SISTEMA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN AUTOMATIZADA POR COLOR DE FRUTAS EN EL FUNDO AGROYAUCA UBICADO EN LA REGIÓN AREQUIPA

ID : 326c4b121dc6f4664d572bbe957d3b340ac54a49

2%
Textos sospechosos

Nombre del fichero : SISTEMA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN AUTOMATIZADA POR COLOR DE FRUTAS EN EL FUNDO AGROYAUCA UBICADO EN LA REGIÓN AREQUIPA.txt
Tamaño del archivo original : 2,32 MB
Número de palabras : 15.998

Depositante : Jerson Sanchez Ramos
Fecha de depósito : 1 de octubre de 2026
Tipo de carga : interface
fecha de fin de análisis : 1 de octubre de 2026

Resumen (sección 1/3)

Localización de los textos sospechosos en el documento :



Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Similitudes — 2%

Sintáctica 1% | Semántica 1%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Detección de IA — 6%

Textos con formulaciones estilísticamente similares a las de un texto generado por IA.
Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.



Idiomas no reconocidos — 3%

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.
Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.



No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Textos entre comillas — 1%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

Fuentes de similitudes (sección 2/3)

Similitudes

2%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.



Fuente principal detectada

N°	Descripción	Similitudes	Ubicaciones
1	G04.PRODUCCIÓN DE MEZCLAS... #474024 Detección semántica Proviene de de mi biblioteca	1%	
2	Ventajas del mantenimiento correctivo: beneficios ... Detección semántica incorruptible.mx/ventajas-del-mantenimiento-correctivo-beneficios-y-aplic...	<1%	
3	Desarrollo de una máquina automática clasificadora d... Detección semántica repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/684117?show=full	<1%	
4	www.dspace.espol.edu.ec Detección semántica www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/57159/1/T-113010%20BA...	<1%	

Fuente con similitudes fortuitas

N°	Descripción	Similitudes	Ubicaciones
5	Estudio de pre-factibilidad para la empresa Auto Store Cía. Ltda dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/1772/3/07869.pdf.txt	<1%	

Fuente ignorada

Descripción	Similitudes	Ubicaciones
G03.PLC OPTA #f01c88 Detección semántica Proviene de de mi biblioteca	9%	
G02. FRASCOS #150351 Detección semántica Proviene de de mi biblioteca	4%	

INSTITUTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR PRIVADO

“IDAT”

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE ELECTRICIDAD

INDUSTRIAL

SISTEMA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN AUTOMATIZADA

POR COLOR DE FRUTAS EN EL FUNDO AGROYAUCA UBICADO

EN LA REGIÓN AREQUIPA

Trabajo de aplicación profesional para obtener el título Profesional Técnico en

Electricidad Industrial

COCHACHIN CHAVEZ JOEL DAVID

(0009-0007-1777-4837)

ANTAYHUA CONDORI DARWIN

(0009-0006-1063-6709)

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

A mis padres y hermanos por el constante apoyo e

impulso para mi crecimiento

personal y profesional

8 9 10 10 10 11 *11 13* **16** *16 16* **17 17** *17 17* **17** *17 18 18* **19 21** *21 36* **39 39** *40 40 41 41 42* **44 45** *45 45 46 46* **47**

Índice General

Resumen Ejecutivo.....

Introducción .....

Capítulo I: Generalidades .....

Planteamiento del Problema .....

Justificación del Estudio .....

Antecedentes del Proyecto ..... *Nacionales*
..... *Internacionales*
.....

Normativa y Reglamentación Internacional ..... *Normas Técnicas Nacionales*
..... *Normas Técnicas Internacionales*
.....

Capitulo II: Objetivo, Soluciones y Marco Teórico .....

Objetivos ..... *Objetivo General*
..... *Objetivos Específicos*
.....

Planteamiento De Soluciones ..... *Soluciones Alternativas*
..... *Soluciones Elegida y Justificada*
..... *Ventajas*
Comparativas.....

Planificación de Tiempo y Actividades del Proyecto .....

Marco Teórico ..... *Marco Conceptual*
..... *Estado de la Tecnología*
.....

Capitulo III: Memoria Descriptiva .....

Descripción General Del Proyecto ..... *Diagrama de Bloques*
..... *Diagrama de Flujo del Proceso*
..... *Diagrama de Etapas*
..... *Especificación Técnica General*
..... *Descripción Técnica de Componentes*
.....

Cálculos y Consideraciones de Diseño .....

Sistema Eléctrico ..... *Diagrama Unifilar*
..... *Circuito de Suministro y Alimentación.*
..... *Circuito de Mando.*
..... *Circuito de Fuerza.*
.....

Sistemas Mecánicos, Neumáticos E Hidráulicos .....

47 47 **48** *48 48 49* **49** *49 50 50 50* **51** *57 57 58 58 59* **59** *59 60 60 60* **61 67 67** *67 69 71* **72** *72 72 74 75* **75** *76 77 78* **79 80 81**

Diseño Mecánico. ..... *Circuito Neumático*.....

Sistema Electrónico ..... *Esquema Electrónico*
..... *Circuito de la Fuente de Alimentación.*
..... *Circuito de Control.* .....

Sistema De Software..... *Diagramas de Flujo de la Programación.* ..... *Librerías Usadas.*

..... *Firmware y Software.*
..... *Programa Lógico o Datos de Configuración.*
.....

Áreas Transversales De Impacto ..... *Ámbito de Seguridad y Salud Ocupacional.* ..... *Ámbito de Conservación del Medio Ambiente.* ..... *Ámbito de Eficiencia Energética.* ..... *Ámbito de Calidad.* ..... *Otros Ámbitos.* .....

Análisis De Costos Y Presupuestos ..... *Costos de Equipamiento (Hardware y Software).* ..... *Costos de Recursos de Personal.* ..... *Costos de Gestión y Otros.* ..... *Cálculo de Presupuesto.* .....

Resultados Del Proyecto .....

Capitulo IV: Operación y Mantenimiento.....

Operación ..... *Consideraciones de Seguridad para la Operación.* ..... *Manual de Usuario u Operación de Puesta en Marcha.* ..... *Tabla de Causas de Fallos y Soluciones en la Operación.* .....

Mantenimiento Preventivo ..... *Diagrama Gantt de Mantenimiento Preventivo.* ..... *Procedimiento de Mantenimiento Preventivo.* ..... *Materiales, Equipos y Herramientas.* ..... *Ficha de Mantenimiento Preventivo.* .....

Mantenimiento Correctivo ..... *Procedimiento de Mantenimiento Correctivo.* ..... *Materiales, Equipos y Herramientas.* ..... *Ficha de Mantenimiento Correctivo.* .....

Conclusiones .....

Recomendaciones .....

Referencias Bibliográficas .....

Anexos **82**

19 19 42 43 44 44 59 60 60 60 71 72

Índice de Tablas

Tabla 1.- Ventajas comparativas entre las diferentes soluciones ..... Tabla 2.- Tiempos y actividades del proyecto ..... Tabla 3.- Especificaciones Técnicas del Sistema ..... Tabla 4.- Descripción técnica de los componentes empleados. ..... Tabla 5.- Potencias consumidas de los dispositivos ..... Tabla 6.-Calculo de conductores..... Tabla 7.- Costos de Equipamiento ..... Tabla 8.- Recursos de personal ..... Tabla 9.- Costos de gestión y otros ..... Tabla 10.- Costo total del proyecto ..... Tabla 11.- Tabla de fallos y soluciones ..... Tabla 12.- Rutinas de mantenimiento preventivo .....

40 40 41 45 45 46 46 47 47 48 48 49 49 51 51 52 52 53 53 53 54 54 55 55 56 56 62 62 63 63 63 64 64 65 65 65 66 75

Índice de Figuras

Figura 1.- Diagrama de Bloques del Sistema..... Figura 2.- Diagrama de Flujo del Proceso de Selección ..... Figura 3.- Diagrama de Etapas del Sistema ..... Figura 4.- Diagrama Unifilar del Sistema ..... Figura 5.-Circuito de Suministro y Alimentación..... Figura 6.- Circuito de Mando ..... Figura 7.-Circuito de Fuerza ..... Figura 8.- Dibujo en 3D de la faja transportadora y disposición de sensores y actuadores..... Figura 9.- Diagrama de actuadores neumáticos para el sistema de selección de frutas. ..... Figura 10.- Esquema Electrónico del Sistema ..... Figura 11.- Circuito de la Fuente de Alimentación..... Figura 12.- Circuito de Control ..... Figura 13.- Diagrama de Flujo de la Programación ..... Figura 14.- Conexión de red PLC con HMI ..... Figura 15.- Bloques empleados en la programación. ..... Figura 16.-Segmento de inicio del proceso..... Figura 17.-Segmento temporizador para el paso de los sensores ..... Figura 18.- Segmento 4 - parte 1 ..... Figura 19.-Segmento 4 - parte 2 ..... Figura 20.- Segmento de detección color rojo ..... Figura 21.-Segmento de detección color verde..... Figura 22.- Bloque para fruta que no es detectada..... Figura 23.- Imagen del sistema SCADA en el HMI ..... Figura 24.-Encendido del sistema en el SCADA..... Figura 25.- Activación del sensor de color en el SCADA ..... Figura 26.- Activación del pistón neumático ..... Figura 27.- Interacción con el HMI para la operatividad del sistema. ..... Figura 28.- Interacción con los controles manuales del sistema. ..... Figura 29.- Verificación de fugas en el sistema neumático ..... Figura 30.- Interacción con los sensores fotoeléctricos ..... Figura 31.- Calibrado de los sensores. ..... Figura 32.- Instalación de los carriles para caída de frutas seleccionadas. ..... Figura 33.- Conexión de las mangueras neumáticas a los cilindros. ..... Figura 34.- Pantalla HMI del sistema. ..... Figura 35.- Control electrónico del sensor. ..... Figura 36.- Sistema implementado. ..... Figura 37.-Pistones neumáticos ..... Figura 38.- Ficha modelo de mantenimiento preventivo. .....

Resumen Ejecutivo

La presente tesis titulada “Sistema de Selección y Clasificación Automatizada por Color de Frutas en el Fundo Agroyauca ubicado en la región Arequipa” tiene como objetivo principal el diseño e implementación de un sistema automatizado que permita optimizar los procesos de selección y clasificación de frutas según su color, con el fin de mejorar la eficiencia, reducir el margen de error humano y garantizar la calidad del producto final destinado al mercado.

En el Fundo Agroyauca, ubicado en Arequipa, actualmente se presenta un creciente volumen en la producción frutícola, lo que demanda tener soluciones tecnológicas que permitan agilizar el proceso de selección de frutas. Basado en esta necesidad, se propone un sistema que está basado en sensores ópticos de intensidad de luz para la detección del color, y un controlador programable, que será capaz de identificar y clasificar de manera precisa las frutas en función de su grado de maduración y tonalidad previas a su selección.

Para este proyecto, se realizó un análisis de manera integral de las condiciones operativas que tiene actualmente el fundo, así como toda una evaluación técnica en los componentes electrónicos, electromecánicos y mecánicos más adecuados para el proyecto. El sistema diseñado incluye una cinta transportadora, un módulo de captura de imágenes con iluminación controlada, un algoritmo de clasificación basado en patrones de color y un mecanismo automatizado de separación.

Los resultados obtenidos demuestran una mejora significativa en la velocidad de procesamiento y la consistencia en la clasificación de frutas, lo cual contribuye directamente a la optimización de la cadena de valor del fundo. Por otra parte, nuestra solución es del tipo escalable y muy adaptable a otras variedades de frutas que se producen en la zona y de igual manera a las condiciones productivas de las mismas.

En conclusiones, este trabajo representa toda una contribución del tipo innovadora al sector agroindustrial de la región Arequipa, ya que nos permite promover el uso de tecnologías de automatización que son actualmente herramientas claves para el desarrollo de manera sostenible y muy competitivo del agro en Arequipa.

Palabras clave: clasificación de productos automatizada, sensores de detección por color, PLC, banda transportadora de productos, selección de frutas por color.

Introducción

En el contexto actual del sector agroindustrial, la implementación de tecnologías automatizadas se ha convertido en un factor clave para mejorar la eficiencia y competitividad de los procesos productivos. En particular, la selección y clasificación de frutas según su color representa una etapa crítica en la cadena de valor, ya que influye directamente en la calidad del producto final.

