha, etapa que es considerada como crítica para poder mantener la calidad y también reducir los daños en frutas y hortalizas (FAO, 2004).

La dependencia que existe de la intervención que es humana dificulta de manera considerable alcanzar niveles de exactitud y también repetitividad que sean compatibles con las demandas que tiene el mercado actual. Estudios que son recientes demuestran de manera clara que los sistemas de conteo y también clasificación que son efectuados de forma manual tienden a presentar inconsistencias bastante notables debido a la fatiga del operador, las variaciones de ritmo que ocurren y además limitaciones en la percepción de tipo visual, lo cual afecta de manera directa la uniformidad de los lotes que se producen y además disminuye la productividad de la línea en general (Abbas et al., 2019). De igual manera, investigaciones que se han realizado en automatización de frutos han evidenciado de forma clara que el uso de transportadores que están

integrados con sensores o también sistemas de visión que son artificial puede incrementar de manera notable la velocidad de procesamiento y además reducir errores que están asociados al manejo que es humano (Jangam et al., 2023).

Otro problema bastante significativo es la ausencia de una regulación automática en la velocidad de las bandas transportadoras. Cuando esta velocidad no se ajusta de acuerdo al tipo de fruto, su tamaño o el nivel de delicadeza que presenta, se incrementa el riesgo de que ocurran golpes, caídas, aplastamiento o incluso congestión en la línea de producción, lo cual perjudica la calidad final que tendrá el producto y además genera mermas que son innecesarias. La regulación inteligente de la velocidad es, por lo tanto, un componente que resulta esencial para poder garantizar un flujo que sea continuo y también para proteger la integridad de los frutos durante toda la fase de conteo y empaquetado.

De igual manera, la mayoría de los procesos que son manuales y también semiautomatizados carecen de herramientas que permitan el monitoreo en tiempo real, lo cual dificulta bastante la supervisión del estado en que se encuentra el sistema, la identificación de manera oportuna de posibles fallas y además la toma de decisiones operativas que estén basadas en datos concretos. La implementación de las interfaces HMI (Human–Machine Interface) representa una solución bastante clave, ya que permite visualizar las variables que son críticas, configurar los parámetros del sistema y también mejorar la interacción que existe entre el operador y la maquinaria (AutomationDirect, 2021; Boy, 2011). Sin contar con un sistema de supervisión que sea adecuado, la línea de producción termina operando prácticamente a ciegas, lo que reduce considerablemente la capacidad de respuesta que se tiene ante incidentes y además limita la eficiencia global del proceso en general.

En conjunto, todas estas limitaciones ponen en evidencia una brecha bastante importante a nivel tecnológico entre las necesidades reales que tiene el sector agroindustrial y las herramientas que actualmente son utilizadas por muchas empresas, sobre todo en aquellas regiones donde el acceso a tecnología de tipo industrial es bastante limitado. Por esta razón, se justifica el desarrollo de una máquina que sea automatizada y que sea capaz de realizar el conteo de forma precisa de los frutos, regular la velocidad del transporte y también proporcionar monitoreo por medio de un HMI, con el objetivo principal de mejorar la precisión, reducir el desperdicio que se genera, optimizar la producción y además facilitar la toma de decisiones en la etapa que es final del proceso agroindustrial. El diseño y la simulación de esta máquina representa un paso que es fundamental hacia la modernización tecnológica que es necesaria para poder incrementar la competitividad del sector y además cumplir con las exigencias que tiene el mercado tanto nacional como internacional.

1.2 Formulación del problema de investigación.

¿Cómo diseñar y simular una máquina automatizada que permita realizar el conteo preciso de frutos, regular la velocidad del sistema transportador y proporcionar monitoreo en tiempo real mediante una interfaz HMI, con el fin de mejorar la eficiencia y reducir errores en la etapa final del proceso agroindustrial?

1.3 Hipótesis.

Si se diseña y simula una máquina automatizada que integre un sistema de conteo preciso de frutos, regulación de la velocidad del transportador y monitoreo en tiempo real mediante una interfaz HMI, entonces se mejorará significativamente la eficiencia operativa del proceso de

conteo en la etapa final del proceso agroindustrial, reduciendo errores humanos y optimizando la uniformidad del flujo de producción.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general

Diseñar y simular una máquina automatizada para el conteo de frutos que integre un sistema de regulación de velocidad y un monitoreo en tiempo real mediante una interfaz HMI, con el propósito de mejorar la eficiencia, precisión y control del proceso en la etapa final de producción agroindustrial.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar el sistema de conteo automático de frutos mediante sensores que permitan registrar con precisión el paso de cada unidad.
- Implementar un mecanismo de control y regulación de velocidad del transportador para garantizar un flujo continuo y adecuado del producto.
- Desarrollo de la lógica de control en PLC y supervisión HMI.
- Simular el funcionamiento integral de la máquina automatizada para evaluar su desempeño, precisión y eficiencia en el proceso de conteo de frutos.

CAPITULO II: DISEÑO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales.

A nivel internacional, (Ortiz y Jaramillo ,2020) desarrollaron el estudio “Diseño e implementación de un sistema automático de conteo para la planta procesadora de palmito INAEXPO” en Ecuador. Este trabajo analiza la automatización del proceso de conteo de envases de palmito mediante sensores inductivos y capacitivos conectados a una red de controladores lógicos programables (PLC) con comunicación RS-485 y monitoreo por SCADA. Se diseñó un sistema capaz de identificar y contar productos en tiempo real, clasificarlos por presentación y generar reportes por turnos. Los resultados mostraron una mejora considerable en la eficiencia del proceso, reducción de errores humanos y mayor control sobre la trazabilidad de los productos. La aplicación de tecnologías de automatización permitió optimizar la gestión de producción y mejorar la calidad del control interno en la línea de procesamiento agroindustrial.

Asimismo, (Santos y Moisés ,2024), también en Ecuador, desarrollaron el proyecto “Diseño de un simulador de sistema SCADA del proceso de conservación de granos de maíz en la etapa de almacenamiento utilizando PLC, HMI y Wonderware Intouch”. Este estudio abordó la simulación de un sistema automatizado para la supervisión de variables críticas en silos de almacenamiento de maíz, como el nivel, temperatura y humedad del grano. Se utilizó un PLC Siemens S7-1200 y una interfaz HMI desarrollada en Intouch para permitir el monitoreo en tiempo real, la generación de alertas y el análisis de tendencias. El sistema demostró que la implementación de tecnologías SCADA en procesos agrícolas mejora la capacidad de respuesta

ante riesgos de pérdida de producto, optimiza la eficiencia del proceso y permite validar el diseño antes de su ejecución real. Este antecedente es relevante por demostrar cómo una arquitectura basada en PLC y HMI puede ser aplicada en procesos agroindustriales de forma eficiente y segura.

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

A nivel nacional, (Valdivia, 2022), desarrolló el estudio “Diseño e implementación de un prototipo de máquina automática etiquetadora de frutas para la empresa Vivero AGG” en Arequipa. Este proyecto analiza la creación de una máquina automática para etiquetar frutas (como naranjas y manzanas), usando una cinta transportadora accionada por motor con variador de frecuencia controlado por PLC vía protocolo Modbus. Se incorporaron sensores fotoeléctricos para detectar frutas y etiquetas, y un motor paso a paso para el dispensado. También integró monitoreo remoto mediante IoT. Los resultados demostraron mejoras significativas en el tiempo de etiquetado y en la eficiencia del proceso, validando la factibilidad de combinar PLC, sensores y control de velocidad en agroindustria.

Por otro lado, (Mamani, 2021), en la Universidad Privada de Tacna, presentó la tesis “Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de embotellado de yogurt en la planta lechera Tacna”. Este trabajo describe una línea semiautomática que utiliza PLC y HMI para controlar fases de llenado, posterior detección y activación de mecanismos embotelladores. La implementación con programación ladder permitió gestionar la secuencia del proceso, mientras que la interfaz HMI posibilitó el monitoreo y ajuste en tiempo real. El sistema logró aumentar la uniformidad del producto, reducir intervención manual y mejorar la ergonomía operativa.

2.1.3 Antecedentes Locales.

A nivel local, (Saavedra Agurto et al, 2024), desarrollaron el proyecto “Diseño de automatización para mejorar el control de calidad de la palta Hass en la empresa Agrícola Cerro Prieto” en la Universidad César Vallejo. Se propuso la implementación de una línea automatizada que emplea sensores para medir parámetros como tamaño, peso y color de la fruta, junto con un PLC y una interfaz HMI para el monitoreo y ajuste de parámetros críticos. El sistema incluyó variadores de frecuencia para regular el flujo de la línea y motores para posicionamiento automático. Aunque aún en etapa de diseño, demostró el potencial de mejorar la calidad del producto mediante control de velocidad y monitoreo en HMI.

A nivel local, (Siapo Sánchez, 2022), desarrolló la tesis titulada “Propuesta de automatización para mejorar la productividad de una empresa productora de néctar de maracuyá”, en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, sede Lambayeque. En este trabajo se aborda la automatización de la etapa de estandarización en una planta productora de néctar, actualmente un cuello de botella del proceso con tiempos manuales de ~21 s por unidad. Se propuso un sistema que integraba PLC, HMI y sensores para automatizar la manipulación, medición y transferencia del producto, complementado con simulación mediante ProModel. Tras aplicar la propuesta, se obtuvo una reducción del tiempo por unidad en un 20 %, un incremento del 33 % en la productividad (7 826 botellas/meses adicionales) y una mejora en la rentabilidad con un beneficio-coste de S/ 3.28 por botella, obteniendo una utilidad de S/ 16.24 por unidad producida.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Automatización Industrial.

La automatización industrial es una disciplina de la ingeniería que integra sistemas electrónicos, mecánicos y computacionales para operar procesos productivos con intervención humana mínima. Consiste en sustituir tareas manuales, repetitivas o peligrosas por sistemas automáticos que funcionan bajo parámetros previamente programados. Dentro de la agroindustria, esta tecnología permite controlar con precisión procesos como selección, clasificación, empaque, etiquetado y conteo de productos agrícolas. La automatización no solo mejora la eficiencia de los procesos, sino que permite una producción más estable, segura y escalable, con datos en tiempo real para la toma de decisiones. Además, reduce tiempos de ciclo, errores humanos y costos operativos. Gracias a estas ventajas, muchas empresas agroindustriales peruanas han comenzado a automatizar líneas de producción que tradicionalmente eran manuales, especialmente ante los requerimientos internacionales de calidad, trazabilidad y productividad. (Groover, M. P, 2016).

2.2.2 Controladores lógicos programables.

El PLC (Controlador Lógico Programable) es el cerebro de muchos sistemas automatizados. Se trata de un equipo electrónico diseñado para recibir señales de entrada (provenientes de sensores, pulsadores o instrumentos), procesarlas mediante un programa lógico y generar salidas que activan dispositivos (motores, solenoides, alarmas, etc.). Su diseño robusto lo hace ideal para operar en ambientes industriales con polvo, humedad o variaciones térmicas.

En el diseño de una máquina para conteo de frutos, el PLC cumple un rol fundamental: gestiona la secuencia de control, cuenta los impulsos generados por los sensores, regula la velocidad del transportador mediante variadores de frecuencia, y comunica los datos a la HMI. Su lenguaje de programación más usado es el diagrama de escalera (ladder), aunque también se usan bloques de funciones y texto estructurado. La facilidad de mantenimiento, su modularidad y la compatibilidad con distintos protocolos de comunicación lo convierten en una herramienta esencial para el desarrollo de soluciones agroindustriales personalizadas. (Bolton, W,2015).

2.2.3 Sensores.

Los sensores industriales son elementos que transforman una variable física (presencia, temperatura, distancia, luz, etc.) en una señal eléctrica que puede ser procesada por un PLC o sistema electrónico. En sistemas de conteo automatizado, como el de frutos, se emplean comúnmente sensores fotoeléctricos, ya que permiten detectar la presencia u obstrucción de objetos sin contacto físico. Los sensores fotoeléctricos pueden ser de tipo barrera, reflexión directa o reflexión con reflector, y se seleccionan según el tamaño, color y velocidad del objeto a detectar. En la agroindustria, deben ser resistentes a polvo, humedad y vibraciones, por lo que se prefieren modelos con grado de protección IP67. El uso adecuado de sensores permite detectar con alta precisión y velocidad el paso de cada fruto, generando un pulso que es contado por el PLC. Esto asegura un conteo confiable incluso a altas velocidades de producción, siendo esencial para procesos de exportación donde se exige un control preciso de cantidades. (Fraden, J, 2010).

.

Figura 1 - Sensor Fotoeléctrico DATALOGIC.



Fuente: Elaboración propia.

Sensor Encoder.

Los encoder, o codificadores, son sensores que generan señales digitales en respuesta a un movimiento. Se pueden clasificar en dos categorías principales según su tipo de movimiento: rotativos (o angulares) y lineales. Además, según su funcionamiento, se dividen en encoders incrementales y absolutos, y según la tecnología que utilizan para su detección, pueden ser ópticos, magnéticos, capacitivos o inductivos.

Figura 2 - Sensor Encoder IFM.



Fuente: Elaboración propia.

2.2.4 Interfaz Hombre-Máquina(HMI).

La HMI (Human-Machine Interface) es una plataforma de tipo visual que permite a los operadores poder interactuar con un sistema que es automatizado. A través de esta interfaz diseñada, el usuario puede observar de manera clara el estado actual en que se encuentra la máquina, modificar los parámetros necesarios, activar o también detener los procesos, visualizar las alarmas o también advertencias que existen, y además consultar registros que son históricos. Las HMI que son modernas permiten realizar integraciones bastante avanzadas como tendencias de tipo gráficas, reportes, control de forma remota, y hasta la conectividad con bases de datos o también la nube. En el contexto de una máquina para el conteo de frutos, la HMI facilita de manera importante el monitoreo de la velocidad que tiene el transportador, el número de frutos que fueron contados, los tiempos de la operación, así como también la configuración de tolerancias y además alertas por bloqueos o también errores que ocurren. Esto permite que el operador no tenga que realizar intervención de forma directa en el área de trabajo, mejorando así la ergonomía, la seguridad y también la eficiencia del proceso en general. Además, la retroalimentación de tipo visual ayuda a detectar las desviaciones en tiempo real, lo cual permite tener una respuesta que sea inmediata ante las fallas que se presenten. (Parr, E. A, 2013).

Figura 3 - Pantalla HMI Weintek.



Fuente: Elaboración propia.

2.3 Bases Conceptuales

2.3.1 Operacionalización de variables

En el proyecto se presentan las siguientes variables:

Variable Independiente: Diseño y simulación de una máquina automatizada.

Variable dependiente: Conteo eficiente de frutos con regulación de velocidad y monitoreo en HMI.

Tabla 1 - Variables Independiente y Dependiente.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Instrumento
Diseño y simulación de una máquina automatizada (Independiente).	Proceso técnico que comprende la creación, planificación, modelado y validación virtual de un sistema automatizado para una función específica, en este caso, el conteo de frutos.	Es el desarrollo en software CAD y de automatización (como SolidWorks, Machine Expert) de un prototipo funcional de máquina que utiliza sensores, PLC, variadores y HMI para simular y validar su funcionamiento.	Diseño mecánico. Diseño de control. Simulación funcional.	Fichas técnicas. Registro de software de diseño. Simulación del sistema. Informe técnico validado.

Conteo eficiente de frutos con regulación de velocidad y monitoreo en HM. (Dependiente).	Nivel de precisión, adaptabilidad y monitoreo visual alcanzado por un sistema automatizado en el proceso de conteo de frutos dentro de un entorno agroindustrial.	Se mide a través de indicadores de precisión del conteo, capacidad de regular la velocidad de transporte, y la visualización de datos en tiempo real desde una HMI.	Precisión del conteo. Control de velocidad. Tiempo de operación. Supervisión visual del proceso.	Hoja de prueba funcional. Error estimado %. Tiempo por lote (s). Control de velocidad (rango m/min) Check-list de funcionalidades del sistema
---	--	--	--	--

Fuente elaboración propia.

CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Procedimiento para validar técnicamente la hipótesis mediante simulación

El diseño de tipo metodológico de la presente investigación realizada se enmarca dentro de un enfoque que es cuantitativo, de tipo aplicado, con un nivel que es tecnológico y además un diseño que es no experimental, ya que no se manipulan de manera directa las variables en un entorno que es físico, sino que se analiza más bien el comportamiento del sistema a través de simulaciones de tipo digitales y también herramientas de software que son especializadas. La hipótesis planteada será contrastada mediante la observación, la medición y además la validación de los resultados que se obtuvieron en la simulación del sistema que es automatizado, comparándolos de esta manera con parámetros de desempeño que fueron previamente definidos, como la precisión del conteo realizado, el tiempo total de operación que fue simulado, la capacidad de poder regular la velocidad del transportador y también la efectividad del monitoreo que se realiza mediante HMI. Para poder contrastar esta hipótesis planteada, se utilizarán modelos en software de tipo CAD y también de automatización que es industrial, como Machine Expert (PLC y HMI), EasyBuilder (interfaz de tipo gráfica) y también SolidWorks (diseño de tipo mecánico), así como también reportes de simulación que permitirán evaluar de manera virtual el comportamiento del sistema diseñado. El término “significativamente” se interpreta desde un enfoque técnico–funcional, basado en el desempeño observado en simulación, y no desde un análisis estadístico inferencial.

Se seguirá un procedimiento metodológico estructurado en etapas lógicas y secuenciales. Estas etapas integran análisis, diseño, modelado, simulación y evaluación técnica.

El procedimiento contempla los siguientes pasos:

1. Recolección y análisis de información técnica.

- Identificación de los requisitos para el conteo automatizado de frutos en procesos agroindustriales.
- Revisión bibliográfica sobre sensores, PLC, variadores, HMI, bandas transportadoras y metodologías de simulación.
- Determinación de las necesidades operativas del sistema y parámetros de diseño.

2. Definición de especificaciones funcionales y operativas.

- Establecimiento de las funciones principales: conteo, control de velocidad, monitoreo en HMI.
- Selección preliminar de componentes (sensores, motor, PLC, variador, panel HMI).
- Delimitación de criterios de eficiencia: precisión del conteo, estabilidad de velocidad y claridad de monitoreo.

3. Diseño mecánico y estructural de la máquina.

- Modelado 3D preliminar y final del sistema transportador en software CAD (SolidWorks u otro).
- Definición de la ubicación de sensores y distribución estructural.
- Validación dimensional y funcional del diseño mecánico.

4. Diseño del sistema de control automatizado.

- Programación del PLC en software especializado EcoStruxure Machine Expert.
- Implementación lógica de conteo, detección por sensor y control de velocidad.
- Configuración de alarmas, temporizadores y bloques de control.

5. Desarrollo del sistema HMI

- Diseño de pantallas para visualización de datos: conteo, velocidad, alarmas, indicadores.
- Configuración de comunicación con el PLC y mapeo de variables.
- Pruebas de funcionamiento de la interfaz.

6. Integración del modelo mecánico, control y HMI en simulación.

- Importación del diseño mecánico al entorno de simulación (SolidWorks, Easy builder).
- Integración del PLC y variador dentro del modelo virtual.
- Ensayos de funcionamiento completos bajo diferentes condiciones de operación.

7. Evaluación del desempeño del sistema.

- Medición de la precisión del conteo en escenarios simulados.
- Análisis de la estabilidad del control de velocidad.
- Verificación de la visualización correcta de variables en la HMI.
- Comparación de resultados con métodos manuales o teóricos.

8. Interpretación de resultados y comprobación de hipótesis.

- Análisis de datos obtenidos de la simulación.
- Determinación del impacto del sistema automatizado sobre la eficiencia del proceso.
- Conclusión respecto al cumplimiento de la hipótesis general y específicas.

Figura 4 – filosofía de control.



Fuente elaboración propia.

3.2 Población y muestra

- Población:

En esta investigación, la población está constituida por los procesos agroindustriales que requieren conteo de frutos como parte de su línea de producción, particularmente en pequeñas y medianas empresas del rubro agroexportador que buscan implementar soluciones automatizadas

para mejorar la precisión, la eficiencia y el monitoreo de sus operaciones. De forma específica, se consideran como parte de la población referencial:

- Empresas agroindustriales dedicadas al procesamiento y exportación de frutos (Mangos, mandarinas o paltas).
- P Proceso referencial utilizado para comparación conceptual del conteo automatizado.
- Casos donde se podría integrar un sistema automatizado simulado como propuesta de mejora.

- Muestra:

Dado que la investigación es de tipo tecnológica, aplicada y no experimental, no se trabajará con una muestra física tradicional, sino con un modelo de simulación digital, representativo de un entorno agroindustrial real. Por ello, la muestra estará definida por las características técnicas del proceso simulado, el cual será modelado considerando:

- Frutos medianos en una banda transportadora.
- Ritmo de operación continuo, regulable en velocidad.
- Interacción de sensores, PLC, variador de frecuencia y HMI.
- Escenario simulado.
- Cantidad de pruebas.

3.3 Técnicas, instrumentos, equipos y materiales

Tabla 2 - Técnicas, instrumentos, equipos y materiales

Categoría	Descripción
Técnicas	- Observación técnica: Permite identificar ineficiencias en el conteo manual de frutos. - Entrevistas: Consultas a operarios para definir requerimientos funcionales. - Análisis documental: Revisión de normas y antecedentes de automatización.
Instrumentos	- Documentación: Documento estructurado para registrar datos clave del proceso. - Fichas de recolección de datos: Permiten documentar las especificaciones técnicas del sistema automatizado.
Equipos	- Sensor fotoeléctrico. - PLC (Controlador Lógico Programable): Para la automatización del proceso. - Softwares: Uso de SolidWorks, Machine expert y EPLAN Electric para el diseño y simulación del sistema.
Materiales	- Documentación técnica: Información sobre normativas y estándares de calidad en la exportación. - Datos referenciales del proceso agroindustrial.

Fuente elaboración propia.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Análisis de requerimientos técnicos del sistema.

Es importante precisar que los datos levantados corresponden a una visita referencial realizada únicamente con fines de contextualización del proceso, sin que ello implique implementación física del sistema propuesto, el cual se valida exclusivamente mediante simulación.

4.1.1 Caracterización del proceso productivo

Durante la visita a la línea de selección y empaque de la planta referencial se identificaron las siguientes características del proceso:

- El proceso observado de referencia es mayormente manual, con apoyo de una banda transportadora básica.
- El conteo se realiza visualmente por operarios, generando variaciones y errores especialmente en horas de alta demanda.
- El flujo operativo se mantiene constante durante toda la jornada, con picos significativos en temporadas de alta cosecha.
- Durante la inspección referencial se identificaron problemas frecuentes de sobredimensionamiento de lotes, errores de conteo y tiempos prolongados en la clasificación final.
- La operación se realiza en un ambiente semicerrado con presencia de humedad moderada, restos de cáscara y polvo generado por la manipulación de frutos.

4.1.2 Identificación y caracterización del tipo de frutos procesados

Las plantas agroindustriales trabaja con los siguientes frutos:

- Palta, Mango, Limón y Mandarina.

Durante la inspección se registraron los parámetros básicos relevantes para el diseño:

Tabla 3 - Registro de parámetros en frutas.

Producto	Peso promedio	Diámetro aproximado	Fragilidad	Particularidades
Palta	150–300 g	5–10 cm	Media	Superficie irregular, sensible a golpes
Mango	200–300 g	8–12 cm	Alta	Suave, riesgo de abolladuras
Limón	110–150 g	4–6 cm	Baja	Tamaño uniforme, superficie dura
Mandarina	110–160 g	5–7 cm	Media	Delicada, susceptible a grietas

Fuente elaboración propia.

Otros datos recopilados:

- Peso general de los frutos: 110 a 300 g.
- Colores dominantes: verde oscuro (palta), verde/amarillo (limón), naranja (mandarina), amarillo/rojizo (mango).
- Formas: la mayoría ovaladas o redondeadas.
- Sensibilidad al contacto: de media a alta, especialmente mango y palta.

Resultado: estos datos permitieron seleccionar sensores ópticos de rango medio y un control de velocidad adaptable para evitar daños por fricción o golpes.

4.1.3 Análisis de caudal y flujo de frutos

La planta agroindustrial referencial indicó que la máquina debe procesar:

- 30 kg de frutos por minuto. Con los pesos promedios (110–300 g), se obtuvo el siguiente rango estimado de unidades por minuto:
- 100 a 270 frutos/min, dependiendo del tipo de fruta (limones → más unidades; mangos → menos unidades).

Se observaron además:

- Un flujo irregular debido a la alimentación manual.
- Momentos de acumulación en la entrada de la banda.
- Necesidad de un sistema que tolere variaciones de flujo sin producir doble conteo.

Resultado: la máquina debe manejar entre 100 y 270 unidades por minuto, y el sensor debe tener una velocidad de respuesta mínima de 3–5 ms.

4.1.4 Condiciones ambientales del área de trabajo

Durante la visita se registraron las siguientes condiciones:

- Humedad ambiental: 60–75%.
- Temperatura promedio: 18–28 °C.
- Superficie con presencia de residuos de cáscara, polvo y gotas de jugo.
- Limpieza frecuente con agua a presión y detergentes.
- Requerimiento obligatorio de materiales inoxidables por normas de inocuidad.

- Espacio limitado para el montaje de nuevos equipos.

Resultado: se requieren sensores con protección mínima IP65, banda transportadora de material PVC sanitario y estructura en acero inoxidable AISI 304.

4.1.5 Requerimientos del usuario operador

En entrevistas con operarios y supervisores del área se identificaron las siguientes necesidades:

- Un sistema de conteo fácil de interpretar, visible a distancia.
- Alarmas luminosas ante fallas o variaciones de velocidad.
- Panel HMI con:
 - Conteo total y parcial
 - Velocidad actual
 - Estado del sensor
 - Botón de reinicio rápido
- Operación intuitiva: operarios con baja especialización deben manejar el sistema.
- Preferencia por interfaz gráfica con indicadores grandes y colores diferenciados.

Resultado: el HMI debe ser sencillo, intuitivo y con variables críticas visibles en todo momento.

4.1.6 Requerimientos técnicos del sistema automatizado

A partir de todo lo recolectado, se definieron los siguientes:

a) Requerimientos funcionales

- Contar cada fruto sin omisiones.
- Operar con flujo variable entre 100–270 frutas/min.
- Ajustar la velocidad según el tipo de fruto.
- Mostrar datos en tiempo real en HMI.

b) Requerimientos mecánicos

- Banda transportadora de 0.3 a 0.5 m de ancho.
- Estructura inoxidable apta para agroindustria.
- Soportes ajustables para sensores.

c) Requerimientos electrónicos

- Sensor óptico de alta respuesta (3–5 ms).
- PLC con entradas de alta velocidad.
- Variador de frecuencia para el motor.
- HMI industrial con pantalla de 7".

d) Requerimientos de seguridad

- Paro de emergencia físico.
- Alarmas de sobrecarga y pérdida de señal.

4.1.7 Conclusión del análisis de requerimientos

El análisis permitió comprender totalmente el contexto operacional de las agroindustrias y establecer los requisitos para el diseño de la máquina automatizada. Gracias a la visita técnica y evaluación de los frutos se definieron los elementos clave del proyecto:

- Capacidad de 30 kg/min
- Frutos de 110 a 300 g
- Velocidad ajustable del transportador
- Precisión alta de conteo
- HMI para control operativo
- Simulación previa para validar el diseño

Con estos datos, se pasa al desarrollo del diseño mecánico, eléctrico y la simulación del sistema.

Figura 5 - Equipos de empacado manual existentes.



Fuente Elaboración propia.

Figura 6 - Mesa de Selección manual de la agroindustria referencial.



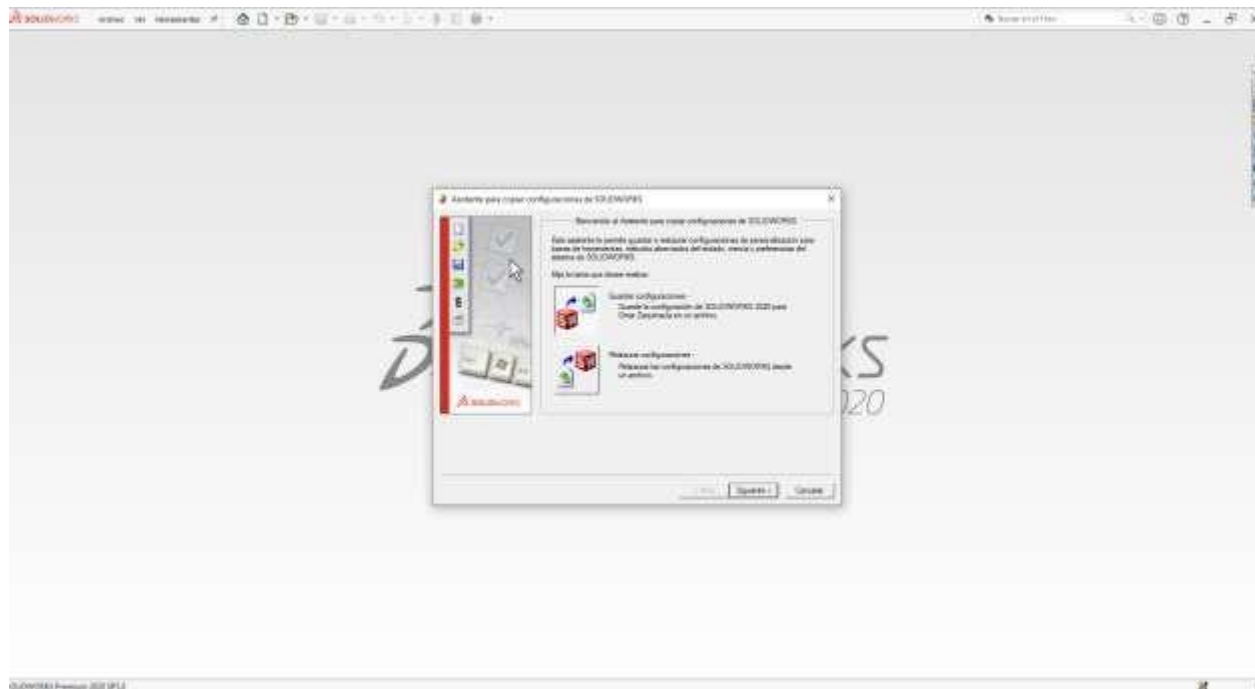
Fuente Elaboración propia.

4.2 Resultados del diseño mecánico.

El diseño mecánico constituye la base estructural del sistema automatizado y debe garantizar la estabilidad, seguridad, precisión y fluidez necesarias para el proceso de conteo de frutos. En esta etapa se modeló el transportador, la estructura soporte, la disposición de sensores y los componentes mecánicos esenciales, considerando las condiciones de operación identificadas en el análisis previo.

El diseño se realizó empleando software CAD **SolidWorks**, con el fin de obtener un modelo tridimensional que permita validar dimensiones, ensamblajes y funcionamiento físico antes de su simulación.

Figura 7 - Pantalla Software Solidworks



Fuente Elaboración propia.

4.2.1 Determinación de dimensiones del transportador

Con base en la capacidad requerida por la planta agroindustrial (30 kg/min, equivalente a 100–270 frutos/min según el tipo), se calcularon las dimensiones óptimas del transportador.

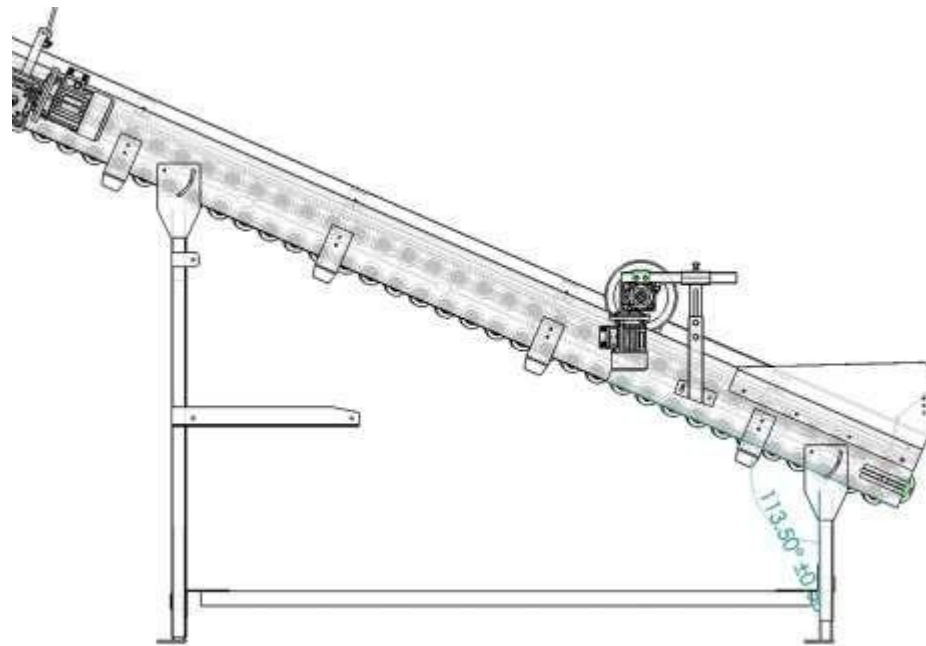
Los criterios utilizados fueron:

- Espacio suficiente para el flujo de frutos de diferentes tamaños (110 - 300 g).
- Evitar acumulaciones y permitir la detección individual.
- Garantizar estabilidad mecánica y accesibilidad para mantenimiento.

Las dimensiones finales establecidas fueron:

- Ancho del transportador: 600 mm
 - Adecuado para mandarinas, limones, paltas y mangos.
- Longitud total: 1800–2200 mm
 - Proporciona suficiente distancia para entrada, conteo y salida.
- Altura del sistema: 1500 mm (ajustable)
 - Adaptable a la ergonomía del operario.

Figura 8 - Maquina Contadora de frutos.



Fuente Elaboración propia.

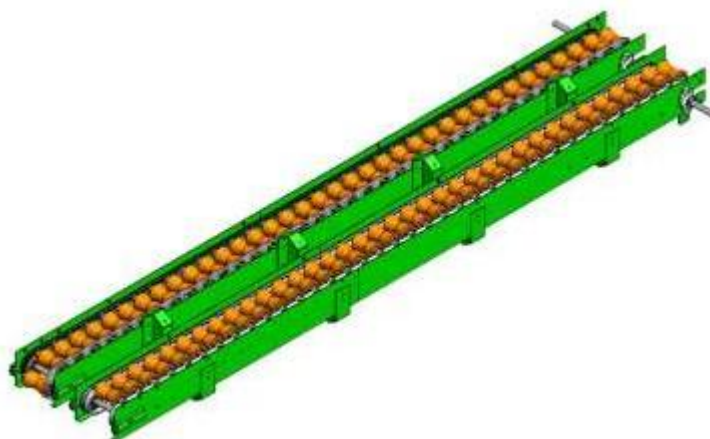
4.2.2 Selección de materiales y estructura

Debido a la presencia de humedad, restos de fruta y procesos de limpieza, los materiales debían ser aptos para ambientes agroindustriales.

Por ello se seleccionaron:

- Estructura en acero inoxidable AISI 304, por su resistencia a corrosión y facilidad de limpieza.
- Biconos de PVC sanitario, para cumplir estándares de inocuidad.
- Soportes reforzados para motor y sensor, con perfiles tubulares de acero.
- Cubiertas protectoras en zonas críticas para evitar ingreso de residuos a mecanismos.

Figura 9 - Transportador contadora con Biconos.



Fuente Elaboración propia.

Figura 10 - Biconos de PVC sanitario.



Fuente Elaboración propia.

4.2.3 Diseño y ubicación del sistema sensor

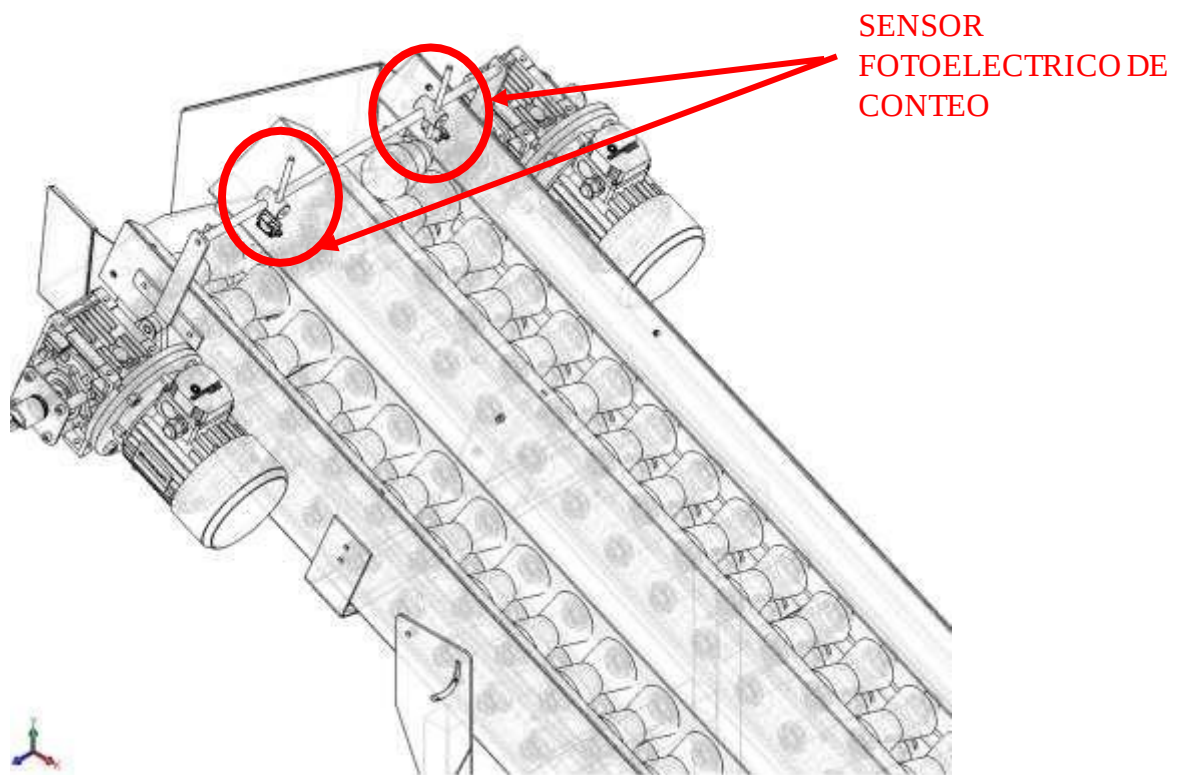
El sensor debía colocarse en una zona que garantizara:

- Flujo individual de frutos
- Ausencia de rebotes
- Estabilidad momentánea sobre la banda
- Distancia adecuada respecto al transportador

La ubicación final se determinó en observación del proceso real:

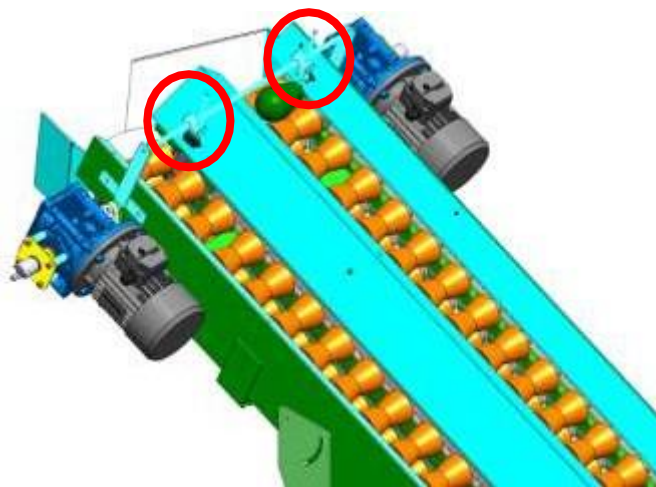
- Se instaló un sensor fotoeléctrico tipo fotoeléctrico difuso laser a una distancia de 10 - 15 cm por encima de los Biconos.
- Inclinação ligera del soporte para optimizar lectura de frutos redondeados como mandarina o limón.
- Zona de conteo delimitada por guías laterales para evitar desplazamiento transversal del fruto.

Figura 11 - Ubicación de sensores.



Fuente Elaboración propia.

Figura 12 - ubicación de Sensores.



Fuente Elaboración propia.

4.2.4 Sistema de movimiento y transmisión

El sistema se diseñó para permitir una regulación de velocidad continua a través del variador de frecuencia.

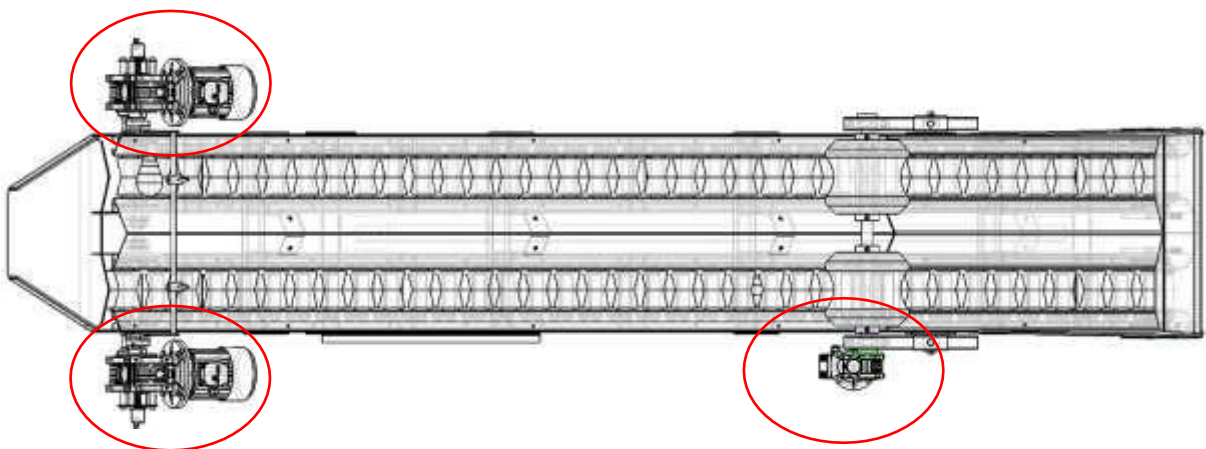
Elementos mecánicos seleccionados:

- Motor eléctrico trifásico de 1 HP, según el largo del transportador.
- Cadenas de transmisión calculadas para permitir velocidades entre 10 y 35 m/min.
- Rodillos de tracción en acero inoxidable con recubrimiento antideslizante.
- Tensores de banda ajustables para evitar patinamientos.