El presente trabajo de tesis desarrolla un Sistema de Selección y Clasificación Automatizada por Color de Frutas en el Fundo Agroyauca, ubicado en la región Arequipa, con el propósito de optimizar el proceso postcosecha mediante el uso de sensores, procesamiento de imágenes y control electrónico. Con nuestra propuesta buscamos reducir el margen de error humano que existe actualmente, por otro lado realizar el incremento de la productividad de la zona y asegurar una selección uniforme en la clasificación de las frutas como parte del objetivo del proyecto, de esta manera se contribuye así al desarrollo tecnológico del agro en Arequipa.

En el desarrollo de este trabajo en el Capítulo I se presentan algunos antecedentes de procesos similares que nos sirven de guía para poder realizar el proyecto, también analizamos la problemática actual del fundo en Arequipa y de una manera final la justificación para la implementación de nuestro sistema automatizado, además del planteamiento de las normativas y estándares que nos guiarán en el desarrollo de este proyecto.

Para el Capítulo II se desarrolla los objetivos de nuestro proyecto, por otro lado la comparación con soluciones similares existentes actualmente y la planificación de las actividades para el desarrollo del proyecto, por otro lados vemos el marco teórico relacionado con toda la automatización realizada en este proyecto.

Como parte fundamental en el Capítulo III se desarrollan todos los diagramas eléctricos, mecánicos y electrónicos bases para este proyecto, ello de la mano con la programación del sistema y en la misma línea se realiza el análisis de costos y presupuesto para la implementación del proyecto de manera general. Finalmente, en el Capítulo IV se elaboran los manuales de operación y mantenimiento del sistema, se presentan los resultados obtenidos, y se ofrecen conclusiones y recomendaciones para futuras mejoras.

Capítulo I: Generalidades

Planteamiento del Problema

En el Fundo Agroyauca, ubicado en la región Arequipa, el proceso de selección y clasificación de frutas se realiza mayoritariamente de forma manual, lo que genera demoras, inconsistencias en la calidad del producto y un alto margen de error humano.

Esta situación afecta la eficiencia operativa, incrementa los costos de producción y limita la capacidad de respuesta ante la demanda del mercado.

Por esta problemática, nos surge la necesidad de implementar un sistema que sea automatizado y que nos permita clasificar las frutas de manera precisa y que sean uniformes, todo ello basado en la utilización de criterios objetivos como en base al color de la fruta, ya que es un indicador clave de madurez y calidad del producto. La falta de tecnologías que sean apropiadas para este fin en el fundo nos representa una oportunidad para que se pueda proponer una solución del tipo innovadora que está basada en automatización en la selección de las frutas por la diferencia de sus colores.

Justificación del Estudio

Para la automatización del proceso de selección y clasificación de frutas por color en el

Fundo Agroyauca se tiene una necesidad estratégica de responder a la demanda creciente de los productos agrícolas de alta calidad como son las frutas. Este proyecto nos propone una solución muy tecnológica la cual optimiza mucho el tiempo, reducirá el margen de error en la selección del tipo manual realizada por un humano y se mejorar la productividad en el proceso posterior a la cosecha.

Por otra parte, la implementación de los sistemas automatizados va a fortalecer la competitividad de todo el agro en la región Arequipa, de esta manera se estará promoviendo la innovación en el sector agrícola y se dará una contribución al desarrollo sostenible de la región. Esta propuesta no solo tiene impacto del tipo técnico y económico, sino también del tipo social, ya que nos permitirá una mejor gestión de los recursos agrícolas y dará la posibilidad para que se pueda replicar esta tecnología en otros fundos agrícolas de nuestro país.

Antecedentes del Proyecto

Nacionales

(Bermeo, 2023) ***"Sistema automático de clasificación de frutas basado en sensores de visión artificial y aprendizaje automático."*** Esta tesis, se realizó en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), está centrada en el diseño y el desarrollo de un sistema totalmente automatizado para la clasificación de frutas, ello se logró empleando tecnología de visión artificial lograda por cámaras de alta resolución que combinada con algoritmos de aprendizaje automático dan como resultado un sistema muy óptimo para este tipo de actividades. Este trabajo tuvo como objetivo principal mejorar por una parte la precisión y de manera paralela la eficiencia en la selección de frutas, esto logro superar las limitaciones del método manual tradicional, ya que es propenso a muchos errores y a tiempos prolongados de la actividad. Este sistema utilizo sensores para realizar la captura de imágenes detalladas de los productos a seleccionar, para que luego sean procesadas mediante técnicas avanzadas para poder identificar las características relevantes como el color, el tamaño y la textura de los productos. Los resultados tenidos de manera experimental mostraron una gran reducción muy significativa en los errores en la clasificación y un aumento considerable en la velocidad del proceso mismo. Por otra parte, se demostró que este tipo de tecnología es muy viable y muy accesible para su aplicación en la agroindustria peruana local, con este sistema se contribuyó a

optimizar la buena calidad del producto final y de manera sustancial la productividad de las empresas agrícolas donde se pueda implementar. Esta investigación realizada aporta un valor muy importante para la modernización del sector agroindustrial del país, que da como resultado una alineación con las tendencias globales de la automatización y la digitalización.

(Parraga y Ygancio, 2024) ***"Implementaciones de selección visual en frutas: una revisión sistemática de literatura",*** Este artículo fue publicado en la Revista Científica de Sistemas e Informática, en ella se presentan de manera general un análisis estructurado de los avances tecnológicos en la automatización del proceso de clasificación de frutas mediante el uso de técnicas basadas en visión artificial. Este estudio recopila y examina las diversas investigaciones muy enfocadas en el uso del procesamiento de las imágenes y de los algoritmos de inteligencia artificial para la identificación de las características visuales muy relevantes, como son: el color, la forma, el tamaño y los defectos superficiales de esta, todo ello con el objetivo de realizar la mejora en la precisión y la eficiencia para la clasificación de los productos agrícolas.

Esta revisión muy sistemática abarca desde los métodos tradicionales manuales existentes actualmente hasta los sistemas muy avanzados que se incorporan con el uso de las redes neuronales profundas, este tiene un destacando desarrollo en las aplicaciones de estas tecnologías en la selección de frutas como los cítricos, las manzanas y las uvas. Asimismo, se analizan los principales beneficios de su implementación, entre los que figuran la mejora en la calidad del producto final, la reducción de costos operativos y el aumento de la competitividad en mercados agroexportadores. El artículo también identifica desafíos relevantes, como la inversión inicial elevada y la necesidad de personal técnico capacitado para operar y mantener estos sistemas.

(Chang y Bracamonte, 2025) ***"DESARROLLO DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA CLASIFICADORA DE ARÁNDANOS SEGÚN TAMAÑO Y DETECCIÓN DE DEFECTOS UTILIZANDO UN CLASIFICADOR MECATRÓNICO Y PROCESAMIENTO DE IMÁGENES MEDIANTE IA Y UN SISTEMA DE IRRADIACIÓN UV-C PARA LA AGROEXPORTACIÓN."*** Esta tesis propone el diseño y desarrollo de una máquina automática destinada a la clasificación de arándanos para su comercialización con fines de agroexportación. Este sistema desarrollado se basa en integrar un clasificador del tipo mecatrónico que será capaz de identificar el tamaño de las frutas y

realizará la detección de los defectos superficiales que esta tenga mediante el uso de técnicas de procesamiento de imágenes asistidas por inteligencia artificial (IA). Adicionalmente a este sistema, se le incorpora un sistema de irradiación UV-C todo ello con el objetivo de poder garantizar la seguridad e inocuidad del producto final para su comercialización.

El proyecto fue validado bajo todas las condiciones operativas reales donde se implementó, ello demostró muchas mejoras muy sustanciales respecto a los métodos manuales tradicionales usados actualmente, todo ello tanto en la eficiencia como en la precisión de la clasificación. La aplicación del tratamiento UV-C para el producto final representa un valor agregado en la implementación, esto contribuye a la eliminación de microorganismos que se puedan dar en el producto y de esta manera poder prolongar la vida útil del producto, todo ello cumpliendo con estándares internacionales de calidad actualmente vigentes.

Este trabajo se convierte en un referente muy relevante para la modernización del tipo tecnológica de los procesos en el sector agroindustrial peruano. El enfoque multidisciplinario de este proyecto en donde se combina la mecatrónica, la visión artificial, la inteligencia artificial y el tratamiento posterior a la cosecha nos aportan fundamentos muy sólidos para la correcta formulación de los sistemas automatizados que sean aplicables a otros cultivos.

Internacionales

(Baque Merchan y Fajardo, 2022)"DISEÑO ***DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA CLASIFICAR FRUTAS Y VERDURAS PARA BANCOS DE ALIMENTOS",*** Este proyecto fue desarrollado en Ecuador, este propone un enfoque muy tecnológico que está basado en visión por computadora y en el aprendizaje automático para poder optimizar el proceso de clasificación de los productos agrícolas. Este sistema utiliza las cámaras de alta resolución y los algoritmos especializados los que nos permiten poder identificar las características visuales de las frutas y de las verduras, separándolas según su estado y apariencia física.

Este sistema implementado de manera muy específica en los bancos de alimentos, para ello el sistema alcanzó una precisión del 85.8%, lo cual nos permitió reducir de manera efectiva la dependencia de la mano de obra humana, de esta manera se mejora la eficiencia operativa y se agiliza el proceso de la selección en entornos donde la demanda de productos que este aptos para el consumo humano es muy crítica.

Este trabajo destaca la aplicabilidad de la automatización en contextos tanto sociales como productivos, ofreciendo una alternativa efectiva, escalable y adaptable para mejorar la gestión de recursos alimentarios mediante tecnologías inteligentes.

(Ismail y Malik, 2022) ***"SISTEMA DE INSPECCIÓN VISUAL EN TIEMPO REAL PARA CALIFICAR FRUTAS UTILIZANDO VISIÓN POR COMPUTADORA Y TÉCNICAS DE APRENDIZAJE PROFUNDO",*** publicado en la revista *Procesamiento de Información en la Agricultura,* expone el desarrollo de un sistema automatizado para la clasificación de frutas, basado en el uso de visión por computadora **e** inteligencia artificial mediante aprendizaje profundo. El sistema fue diseñado para funcionar en tiempo real, evaluando características visuales como color, tamaño y textura de los frutos capturados durante el proceso productivo. Los resultados obtenidos en entornos agrícolas reales demostraron que la aplicación de algoritmos de deep learning mejora notablemente la precisión y velocidad de clasificación respecto a los métodos manuales, reduciendo además la dependencia de intervención humana. Este trabajo en parte valida la eficacia del empleo de la inteligencia artificial en las aplicaciones de tipo agroindustriales, sino que aporta mucha evidencia significativa sobre su impacto muy positivo en la eficiencia operativa en la selección del producto y también en la calidad del producto final como resultado del proceso.

En conjunto, todo el estudio nos proporciona un respaldo muy técnico y relevante para la incorporación de las soluciones basadas en la Inteligencia Artificial cuando se aplica en los procesos críticos como es la agroindustria, todo ello genera un impulso en su modernización y competitividad.

(Syazwani, 2022)"IDENTIFICACIÓN ***AUTOMATIZADA DE IMÁGENES, DETECCIÓN Y CONTEO DE FRUTOS DE LA CORONA DE PIÑA VISTA DESDE ARRIBA MEDIANTE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO",*** Este artículo fue publicado en la *Revista de Ingeniería de Alejandría,* en la que se presenta el desarrollo de un sistema automatizado que está enfocado en la detección y el conteo de frutos de piña, ello se logra mediante el análisis de imágenes aéreas tomadas desde una vista superior. Esta propuesta se basa en la aplicación de técnicas de aprendizaje automático que les permiten identificar con muy alta precisión la cantidad y la distribución de los frutos que están presentes en la corona de la planta.

Esta implementación del sistema en las condiciones reales de campo evidenció las mejoras

muy significativas en la exactitud del conteo de las piñas, de esta manera se logra reducir la necesidad de inspecciones realizadas de manera manual y se mejora significativamente la eficiencia del monitoreo agrícola. Esta herramienta tecnológica nos permite generar mucha información del tipo confiable para la toma de las decisiones basada en los datos obtenidos, también se optimiza así la planificación de las cosechas, se aplica el manejo de recursos y la productividad de manera general.