Criterios utilizados:

- Velocidad adecuada para no dañar frutos delicados como palta o mango.
- Par suficiente para mover la carga máxima sin fluctuaciones.
- Compatibilidad con el control mediante variador.

Figura 13 - Transportador vista de planta motores.



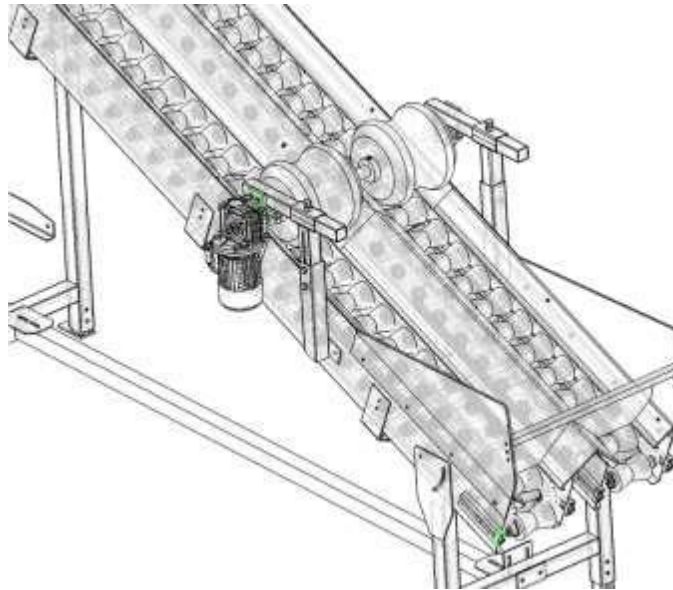
Fuente Elaboración propia.

4.2.5 Diseño del área de carga y descarga

Se optimizó el diseño de entrada y salida para evitar golpes o congestión de frutos:

- Área de carga con guías convergentes para alinear frutos sin comprimirlos.
- Área de descarga con amortiguación ligera mediante láminas de PVC flexible.
- Recuperación del flujo uniforme antes de ingresar a la zona del sensor.

Figura 14 - tolva de alimentación.



Fuente Elaboración propia.

4.2.6 Ensamble general del sistema en CAD

El ensamblaje 3D permitió:

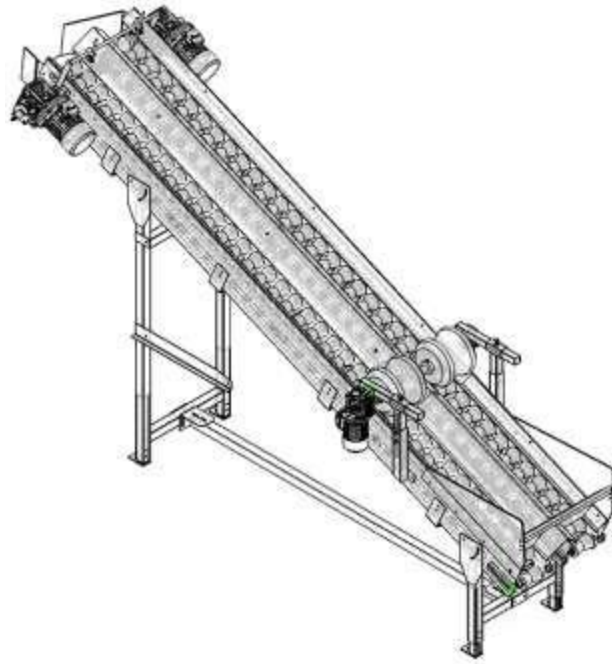
- Validar el espacio físico para sensores, motor, cableado y protecciones.
- Verificar interferencias entre partes móviles.

- Simular el movimiento de los Biconos y paso de frutos.
- Preparar el modelo para la integración en el software de simulación.

Se generaron:

- Vistas isométricas y ortogonales
- Renderizaciones para presentación técnica

Figura 15 - Vista isométrica del equipo contadora.



Fuente Elaboración propia.

4.2.7 Conclusión del diseño mecánico

El diseño mecánico desarrollado cumple los siguientes aspectos:

- Compatible con los cuatro tipos de frutos (palta, mango, limón, mandarina).

- Capaz de manejar caudales entre 100 y 270 frutos/min.
- Resistente y apto para el entorno agroindustrial (humedad, residuos, limpieza).
- Integrado adecuadamente con sensores, motor, variador y estructura.
- Preparado para la simulación del comportamiento dinámico del sistema.

Este diseño constituye la base para avanzar hacia el diseño del sistema de control, integración electrónica y simulación funcional.

4.3 Resultados del sistema de control.

El sistema de control integra la detección de frutos mediante un sensor fotoeléctrico que está ubicado en la parte superior, el procesamiento lógico en un PLC de la marca Schneider y la regulación de velocidad del transportador mediante un variador de frecuencia. Esta arquitectura permite cumplir los requerimientos electrónicos establecidos para el proyecto: sensor de alta respuesta (3–5 ms), PLC con entradas de alta velocidad, variador de frecuencia para el motor y monitoreo en HMI.

4.3.1 Propuestas de solución.

La alternativa de solución para el conteo y control de velocidad, priorizando robustez industrial, facilidad de integración y disponibilidad: Sensor fotoeléctrico + PLC + Variador.

- Conteo con Sensor fotoeléctrico (tipo difuso): para generar pulsos digitales por cada fruto detectado.
- Control PLC: Para la gestión de la lógica de marcha/paro, alarmas y reinicios.

- Variador de Velocidad: para la referencia de velocidad (por comunicación) para ajustar los Biconos.
- Monitoreo en HMI: para la muestra del conteo total/parcial, estado del sensor y velocidad; permite ajustes y reinicios.

4.3.2 Definición de Variables.

A continuación, se definen las variables mínimas del sistema (para PLC/HMI/VFD). Estas variables se alinean con el enfoque del proyecto donde el sistema integra sensores, PLC, variadores y HMI para simular y validar el funcionamiento.

Tabla 4 – Variables de Control.

N.º	Tipo	Señal	Entrada/Salida PLC
1	DI0	Parada de Emergencia	Entrada digital
2	DI1	Pulsador Marcha	Entrada digital
3	DI2	Pulsador Parada	Entrada digital
4	DI3	Pulsador Reset	Entrada digital
5	DI4	Sensor Fotoeléctrico 1	Entrada digital
6	DI6	Señal de Marcha	Entrada digital
7	DO1	Lampara Pulsador Verde	Salida digital
8	DO2	Lampara Pulsador Rojo	Salida digital
9	DO3	Lampara Pulsador Azul	Salida digital

Fuente Elaboración propia.

4.3.3 Diagramas Eléctricos.

Los diagramas eléctricos son fundamentales para el diseño, instalación y mantenimiento del sistema automatizado, ya que permiten representar de manera clara la arquitectura de potencia y control. En este proyecto se elaboraron utilizando el software EPLAN Electric, herramienta

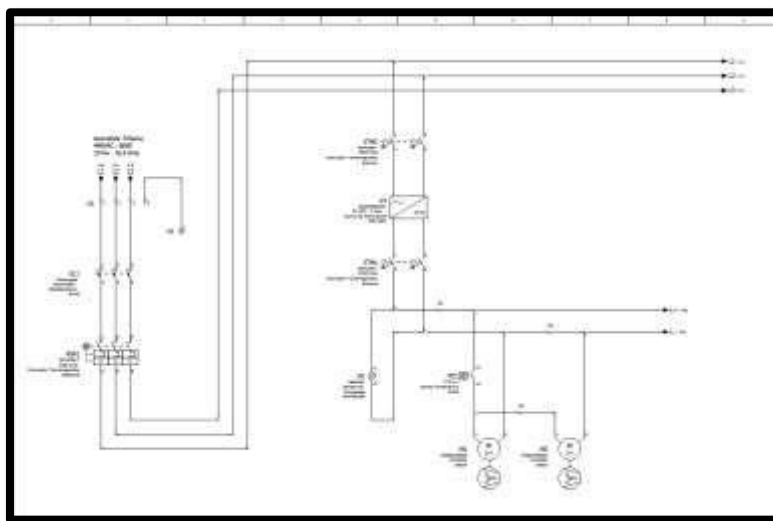
especializada en ingeniería eléctrica que facilita la creación de esquemas normalizados, listas de materiales y planos de conexión.

Figura 16 - software Eplan electric.



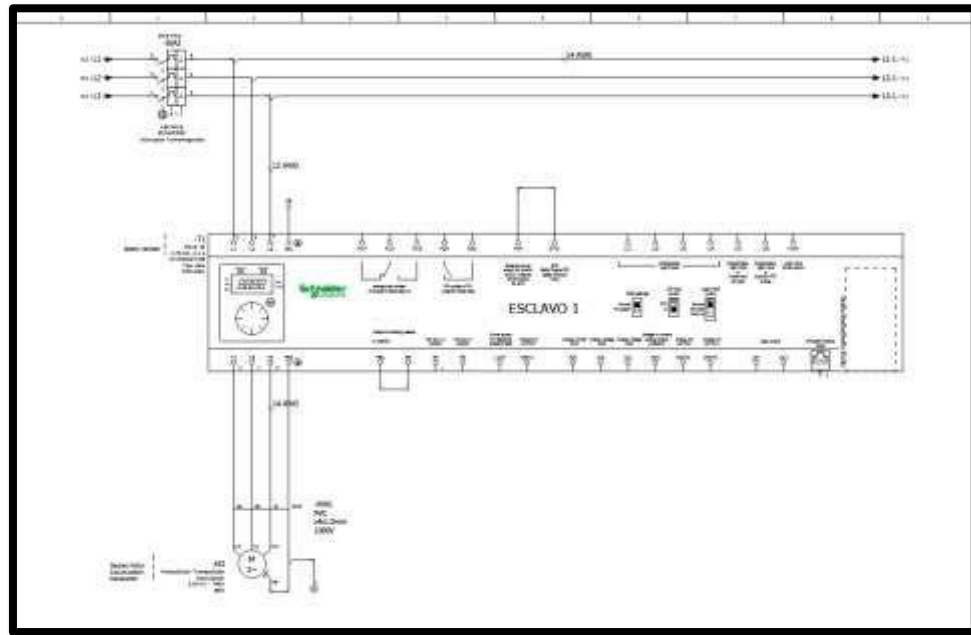
Fuente Elaboración propia.

Figura 17 - software Eplan electric Diagrama de Fuerza.



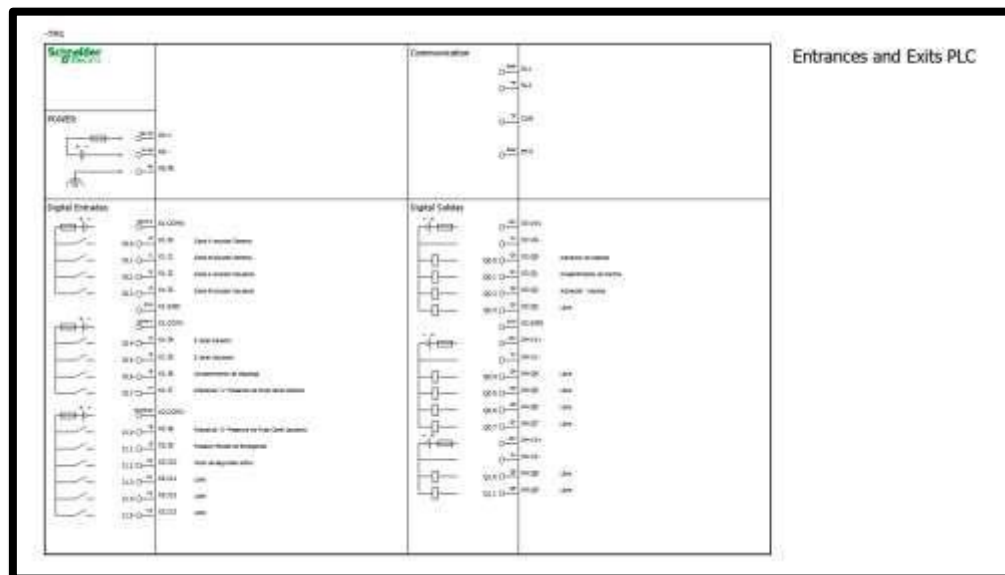
Fuente Elaboración propia.

Figura 18 - software Eplan electric Diagrama de Fuerza.



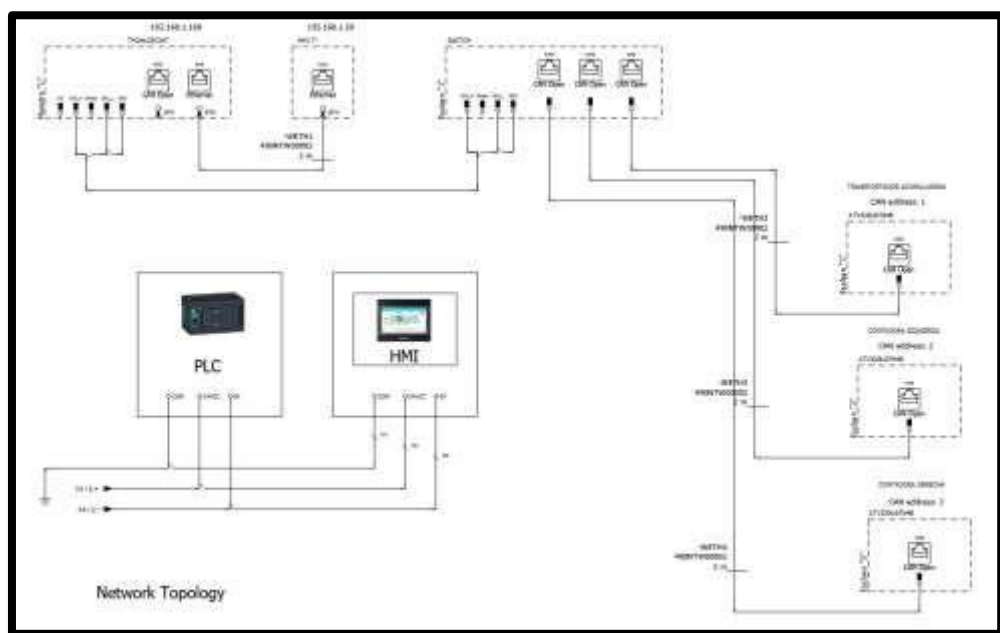
Fuente Elaboración propia.

Figura 19 - software Eplan electric Diagrama de Control.



Fuente Elaboración propia.

Figura 20 - software Eplan electric Topología de RED.



Fuente Elaboración propia.

Para más detalle de los diagramas eléctricos Revisar el Anexo 2.

4.3.4 Diseño del Tablero eléctrico.

El diseño del tablero que es eléctrico constituye un elemento bastante fundamental dentro del sistema de control del proyecto realizado, ya que permite centralizar de manera adecuada, proteger y también organizar todos los componentes que son eléctricos y además electrónicos que intervienen de forma activa en el funcionamiento de la contadora que es automática de frutos. A través del tablero diseñado se garantiza una operación que sea segura, confiable y además ordenada, facilitando de esta manera tanto la operación del sistema como también las labores de mantenimiento y además el diagnóstico de fallas que puedan ocurrir.

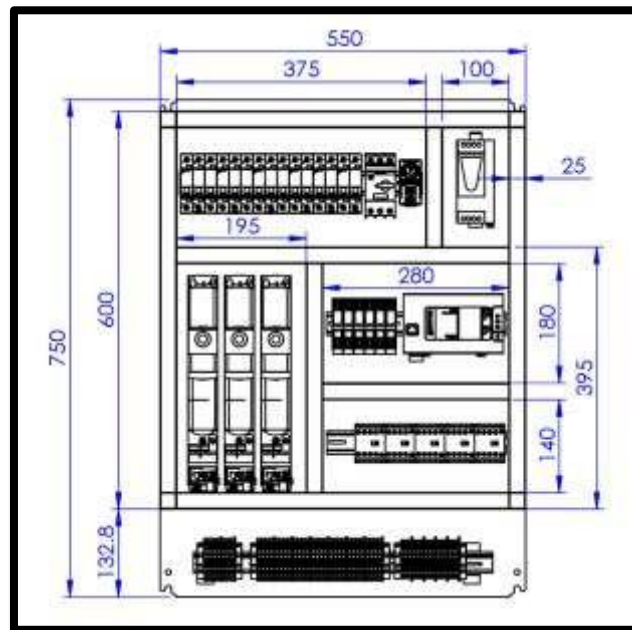
Figura 21 - Diseño del Tablero eléctrico de control.



Fuente Elaboración propia.

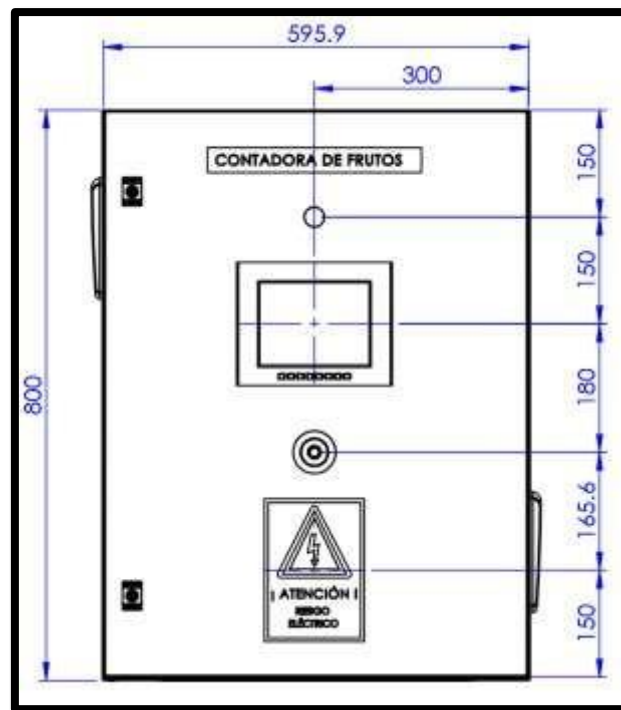
En el presente proyecto que se desarrolla, el tablero de tipo eléctrico ha sido diseñado de manera específica para albergar y también proteger los dispositivos que son principales del sistema de control, tales como el PLC, el variador de frecuencia, la fuente de alimentación de 24 VDC, las protecciones que son eléctricas, borneras, relés y además dispositivos de señalización. Estos elementos que se mencionan se encuentran distribuidos de forma estratégica sobre la placa de montaje del tablero diseñado, permitiendo de esta manera una correcta ventilación, accesibilidad y además separación entre los circuitos de potencia y también de control, reduciendo así los riesgos de interferencias que son eléctricas y también sobrecalentamiento del sistema.

Figura 22 - pictórico de placa del tablero.



Fuente Elaboración propia.

Figura 23 - pictórico de puerta de tablero.



Fuente Elaboración propia.

La inclusión del dibujo que es pictórico de la placa del tablero y también de la puerta del tablero permite visualizar de manera clara la ubicación de tipo física de los componentes utilizados, facilitando de esta forma la comprensión del sistema diseñado, el cableado que es interno y además la futura implementación del proyecto desarrollado. Además, este diseño pictórico sirve como referencia para el montaje real del tablero, asegurando coherencia entre el diseño teórico y la ejecución práctica.

4.3.5 Filosofía de Control.

La filosofía de control se basa en operación segura, conteo confiable y regulación de velocidad ajustable para no dañar frutos delicados, aprovechando el variador como elemento de control continuo.

- Estados del sistema

1. Parado/Standby: Sistema detenido, HMI disponible para configurar setpoint de velocidad y Reset de conteos.
2. Marcha: Con START y condiciones OK (sin E-STOP, sin falla VFD), el PLC habilita RUN al variador.
3. Conteo activo: El PLC cuenta pulsos del sensor solo cuando el transportador está en marcha y “Permiso_Cuento” está activo.
4. Falla/Alarma: Ante falla del VFD o activación de E-STOP, se deshabilita RUN, se activa alarma y se bloquea conteo.
5. Recuperación: Luego de corregir la causa, se realiza Reset de falla y se reanuda operación.

- **Lógica de conteo (antidoble conteo)**

- Se aplica un filtro por tiempo (antirrebote) para ignorar pulsos muy cercanos, considerando que el flujo puede ser variable y existe riesgo de rebotes/solapamientos.
- Solo se incrementa el contador en el flanco (subida) del sensor cuando el filtro está libre.

- **Control de velocidad**

- El operador ajusta desde HMI la Velocidad_Setpoint (porcentaje o m/min equivalente).
- El PLC entrega la referencia al VFD y mantiene la banda dentro del rango definido de operación del sistema mecánico.

4.3.6 Código de Programación.

Este apartado detalla los parámetros configurados en el variador de velocidad, así como la programación realizada en el PLC y la HMI, se presenta una estructura típica en Ladder, alineada al “control de velocidad” mencionado en el anexo de programación.

Figura 24 - Software machine expert.



Fuente Elaboración propia.

El código de programación del PLC se desarrolló con una estructura modular por bloques, con el objetivo de lograr un programa ordenado, fácil de mantener y escalable. Para este proyecto, el funcionamiento general de la contadora requiere controlar el sistema tanto en modo manual (pruebas, mantenimiento y verificación) como en modo automático (operación normal de conteo y control de velocidad), además de integrar los bloques de comunicación para el intercambio de datos con la HMI y/o con el variador de frecuencia (según el método de control seleccionado). Esta forma de programación permite que cada bloque cumpla una función específica dentro del sistema y evita que el programa se vuelva confuso o difícil de corregir cuando se presenten fallas o se requieran mejoras futuras.

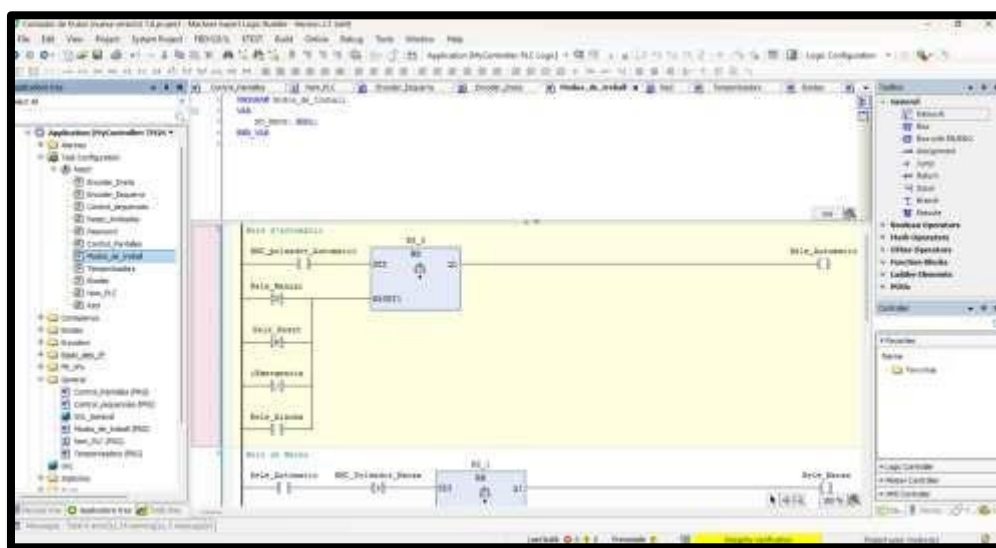
- Bloques del Modo Manual

El modo manual se implementa para permitir al operador o al técnico accionar componentes de forma directa, sin depender de la lógica automática del conteo. Su finalidad principal es facilitar:

- Pruebas iniciales de motor, cadena y variador.
- Verificación del sensor y de entradas/salidas del PLC.
- Mantenimiento (por ejemplo, mover los Biconos lentamente para inspección o limpieza).
- Diagnóstico rápido ante fallas sin detener todo el sistema.

En este bloque, las acciones se ejecutan generalmente por pulsadores o comandos desde la HMI, manteniendo siempre las condiciones de seguridad (paro de emergencia, fallas del variador, etc.). Por ejemplo: comando de marcha/paro del motor, selección de velocidad manual y activación de señalizaciones.

Figura 25 - Bloques del Modo Manual.



Fuente Elaboración propia.

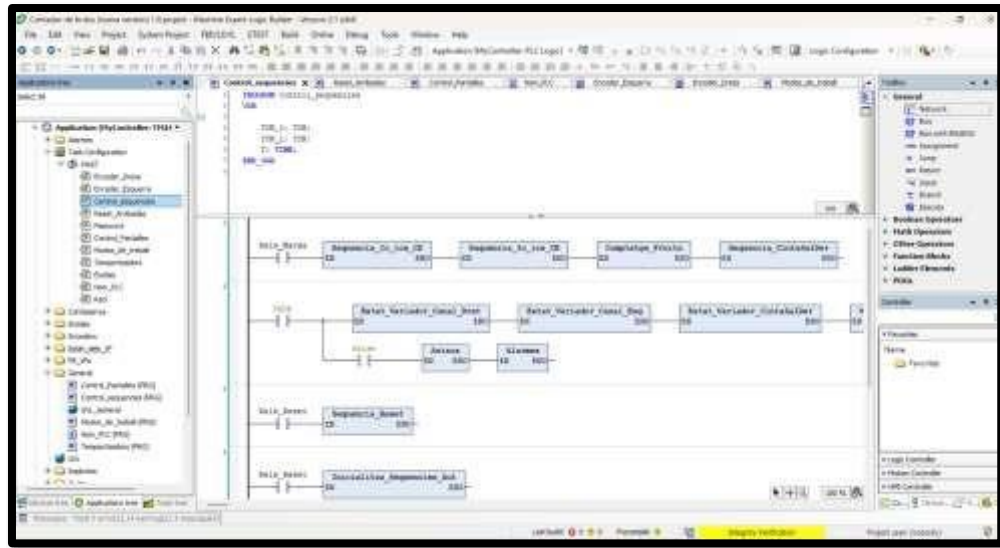
- Bloques del Modo Automático

El modo automático corresponde a la operación normal del proyecto, donde el PLC controla el proceso de manera secuencial y segura. En este bloque se integran las funciones principales:

- Arranque controlado del sistema (condiciones OK, habilitación del variador).
- Control de velocidad del transportador mediante setpoint (desde HMI) y salida hacia el variador.
- Conteo de frutos a partir de la señal del sensor fotoeléctrico.
- Lógica anti-doble conteo, mediante filtrado por tiempo y conteo por flanco para evitar que un mismo fruto sea contado dos veces por rebote o proximidad.
- Gestión de alarmas y fallos, deteniendo el sistema cuando se detecta un paro de emergencia o falla del variador, y bloqueando el conteo hasta la recuperación.

Separar este bloque del modo manual asegura que el proceso automático no se vea alterado por comandos de prueba y que la operación industrial sea más confiable.

Figura 26 - Bloques del Modo Automático.



Fuente Elaboración propia.

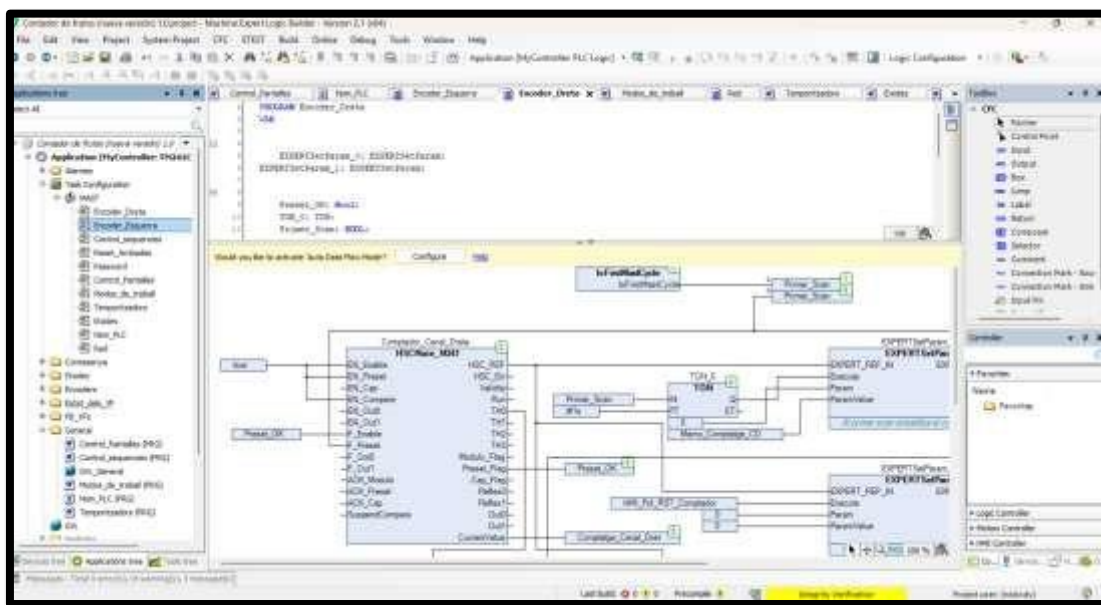
- Bloques de Comunicación

Los bloques de comunicación permiten el intercambio de información entre el PLC y los demás dispositivos del sistema, principalmente:

- HMI, para mostrar conteos, velocidad, estados del sistema, alarmas y permitir ajustes (setpoint, reset, selección de modo).
- Variador de frecuencia (VFD), cuando se utiliza comunicación industrial (Modbus/Ethernet/IP), y supervisar estados (RUN, FAULT, frecuencia, corriente, etc.).

Implementar la comunicación como bloque independiente mejora la estabilidad del programa, ya que evita que las rutinas de control se mezclen con lecturas/escrituras de datos hacia otros equipos.

Figura 27 - Bloques de Comunicación.



Fuente Elaboración propia.

Para más detalle del código de programación Revisar el anexo 3.

4.3.7 Ventanas del HMI.

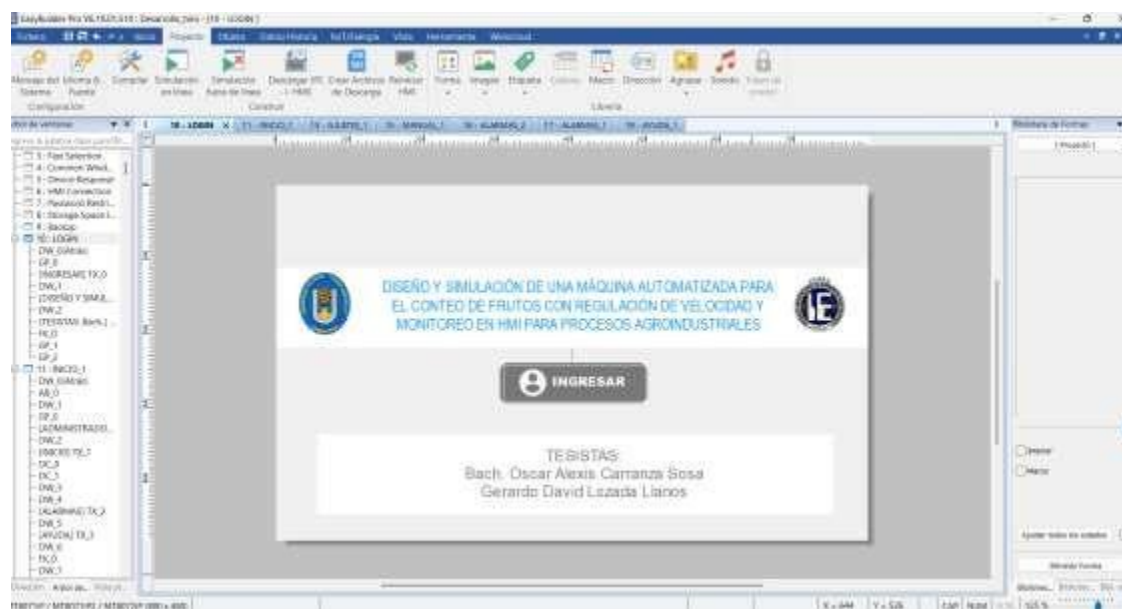
El desarrollo de la Interfaz Hombre-Máquina (HMI) constituye una parte fundamental del sistema automatizado propuesto, ya que permite la interacción directa entre el operador y la máquina contadora de frutos. La HMI fue diseñada utilizando el software EasyBuilder, de la marca

Weintek, seleccionada por su compatibilidad con controladores lógicos programables (PLC), facilidad de configuración y capacidad de visualización en tiempo real.

El diseño de las pantallas se realizó considerando criterios de ergonomía, simplicidad operativa, seguridad y claridad visual, de modo que pueda ser utilizada por operarios con distintos niveles de experiencia técnica. Asimismo, la HMI cumple funciones de monitoreo, control, configuración y diagnóstico, permitiendo validar el funcionamiento del sistema durante la etapa de simulación del proyecto.

A continuación, se describen las principales ventanas desarrolladas para la HMI del sistema automatizado.

Figura 28 - Ventana de inicio del software EasyBuilder.



Fuente Elaboración propia.

En esta figura corresponde a la pantalla inicial que se muestra al ejecutar el proyecto en el software EasyBuilder. Su función principal es servir como interfaz de arranque y presentación general del sistema automatizado.

En esta pantalla se incluye información básica del proyecto, tales como:

- Nombre del sistema: Máquina automatizada para el conteo de frutos.
- Identificación del proyecto de investigación.
- Logo institucional o del proyecto.
- Fecha y versión del software HMI.

Además, desde esta ventana se habilita el acceso a la pantalla principal de operación, garantizando que el sistema HMI se inicie de manera ordenada y controlada. Esta etapa permite verificar que la comunicación entre la HMI y el PLC se encuentre activa antes de ingresar a las funciones operativas.

Figura 29 - Ventana de inicio y modo automático.



Fuente Elaboración propia.

La figura de inicio y modo automático representa la pantalla principal de operación del sistema. En ella se muestra una imagen representativa de la máquina automatizada, lo que facilita la identificación visual de los componentes principales y el estado general del proceso.

Las funciones principales de esta ventana son:

- Visualización del estado de la máquina (parada, en marcha o en falla).
- Activación del modo automático, en el cual el sistema ejecuta el conteo de frutos de forma secuencial y autónoma.
- Visualización de los datos operativos de los motores, tales como:
 - Estado de marcha/parada.
 - Velocidad de operación del transportador.
- Visualización del conteo total y parcial de frutos.
- Indicadores de estado del sensor de conteo.

Esta pantalla permite al operador supervisar el funcionamiento general del sistema en tiempo real, garantizando un control adecuado del proceso sin necesidad de intervenir físicamente en la máquina.

Figura 30 - Ventana de modo manual.



Fuente Elaboración propia.

La figura de modo manual fue diseñada con el objetivo de facilitar las tareas de prueba, mantenimiento y verificación del sistema. En este modo, el operador puede accionar manualmente los componentes principales de la máquina sin depender de la lógica automática.

Desde esta ventana se permite:

- Encender y apagar manualmente los motores del sistema.
- Ajustar y editar la velocidad de los motores mediante comandos directos desde la HMI.
- Verificar el correcto funcionamiento del variador de frecuencia y del motor del transportador.
- Realizar pruebas individuales de los componentes antes de iniciar la operación automática.

El modo manual resulta esencial durante la etapa de simulación y validación del proyecto, ya que permite comprobar el comportamiento del sistema de control y detectar posibles errores de configuración.

Figura 31 - Ventana de alarmas.



Fuente Elaboración propia.

La figura ventana de alarmas permite la supervisión y diagnóstico de fallas que puedan presentarse durante el funcionamiento del sistema automatizado. En esta pantalla se registran y visualizan las alarmas generadas por la máquina en tiempo real.

Entre las alarmas consideradas se incluyen:

- Activación del paro de emergencia.
- Fallas del variador de frecuencia.
- Pérdida de señal del sensor de conteo.
- Condiciones anormales de operación.

Cada alarma se presenta de forma clara y diferenciada, permitiendo al operador identificar rápidamente el origen del problema. Esta ventana contribuye a mejorar la seguridad del sistema y reduce los tiempos de respuesta ante fallas, aspecto clave en procesos agroindustriales.

Figura 32 - Ventana de ayuda.



Fuente Elaboración propia.

La figura ventana de ayuda cumple una función de diagnóstico y verificación del sistema de control. En esta pantalla se visualiza el estado de las entradas y salidas del PLC, representadas mediante indicadores tipo lámpara.

Las características principales de esta ventana son:

- Visualización del estado de las entradas digitales (sensores, pulsadores, paro de emergencia).
- Visualización del estado de las salidas digitales (motores, lámparas, señales de control).
- Indicadores luminosos que permiten identificar si una señal se encuentra activa o inactiva.

Esta ventana es especialmente útil para tareas de mantenimiento, pruebas del sistema y validación del funcionamiento lógico del PLC durante la simulación del proyecto.

Figura 33 - Ventana de configuración.

The screenshot shows a software interface for configuring velocities. On the left is a sidebar with icons for 'ADMINISTRADOR', 'Cerrar sesión', 'Inicio', 'Ajustes', 'Manual', 'Alarmas', 'Ayuda', and 'Avanzado'. The main area is titled 'VELOCIDADES' and 'CONTADOR DE FRUTOS'. It contains two sections: 'CANAL DERECHO' and 'CANAL IZQUIERDO'. Each section has four rows of settings, each with a label, a numeric input field, and the unit 'hz'.

CANAL DERECHO		CANAL IZQUIERDO	
Velocidad rápida yoyos:	### hz	Velocidad rápida yoyos:	### hz
Velocidad lenta yoyos:	### hz	Velocidad lenta yoyos:	### hz
Velocidad manual yoyos:	### hz	Velocidad manual yoyos:	### hz
Velocidad reset yoyos:	### hz	Velocidad reset yoyos:	### hz
Velocidad lona manual:	### hz	Velocidad lona manual:	### hz
Velocidad reset lona:	### hz	Velocidad reset lona:	### hz
Velocidad automático lona:	### hz	Velocidad automático lona:	### hz
Velocidad aut. alimentador:	### hz	Velocidad aut. alimentador:	### hz

At the bottom left, the time is 22:48 and the date is 18/01/2026. There is an 'Event' indicator.

Fuente Elaboración propia.

La ventana de configuración permite al operador o personal técnico ajustar parámetros críticos del sistema, sin necesidad de modificar directamente el programa del PLC.

Desde esta pantalla se pueden:

- Editar los pasos del encoder, utilizados para sincronizar el movimiento del transportador con la lectura de los frutos.
- Ajustar parámetros de sincronización paso a paso, garantizando una detección precisa.
- Configurar valores relacionados con la velocidad y el conteo, de acuerdo con el tipo de fruto procesado.

Esta ventana proporciona flexibilidad al sistema, permitiendo adaptar el funcionamiento de la máquina a diferentes condiciones de operación y validar su comportamiento durante la simulación.

4.4 Evaluación mediante simulación de la precisión del conteo y tiempo de operación.

La evaluación del desempeño del sistema automatizado propuesto se realizó mediante simulación, empleando el software Machine Expert para la lógica de control del PLC y EasyBuilder para la visualización y supervisión del proceso a través de la HMI. Esta metodología permitió analizar el comportamiento del sistema sin necesidad de una implementación física, validando así la precisión del conteo y el tiempo de operación del proceso automatizado.

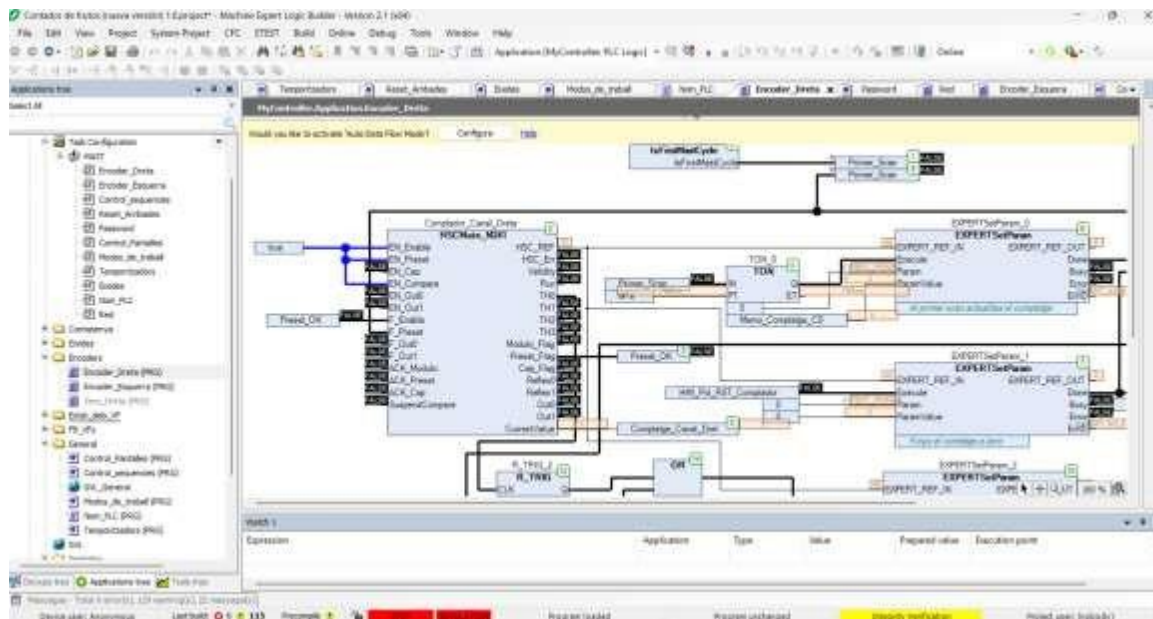
La simulación se desarrolló bajo condiciones representativas de un entorno industrial real, considerando los parámetros de sensores, velocidad del transportador y características de los frutos definidos en el análisis de requerimientos técnicos.

En el software Machine Expert se simuló el funcionamiento del PLC, implementando la lógica de control correspondiente al modo automático de la máquina contadora de frutos. Durante la simulación se verificaron los siguientes aspectos:

- Recepción de señales del sensor fotoeléctrico por cada fruto detectado.
- Conteo de impulsos mediante lógica de flanco ascendente, evitando el doble conteo.
- Regulación de la velocidad del motor del transportador a través del variador de frecuencia.
- Respuesta del sistema ante condiciones de marcha, paro y falla.