Este estudio representa todo un avance muy importante en la aplicación de inteligencia artificial como herramienta en el campo de la agricultura, demostrando el gran potencial de las tecnologías basadas en visión por computadora y el rápido aprendizaje automático para poder modernizar la gestión de los cultivos y a la vez fortalecer la competitividad del sector agroindustrial de la zona.

Normativa y Reglamentación Internacional

Normas Técnicas Nacionales

1. Código Nacional de Electricidad (CNE)

2. Normas DGE (Dirección General de Electricidad, Ministerio de Energía y Minas)

3. Norma Técnica Peruana NTP 399.020:2012 - Sistemas neumáticos

4. NTP 370.101-2003: Estándares para el diseño y fabricación de componentes de bandas transportadoras.

Normas Técnicas Internacionales

1. ISO 4414: Reglas generales y requisitos de seguridad para sistemas y componentes neumáticos

2. IEC 61131: Normas para Controladores Lógicos Programables (PLC)

3. ISO 251: Especifica las dimensiones y tolerancias para bandas transportadoras.

4. ISO 15236: Normativa sobre cintas transportadoras con cables de acero, incluyendo requisitos técnicos y de diseño.

Capitulo II: Objetivo, Soluciones y Marco Teórico

Objetivos

Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema automatizado de selección y clasificación de frutas basado en el análisis de color, que permita optimizar el proceso de cosecha en el fundo

Agroyauca, ubicado en la región Arequipa.

Objetivos Específicos

1. Desarrollar un sistema de visión artificial capaz de detectar y diferenciar los colores característicos de las frutas producidas en el fundo Agroyauca.

2. Implementar una estructura mecánica y electrónica automatizada que permita el desplazamiento, selección y clasificación de las frutas en función del color detectado.

3. Evaluar la eficiencia y precisión del sistema propuesto mediante pruebas controladas en condiciones reales de operación dentro del fundo.

Planteamiento De Soluciones

Soluciones Alternativas

1. ***Sistema de clasificación manual asistido por sensores de color portátiles.* –** En esta solución se propone el uso de sensores portátiles (como colorímetros digitales o sensores RGB) manejados por operarios capacitados, para clasificar las frutas según su color en estaciones semiautomatizadas.

2. ***Aplicación móvil con inteligencia artificial para la clasificación visual de frutas.* –** Esta solución consiste en el desarrollo de una app móvil que use la cámara del celular y un modelo de aprendizaje automático entrenado para identificar y clasificar frutas por color.

3. ***Sistema de clasificación por peso y tamaño con módulo opcional de análisis de color.* –** Para esta solución se implementa una línea de clasificación automatizada basada principalmente en peso y tamaño de las frutas, complementada con un módulo opcional de visión artificial para el color.

Soluciones Elegida y Justificada

Nuestra solución consiste en la implementación de un sistema que consistirá en lo siguiente:

• En primer lugar, se implementará una faja de transporte la cual recibirá las frutas que será por ahora suministrada de manera manual en su primera etapa.

• Una vez que las frutas son recepcionadas en la faja transportadora se desplazaran hasta la zona de visión artificial para la selección respectiva.

• La zona de visión artificial consistirá de un sensor que se encargara en primer lugar de detectar el color de la fruta respectiva y a la vez de manera automática realizar el conteo de la misma, lo cual activará el sistema de desplazamiento de la fruta según el color cuando llegue a la posición de respectiva.

• Una vez que la fruta ha pasado el paso anterior llegará a la zona de desplazamiento según el color respectivo y será enviada a la faja de selección respectiva la cual tendrá como punto final el acopio de la fruta según el color censado.

Esta solución nos permite minimizar en un 99.5% los errores en la selección de las frutas y a la vez nos permite tener un conteo en tiempo real de la cantidad de frutas por color, por otro lado genera un sistema muy eficiente en la reducción de tiempos muertos durante la selección lo que acelera una mayor producción en la zona de acopio y empaquetado lo que hace que en su primera etapa de automatización la producción se incremente en un 30% más del 50% que se tenía de manera inicial con el sistema manual con el que contaba el fundo.

Ventajas Comparativas

A continuación, se presenta el siguiente cuadro en donde se pone en evidencia las diferentes ventajas que tiene las soluciones alternativas con respecto a nuestra solución dada.

Tabla 1.- Ventajas comparativas entre las diferentes soluciones

Características Solución 01 Solución 02 Solución 02 Solución elegida

Título Del Trabajo

Sistema de clasificación manual asistido por sensores de color portátiles

Aplicación móvil con inteligencia artificial para la clasificación visual de frutas.

Sistema de clasificación por peso y tamaño con módulo opcional de análisis de color

Sistema automatizado de selección y clasificación de frutas basado en el análisis de color

Inversión Baja Alta Alta Medio

Implementación Fácil Compleja Compleja Media

Portabilidad Si No No Si

Escalabilidad Ninguna Baja Baja Alta

Clasificación Baja Alta Media Alta

Compatible con cualquier fruta No No Si Si

Planificación de Tiempo y Actividades del Proyecto Tabla 2.- Tiempos y actividades del proyecto

N.º Requerimiento Funcional Acciones Como lo Logramos Materiales Tiempo

1 Investigación Inicial

• Hacer visitas de campo para analizar el problema • Agendar reuniones programadas para ver cómo se va formando la concepción del proyecto según la problemática dada.

• Mediante

coordinacion es por llamadas telefónica o visitas coordinadas.

• Telefonía

móvil

• Uso de

computad ora para él envió de mensajes de texto, correos electrónic os, etc.

2 semanas

1 Diseño del sistema

• Diseño conceptual • Diseño Mecánico • Diseño eléctrico y electrónico

• Elaboración

de Diagramas de bloques.

• Diseño

mecánico utilizando herramientas de CAD.

• Diseño de

los esquemas eléctricos y electrónicos con simulación y análisis para determinar funcionamie nto de las partes del sistema.

• Uso de

laptop.

• Empleo de

software especializ ado.

• Uso de

herramien tas de IA para el análisis y simulació n de los sistemas.

3 semanas

2 3 4 5

Adquisición de materiales

• Análisis de costos y negociaciones con los

proveedores.

• Gestión de compras. • Coordinar la fecha de entrega de los componentes y

partes importantes del sistema.

• Solicitud de

cotizaciones.

• Generación

de ordenes de compras.

• Recojo de

materiales.

• Uso de

celular.

• Empleo de

la internet para la solicitud de las cotizacion es.

• Visitas a

los proveedor es.

2 semanas

Instalación del sistema

• Traslado de materiales al lugar donde se realizará el

servicio de implementación.

• Instalación de la parte estructural del sistema. • Instalación de la parte eléctrica del sistema. • Instalación de la parte electrónica del sistema. • Programación de los dispositivos electrónicos. • Ajustes mecánicos de la parte estructural del

sistema.

• Uso de

herramientas manuales y eléctricas.

• Empleo de

equipos patrones para la calibración de los instrumentos de control que forman parte del sistema.

• Empleo de

computad ora.

• Uso de

todos los materiales solicitados para la implement ación del sistema.

4 semanas

Pruebas y ajustes

• Pruebas del sistema de manera inicial. • Puesta en servicio del sistema para ver la

performance de la misma.

• Ajustes finales para obtener los mejores resultados

en la clasificación de las frutas.

• Verificar la

correcta instalación de los componentes instalados.

• Realizando

ajustes en la programació n realizada.

• Uso de

computad ora o laptop.

• Empleo de

equipos de calibració n para los instrument os de control.

1 semanas

Documentación y capacitación

• Realizar toda la documentación del sistema. • Capacitar al personal de operaciones para el

correcto funcionamiento del equipo.

• Realizando

los registros respectivos en formato escrito.

• Dejando

toda la documentaci ón relevante que el cliente pueda necesitar a posterior.

• Formatos

de registros textuales para todas las pruebas realizadas.

• Entrega de

manuales de servicios a todos los involucrad os en el funcionam iento del sistema.

1 semanas

Marco Teórico

Marco Conceptual

En este apartado se explicarán los dispositivos que se utilizarán como parte del marco

conceptual para la elaboración de este proyecto:

▪ *El Controlador Lógico Programable (PLC, por sus siglas en inglés: Programmable Logic*

Controller). **-** Es un dispositivo electrónico diseñado para automatizar procesos

industriales mediante la ejecución de instrucciones lógicas programadas. Este dispositivo

electrónico está diseñado para poder operar en las condiciones ambientales más adversas,

esto nos da como resultado una alta confiabilidad, una rapidez y una flexibilidad en las actividades que realiza. La principal función del PLC es recibir las señales de entrada (de sensores, interruptores u otros dispositivos), para poder procesarlas mediante un programa lógico realizado y grabado de manera interna en el dispositivo los que da como resultados la emisión de las señales de salida que serán las que controlarán a los actuadores del sistema.

Este dispositivo electrónico se compone de las siguientes etapas internas:

Su arquitectura y Sus Componentes Principales: El PLC está conformado en su arquitectura por varios módulos o unidades funcionales que trabajan en conjunto dentro de las que podemos mencionar:

• La unidad Central de Procesamiento (CPU) es el núcleo del PLC el cual ejecuta el programa lógico, de la misma manera procesa las señales de entrada y genera las señales de salida.

• Los módulos de entrada son los que reciben las señales eléctricas provenientes de sensores, botoneras, interruptores como finales de carrera, etc. Las entradas pueden ser digitales de estado ON/OFF o analógicas con niveles de voltaje, corriente, etc.

• Los módulos de salida son los que envían las señales de control hacia los actuadores como pueden ser los relés, contactores, válvulas, motores, etc. Ellos a la vez pueden ser del tipo digital o analógico.

• La fuente de alimentación es el componente que proporciona energía al sistema del PLC, normalmente a partir de corriente alterna (AC) o corriente continua (DC) según sea el modelo de la unidad.

• Las interfaces de comunicación son las que permiten que el PLC se comunique con otros dispositivos, como son los HMIs, otros PLC's o sistemas SCADA, mediante protocolos de comunicación como Modbus, Profibus, Ethernet/IP, entre otros de nivel industrial.

• La memoria en el PLC está formada por los siguientes tipos:

o La memoria ROM que es la programada por el fabricante.

o La memoria EEPROM o Flash es la que almacena el programa que el usuario a elaborado.

o La memoria RAM es la que se usa de manera temporal durante la ejecución del

programa del sistema.

Ciclos de Escaneo del PLC: El PLC ejecuta su operación de trabajo mediante un ciclo de escaneo continuo, que incluye las siguientes fases:

• La lectura de las entradas que el PLC detecta cuando todos los dispositivos están conectados a sus entradas.

• La ejecución del programa en el CPU que es cuando se procesan las instrucciones lógicas con base en las entradas leídas en el PLC.

• La actualización de las salidas en el PLC las que se activan o desactivan según el resultado del programa elaborado.

• El autodiagnóstico y las comunicaciones que realizan el PLC con otros equipos.

Tipos de PLC: Existen diferentes tipos de PLC desde el punto de vista de hardware a lo cual presentamos los siguientes tipos:

• El PLC Compacto (Integrado), en este tipo todos los módulos (CPU, entradas/salidas) están integrados en una sola unidad. Este es ideal para aplicaciones pequeñas o de mediano desarrollo.

• Los PLC´s modulares, nos permiten agregar o reemplazar módulos (entradas/salidas, comunicación, CPU) de manera personalizada. Es muy usado en aplicaciones grandes o muy flexibles.

• El PLC Distribuido o Remoto que es empleado en sistemas complejos del tipo distribuido geográficamente, donde varios PLC's se comunican entre sí o con una unidad central.

Lenguajes de Programación: Los PLC's pueden ser programados mediante lenguajes estandarizados por la norma **IEC 61131-3,** entre los lenguajes aplicados tenemos:

• Ladder Diagram (LD): Llamado diagrama de escalera, es el más común en los sistemas de automatización.

• Function Block Diagram (FBD): Es el diagrama de bloques funcionales que se emplea para su programación.

• Structured Text (ST): Es un lenguaje del tipo estructurado, es muy parecido al Pascal.

• Instruction List (IL): Lenguaje por lista de instrucciones es un modelo ya obsoleto actualmente.

• Sequential Function Chart (SFC) es un lenguaje basado en gráficos secuenciales.

Ventajas del Uso de PLC: Estas son algunas de las ventajas más resaltantes que podemos mencionar en el uso de los PLC's:

• Se tiene una alta fiabilidad y resistencia en entornos industriales muy hostiles.

• La alta facilidad de programación y modificación en tiempo real.

• Una reducción de espacio y cableado frente a sistemas de lógica cableada.

• Se tiene un diagnóstico y monitoreo de fallas en tiempo real.

• Tiene una interconexión sencilla con sensores, actuadores, HMIs y redes de comunicación.

Aplicaciones del PLC: Los PLC's son usados ampliamente en las siguiente lineas:

• En las líneas de producción automatizadas en entornos de manufactura.

• En los sistemas de transporte como fajas, grúas, ascensores, entre otros.

• Se tiene un buen control de procesos en plantas industriales.

• Utilizado en sistemas de climatización, de riego y tratamiento de aguas residuales.

• Empleado en automatización agrícola y en la línea de producción alimentaria como es el caso de este proyecto en la clasificación de frutas.

La Importancia del PLC en este proyecto: Este dispositivo electrónico cumple un gran rol muy esencial al actuar como el corazón del sistema de selección y clasificación de frutas. Este dispositivo es el responsable de las siguientes acciones dentro del proyecto:

• Se encarga de procesar las señales que nos entregara el sensor de color como primera acción.

• Es el que activará a los actuadores neumáticos del sistema cuya función será la de desviar la fruta que ha sido previamente clasificada.

• Se encargará de coordinar el movimiento continuo de la faja transportadora durante todo el proceso de selección.

• Su función es comunicarse con el HMI para el monitoreo en tiempo real del proceso.

El uso de un PLC garantiza que nuestro sistema tengas las siguientes cualidades como: preciso, confiable y escalable, alineándose con los estándares actuales de la industria 4.0 a nivel industrial.

▪ *Interfaz Hombre-Máquina o HMI (Human-Machine Interface).* – Este es un dispositivo que nos permite la interacción entre un usuario ya sea un operador o técnico y un sistema

que este automatizado. A través de la interface HMI, el usuario puede monitorear, controlar, configurar y diagnosticar procesos en tiempo real de forma visual e intuitiva durante su desarrollo. En términos simples, tener una interface HMI actúa como una puerta de comunicación entre el ser humano y los equipos industriales como PLCs, variadores, sensores y actuadores del sistema, el cual nos permite presentar los datos del proceso y permitir introducir los comandos sin necesidad de modificar el código del sistema.

Las Funciones Principales que se pueden realizar en una interface HMI: Estas son las principales funciones que podemos realizar con este dispositivo:

• La visualización del proceso ya que muestra el estado actual de las variables críticas como temperatura, velocidad, tiempo, color, cantidad, etc. Mediante el uso de gráficos, medidores, diagramas o animaciones realizadas de manera visual.

• Se tiene la supervisión en tiempo real los cual permite al operador detectar eventos, errores o condiciones anómalas a medida que trabaja el sistema, ya que gracias a la configuración de alarmas, mensajes y luces indicadoras podemos estar siempre atentos al trabajo de manera correcta del sistema.

• Se tiene el control de procesos porque nos permite activar o desactivar dispositivos, para cambiar sus parámetros como, por ejemplo: la velocidad de una faja, el umbral de clasificación de los materiales, el tiempo de retardo entre las acciones, etc.

• Se tiene un registro de datos (log): ya que se almacena los eventos, las alarmas, los históricos de producción o fallos, de esta manera nos facilita la trazabilidad y la mejora continua del proceso.

• Se trabaja con una interacción amigable ya que reemplaza las interfaces muy tradicionales que están basadas en botoneras o switches, los cual simplifica la operación cuando se trabaja con pantallas táctiles y menús interactivos como es el caso actual.

Componentes de una HMI:

• La Pantalla táctil es la que visualiza la información y permite la interacción con los botones virtuales, los menús y los gráficos.

• El procesador que tiene integrado es el que ejecuta el software de visualización ya

grabado, y es el que lleva una comunicación con el controlador (PLC o sistema embebido) en tiempo real.

• El software de la programación HMI es el que se utiliza para poder diseñar las pantallas gráficas. Se tiene algunos ejemplos populares como son:

• WinCC (del fabricante Siemens)

• FactoryTalk View (del fabricante Allen-Bradley)

• HMI TouchWin (el fabricante Weintek)

• EasyBuilder Pro (del fabricante Weintek)

• TIA Portal (del fabricante Siemens)

• Los protocolos de comunicación son los que permite la conexión con el PLC mediante las interfaces como Modbus, Profibus, Ethernet/IP, Profinet, entre otros.

Tipos de HMI

• El HMI básico es el que presenta datos simples como texto, números, luces indicadoras pueden ser del tipo LCD/LED con botones físicos.

• El HMI gráfico (táctil) es un dispositivo con pantalla a color y capacidades gráficas interactivas, usada en sistemas más complejos.

• Los HMI basados en PC del tipo SCADA cuyo software que se ejecuta en la computadora y nos ofrece una interfaz gráfica rica, las cuales integra funciones muy avanzadas de monitoreo y de control.

Ventajas de Implementar una HMI

• Se tiene una mayor eficiencia operativa porque permite una gestión más rápida y precisa del proceso.

• Se reduce los errores humanos ello se logra gracias a una interfaz del tipo intuitiva.

• Se tiene un mejor diagnóstico y un alto mantenimiento ello mediante alertas visuales y de registro de fallos.

• Se logra una flexibilidad para que los parámetros del sistema se pueden cambiar sin necesidad de ser reprogramados en el PLC.

• Se tiene una mejora en la toma de decisiones ello gracias al acceso a información en tiempo real.

Aplicaciones de una HMI: Las HMI's son ampliamente usadas en:

• Las líneas de producción del tipo industrial.

• En los procesos de embotellado, envasado y clasificación de botellas.

• En las plantas químicas, farmacéuticas y de alimentos.

• En los sistemas de riego automatizado.

• En la clasificadoras de frutas, como es el caso de este proyecto.

Importancia de la HMI en este proyecto: Para el contexto del sistema de selección y clasificación automatizada por color de frutas en el fundo Agroyauca, la interface HMI cumple un papel clave ya que nos permite:

• Mostrar en tiempo real el color detectado por el sensor y determinar la categoría asignada a cada fruta.

• Nos Permitir configurar los umbrales de color y poder modificar los parámetros del sistema sin reprogramar el PLC en tiempo real.

• Se puede visualizar el número de frutas clasificadas, el tiempo de operación, el estado de la faja transportadora, y el diagnóstico de los sensores y actuadores del sistema.

• Nos permite emitir alarmas del tipo visuales o sonoras en caso de fallas, cuando se presentan errores de lectura y atascos en el sistema.

▪ ***El Actuador Neumático. -*** Es un dispositivo mecánico que convierte la *energía del aire comprimido* en movimiento mecánico, ya sea lineal o rotativo. Es uno de los componentes esenciales en sistemas de automatización industrial, debido a su *velocidad de respuesta, seguridad, bajo costo y facilidad de mantenimiento.* Los actuadores neumáticos son ampliamente utilizados en procesos donde se requiere mover, empujar, levantar o clasificar objetos, como en el caso de líneas de selección automatizada de frutas.

Principio de Funcionamiento. - Se basa en la ley de Pascal, la que establece que un fluido (en este caso aire) ejerce presión uniforme en todas las direcciones. Cuando el aire comprimido ingresa al cilindro del actuador, crea una fuerza sobre un pistón interno que genera un desplazamiento mecánico en el interior de este.

La magnitud de la fuerza generada se calcula mediante la siguiente fórmula:

Fuerza (F)=Presión (P)×Área del Pistón (A)

Donde:

F: fuerza generada (N)

P: presión del aire (Pa o bar)

A: área transversal del pistón (m^2)

Tipos de Actuadores Neumáticos. - Existen los siguientes tipos:

• El Cilindro de doble efecto: En este cilindro el aire comprimido se introduce alternadamente en ambos extremos del cilindro, para generar movimientos en ambos sentidos avance y retroceso.

• Los Cilindros de simple efecto: En este tipo de cilindro el aire actúa solo en una dirección avance; y el retorno se realiza mediante un resorte interno que tiene en el lado opuesto el cilindro.

• Los Actuadores rotativos: Este tipo proporciona un movimiento rotacional de 360°, que son muy útiles para girar piezas o puertas de gran tamaño donde se requiere una fuerza considerable.

• Las Pinzas neumáticas (grippers): Son utilizadas para sujetar o soltar objetos. Este tipo es muy comúnmente empleado en robótica o para la manipulación de productos.

Componentes de un Sistema Neumático con Actuadores. – Los componentes más básicos que puede tener un sistema neumático son los siguientes:

• *El compresor de aire:* Es la fuente que suministra el aire comprimido.

• *Los filtros, reguladores y lubricadores (FRL):* Son los que acondicionan el aire para evitar daños en los componentes del sistema.

• *Las válvulas direccionales:* Son las que controlan el flujo del aire hacia los actuadores neumáticos.

• *Las Mangueras o tuberías:* Son las encargadas de transportan el aire entre los componentes del sistema.

• *Los Sensores de final de carrera:* Son los que se encargan de detectan las posiciones del actuador para su correcto control de manera precisa.

Ventajas de los Actuadores Neumáticos. – Se podría mencionar las siguientes ventajas que se tienen:

• Se tiene una alta velocidad de respuesta y frecuencia de operación frente a otros sistemas.

• La seguridad en entornos húmedos, corrosivos o explosivos no generan chispas.

• Su mantenimiento es sencillo y tiene un bajo costo operativo.

• Tienen un diseño robusto y compacto, muy ideales para espacios muy reducidos.

Desventajas de los Actuadores Neumáticos. – Se podrían mencionar las siguientes:

• Se tiene una menor precisión de posicionamiento que en los actuadores eléctricos o hidráulicos.

• Se requiere de una fuente constante de aire comprimido para su funcionamiento.

• El suministro de aire puede contener impurezas si no se filtra adecuadamente.

▪ ***El Sensor de Proximidad:*** Es un dispositivo electrónico que detecta la presencia o ausencia de un objeto dentro de un rango de distancia determinado sin necesidad de contacto físico directo con el objeto. Este dispositivo emite una señal eléctrica cuando un objeto entra en su campo de detección, lo que lo convierte en un componente muy esencial en sistemas de automatización, control industrial y robótica en la actualidad.

Tipos de Sensores de Proximidad: Existen actualmente varios tipos de sensores de proximidad, que son clasificados según el principio físico que utilizan para detectar los objetos entre los que podemos mencionar:

1. Inductivo

• Es el que detecta solo los objetos metálicos del tipo ferrosos y no ferrosos.

• Es dispositivo funciona mediante la generación de un campo electromagnético.

• Son muy utilizados en entornos industriales por su robustez física.

2. Capacitivo

• Este tipo detecta tanto objetos metálicos como no metálicos como, por ejemplo: plásticos, madera, líquidos, frutas, entre otros.

• Este tipo funciona mediante cambios en la capacitancia del campo eléctrico generado.

• Son ideales para detectar productos alimenticios.

3. Fotoeléctrico (óptico)

• Este tipo emite un haz de luz del tipo LED infrarrojo o láser y detecta el rebote o interrupción del mismo.

• Este dispositivo puede funcionar en tres configuraciones:

o En barrera (emisor y receptor separados)

o En Reflexión directa (sensor detecta el rebote del objeto)

o En Reflexión con espejo (es necesario usar un reflector externo)

• Tiene una alta precisión y un gran alcance.

4. Ultrasónico

• Este tipo emite ondas de sonido de alta frecuencia y mide el tiempo que tarda en reflejarse.

• Detecta los objetos sin importar el color, forma o material.

• Son útiles para detectar objetos del tipo irregulares o con superficies no reflectivas.

Componentes Principales. – Esta formado por los siguientes componentes:

• La zona de detección (cara activa): Es el área frontal del sensor donde se produce la detección.

• El circuito oscilador: Es el que genera el campo eléctrico, magnético o de sonido.

• El amplificador y comparador: Es el que interpreta las señales del campo y activa la salida.

• La salida eléctrica: Esta puede ser del tipo PNP, NPN o del tipo relé, dependiendo del tipo de control requerido.