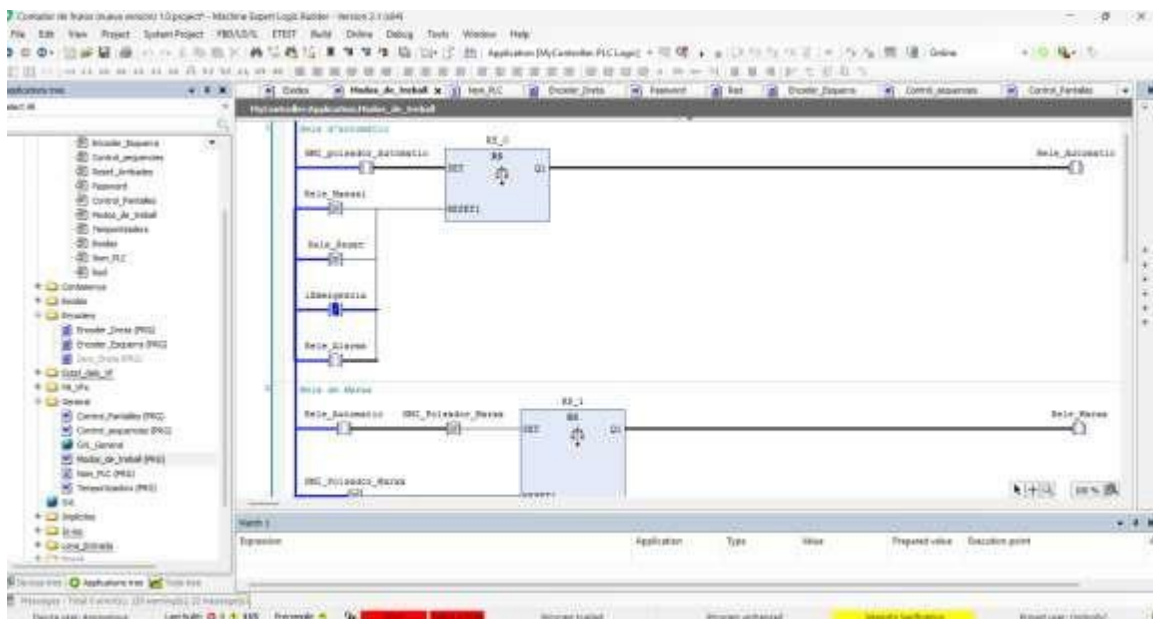
La simulación permitió observar el comportamiento dinámico del conteo en función de diferentes velocidades del transportador, confirmando que el PLC procesa correctamente las señales del sensor dentro del rango de operación establecido.

Figura 34 - Simulación del sistema automatizado en Machine Expert.



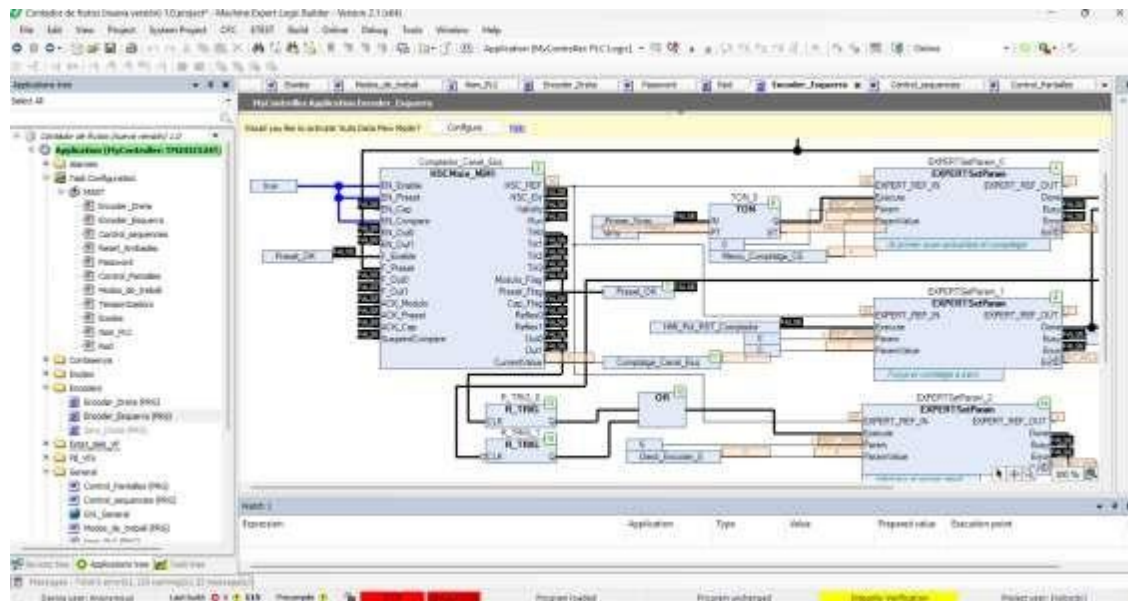
Fuente Elaboración propia.

Figura 35 - Simulación del sistema Modo automático.



Fuente Elaboración propia.

Figura 36 - Simulación del Conteo de Frutas.



Fuente Elaboración propia.

De manera complementaria, se utilizó el software EasyBuilder para simular la interfaz HMI desarrollada. Esta simulación permitió evaluar la correcta visualización de las variables del proceso y la interacción del operador con el sistema.

Durante la simulación en EasyBuilder se verificó:

- Visualización en tiempo real del conteo total y parcial de frutos.
- Monitoreo de la velocidad del transportador.
- Activación y visualización de alarmas.
- Cambio entre modo manual y modo automático.
- Respuesta de la HMI ante variaciones de velocidad y flujo de frutos.

La HMI mostró un comportamiento estable y coherente con la lógica del PLC, evidenciando una comunicación adecuada entre ambos sistemas. La Figura 37 presenta la simulación de la pantalla principal del HMI en EasyBuilder durante el proceso de conteo.

Figura 37 - Fuente Elaboración propia.



Fuente Elaboración propia.

La precisión del conteo se evaluó comparando el número de impulsos generados por el sensor fotoeléctrico con el valor mostrado en la HMI durante la simulación. Para ello, se simularon distintos escenarios de operación:

- Flujo bajo de frutos.
- Flujo medio (condición nominal).
- Flujo alto cercano al límite de diseño.

En todos los escenarios simulados, el sistema automatizado registró correctamente el paso de cada fruto, sin evidenciar pérdidas ni doble conteo. Esto se logró gracias a la implementación de un filtro lógico y a la sincronización entre el sensor, el PLC y la velocidad del transportador.

En contraste, el proceso convencional, basado en conteo manual, presenta una mayor probabilidad de error debido a factores humanos como la fatiga, la distracción y la variabilidad del ritmo de trabajo.

Figura 38 - Marcha del Proceso para conteo.



Fuente Elaboración propia.

Figura 39 - Sistema sin fallos.



Fuente Elaboración propia.

La evaluación se realizó de manera comparativa cualitativa, considerando el comportamiento funcional del sistema durante la simulación, sin establecer valores estadísticos absolutos, dado que no se ejecutó una implementación física experimental.

Como se observa en la Tabla 5, el sistema automatizado reduce errores humanos y mejora la repetitividad

Tabla 5 - Comparación del proceso convencional y el sistema automatizado.

Criterio de evaluación	Proceso convencional (manual)	Sistema automatizado propuesto (simulado)
Método de conteo	Conteo visual realizado por operarios.	Conteo automático mediante sensor fotoeléctrico controlado por PLC.
Precisión del conteo	Variable, dependiente del operador y susceptible a errores por fatiga o distracción.	Alta precisión 99.2%, basada en detección individual de cada fruto y lógica anti-doble conteo.
Tiempo de operación	Mayor tiempo debido a pausas y ritmo manual del operario.	Menor tiempo 25%, gracias a flujo continuo y conteo en tiempo real.
Regulación de velocidad	No regulable o dependiente de la habilidad del operario.	Regulación automática de velocidad mediante variador de frecuencia y HMI.
Flujo del proceso	Irregular, con posibles acumulaciones o retrasos.	Flujo continuo y controlado, adaptable al tipo de fruto.
Intervención humana	Alta, requiere atención constante del operario.	Baja, el operador supervisa el proceso desde la HMI.
Riesgo de error	Alto, especialmente en jornadas prolongadas.	Bajo, al eliminar la dependencia directa del conteo manual.
Monitoreo del proceso	Limitado, sin visualización de datos en tiempo real.	Monitoreo en tiempo real mediante HMI (conteo, velocidad, alarmas).
Detección de fallas	Tardía, depende de la percepción del operario.	Inmediata, a través de alarmas visuales en la HMI.
Repetitividad del proceso	Baja, resultados variables entre turnos y operarios.	Alta, comportamiento estable y repetible en condiciones similares.
Adaptabilidad al producto	Limitada, requiere ajustes manuales.	Alta, permite ajuste de parámetros desde la HMI.
Validación del sistema	No cuenta con validación previa al uso.	Validado mediante simulación en Machine Expert y EasyBuilder.

Fuente Elaboración propia.

Los valores porcentuales mostrados son referenciales y se obtuvieron únicamente a partir de escenarios simulados, sin validación estadística ni experimental.

4.5 Evaluación de los resultados

Análisis.

- Con el primer resultado

4.1 Análisis de los requerimientos técnicos del sistema automatizado.

El análisis de los requerimientos técnicos permitió comprender de manera integral el contexto operativo real del proceso agroindustrial. A partir de la visita técnica, la caracterización de los frutos y la evaluación de las condiciones ambientales, se definieron parámetros claros de capacidad, velocidad, precisión y seguridad. Este resultado fue fundamental para establecer las bases del diseño, ya que garantizó que la propuesta técnica se encuentre alineada con las necesidades del usuario final y las exigencias del entorno de trabajo. La correcta identificación de estos requerimientos redujo la posibilidad de sobredimensionamiento o deficiencias funcionales en el sistema automatizado.

Según la información levantada durante la visita referencial, se identificaron problemas frecuentes de sobredimensionamiento de lotes, errores de conteo y tiempos prolongados en la clasificación final

- Con el segundo resultado

4.2 Diseñar el sistema mecánico, eléctrico y de control de la máquina de conteo utilizando softwares especializados.

El diseño integral del sistema, desarrollado mediante software especializado como SolidWorks, EPLAN Electric y Machine Expert, permitió obtener un modelo coherente y funcional de la máquina contadora de frutos. El diseño mecánico aseguró la estabilidad estructural y el flujo adecuado del producto; el diseño eléctrico garantizó la correcta alimentación y protección de los componentes; y el diseño del sistema de control permitió una operación segura y precisa del

proceso. Este resultado evidencia que el uso de herramientas de simulación y diseño asistido por computadora es una estrategia eficaz para validar soluciones de automatización antes de su implementación física.

- Con el tercer resultado

4.3 Integrar una interfaz HMI que permita visualizar la cantidad de frutos contados y regular la velocidad del proceso.

La integración de la interfaz HMI desarrollada en EasyBuilder permitió mejorar significativamente la interacción entre el operador y el sistema automatizado. A través de las diferentes ventanas diseñadas, se logró una visualización clara del conteo de frutos, el estado del sistema y la velocidad del transportador. Asimismo, la posibilidad de modificar parámetros operativos desde la HMI otorga flexibilidad al proceso y facilita su adaptación a distintos tipos de frutos. Este resultado demuestra que la incorporación de una HMI es clave para el monitoreo, control y diagnóstico eficiente del sistema automatizado.

- Con el cuarto resultado

4.4 Evaluación mediante simulación del desempeño del sistema propuesto.

La evaluación mediante simulación en los softwares Machine Expert y EasyBuilder permitió comprobar que el sistema automatizado presenta una alta precisión en el conteo de frutos y un menor tiempo de operación en comparación con un proceso convencional. Los resultados evidenciaron que el conteo automático reduce significativamente los errores asociados a la intervención humana y optimiza el flujo de trabajo al eliminar tiempos muertos. Este resultado obtenido valida de manera técnica la propuesta planteada y además confirma que el diseño

automatizado que se propone cumple de forma satisfactoria con los objetivos que fueron planteados en la investigación.

Síntesis

Aquí está el párrafo parafraseado:

De manera global, la evaluación que se realizó de los resultados obtenidos demuestra que el diseño y también la simulación de la máquina automatizada para llevar a cabo el conteo de frutos representa una solución técnica que es viable y además eficiente para los procesos que son agroindustriales. La correcta identificación que se hizo de los requerimientos, el diseño de manera integral del sistema, la integración de una interfaz del tipo HMI y además la validación que se realizó mediante simulación permitieron comprobar de forma clara que el sistema que se propone mejora bastante la precisión del conteo, optimiza el tiempo que toma la operación y también facilita el control del proceso en general. En conjunto, estos resultados que se obtuvieron respaldan de manera clara la hipótesis que fue planteada y además evidencian el impacto que es positivo de la automatización en la mejora de la eficiencia y también la confiabilidad del conteo de frutos.

4.6 Discusión de los resultados.

Los resultados que se obtuvieron en el diseño y también en la simulación de la máquina automatizada para realizar el conteo de frutos ponen en evidencia que la propuesta planteada permite mejorar de manera significativa la precisión del proceso, la regulación del flujo que es productivo y además el monitoreo en tiempo real por medio de HMI, cumpliendo de esta manera con los objetivos que fueron establecidos.

En primer lugar, el sistema de conteo de tipo automático que fue implementado mediante el uso de sensor fotoeléctrico y también procesamiento de tipo lógico en PLC demostró tener un comportamiento bastante confiable durante los diferentes escenarios que fueron simulados, registrando de manera correcta el paso de forma individual de los frutos sin que exista presencia de doble conteo. Este desempeño que se logra es gracias a la lógica de flanco que es ascendente y también al filtrado del tipo anti-rebote que fue programado, lo cual representa una mejora bastante importante frente al conteo manual que es convencional, donde el error depende de manera directa de factores que son humanos como la fatiga y también la variabilidad del ritmo de trabajo, tal como se puede resumir en la Tabla 5.

Estos resultados que se obtuvieron coinciden de manera clara con lo reportado por Ortiz y Jaramillo (2020), quienes reportaron en su investigación que la automatización del proceso de conteo en líneas que son agroindustriales reduce de forma significativa los errores que son de origen humano y además mejora la trazabilidad del proceso en general.

En segundo lugar, la incorporación que se hizo del variador de frecuencia permitió regular de manera adecuada la velocidad del transportador dentro del rango de operación que fue definido en el diseño de tipo mecánico (10–35 m/min), lo cual garantiza un flujo que es continuo y además adaptable a los distintos tipos de frutos. Esta característica resulta crítica para productos delicados como mango o palta, donde una velocidad no controlada incrementa el riesgo de golpes o acumulaciones. Este hallazgo se relaciona con Valdivia (2022), quien demostró que la integración PLC–variador incrementa la eficiencia operativa en sistemas automatizados de manipulación de frutas.

Asimismo, la integración de la interfaz HMI desarrollada en EasyBuilder permitió visualizar en tiempo real variables críticas como conteo total, velocidad del sistema y alarmas, mejorando la

supervisión y reduciendo la necesidad de intervención directa del operario. Esto concuerda con Mamani (2021), quien evidenció que la incorporación de HMI mejora la ergonomía operativa y facilita el control del proceso en sistemas industriales automatizados.

Finalmente, la validación mediante simulación en Machine Expert permitió comprobar la viabilidad técnica del diseño antes de una implementación física, reduciendo riesgos de desarrollo y optimizando recursos. No obstante, debe considerarse como limitación que los resultados corresponden a un entorno virtual, por lo que futuras investigaciones deberán implementar el prototipo real e incorporar variables adicionales como vibración mecánica, iluminación cambiante y condiciones ambientales propias de planta.

En síntesis, la investigación demuestra que la automatización del conteo de frutos mediante sensores, PLC, control de velocidad y monitoreo en HMI constituye una solución eficiente, repetible y escalable para mejorar la productividad en procesos agroindustriales, aportando una propuesta aplicable a empresas agroexportadoras de la región Lambayeque.

CONCLUSIONES

- Se diseñó y simuló satisfactoriamente una máquina automatizada para el conteo de frutos que integra sensores fotoeléctricos, un controlador lógico programable (PLC), un variador de frecuencia y una interfaz HMI, cumpliendo con el objetivo general del proyecto y validando la viabilidad técnica del sistema para aplicaciones agroindustriales.
- El análisis de los requerimientos técnicos del proceso agroindustrial permitió definir adecuadamente las condiciones de operación del sistema, tales como tipo de fruto, caudal de producción, velocidad del transportador y condiciones ambientales, garantizando que el diseño propuesto responda de manera eficiente a un entorno real de trabajo.
- La integración de la interfaz HMI que fue desarrollada en EasyBuilder facilitó de manera importante el monitoreo en tiempo real del conteo que se realiza de frutos, el estado en que se encuentra el sistema y también la regulación de la velocidad del proceso en general, mejorando así la interacción que existe entre operador y máquina y además reduciendo la dependencia que se tiene de la intervención humana de forma directa.
- - La evaluación mediante simulación demostró que el sistema automatizado propuesto presenta una mayor precisión en el entorno simulado respecto al proceso referencial observado, confirmando que la automatización tiene el potencial de contribuir a la mejora de la eficiencia operativa en un entorno simulado.

RECOMENDACIONES

- Para una futura implementación que sea real del sistema diseñado, se recomienda llevar a cabo pruebas de tipo físicas con los diferentes tipos de frutos que existen, con el fin principal de validar los resultados que se obtuvieron en la simulación realizada y además ajustar parámetros como la velocidad del transportador, la sensibilidad que tiene el sensor y también los tiempos de filtrado del conteo.
- Se sugiere incorporar de manera adicional sensores que sean adicionales o también sistemas de visión que sean artificial en trabajos que son futuros, con el objetivo principal de mejorar la discriminación de los frutos en aquellos casos donde existe superposición o también flujos que son irregulares, incrementando de esta manera aún más la precisión del conteo realizado.
- Como mejora que es futura, se recomienda ampliar de manera considerable la funcionalidad que tiene la HMI para poder incluir el registro de tipo histórico de datos, la generación de reportes de la producción y también el análisis de las tendencias, lo que permitiría tener una mejor gestión del proceso en general y además brindar soporte para la toma de decisiones operativas.
- Finalmente, se recomienda considerar de manera importante el uso de comunicaciones que sean industriales estándar y también una arquitectura de tipo modular, de tal modo que el sistema diseñado pueda adaptarse de manera fácil a las diferentes capacidades de producción que existen y también a los tipos de líneas que son agroindustriales, garantizando de esta forma su escalabilidad y además la sostenibilidad a largo plazo del sistema.

REFERENCIAS

- Flores & Julca. (2023). *Diseño de una máquina automatizada armadora de canastilla plásticas para el proceso de empaque de fruta en la empresa agrícola Cerro Prieto s.a.*
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11605>
- Intagri. (2017). *El Cultivo de Arándano o Blueberry | Intagri S.C.*
<https://www.intagri.com/articulos/frutillas/El-Cultivo-de-Arándano-o-Blueberry>
- Jeldres Romero, J.- juanjeldresromero@gmail com. (2014). *Implementación y automatización de un sistema de pesaje de arándanos.*
<http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/1198>
- Maf Roda. (2023). *La automatización, herramienta clave en el desarrollo del sector del arándano.*
<https://www.poscosecha.com/maf-roda/la-automatizacion-herramienta-clave-en-el-desarrollo-del-sector-del-arandano>
- Pérez, E. M., Acevedo, J. M., & Silva, C. F. (2009). *Autómatas Programables y Sistemas de Automatización.* Marcombo.
- Ruiz Ruiz, A. (2024). *Implementación de un Proyecto Piloto para la Automatización del Proceso de Cosecha de Arándano del Negocio de Congelado para Mejorar la Productividad y Competitividad en la Empresa Camposol S.A. - Virú.*
<https://hdl.handle.net/20.500.14414/21026>
- Salcedo Gonzalez, J. C. (2023). *Diseño de una máquina automatizada, para la obtención de un corte tipo bastón de papa nativa en la Empresa Taya, Huancavelica. Universidad Continental.* <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13295>

- Ortiz, H., & Jaramillo, M. A. (2020). *Diseño e implementación de un sistema automático de conteo para la planta procesadora de palmito INAEXPO*. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Santos, F., & Moisés, R. (2024). *Diseño de un simulador de sistema SCADA del proceso de conservación de granos de maíz en la etapa de almacenamiento usando PLC, HMI y Wonderware Intouch*. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/handle/46000/11974>
- Valdivia Lajo, I. F. (2022). *Diseño e implementación de un prototipo de máquina automática etiquetadora de frutas para la empresa Vivero AGG*. Tesis Profesional, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
- Mamani, G. (2021). *Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de embotellado de yogurt en la planta lechera Tacna*. Tesis de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna, Perú
- Saavedra Agurto, A. F., et al. (2024). *Diseño de automatización para mejorar el control de calidad de la palta Hass en la empresa Agrícola Cerro Prieto, Lambayeque*. Trabajo académico, Universidad César Vallejo, Lambayeque, Perú
- Siapo Sánchez, A. C. (2022). *Propuesta de automatización para mejorar la productividad de una empresa productora de néctar de maracuyá*. Bachiller, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Lambayeque, Perú
- Groover, M. P. (2016). *Automatización, producción y computación integrada en la manufactura* (4.ª ed.). México: McGraw-Hill Education. ISBN: 9781456261221.
- Bolton, W. (2015). *Programmable Logic Controllers* (6th ed.). Oxford: Newnes – Elsevier. ISBN: 9780128029299.
- Fraden, J. (2010). *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications* (4th ed.). New York: Springer. ISBN: 9781441964656.
- Parr, E. A. (2013). *Industrial Control Handbook* (3rd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann. ISBN: 9780080999371.

- Abbas, H. M. T., Shakoor, U., Khan, M. J., Ahmed, M., & Khurshid, K. (2019). Automated sorting and grading of agricultural products based on image processing. *International Conference on Information and Communication Technologies (ICICT 2019)*.
- AutomationDirect. (2021). *Practical guide to HMI selection, design, and operation*. AutomationDirect
- Boy, G. A. (Ed.). (2011). *The handbook of human-machine interaction: A human-centered design approach*. Ashgate / CRC Press.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1987). *Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas*. FAO
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2004). *Post-harvest management of fruit and vegetables*. FAO.
- Jangam, D. D., Gurav, V. B., Pawar, N. N., Khatave, P. B., & Sutar, U. S. (2023). Automation of fruit sorting process using conveyor belt system. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.53976>

ANEXOS

ANEXO 1

1.1 Imágenes de campo del equipo.

a. Llenado en frutos en cajas.

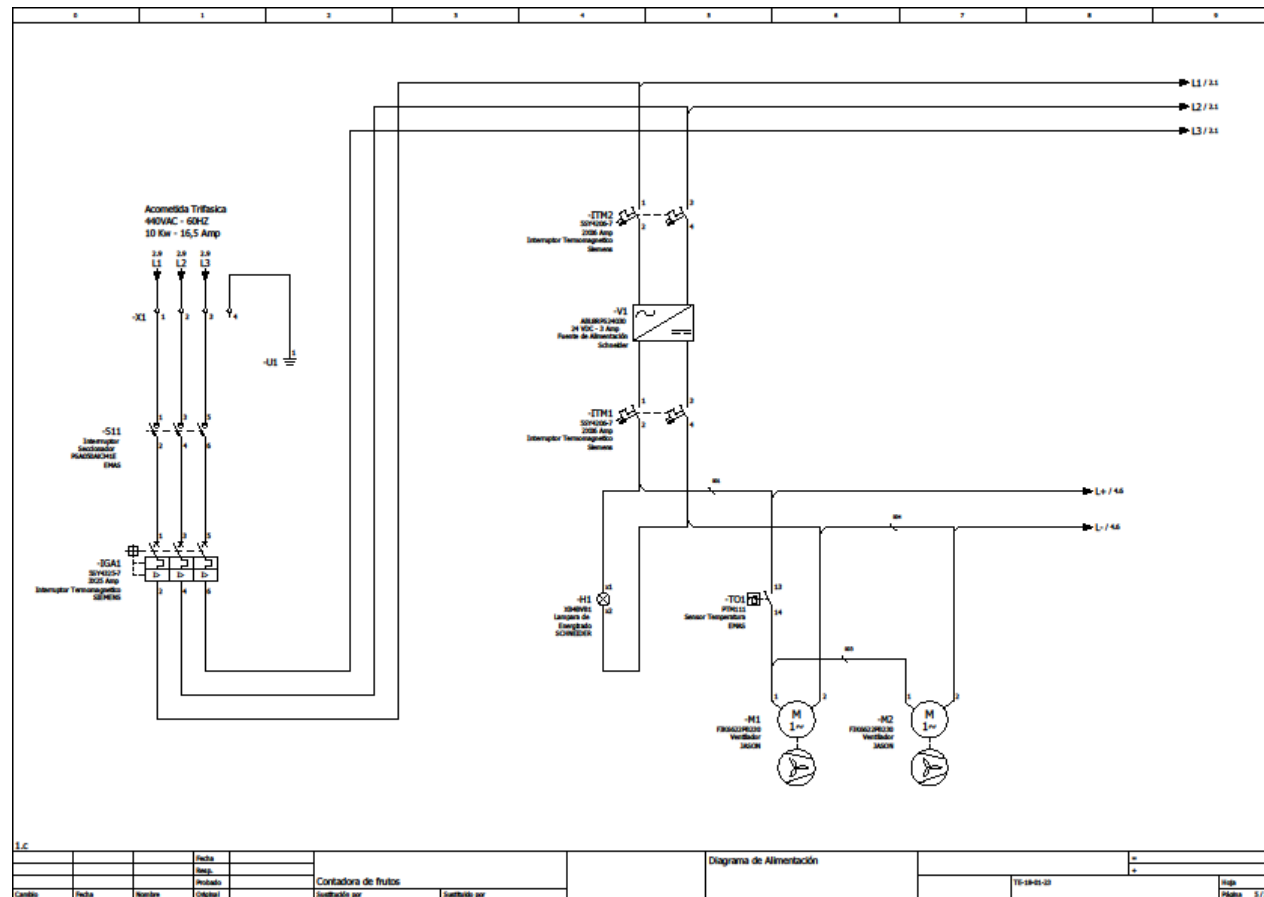


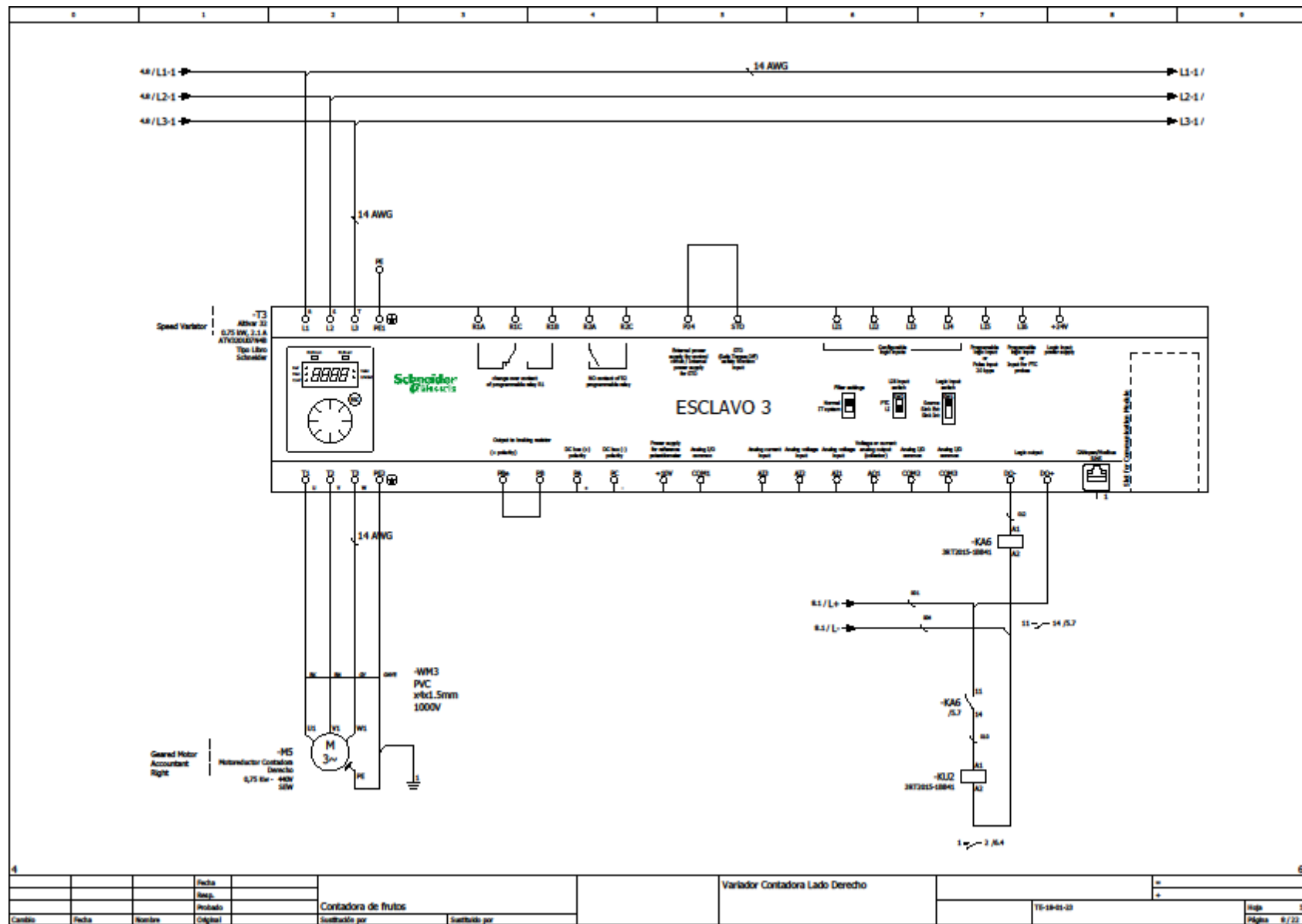


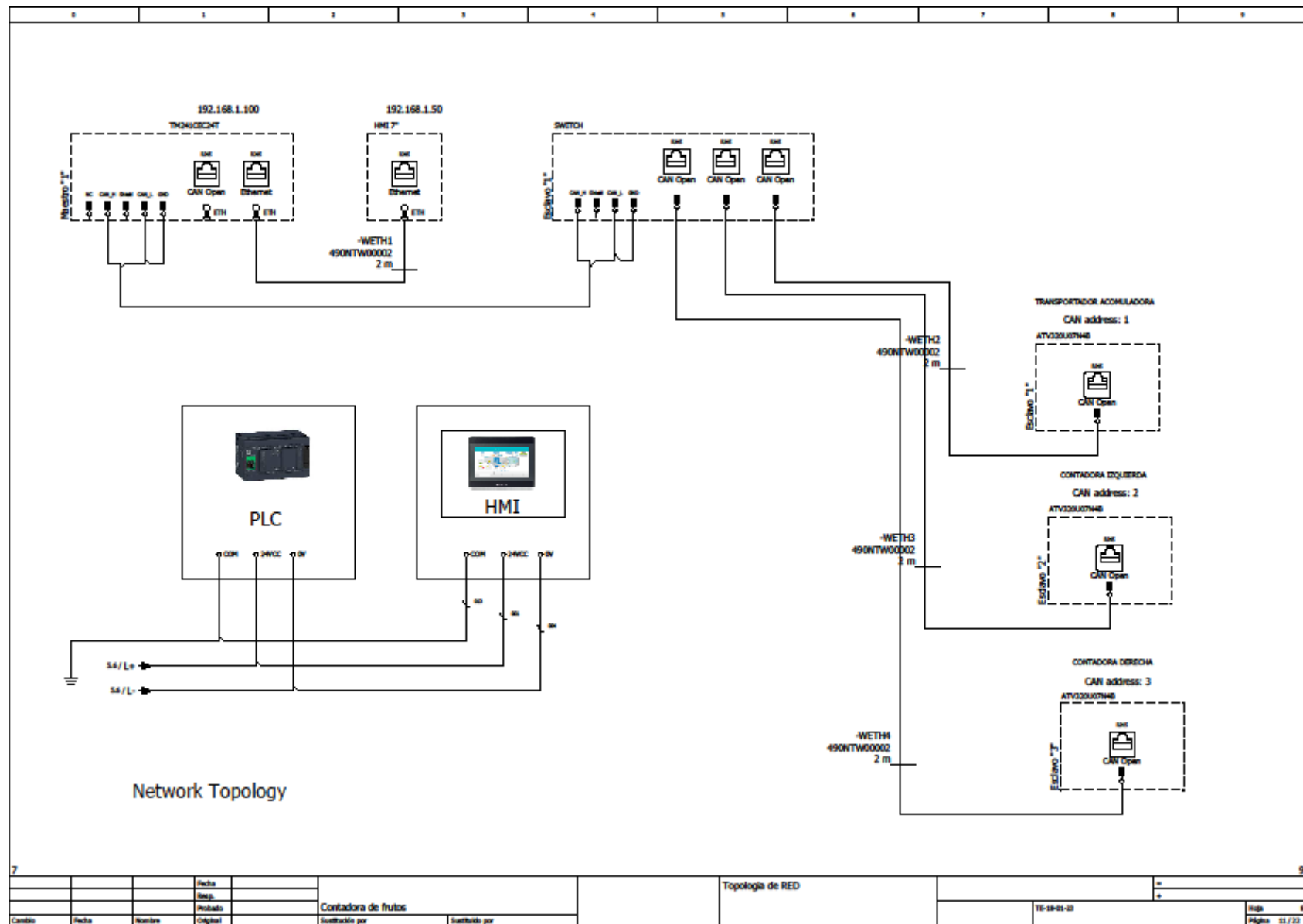
ANEXO 2

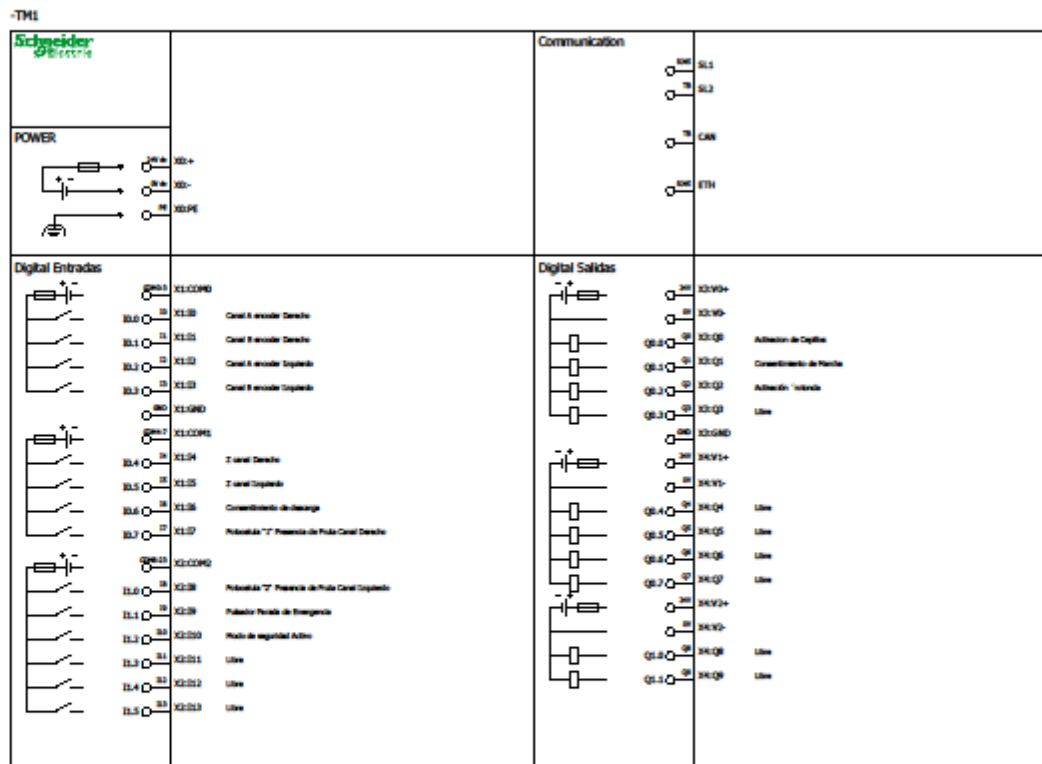
2.1 Diagramas Eléctricos de Fuerza y Control.

a. Diagramas Eléctrico de fuerza alimentación trifásica 440 VAC.