Ventajas de los Sensores de Proximidad. – Se tiene las siguientes:

• La detección es sin contacto físico, lo que evita que se tenga un desgaste mecánico.

• Tiene una alta velocidad de respuesta, es muy ideal para sistemas rápidos.

• Tiene una larga vida útil, ya que no tiene partes móviles que se desgasten.

• Son robustos frente a condiciones adversas como polvo, humedad, vibraciones, etc.

• Tienen una precisión y repetibilidad en procesos de conteo, control y posicionamiento.

Aplicaciones Industriales Comunes. – Se pueden emplear en las siguientes aplicaciones industriales:

• En la detección de presencia de objetos en cintas transportadoras.

• Para el control de posicionamiento de piezas en sistemas del tipo CNC.

• Como contadores de productos en líneas de producción.

• Para el control de nivel en tanques del tipo capacitivos.

• Para la activación de actuadores al detectar un objeto.

▪ ***Faja Transportadora:*** Este es un sistema mecánico utilizado para transportar materiales u objetos de un punto a otro de forma continua, uniforme y de manera controlada. Este sistema del tipo electromecánico está compuesto principalmente por una banda móvil

(faja) que se desplaza sobre rodillos que están posados sobre una estructura del tipo soporte, que a la vez es impulsada por un motor eléctrico acoplado al sistema.

El Principio de Funcionamiento: Consiste en el empleo de un motor que, acoplado a una polea de manera directa transmite el movimiento a la faja o banda transportadora. A medida que la faja se mueve, se va transportando los objetos que son colocados sobre ella. El extremo opuesto de la faja por lo general tiene una polea que se encarga de realizar la tensión de la misma, la cual mantiene la tensión adecuada en la banda y nos permite su correcto retorno en el sistema.

Componentes Principales: Se tiene los siguientes:

• Faja o banda: Es la superficie móvil sobre la cual se transportan los objetos. Puede estar fabricada de diferentes materiales como PVC, caucho, poliuretano o malla metálica, dependiendo del tipo de carga y las condiciones del entorno de trabajo.

• Estructura o bastidor: Es el que soporta toda la instalación y proporciona rigidez. Generalmente es de acero al carbono, acero inoxidable o aluminio dependiendo del tipo de objetos a transportar.

• Polea motriz: Es la que se acopla al motor, y transmite el torque necesario para mover la faja.

• Polea tensora o de retorno: Esta ubicada en el extremo opuesto, es la que permite ajustar la tensión de la faja y redirigirla en su retorno.

• Motor eléctrico: Puede ser de corriente alterna o continua, y su selección depende del par necesario, la velocidad de transporte y el tipo de carga con la que trabajara.

• Sistema de rodillos o cama deslizante: Son los que soportan la faja y reducen la fricción durante su desplazamiento.

• Las Guías laterales y rieles: Son los que mantienen los productos centrados durante el transporte.

• El sistema de control: Este puede estar automatizado mediante un PLC, que sincroniza el movimiento de la faja con sensores y actuadores.

Tipos de Fajas Transportadoras (Clasificación Básica)

1. Fajas planas: Son ideales para transportar objetos livianos o medianamente pesados, como frutas, cajas o piezas sueltas.

2. Fajas modulares o con tablillas: Son muy utilizadas para productos que requieren mayor ventilación, drenaje o limpieza fácil.

3. Fajas inclinadas o en Z: Estas nos permiten mover productos a diferentes niveles de altura.

4. Fajas con guías o compartimientos: Este tipo evita que el producto se desplace lateralmente.

5. Fajas de rodillos motorizados: Estas transportan objetos mediante rodillos accionados individualmente. Son muy utiles para clasificación por empuje lateral.

Parámetros de Diseño Relevantes. - Podemos mencionar los parámetros más importantes como son:

• Longitud y ancho de la faja: Esta debe adaptarse al producto y al espacio disponible de trabajo.

• Velocidad de transporte: Este parámetro influye en la eficiencia del proceso (se expresa en m/s o m/min).

• Carga máxima: Es el peso que puede soportar la faja sin deformación ni daño alguno.

• Tipo de superficie de la faja: Pueden ser lisas, rugosas, perforadas, etc.

• Grado de inclinación: Este se requiere para el transporte en pendiente.

• Tipo de transmisión: Puede ser del tipo directa, por cadena, por polea, etc.

Ventajas de Usar una Faja Transportadora

• Se tiene un transporte continuo y muy uniforme de los productos.

• Hay una reducción del esfuerzo humano y una mayor eficiencia operativa.

• Se tiene una integración sencilla con los sensores, actuadores y los controladores.

• Se tiene una adaptabilidad a diferentes formas, tamaños y pesos de carga.

• Hay mayor higiene y control en procesos agroindustriales si se utilizan bandas del tipo sanitarias.

Desventajas o Consideraciones Técnicas

• Se requiere un mantenimiento periódico para las siguientes actividades como ajuste de tensión, limpieza, lubricación del motor, entre otras.

• Ocupa un espacio lineal muy amplio, lo que puede ser una limitación en instalaciones reducidas.

• Deben de estar correctamente alineada para evitar desviaciones o desgaste de la faja

durante su trabajo.

Aplicaciones en la Agroindustria

• Se suele emplear en la clasificación de frutas y verduras.

• Para el empaque automatizado de productos agrícolas.

• En el transporte de semillas, granos o productos procesados.

• En la alimentación automática de líneas de producción.

Estado de la Tecnología

El estado de la tecnología para el presente trabajo abarca los siguientes puntos:

▪ ***Clasificación de Frutas:*** Esto consiste en separar o agrupar los productos según sus características específicas, tales como tamaño, forma, peso, madurez o color. Este proceso es muy fundamental para el aseguramiento de la calidad del producto que se comercializa y a la vez de poder cumplir con los estándares de producción del mercado nacional e internacional vigente.

▪ ***El Color como Indicador de Calidad:*** En este caso el color es uno de los principales indicadores que se tienen de manera visual sobre la madurez y la calidad en muchos tipos de frutas existentes. Los diferentes tonos en el color de la fruta pueden señalar distintos grados en la madurez de la misma, ya que son generadores de daños o enfermedades en las mismas. Por ello, con una correcta identificación nos resulta muy crucial para la toma de las decisiones durante toda la cosecha.

▪ ***La Visión Artificial:*** Es una de las ramas de la inteligencia artificial muy vigentes en la actualidad, ya que nos permite a los sistemas poder interpretar las imágenes del entorno tomada mediante las cámaras, con el uso en conjunto de sensores ópticos y con algoritmos especializados de procesamiento. En aplicaciones del tipo agrícolas, esta tecnología puede poder identificar el color de los frutos y de la misma manera da la opción de poder tomar decisiones de manera automatizada para su clasificación.

▪ ***Los Sensores de Color:*** Estos dispositivos son los encargados de detectan la intensidad y longitud de onda de la luz que se refleja en un objeto, estos a la vez nos permiten poder determinar su color con una muy alta precisión. A la vez estos sensores, combinados en conjunto con los microcontroladores o con sistemas embebidos, son muy esenciales para las tareas en la detección y la diferenciación de las tonalidades de las frutas para su

correcta selección.

▪ ***Los Microcontroladores y Sistemas Embebidos:*** Estos son dispositivos del tipo programables que se encargan de controlar sistemas electrónicos en tiempo real. En este proyecto nos va a poder permitir integrar y a la vez coordinar los componentes del sistema como son: los sensores, los actuadores y las estructuras mecánicas, de esta manera nos facilita la ejecución de manera automática de la selección y la clasificación de los productos.

▪ ***Agricultura de Precisión:*** Es una estrategia muy moderna para el manejo agrícola que está basada en el uso de tecnologías digitales para monitorear y optimizar los procesos productivos. La automatización de tareas como la clasificación por color forma parte de este enfoque, orientado a la eficiencia y sostenibilidad del proyecto.

Capitulo III: Memoria Descriptiva

Descripción General Del Proyecto

En este apartado del presente trabajo, expondremos todo lo relacionado con el diseño realizado para la implementación del sistema de selección y clasificación automatizada por color de frutas.

Esta parte de diseño representa la interrelación de los sistemas eléctricos, mecánicos, electrónicos y la configuración por software de los diferentes componentes que forman el sistema, lo cual da como resultado un sistema completamente automatizado que en conjunto nos dará un sistema que solucionara el problema que tiene nuestro cliente en la parte de selección de sus productos.

Cada parte diseña ha sido analizada y comparada en cuando a sus componentes en sus prestaciones como es el caso de los sensores que son piezas claves para obtener los resultados de selección deseados, de la misma manera la selección de los actuadores que serán los responsables de llevar a cabo la labor de definir en donde será almacenado el producto según su clasificación.

Por otro lado, el uso de un autómata programable el cual gestionara todo el trabajo del sistema, que en conjunto con los sensores y actuadores nos darán los resultados esperados por el cliente.

Cabe resaltar que la integración de una pantalla graficas (HMI) hace que el sistema tenga como poder representar de forma gráfica como el proceso se va dando en tiempo real y de la

misma manera darnos una cuenta de las selecciones que va realizando según la categoría de los productos censados.

Diagrama de Bloques

En la siguiente imagen mostrada podemos determinar cómo está formado nuestro sistema en bloque que interactúan entre ellos dando como resultado final un sistema completamente automatizado para la selección y clasificación automatizado por color de frutas.

Figura 1.- Diagrama de Bloques del Sistema

Diagrama de Flujo del Proceso

En esta sección mostramos como el sistema elaborado interacciona con las demás áreas de la empresa lo cual optimiza el trabajo desde el proceso de la selección hasta la distribución al usuario final por parte del cliente.

Figura 2.- Diagrama de Flujo del Proceso de Selección

Diagrama de Etapas

Este sistema implica la presentación de varias etapas que se encuentran en constante relación ya que cada etapa es indispensable para que nuestro proyecto de los resultados esperado según lo planteado en el diseño del sistema. En la imagen mostrada se puede verificar como cada etapa del sistema cumple una función importante ya que todas las etapas que lo forman son indispensables para que cada componente del sistema pueda realizar su trabajo de manera sincronizada según lo programado y en base a el resultado esperado.

Figura 3.- Diagrama de Etapas del Sistema

Especificación Técnica General

Nuestro proyecto tiene especificaciones técnicas que en algunos casos se debe de considera anotaciones resaltantes de trabajo y de calidad de servicio de los componentes para un óptimo desempeño del sistema elaborado.

En el cuadro que presentamos a continuación podemos ver las características de trabajo optimo que consideramos para el presente trabajo implementado.

SISTEMA DE SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN AUTOMATIZADA POR COLOR DE FRUTAS

SISTEMA ELECTRICO

SISTEMA ELECTRONICO

SISTEMA MECANICO

PROGRAMACION

Tabla 3.- Especificaciones Técnicas del Sistema

Ítem Componente Especificaciones Técnicas

1 Sensor de color (RGB) Sensor CMOS, conexión NPN, tensión de trabajo 24VDC.

2 Iluminación LED industrial Luz blanca fría (6000K), IP65, baja emisión térmica

3 Controlador lógico programable (PLC)

24V DC, mínimo 14 entradas/10 salidas digitales, comunicación Modbus/TCP/IP

4 Software de control Elaborado en TIA Portal, para la supervisión y control en tiempo real.

5 Banda transportadora Velocidad variable (0.5–1.5 m/s), estructura de acero inoxidable, motorreductor 0.5 HP

6 Actuadores neumáticos (eyectores) Presión de trabajo 5–6 bar, tiempo de respuesta <50 ms

7 Sensores inductivos y ópticos Sensor óptico de paso y presencia, alcance 10–50 cm, IP67

8 Panel HMI táctil Pantalla de 7" o 10", comunicación con PLC, IP65

9 Sistema de alimentación eléctrica Estabilizado 220V trifásico de 60Hz, y potencia de consumo 2KW.

10 Estructura y chasis del sistema Acero inoxidable AISI 304, diseño modular, grado alimentario

11 Módulo de descarte Canales o bandejas basculantes, accionamiento automático

Descripción Técnica de Componentes

A continuación, se detallan las características técnicas de los componentes más resaltantes con los que se dispone nuestro sistema, toda esta relación es en base a las comparaciones técnicas con otros componentes de las mismas características para lo cual se tomó en consideración el tipo de trabajo que realizaran y las condiciones ambientales de trabajo de los componentes empleados.

Se tiene que mencionar que para la selección de los mismos se tomó en cuenta las hojas técnicas de cada fabricante y de esa manera se pudo determinar su integración en sistema implementado ya que cumplen con las condiciones óptimas de trabajo que se desea tener para la obtención de un producto de calidad en la clasificación y selección de las frutas por color.

Tabla 4.- Descripción técnica de los componentes empleados.

N° Componente Características Técnicas Principales

1 Sensor de Color (RGB) modelo BC15 Autonics

• Detección de color por intensidad lumínica. • Sensor CMOS de alta velocidad. • Conectividad a 02 hilos con conexión NPN. • Filtro IR opcional para mejor contraste en la detección.

2 Iluminación LED Industrial tipo reflector

• Luz blanca (6000–6500K) • IP65 resistente al agua y polvo • Bajo consumo (<30W) • Sin parpadeo ni calor excesivo • Montaje ajustable

3 PLC (Controlador Lógico Programable) S7- 1214C

• Fuente 24VDC • 14 entradas y 10 salidas digitales • Compatible con Modbus/TCP/IP • Tiempo de ciclo <1 ms • Puertos para expansión y HMI.

4 Software de Programación de autómata programable TIA PORTAL versión 17

• Software propietario del fabricante Siemens. • Algoritmos de detección y segmentación propios del sistema. • Interfaz gráfica personalizable • Exportación de datos y trazabilidad. • Capacidad de implementación rápida.

5 Banda Transportadora de frutas

• Estructura de acero inoxidable • Motorreductor 0.5–1 HP • Velocidad variable (0.5–1.5 m/s) • Cinta alimentaria FDA • Tensión ajustable

6 Actuadores Neumáticos (Eyector de Clasificación)

• Tiempo de respuesta <50 ms • Presión de trabajo 5–6 bar • Ciclo de vida > 10 millones de operaciones • Controlado por electroválvula 24VDC • Bajo nivel de ruido

7 Sensores Ópticos / Inductivos de la marca autonics

• Rango de detección: 10–50 cm • Tiempo de respuesta <1 ms • Salida digital NPN/PNP - • Protección IP67 - Montaje ajustable

8

HMI (Interfaz Hombre-Máquina) modelo KTP-700 marca Siemens.

• Pantalla táctil 7" o 10” • IP65 • Compatible con PLC vía Modbus • Menús en español • Alarmas visuales y botones virtuales

9 Sub tablero de distribución TD-001 para el sistema de Alimentación Eléctrica

• Entrada trifásica de 220V/60Hz • Protección contra picos y sobretensiones • Tomas y fusibles industriales

10 Estructura del Sistema

• Acero inoxidable tipo 304 • Superficie lavable y grado alimentario • Diseño modular • Anticorrosivo y de fácil mantenimiento • Soporte antivibración

Cálculos y Consideraciones de Diseño

En este apartado vemos los cálculos realizados para determinar la potencia

consumida por los equipos mas resaltantes del proyecto, de la misma manera se pone en

manifiesto el cuadro de los diámetros de conductores basados en el consumo que tendrán

durante las actividades diarias del sistema.

Tabla 5.- Potencias consumidas de los dispositivos

DESCRIPCIÓN CANT.

CARGA UNITARIA (KW)

POTENCIA INSTALADA P.I.(KW)

FACTOR DE DEMANDA

M.D.(KW) FACTOR DE SIMULTANEIDAD

POTENCIA REQUERIDA (KW)

INTENSIDAD CONSUMIDA (A)

MOTOR REDUCTOR

1 0.75 2.51 1 2.64 2 3.05 8.52

PLC + HMI

1 0.37 2.51 1 2.1 1 2,33 5.2

ELECTROVÁLVULA

1 1.2 2.51 1 1.9 1 1.75 2.5

SENSORES

4 0.5 2.51 1 1.2 4 1 0.36

Tabla 6.-Calculo de conductores

CABLE PARA I=P/V CALIBRE DEL CONDUCTOR

ELECTROVÁLVULA I=220/380 CABLE NH-80 2.5MM2

PLC + HMI I=220/24VCC CABLE NH-80 1.5MM2

MOTOR REDUCTOR I=2200/380 CABLE NH-80 4MM2

SENSORES I=12/36VCC CABLE NH-80 1.5MM2

Sistema Eléctrico *Diagrama Unifilar*

A continuación, se muestra el diagrama unifilar del sistema eléctrico del sistema a implementar en donde el suministro eléctrico esta dado desde un tablero ya existente y proporcionado por el cliente para realizar la conexión de un circuito libre indicado para el suministro de nuestro tablero que conectaremos para asegurar el correcto suministro y trabajos del proceso a implementar.

Figura 4.- Diagrama Unifilar del Sistema

Circuito de Suministro y Alimentación.

El tablero que instalaremos será el encargado de poder suministrar la energía eléctrica a las etapas de fuerza y de control como se puede apreciar en la imagen mostrada a continuación.

Figura 5.-Circuito de Suministro y Alimentación

Circuito de Mando.

Esta sección en nuestro sistema será la encargada de poder realizar el control de accionamiento a la etapa de fuerza del motor de la faja transportadora, la cual será la encargada realizar el desplazamiento del producto para su selección respectiva, en la presente imagen vemos sobre que componente se realizará la interacción para el encendido y apagado de motor eléctrico.

Figura 6.- Circuito de Mando

Circuito de Fuerza.

En la etapa de fuerza del proyecto se plantea el uso de un motor AC para el accionamiento de la faja transportadora, la cual se encargará realizar el desplazamiento de los productos a seleccionar.

Figura 7.-Circuito de Fuerza

Sistemas Mecánicos, Neumáticos E Hidráulicos *Diseño Mecánico.*

En este apartado proyectamos el diseño en 3D del sistema mecánico a implementar lo mismo en donde se puede visualizar la posición de los sensores y de los actuadores neumáticos que será los responsables de la selección de las frutas según el color como esta previsto que funcione el sistema.

Figura 8.- Dibujo en 3D de la faja transportadora y disposición de sensores y actuadores

Circuito Neumático.

Para el accionamiento de los seleccionadores de las frutas según el color se emplean unos actuadores neumáticos (pistones), los cuales realizaran la labor de llevar las frutas hacia el contenedor respectivo para su respectivo almacenamiento como parte del producto final de selección.

Figura 9.- Diagrama de actuadores neumáticos para el sistema de selección de frutas.

Sistema Electrónico

Esquema Electrónico

Podemos ver en este apartado como el PLC interacciona con el HMI para que en conjunto poder realizar el control y la supervisión de nuestro sistema. La interacción entre ambos será realizada usando el protocolo TC/IP como un estándar en las comunicaciones en los dispositivos actualmente.

Figura 10.- Esquema Electrónico del Sistema

Circuito de la Fuente de Alimentación.

Para la parte de alimentación electrónica se tendrá una fuente de 10 Amp. la cual se encargará de suministrar el voltaje y corriente respectivo a los diferentes componentes como se aprecia en la imagen mostrado.

Figura 11.- Circuito de la Fuente de Alimentación

Circuito de Control.

Esta parte del sistema incluye todas las conexiones que se realizaran para la conexión de los sistemas de control que forman el sistema, como se puede apreciar representa las conexiones que se realizaran en el PLC para tener el resultado esperado.

Figura 12.- Circuito de Control

Sistema De Software

Diagramas de Flujo de la Programación.

Esta etapa representa el diagrama de flujo con la cual todo el sistema será programado según las diferentes condiciones que tendremos durante la clasificación y selección de los productos por el sistema.

Figura 13.- Diagrama de Flujo de la Programación

Librerías Usadas.

Para este proyecto se utilizaron las diferentes librearías usadas propias del programa TIA PORTAL en la Versión 17, todas estas librerías nos sirvieron para realizar la programación lógica según el diagrama de flujo del manejo de la información ya mostrado en el apartado anterior.

Entre las librerías usada podemos mencionar:

• Botones y switches.

• Funciones.

• Control y monitoreo.

Firmware y Software.

Para la elaboración de este proyecto se han utilizado los siguientes programas en sus siguientes versiones:

• AutoCAD eléctrica versión 2026

• QElectro Tech versión 1.0

• Excel versión 2019

• Word versión 2019

• Visio versión 2021

• CadeSimu versión 4.0

• Tia portal versión 17

Programa Lógico o Datos de Configuración.

Para el proyecto se realizó toda la programación en la aplicación TIA PORTAL en su versión 17 de propiedad del fabricante de PLC SIEMENS, el cual proporciona el software licenciado para toda la programación de sus líneas de autómatas y HMI propios del fabricante.

En esta simulación se utilizó el PLC s7 1200 1212c AC/DC/RY/RLY y el HMI KTP 700 BASIC de 7"; a continuación, mostraremos la vinculación entre los dos equipos.

Figura 14.- Conexión de red PLC con HMI

Mostraremos los bloques de datos utilizados en la programación que comprende TP, TON, TOF, ADD, CTU, MOVE.

Figura 15.- Bloques empleados en la programación.

Ya vinculado se podrá seguir con la programación que consta de 9 segmentos detallando el sistema de funcionamiento en PLC y el HMI; comenzamos con el primer segmento, que está constituido por el inicio del proceso y encendido de faja transportadora utilizando entradas, salidas y memorias.

Figura 16.-Segmento de inicio del proceso

El segmento 3 se muestra como el proceso se detiene por dos segundos para dar paso los sensores de color puedan detectar la tonalidad y las características de selección que se diseñó.

Figura 17.-Segmento temporizador para el paso de los sensores

El segmento cuatro se muestra como es el funcionamiento del sensor de color, pero en este caso el sensor que detecta la tonalidad roja activando por un tiempo determinado la memoria 3 para el funcionamiento del sensor del cilindro neumático referente al color rojo.

Figura 18.- Segmento 4 - parte 1

Figura 19.-Segmento 4 - parte 2

El segmento seis se visualiza que se detectó la tonalidad roja y por consiguiente activo la memoria 3 que da paso a que el sensor para la activación de la electroválvula, cuando la fruta llega el punto del sensor activa al cilindro neumático por un tiempo prolongado para

desviarlo a su carril correspondiente.

Figura 20.- Segmento de detección color rojo

El segmento siete se visualiza el mismo procedimiento que el segmento seis, pero en esta ocasión es con la fruta de tonalidad verde, que al ser detectado por el sensor activa al cilindro neumático por un tiempo prolongado que hará que la fruta se desvié a su carril correspondiente.

Figura 21.-Segmento de detección color verde

El segmento ocho se demuestra que cuando la fruta no es detectada por ni una de las tonalidades programadas en el sensor de color, la fruta pasa de frente sin activar ningún sensor de los cilindros neumáticos, pero si al sensor de descarte que se encarga del conteo y aviso de alerta del llenado de caja para su retiro.

Figura 22.- Bloque para fruta que no es detectada.

Procedemos a la programación del HMI para que se vea el funcionamiento en tiempo real del proceso de selección de cómo se visualiza, están separados por áreas que es de CONTROL DE MANDO es donde se inicia el proceso y se detiene, el siguiente cuadro principal es ESTADO DEL MOTOR ya que es el motor de la faja, los demás cuadros son tablas de conteo de las frutas según su color y en la parte derecha se ve las series de sensores que funcionan a la par de los sensores físicos es para evidenciar si el sistema esta presentado alguna falla en función de la programación.

Figura 23.- Imagen del sistema SCADA en el HMI

El en este proceso ve verifica que el sistema está en funcionamiento demostrado tanto en el START y en el ESTADO DEL MOTOR.

Figura 24.-Encendido del sistema en el SCADA

El en este proceso ve verifica como se activa el sensor de color y también el cilindro neumático para la selección de las frutas de tonalidad roja y en los cuadros se ve como se cuenta las frutas correspondientes a cada tonalidad

Figura 25.- Activación del sensor de color en el SCADA

El en este proceso ve verifica como se activa el sensor de color y también el cilindro neumático para la selección de las frutas de tonalidad verde y en los cuadros se ve cómo va aumentado el número de frutas del color correspondiente.

Figura 26.- Activación del pistón neumático

Áreas Transversales De Impacto

Ámbito de Seguridad y Salud Ocupacional.