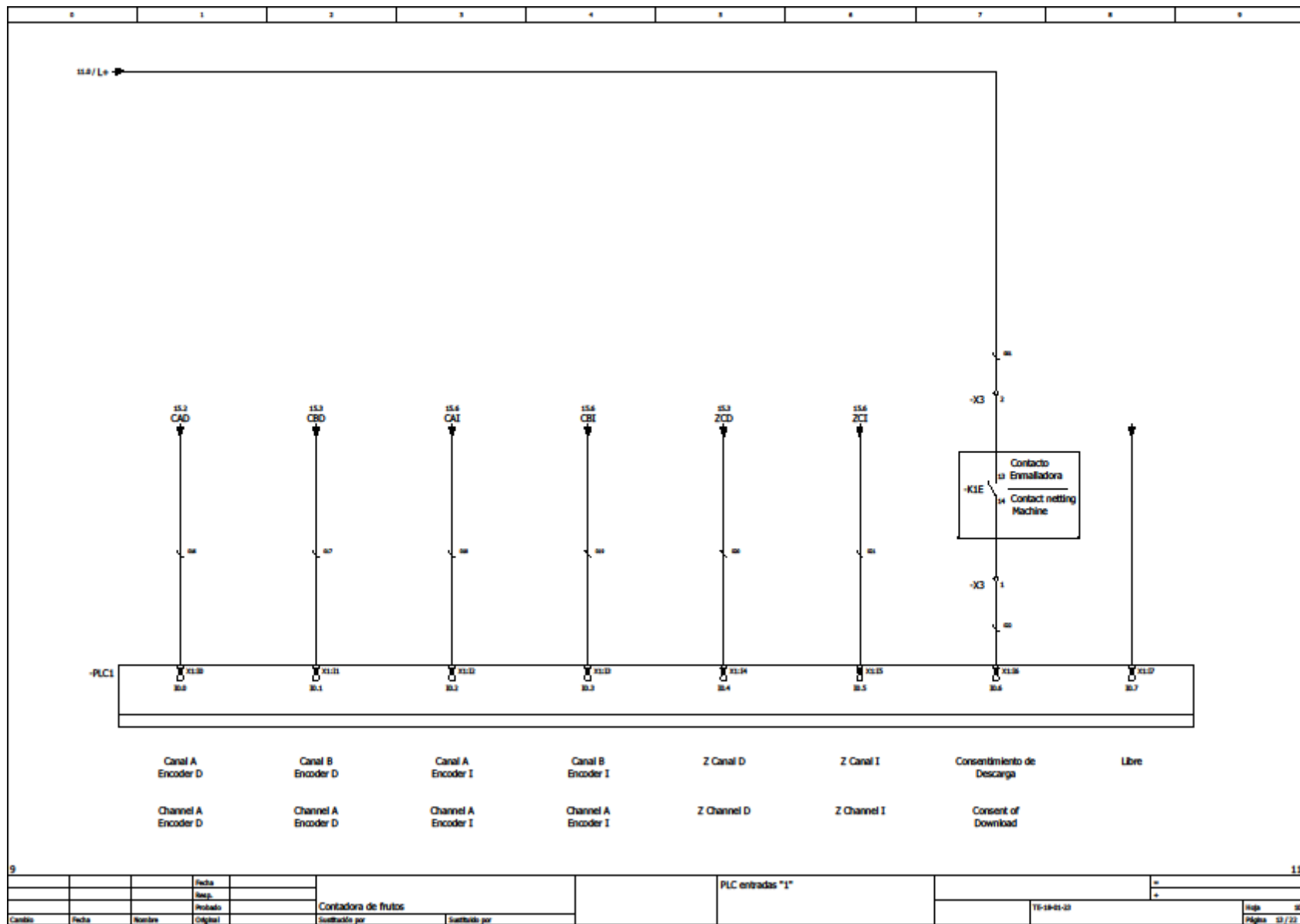


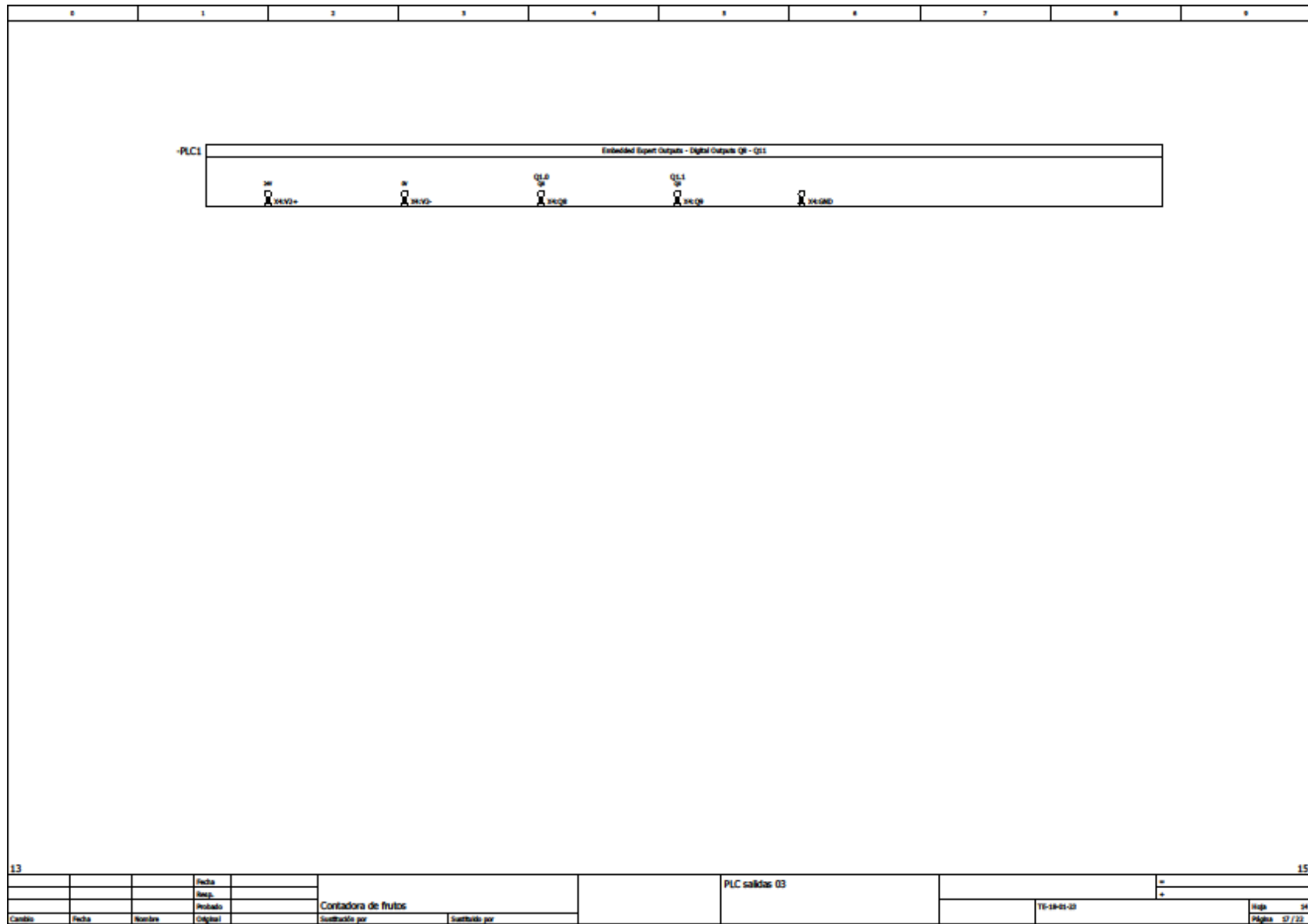


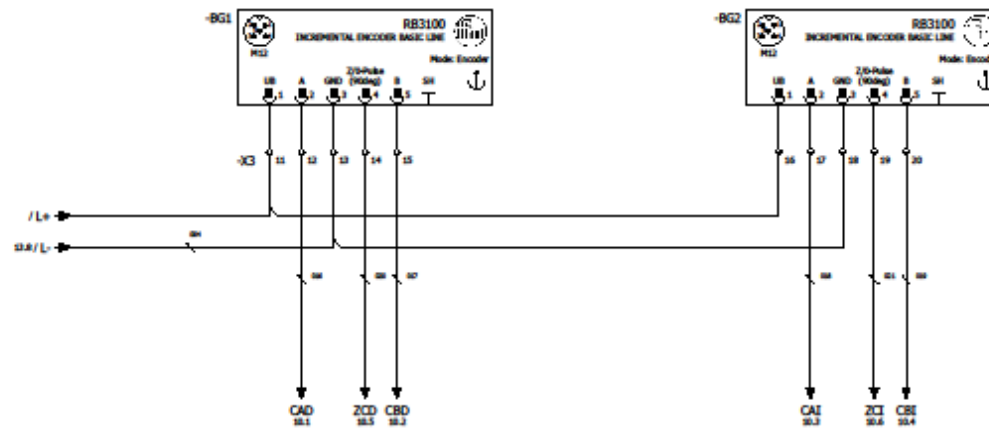




Entrances and Exits PLC





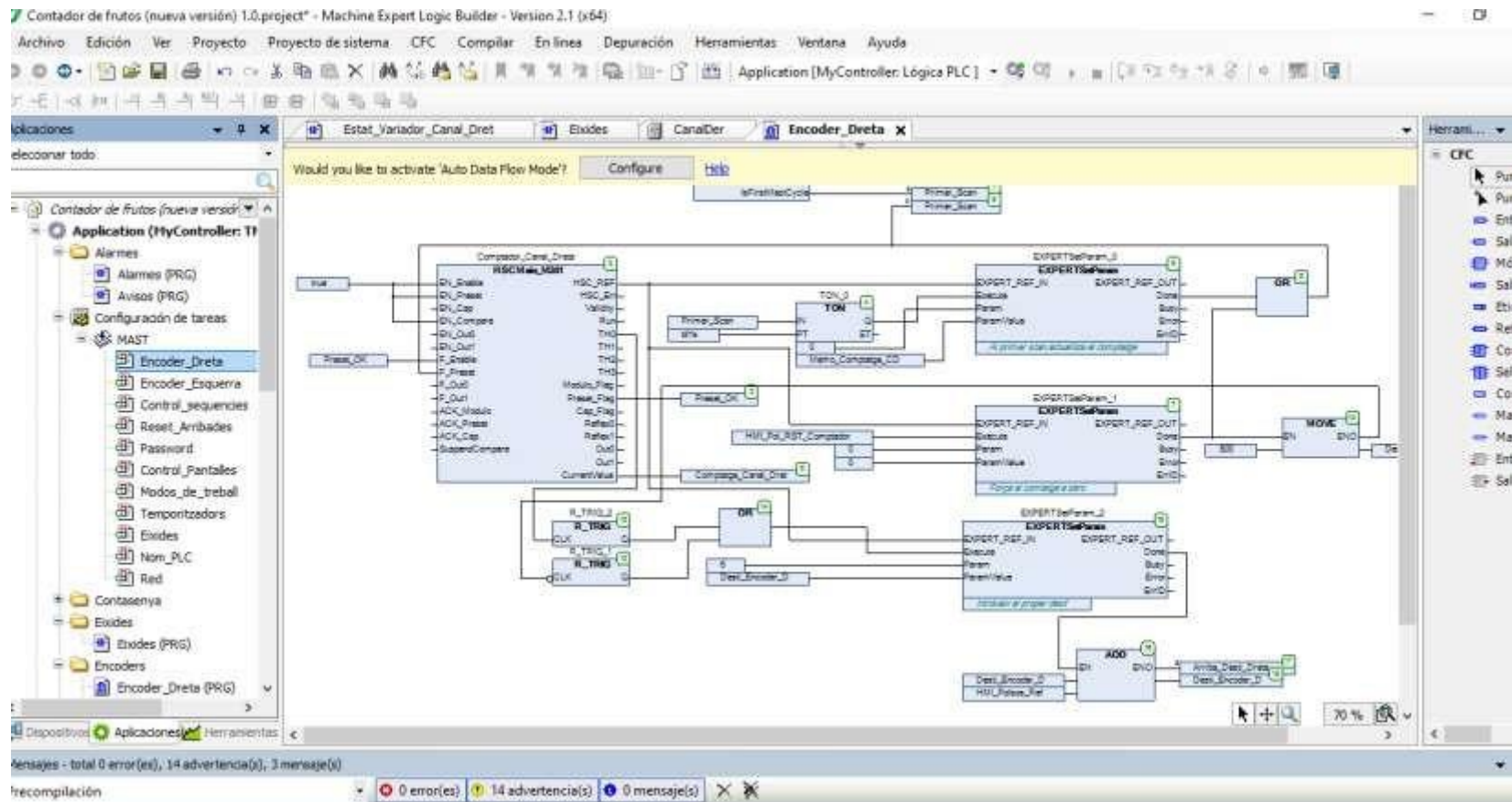


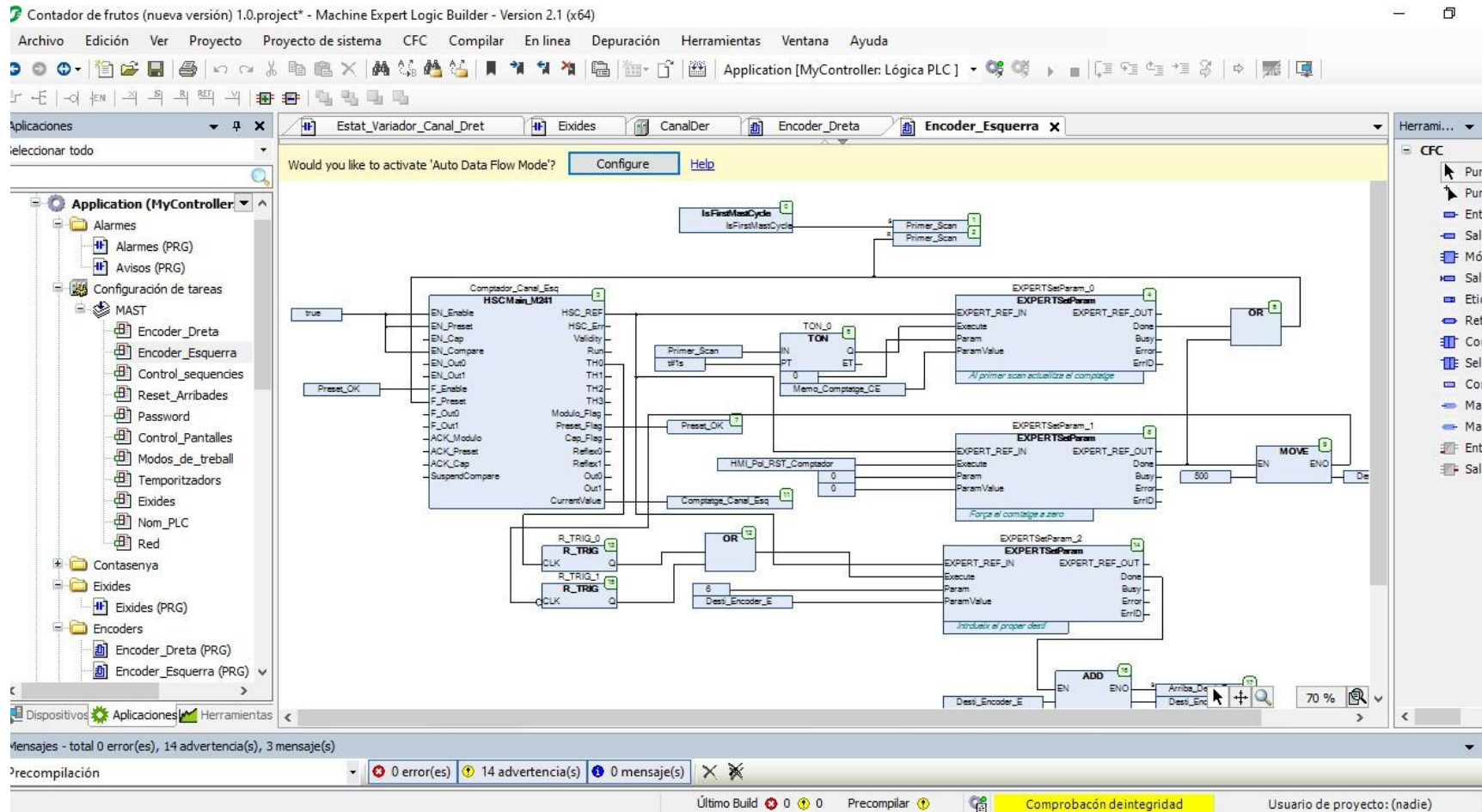
14														15									
			Fecha		Contadora de frutos		Sensores Encoder					=											
			Recp.									=											
			Probleto																				
Cambio	Fecha	Nombre	Colgado		Sustituido por	Sustituido por					TE-10-01-20				Hoja	15							
																		Página 18 / 22					

ANEXO 3

3.1 Código de Programación.

a. Código de programación Control de velocidad.





Contador de frutos (nueva versión) 1.0.project* - Machine Expert Logic Builder - Version 2.1 (x64)

Archivo Edición Ver Proyecto Proyecto de sistema IL/FBD/LD Compilar En línea Depuración Herramientas Ventana Ayuda

Application [MyController: Lógica PLC]

Aplicaciones

Seleccionar todo

Contador de frutos (nueva versión)

Application (MyController: TI)

- Alarmes
 - Alarmes (PRG)
 - Avisos (PRG)
- Configuración de tareas
- MAST
 - Encoder_Dreta
 - Encoder_Esquerra
 - Control_sequences
 - Reset_Arribades
 - Password
 - Control_Pantalles
 - Modos_de_treball
 - Temporitzadors
 - Eixides
 - Nom_PLC
 - Red
- Contasenya
- Eixides
 - Eixides (PRG)
- Encoders
 - Encoder_Dreta (PRG)

Dispositivos Aplicaciones Herramientas

Mensajes - total 0 error(es), 14 advertencia(s), 3 mensaje(s)

Precompilación

0 error(es) 14 advertencia(s) 0 mensaje(s)

Último Build 0 0 Precompilar Comprobación de integridad Usuario de proyecto: (nadie)

Estad_Variador_Canal_Dret

Exides

CanalDer

Encoder_Dreta

Encoder_Esquerra

Control_sequences

Herrami...

General

Rt

M

M

-VAR AS

Se

MT R

Er

Di

Ej

Operado

Operado

Otros op

Módulos

Element

Módulos

Rela_Morra

Sequencia_Io_ios_CD

Sequencia_Io_ios_CE

Comptatge_Fruits

Sequencia_CintaSalDer

TRUE

Estat_Variador_Canal_Dret

Estat_Variador_Canal_Esq

Estat_Variador_CintaSalDer

Velocitats_Io_ios

Velocitats_CintaSalDer

false

Avisos

Alarmes

Rela_Reset

Sequencia_Reset

Rela_Reset

Inicialitza_Sequencies_Aut

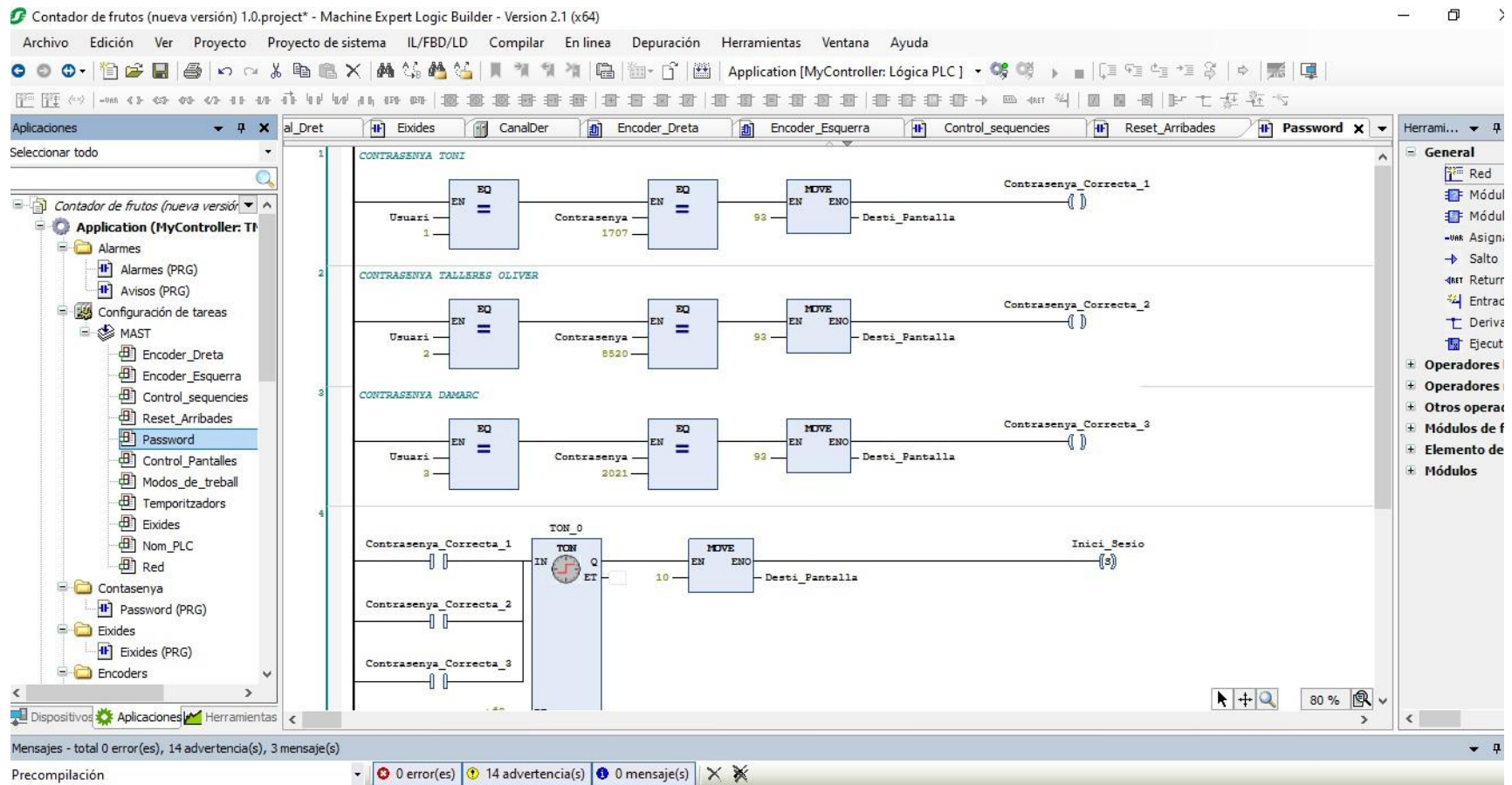
Rela_Reset

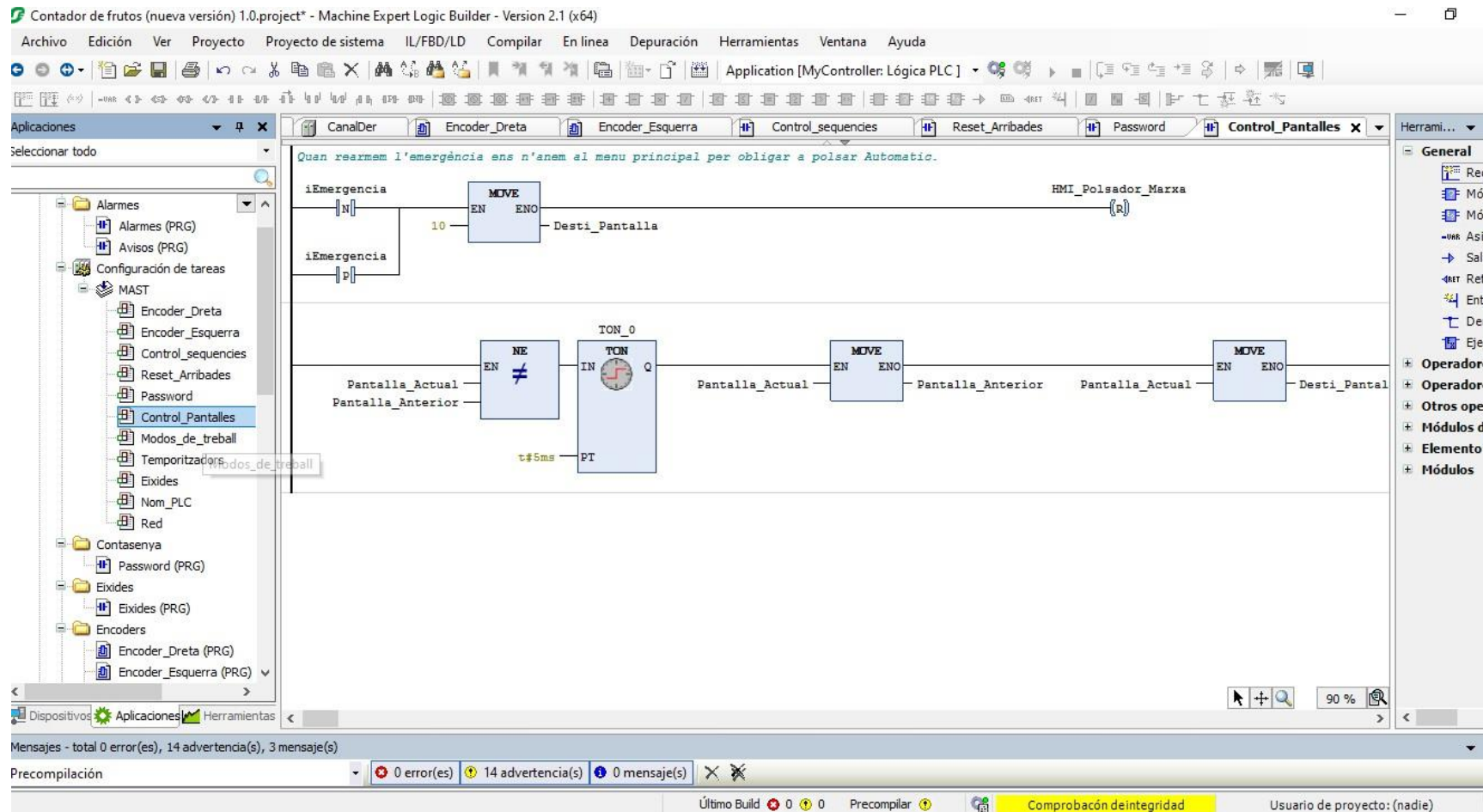
Inicialitza_Sequencies_Reset

Rela_Automatic

Rela_Manual

70 %





Contador de frutos (nueva versión) 1.0.project* - Machine Expert Logic Builder - Version 2.1 (x64)

Archivo Edición Ver Proyecto Proyecto de sistema IL/FBD/LD Compilar En línea Depuración Herramientas Ventana Ayuda

Aplicaciones Seleccionar todo

Contador de frutos (nueva versión)

- Application (MyController: TI)
- Alarmes
 - Alarmes (PRG)
 - Avisos (PRG)
- Configuración de tareas
 - MAST
 - Encoder_Dreta
 - Encoder_Esquerra
 - Control_sequencies
 - Reset_Arrabades
 - Password
 - Control_Pantalles
 - Modos_de_treball**
 - Temporitzadors
 - Eixides
 - Nom_PLC
 - Red
- Contasenya
- Password (PRG)
- Eixides
- Eixides (PRG)
- Encoders

ncoder_Dreta Encoder_Esquerra Control_sequencies Reset_Arrabades Password Control_Pantalles **Modos_de_treball**

1 **Rele d'automàtic**

HMI_pulsador_Automatic RS_0 SET Q1 Rele_Automatic

Rele_Manual RESET1

Rele_Reset

iEmergencia

Rele_Alarma

2 **Rele de Marxa**

Rele_Automatic HMI_Pulsador_Marxa RS_1 SET Q1 Rele_Marxa

HMI_Pulsador_Marxa RESET1

Rele_Automatic

3 **Rele de Manual**

RS_2

Dispositivos Aplicaciones Herramientas

Mensajes - total 0 error(es), 14 advertencia(s), 3 mensaje(s)

Precompilación 0 error(es) 14 advertencia(s) 0 mensaje(s)

Último Build 0 0 Precompilar Comprobación de integridad Usuario de proyecto: (nadie)

22:12 25/01/2026

Contador de frutos (nueva versión) 1.0.project* - Machine Expert Logic Builder - Version 2.1 (x64)

Archivo Edición Ver Proyecto Proyecto de sistema IL/FBD/LD Compilar En línea Depuración Herramientas Ventana Ayuda

Application [MyController: Lógica PLC]

Aplicaciones

Seleccionar todo

- Avisos (PRG)
- Configuración de tareas
 - MAST
 - Encoder_Dreta
 - Encoder_Esquerre
 - Control_sequences
 - Reset_Arribades
 - Password
 - Control_Pantalles
 - Modos_de_treball
 - Temporitzadors
 - Eixides
 - Nom_PLC
 - Red
- Contasenya
 - Password (PRG)
- Eixides
 - Eixides (PRG)
- Encoders
 - Encoder_Dreta (PRG)
 - Encoder_Esquerre (PRG)
 - Zero_Dreta (PRG)
- Estat_dels_VF

codex_Esquerre

Control_sequences

Reset_Arribades

Password

Control_Pantalles

Modos_de_treball

Temporitzadors

Herrami...