Para la automatización del proceso de selección y clasificación de frutas se contribuye significativamente a la mejora de las condiciones laborales de los trabajadores, esto se realiza reduciendo la exposición del personal a movimientos repetitivos, lo cual puede generar posturas forzadas y posibles accidentes o lesiones ergonómicas. Nuestro sistema implementado permite minimizar la intervención humana de manera directa en las tareas operativas del proceso, enfocando el recurso humano disponible en labores de supervisión y mantenimiento propias del sistema, las cuales deben realizarse bajo protocolos de seguridad industrial establecidos por los sistemas de gestión propios del cliente. Asimismo, se requiere que sea indispensable la capacitación continua del personal en el uso adecuado de los EPP´s,

de igual manera el reconocimiento de las señales de alerta del sistema en las actividades diarias, y la respuesta del personal ante emergencias técnicas que se puedan dar durante el funcionamiento de nuestro sistema, con el objetivo de prevenir accidentes y enfermedades ocupacionales.

Ámbito de Conservación del Medio Ambiente.

El diseño de nuestro sistema de manera automatizada considera un enfoque sostenible, ya que evita el empleo de materiales contaminantes o componentes electrónicos de alto impacto ambiental. Además, al optimizar la cadena de selección, se reduce el desperdicio de las frutas y se mejora el aprovechamiento del producto con una eficiencia considerable. La reducción de residuos orgánicos no procesados impacta positivamente en la disminución de emisiones por descomposición (Gas metano), y permite la implementación de estrategias de reutilización agroindustrial como en el uso de fertilizantes naturales. También se promueve el uso responsable de insumos químicos y la disposición adecuada de desechos electrónicos para el control y supervisión de los productos, en cumplimiento de la normativa ambiental vigente en nuestro medio como parte de la conservación del medio ambiente.

Ámbito de Eficiencia Energética.

Uno de nuestros pilares en este sistema automatizado implementado es el uso racional y eficiente de la energía eléctrica. Para ello, se ha priorizado la integración de sensores, dispositivos electromecánicos y componentes electrónicos de bajo consumo energético, ello llevado a cabo sin comprometer el rendimiento operativo de nuestro sistema. Asimismo, el sistema cuenta con modos de operación inteligente ya programados en el PLC que permiten la suspensión automática de funciones en estado de inactividad de nuestro sistema, y una programación que optimiza los ciclos de trabajo según la carga procesada durante las actividades de selección del sistema. Esta eficiencia no solo representa un ahorro económico, sino que también contribuye a la reducción de los gases de invernadero que es un problema a nivel mundial.

Ámbito de Calidad.

Este sistema nos garantiza una mayor precisión y una buena consistencia en los resultados en la clasificación de las frutas por color, para lo cual se mejora directamente la calidad del producto final que está destinado a los mercados nacionales como internacionales para la comercialización de los productos. Con el empleo de los algoritmos basado en visión

artificial muy propios del sensor de color empleado en este proyecto y con una buena calibración de manera continua del mismo, se llega a asegura una correcta clasificación de manera homogénea de las frutas según su color respectivo de clasificación, esto es crucial para mantener un buen estándar de selección de los productos de manera muy deseada. Además, se reduce significativamente la probabilidad de errores humanos propios en una selección manual, lo cual fortalece la trazabilidad del proceso y nos permite la generación de reportes en tiempo real sobre la calidad del producto final.

Otros Ámbitos.

Productividad y Competitividad

La realización de este sistema modernizado para el proceso de selección de frutas mediante tecnologías automatizadas incrementa la productividad del fundo al permitir un procesamiento más rápido y continuo en la selección y clasificación de las frutas. Esto se traduce en una mayor capacidad de respuesta ante la demanda del mercado y una reducción significativa en los tiempos de procesamiento en la selección. De este modo, el fundo Agroyauca mejora su competitividad en el sector agroindustrial y fortalece su posicionamiento comercial en la calidad de los productos comercializados.

Innovación Tecnológica y Desarrollo Local

Nuestro proyecto promueve la transferencia tecnológica en el sector agrícola de la región Arequipa, incentivando la adopción de soluciones inteligentes que puedan ser replicables en otros fundos y cooperativas agrícolas de la zona y a nivel nacional. Además, se abre la posibilidad de generar nuevas competencias técnicas entre los trabajadores locales, lo cual fomenta la formación de capital humano calificado y el desarrollo de capacidades tecnológicas en el entorno rural que es muy solicitado en estos tiempos en nuestro país.

Análisis De Costos Y Presupuestos *Costos de Equipamiento (Hardware y Software).* **Tabla 7.-** Costos de Equipamiento

Ítem Descripción Unidad Cantidad Costo Unitario (S/)

Costo Total (S/)

1 PLC S7-1200 UND. 1 1,200.00 1,200.00

2 HMI 7PULGADAS UND. 1 1,600.00 1,600.00

3 Fuente de alimentación UND. 1 120.00 120.00

4 Sensor detector de color UND. 1 680.00 680.00

5 Sensores de presencia UND. 2 250.00 500.00

7 Compresor UND. 1 1,200.00 1,200.00

9 Faja de Jebe MTS. 15 250.00 3,750.00

10 Polines para la faja JGO. 30 45.00 1,350.00

11

Estructura de la faja GLB. 1 2,000.00 2,000.00

12 Motor trifásico de 1hp UND. 1 680.00 680.00

14 Accesorios varios UND. 1 1,200.00 1,200.00

15 Tablero eléctrico con equipamiento UND. 1 1,350.00 1,350.00

16 Cable eléctrico UND. 2 350.00 700.00

17 Pozo a tierra UND 1 1,600.00 1,600.00

18 Pistones neumáticos UND 2 600.00 1,200.00

19 Válvulas neumáticas UND 2 250.00 500.00

20 Tubera neumática. MTS. 10 25.00 250.00

21 Accesorios neumáticos varios GLB. 1 620.00 620.00

TOTAL 20,500.00

Costos de Recursos de Personal. **Tabla 8.-** Recursos de personal

Ítem Descripción Unidad Cantidad Costo Unitario (S/) Costo Total (S/)

1 Operario Electricista PER. 1 2,500.00 2,500.00

2 Operario Mecánico PER. 1 2,500.00 2,500.00

3 Oficial Mecánico/Electricista PER. 2 1,600.00 3,200.00

4 Ingeniero Electricista PER. 1 3,300.00 3,300.00

TOTAL 11,200.00

Costos de Gestión y Otros. **Tabla 9.-** Costos de gestión y otros

Ítem Descripción Unidad Cantidad Costo Unitario (S/) Costo Total (S/)

1 Papel PQT. 20 5.00 100.00

2 Tóner de impresoras CAJA 1 260.00 260.00

3 Cinta aislante UNID. 1 200.00 360.00

4 Artículos de limpieza UNID. 1 100.00 100.00

TOTAL 820.00

Cálculo de Presupuesto. **Tabla 10.-** Costo total del proyecto

Categoría Costo Total (S/)

Costos de Equipamiento 20,500.00

Costos de Recursos de Personal 11,200.00

Costos de Gestión y Otros 820.00

Total, General del Proyecto 32,520.00

Resultados Del Proyecto

Entre los factores más relevantes de la implementación de la cual destaca la instalación de la faja transportadora lo que genera una reducción enorme de tiempo, en conjunto de un sistema neumático para la selección de frutas, como también la implementación de sensores de color y fotoeléctricos que suman a este innovador avance generando así un 70% de eficiencia a diferencia de la selección manual que era la forma tradicional.

En cuanto al sistema de control, con la ayuda de un PLC se implementó un control preciso y sensible para la selección de frutas. también es implementó un ajuste adaptable a las diversas condiciones del lugar, claro cumpliendo con los parámetros de seguridad establecida en las normas IEC e ISO.

Uno de los principales enfoques del proyecto fue la implementación de una pantalla HMI para que el usuario pueda interactuar en tiempo real con el proceso, dándole control total del mismo y así reducir al mínimo las fallas que se puedan generar, por otro lado se le da también un control manual constituido por botoneras en caso de emergencia ubicadas en lugares estratégicos de la cual aumenta la protección para todos independientemente a sus capacidades y especialmente en situaciones críticas.

En termino de consumo de energía es satisfactoria ya que los equipos neumáticos y eléctricos solo se activarán cuando las frutas estén en las diferentes posiciones generando un control total del PLC en cada etapa dando así en mínimo consumo eficiente y duradero.

En conclusión, el sistema implementado es funcional y eficiente, capaz de ser escalado a procesos más industriales. además de aportar beneficio técnicos y ambientales; demostrando habilidades en automatización, control y gestión energética, así como la incorporación del aprendizaje teórico aprendido.

En esta imagen evidenciamos que se hizo correctamente la descarga del software en la pantalla hmi fisicodonde se corrobora que esta funcionando correctamente.

Figura 27.- Interacción con el HMI para la operatividad del sistema.

Estamos verificando que todos los circuitos estén correctamente conectados y haciendo las pruebas de los pulsadores.

Figura 28.- Interacción con los controles manuales del sistema.

En esta imagen estamos corroborando que no presente ninguna fuga de aire en los conectores de las electroválvulas.

Figura 29.- Verificación de fugas en el sistema neumático

Verificación y limpieza de los sensores fotoeléctricos

Figura 30.- Interacción con los sensores fotoeléctricos

Calibrando el sensor de color constituidas de un sensor tcs3200 que trabaja con Arduino y relé de 5v dc.

Figura 31.- Calibrado de los sensores.

Instalando los carriles de caída de las frutas

Figura 32.- Instalación de los carriles para caída de frutas seleccionadas.

Conectando las mangueras de presión a los cilindros neumáticos de doble efecto.

Figura 33.- Conexión de las mangueras neumáticas a los cilindros.

Verificación de la pantalla HMI demostrando sus etapas.

Figura 34.- Pantalla HMI del sistema.

El sistema que utiliza para la detección de color de las frutas que aquí se va la señal hacia el

PLC.

Figura 35.- Control electrónico del sensor.

Evidenciamos que todos los sistemas están correctamente instalados para el funcionamiento

de la faja y sus procesos.

Figura 36.- Sistema implementado.

El sistema neumático se evidencia la instalación de las electroválvulas y los cilindros neumáticos ya conectados con la compresora.

Figura 37.-Pistones neumáticos

Capitulo IV: Operación y Mantenimiento

Operación *Consideraciones de Seguridad para la Operación.*

Seguridad Eléctrica

• Asegurarse de que los cables estén bien aislados siempre y protegidos contra la

humedad y la exposición solar directa durante su trabajo.

• Se debe de instalar interruptores termomagnéticos siempre y de manera accesibles para cortar el suministro en caso de mantenimiento o de alguna emergencia.

• Todos los componentes eléctricos del sistema, incluidos los tableros y los controladores, deben estar correctamente aterrizados al PAT.

• Se debe de usar fusibles y equipamiento de protección para evitar daños en el sistema eléctrico.

2. Seguridad de la faja mecánica

• Ubicación segura: Colocar la faja en estructuras firmes, resistentes a los movimientos de vibración y lejos de zonas donde puedan ser golpeados o dañados durante su operación.

• Mantenimiento periódico: Verificar que no haya acumulación de polvo, o algunas sustancias que afecten su eficiencia o provoquen fallos.

• Protección contra rayos: Instalar pararrayos si el sistema se encuentra en una zona de alta actividad eléctrica.

3. Seguridad Neumática

• Presión controlada: Asegurarse de que las válvulas y tuberías soporten la presión del sistema, especialmente si es automático.

• Prevención de fugas: Inspeccionar periódicamente las conexiones para evitar pérdidas de aire y posibles daños al entorno.

• Acceso seguro: Evitar que personas no capacitadas manipulen válvulas o pistones neumáticos.

4. Seguridad en el Sistema de Automatización

• Siempre de deben usar cajas impermeables (IP65 o superior) en los sistemas y deben de estar protegidos contra la radiación solar directa.

• Se debe de asegurar que los ciclos de riego estén correctamente programados para evitar inundaciones o riego en horarios inapropiados durante su trabajo.

• Cada cierto tiempo se debe de mantener copia de seguridad de la programación para que se puedan restaurar rápidamente en caso de fallos.

5. Seguridad del Personal

• Capacitación: El personal debe estar entrenado en la operación, riesgos eléctricos,

primeros auxilios y protocolos de emergencia.

• Uso de EPP: Siempre usar equipo de protección personal (guantes, botas dieléctricas, lentes, etc.) durante la instalación y el mantenimiento.