General

- R
- M
- M
- A
- S
- R
- E
- D
- E

Operado

Operado

Otros op

Módulos

Element

Módulos

1

2

3

iFoto_Canal_Dret

TON_0

TOF_0

T#1ms

PT

Q

IN

ET

TIM_Foto_Canal_Dret

iFoto_Canal_Esq

TON_1

TOF_1

T#1ms

PT

Q

IN

ET

TIM_Foto_Canal_Esq

Rele_Marxa

P2_Descarrega_CintaSalDer

MarchaCintaSalDer

TON_2

Rele_Reset

P2_Descarr_CintaSalDer_RST

HMI_T_Descar_CintaSalDer

MUL

INT_TO_TIME

PT

100

80 %

Mensajes - total 0 error(es), 14 advertencia(s), 3 mensaje(s)

Precompilación

0 error(es)

14 advertencia(s)

0 mensaje(s)

Último Build 0 0

Precompilar

Comprobación de integridad

Usuario de proyecto: (nadie)

Contador de frutos (nueva versión) 1.0.project* - Machine Expert Logic Builder - Version 2.1 (x64)

Archivo Edición Ver Proyecto Proyecto de sistema IL/FBD/LD Compilar En línea Depuración Herramientas Ventana Ayuda

Application [MyController: Lógica PLC]

Aplicaciones

Seleccionar todo

Avisos (PRG)
 Configuración de tareas
 MAST
 Encoder_Dreta
 Encoder_Esquerra
 Control_sequencies
 Reset_Arribades
 Password
 Control_Pantalles
 Modos_de_treball
 Temporitzadors
 Eixides
 Nom_PL_C
 Red_Eixides
 Contasenya
 Password (PRG)
 Eixides
 Eixides (PRG)
 Encoders
 Encoder_Dreta (PRG)
 Encoder_Esquerra (PRG)
 Zero_Dreta (PRG)
 Estat_dels_VF

Eixides
 CanalDer
 Encoder_Dreta
 Encoder_Esquerra
 Control_sequencies
 Reset_Arribades
 Password

1 EIXIDES DE LA CPU
 Relé_Marxa MarchaCanalIsq qCepillo
 MarchaCanalDer
 Relé_Manual hmi_pol_Cepillo
 2 Relé_Marxa MarchaCanalIsq qConsen_Ent_Fruita
 MarchaCanalDer
 3 qSenyalDescarrega TON_0
 t#50ms
 4 Relé_Marxa P2_Descarrega_CintaSalDer TON_0.Q qSenyalDescarrega
 oSenyalDescarrega

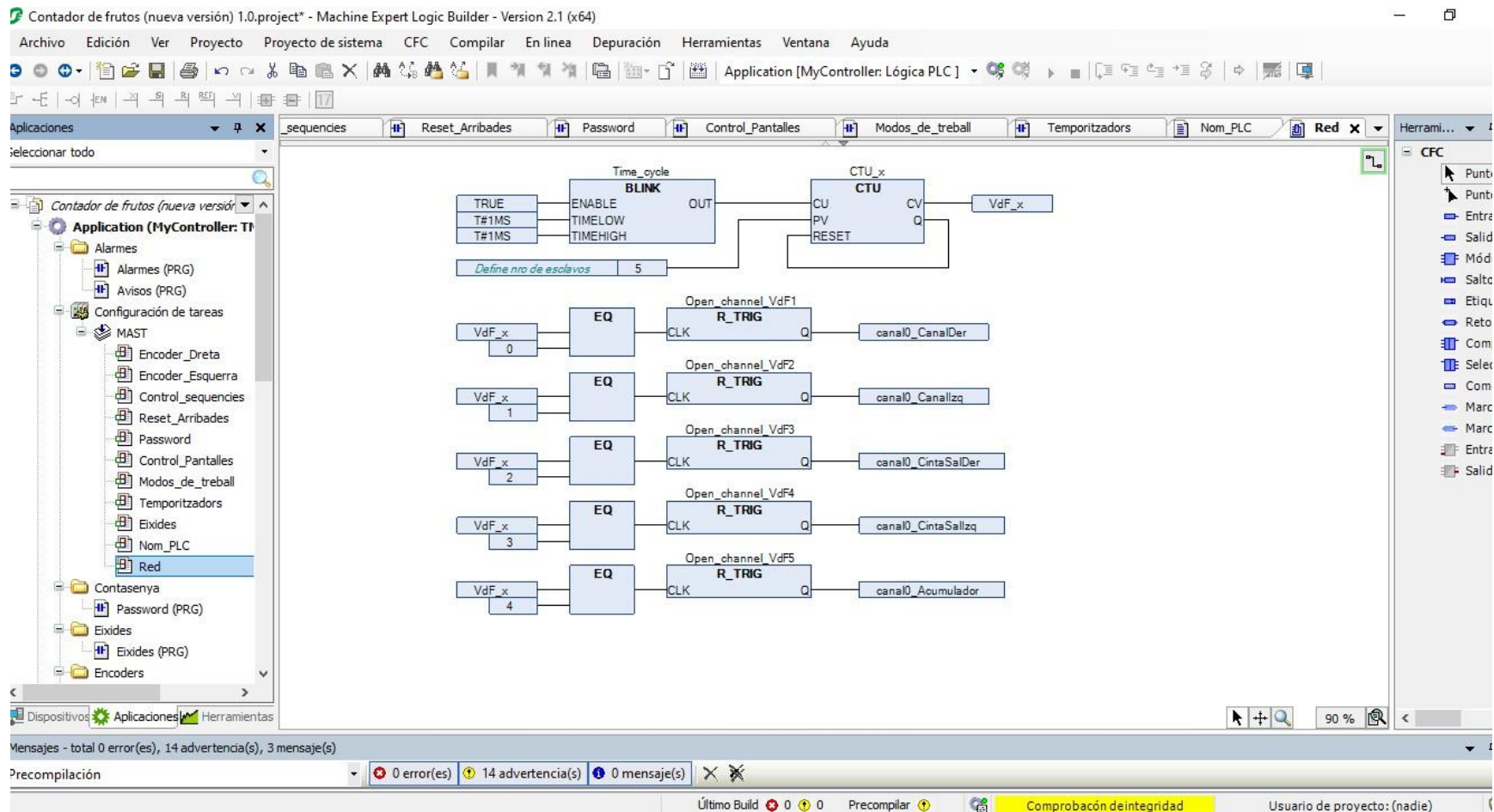
Dispositivos Aplicaciones Herramientas

Mensajes - total 0 error(es), 14 advertencia(s), 3 mensaje(s)

Precompilación

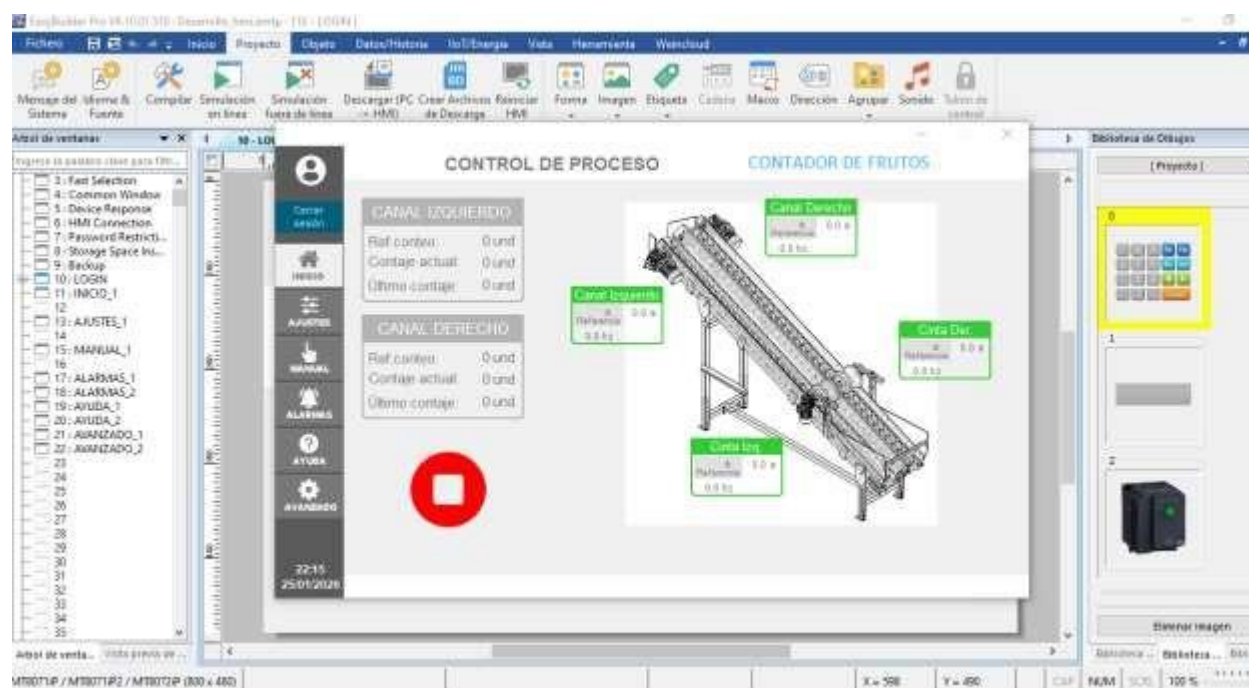
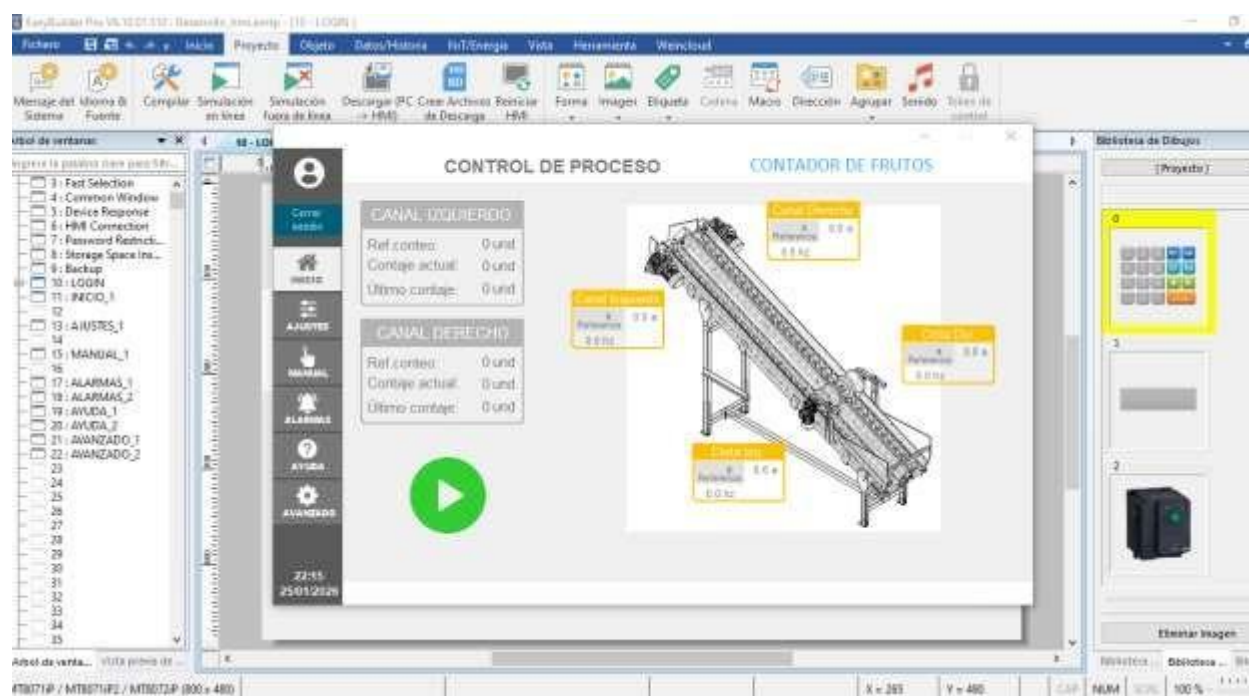
0 error(es) 14 advertencia(s) 0 mensaje(s)

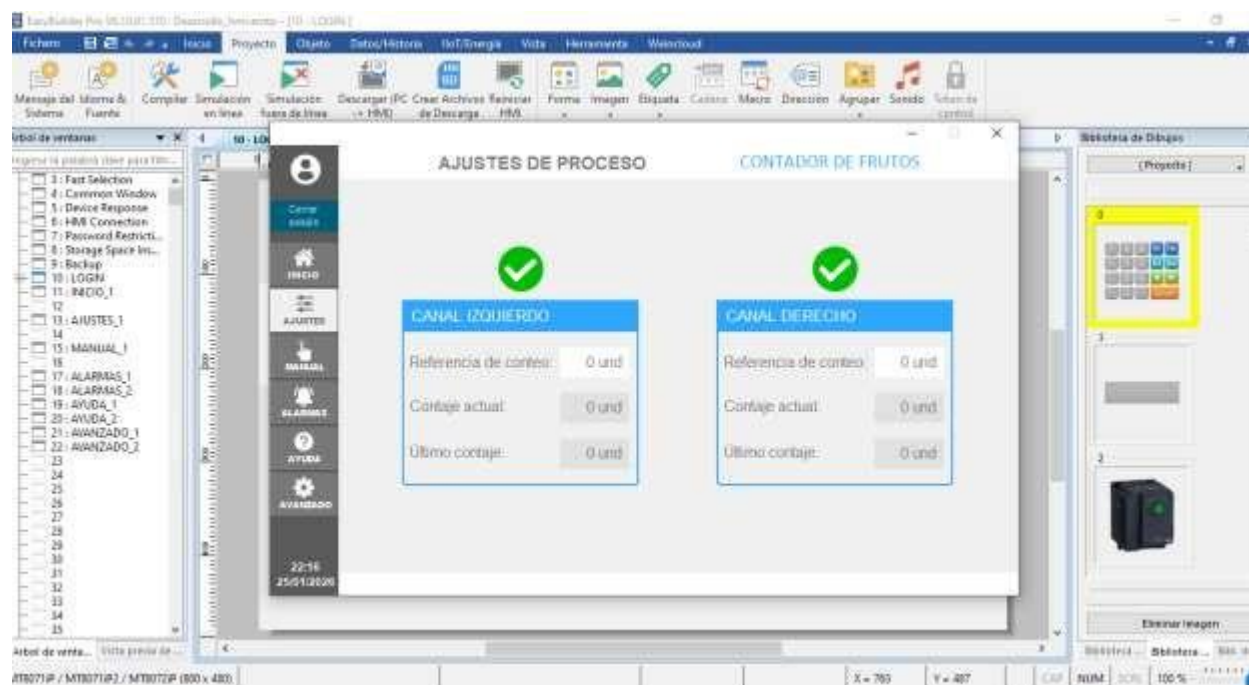
Último Build 0 0 Precompilar Comprobación de integridad Usuario de proyecto: (nadie)



ANEXO 4

4.1 Simulación del diseño.





Ficha técnica del producto

Especificaciones

Controlador M241 c/ Ethernet 40 ES



TM241CE40R

Principal

Gama de producto	Modicon M241
Tipo de Producto o Componente	Automata programable
[Us] Tensión de alimentación	100...240 V AC
de pie conducto	24, entrada discreta 8 entrada rápida acorde a IEC 61131-2 Sp0 1
Tipo de salida digital	Relé Transistor
número de salidas discretas	4 transistor 4 salida rápida 12 relé
tensión de salida	5...125 V CC para salida de relé 5...250 V CA para salida de relé 24 V CC para salida transistor
montado en la pared del conducto	0.1 A para salida rápida (modo PTO) - tipo de cable: TR0...TR3) 2 A para salida de relé - tipo de cable: Q4...Q15) 0.5 A para salida transistor - tipo de cable: TR0...TR3)

Complementario

número de E/S digitales	40
numero de E/S del módulo de expansión	7 - tipo de cable: local 14 - tipo de cable: remoto
Limites tensión alimentación	85...264 V
Frecuencia de Red	50/60 Hz
entrada lógica	Recep. o fuente
tensión de entrada digital	24 V
Tipo de voltaje entrada discreto	CC
estado de tensión 1 garantizado	>= 15 V para entrada
estado de tensión 0 garantizado	<= 5 V para entrada
corriente de entrada discreta	7 mA para entrada
Tapa de conexiones trasero	4.7 kOhm para entrada
tiempo respuesta	50 µs turn-on, 10...115 terminales para entrada
tiempo filtro configurable	1 µs para entrada rápida
lógica de salida discreta	Lógica positiva (fuente)
limites de tensión de salida	125 V CC salida de relé 30 V CC salida transistor 277 V AC salida de relé
frecuencia máxima de salida	1 kHz para salida transistor 20 kHz para salida rápida (modo PWM) 100 kHz para fast output (PLS mode) (1")

Este es un precio de lista. Para conocer el precio de venta consulta con tu distribuidor



MT8071iP

HMI with 7" TFT Display



Features

- Wide input voltage range: 10.5~28VDC
- 7" 800 x 480 TFT LCD, LED Backlight
- Fan-less Cooling System
- Built-in flash memory and RTC
- COM2 RS-485 2W supports MPI 187.5K*
- NEMA4 / IP65 Compliant Front Panel
- Built-in power isolation

Display	Display	7" TFT LCD
	Resolution	800 x 480
	Brightness (cd/m ²)	300
	Contrast Ratio	500:1
	Backlight Type	LED
	Backlight Life Time	>30,000 hrs.
	Colors	16.7M
	LCD Viewing Angle (T/B/L/R)	70/50/70/70
Touch Panel	Pixel Pitch (mm)	0.1928(H) x 0.179(V)
	Type	4-wire Resistive Type
Memory	Accuracy	Active Area Length(X)±2%, Width(Y)±2%
	Flash	128 MB
Processor	RAM	128 MB
		32-bit RISC 800MHz
I/O Port	USB Host	USB 2.0 x 1
	USB Client	N/A
	Ethernet	10/100 Base-T x 1
	COM Port	COM1: RS-232 4W, COM2: RS-485 2W/4W
	RS-485 Dual Isolation	N/A
RTC		Built-in
Power	Input Power	10.5~28VDC
	Power Consumption	1A@12VDC ; 500mA@24VDC
	Power Isolation	Built-in
	Voltage Resistance	500VAC (1 min.)
	Isolation Resistance	Exceed 50MΩ at 500VDC
	Vibration Endurance	10 to 25Hz (X, Y, Z direction 2G 30 minutes)
Specification	PCB Coating	N/A
	Enclosure	Plastic
	Dimensions WxHxD	200.4 x 146.5 x 34 mm
	Panel Cutout	192 x 138 mm
	Weight	Approx.0.52 kg
	Mount	Panel mount
Environment	Protection Structure	NEMA4 / IP65 Compliant Front Panel
	Storage Temperature	-20°~60°C (-4° ~ 140°F)
	Operating Temperature	0° ~ 50°C (32° ~ 122°F)
	Relative Humidity	10% ~ 90% (non-condensing)
Certificate	CE	CE marked
Software	EasyBuilder Pro	V5.05.01 or later versions
	Weincloud	EasyAccess 2.0 (Optional)

*For products with serial number 2208xxxxxx or later, the minimum software requirement for MPI: EasyBuilder Pro V5.07.01