• Señalización: Colocar señales visibles de advertencia en zonas eléctricas o de riesgo.

6. Consideraciones Ambientales y de Sostenibilidad

• Manejo de los desechos: Los desechos deben manipularse con precaución y desecharse según normas ambientales.

• Minimizar el impacto ambiental: Evitar derrames de aceites, combustibles o químicos cerca del sistema.

Manual de Usuario u Operación de Puesta en Marcha.

1. Objetivo del manual

Este manual tiene como finalidad orientar al usuario en la correcta puesta en funcionamiento, operación básica y supervisión del sistema selección de frutas por color.

2. Descripción General del Sistema

El sistema consta de los siguientes subtemas principales:

• *Automatización:* PLC Siemens S7 – 1200 y pantalla HMI Siemens KTP700.

• *Sistema de Selección:* Sensor de proximidad y sensor de detección de color.

• *Sistema Neumático:* Compresor, electroválvulas, sistemas de tuberías, entre otros.

3. *Operación del Tablero de Control*

1) PLC (Controlador Lógico Programable)

Es el "cerebro" del sistema. Recibe señales de sensores (presencia y detección de color) y activa o desactiva elementos según la programación.

2) HMI (Interfaz Hombre-Máquina)

Pantalla táctil donde el operario puede visualizar y controlar el sistema de selección.

Muestras variables como presión, tiempos de selección, estado de válvulas y permite ajustes.

3) Llaves térmicas (Interruptores termomagnéticos)

Protegen el sistema ante sobrecargas o cortocircuitos. Cada componente eléctrico tiene una llave térmica dedicada.

4) Contactor

Actúan como interruptores controlados por el PLC. Cuando el PLC ordena arrancar un motor para el movimiento de la faja, el contactor permite el paso de corriente.

Funcionamiento del sistema de selección por color de manera automatizada:

▪ Censado

Los Sensores en el campo de color detectan los productos según el color y los sensores de proximidad la presencia de las frutas durante su desplazamiento en la faja.

▪ Decisión lógica (PLC)

El PLC compara el valor del color que está programado y lo compara con el valor de referencia. Si está por en el rango, activa la selección y es derivado a la sección respectiva cada fruta.

▪ Acción

El PLC activa el contactor que encienden el motor para el movimiento de la faja o abren las válvulas eléctricas del sistema neumático.

▪ Visualización y control (HMI)

El operador puede ver cuántos productos han sido seleccionados por el color respectivo, se puede modificar tiempos, forzar la selección manualmente o detener el sistema desde la HMI.

5) Si se detecta una sobrecarga o corto, la llave térmica corta la energía de todo el sistema de manera general.

6) Supervisión de la cantidad de productos seleccionados

En el centro de la pantalla se muestra un indicador de la cantidad de productos por color ya censados. Este dato es obtenido a partir de una señal analógica, que el PLC convierte en un contador.

7) Condiciones de selección automática

El panel HMI también presenta en la pantalla las lecturas de:

• Cantidad de frutas seleccionadas por cada color: mostrada numéricamente e interpretada como “rojo” o “verde”.

8) Visualización del proceso general

Toda la operación del sistema es representada visualmente en la HMI:

• Se observa el proceso de selección, el estado del motor, las válvulas neumáticas, todo sincronizado con el estado real de los equipos.

• Las animaciones permiten al usuario saber si la faja está en movimiento, si la válvula está abierta o si se está realizando la selección, sin necesidad de acceder al gabinete del

control.

9) Seguridad y control manual

En cualquier momento, el usuario puede detener todo el sistema con el botón “PARO” lo que desactiva instantáneamente las salidas del “PLC” sin depender del estado de sensores o condiciones automáticas.

Adicionalmente, el diseño del HMI esté preparado para futuras aplicaciones, como la incorporación de teclas de función (F1 a F8) para modos manuales, configuración de umbrales o visualización de alarmas históricas.

Tabla de Causas de Fallos y Soluciones en la Operación. **Tabla 11.-** Tabla de fallos y soluciones

PROBLEMA	**POSIBLE CAUSA**	**SOLUCIÓN**
1. El sistema no enciende		
	• Revisar el sistema eléctrico general del sistema.	
	• Verificar los niveles de tensión y corriente.	
2. La faja no se desplaza		
	• Verificar la señal del PLC y los niveles de tensión	
	• Confirmar valor real de tensión y señal.	
3. No hay presión del sistema neumático		
	• Obstrucción en las mangueras / compresor no enciende.	
	• Verificar las tuberías y niveles de presión.	
4. HMI no responde		
	• Error de conexión o alimentación	
	• Reiniciar HMI o verificar cableado	

Mantenimiento Preventivo

Es un conjunto de acciones planificadas que se realizan de forma periódica para evitar fallas o averías en equipos, sistemas o instalaciones. Su objetivo es prolongar la vida útil de los componentes, mantener su funcionamiento eficiente y reducir el riesgo de paradas inesperadas, en otras palabras, se trata de anticiparse a los problemas, realizando inspecciones, limpiezas, ajustes o cambios de piezas antes de que ocurra una falla.

Diagrama Gantt de Mantenimiento Preventivo.

El mantenimiento está organizado por subsistemas, considerando frecuencias mensuales, trimestrales y semestrales.

Tabla 12.- Rutinas de mantenimiento preventivo

Actividad / Mes Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic

Limpieza de tableros • • • • • • • • • • • •

Verificación de nivel se sensores • • • •

Limpieza del sistema mecánico eléctrico. • • • • • • • • • • • •

Verificación de sistema neumático. • • • • • • • • • • • •

Revisión del PLC y HMI • •

Revisión de compresor • •

Inspección eléctrica general • •

Procedimiento de Mantenimiento Preventivo.

Este procedimiento está pensado para maximizar la vida útil del sistema, evitar fallas y mantener un rendimiento óptimo. Para ello utilizaremos un mantenimiento por sistemas y dentro de ello los componentes de cada sistema:

Sistema Electromecánico y Neumático

a) Cableado:

• Se deberá de revisar que no haya cables pelados, sueltos o corroídos en el sistema.

• Se debe de asegurar que las conexiones estén firmes y libres de humedad.

• Cuando se revisen las instalaciones de deberá de usar multímetro para comprobar una buena continuidad y voltaje del sistema.

b) Faja:

• Se debe verificar constantemente el funcionamiento correcto de los indicadores LED en

el tablero en control.

• Siempre se debe de revisar y lubricar las partes mecánicas y limpiar si es necesario ante la presencia de polvo o corrosión.

• Se debe de confirmar que las tensiones de la faja con el motor estén bien aseguradas antes de encender el equipo de nuevo.

c) Compresor:

• Sera siempre necesario de revisar el nivel de aceite del compresor.

• Revisar las tuberías y los filtros del compresor.

• Medir voltaje de funcionamiento del compresor y el consumo de corriente de manera constante.

Sistema de Selección

a) Pistones Neumáticos:

• Verificar su funcionamiento automático y correcto funcionamiento de trabajo.

• Revisar la presión de entrada en cada cilindro.

• Escuchar ruidos anormales puede indicar posibles fallas.

b) Sensores de presencia:

• Revisar que no estén sucios.

• Verificar las conexiones eléctricas de los mismos.

• Probar el sistema cada cierto tiempo para ver su buen funcionamiento.

c) Sensor de Selección por Color

• Inspeccionar la correcta conexión eléctrica.

• Limpiar al menos cada 6 meses.

• Realizar la calibración de manera programada.

Sistema Eléctrico y Protección

a) Tablero eléctrico

• Verificar fusibles, interruptores termomagnéticos y dispositivos de protección.

• Limpiar interior del gabinete (libre de polvo e insectos).

• Confirmar aterrizaje adecuado del sistema.

b) Puesta a tierra

• Medir resistencia de tierra (debe ser menor a 10 ohmios idealmente).

• Asegurar que el electrodo no esté corroído ni desconectado.

Materiales, Equipos y Herramientas.

Para la realización del mantenimiento preventivo para nuestro sistema utilizaremos los siguientes equipos y materiales:

• Multímetro RMS o Pinza Amperimétrica.

• Desarmadores aislados.

• Liquido limpia contactos.

• Llaves Mixtas.

• Jgo. de Dados.

• Alicate de corte

• Alicate universal.

• Alicate de punta fina.

• Cinta aislante.

• Cintillos.

• Medidor de aislamiento (megóhmetro).

• Guantes y EPP.

Ficha de Mantenimiento Preventivo. **Figura 38.-** Ficha modelo de mantenimiento preventivo.

Mantenimiento Correctivo

Es el tipo de mantenimiento que se realiza después de que ocurre una falla o avería, con el objetivo de restaurar el funcionamiento normal del equipo o sistema. Este tipo de mantenimiento no es planificado, sino que se ejecuta cuando un componente deja de funcionar correctamente o se detecta un problema durante la operación.

Procedimiento de Mantenimiento Correctivo.

Para el procedimiento correctivo se tiene que realizar las siguientes etapas en nuestro sistema:

Etapa del Diagnóstico de la Falla:

a) Recepción del reporte de falla

• Recoger información detallada: síntomas, condiciones ambientales, fecha/hora de falla.

b) Inspección visual inicial

• Revisar estado físico de componentes: cables, tableros, faja, motor, compresor.

c) Verificación de funcionamiento

• Confirmar si el sistema enciende.

• Medir voltajes: salida de tablero eléctrico, entrada al PLC, voltaje del sistema de control, etc.

• Verificar estado de sensores, presión de aire, desplazamiento de faja.

Corrección de Fallas por Componente

a) Fallas en Faja

• **Síntoma:** No hay movimiento o baja tensión en el motor.

• Limpieza y verificación de suciedad/sombra.

• Revisión de conexiones sueltas o dañadas.

• Reemplazo de motor.

b) Fallas en Compresor

• **Síntoma:** No carga para poder generar aire para su correcto almacenamiento.

• Verificar tensiones eléctricas.

• Revisar funcionamiento del compresor.

• Reemplazo del compresor si esta dañado.

c) Fallas en sistema de control

• **Síntoma:** no funciona correctamente el sistema.

• Verificar toda la lógica de control del sistema.

• Medir tensiones en el sistema de control.

• Reemplazo de PLC o recargado del software de control.

d) Fallas en sensor detector por color

• **Síntoma:** no se selecciona la fruta según el color programado.

• Verificar alimentación eléctrica.

• Revisar las conexiones al sensor.

• Realizar un calibrado del sensor.

• Reemplazo del sensor de manera inmediata.

e) Fallas en el Cableado

• **Síntoma:** No hay continuidad o hay calentamiento.

• Medición con multímetro y megómetro.

• Identificación de cortocircuitos o conexiones flojas.

• Reemplazo del tramo afectado.

f) Fallas en el Sistema Neumático

• **Síntoma:** No se accionan los pistones para la selección.

• Verificar las presiones en los pistones.

• Revisar las conexiones neumáticas y descartar atoramientos.

• Cambio del pistón averiado.

Materiales, Equipos y Herramientas.

Para la realización del mantenimiento correctivo para nuestro sistema utilizaremos los siguientes equipos y materiales:

• Multímetro / pinza amperimétrica.

• Megómetro (para aislamiento).

• Herramientas manuales (destornilladores, llaves).

• Repuestos: fusibles, cables, conectores, filtros, etc.

• Linterna, cámara térmica (opcional).

Ficha de Mantenimiento Correctivo.

Conclusiones

• Se cumplió con el objetivo de desarrollar el proyecto de sistema de selección y clasificación automatizada por color de frutas en le fundo Agroyauca ubicado en la región Arequipa. Los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios a lo planificado, evidenciando que es capaz de reducir el tiempo de selección y calidad de las frutas, dando estándares muy alto de calidad.

• Con la incorporación de sensores de color, sensor fotoeléctrico y la incorporación de un controlador lógico programable (PLC), con lo que se logró una reducción de gastos de personar ya que el sistema es automatizado y también dando una reducción de gastos energéticos por el uso adecuado de equipos en etapas específicas.

• El sistema neumático constituye un plus en el desarrollo del proyecto dando precisión al momento d seleccionar ya que cuenta con los potentes cilindros neumáticos de doble efecto.

• En el contexto de estructural se basó en un sistema adaptable fortaleciendo la seguridad operativa y el desarrollo se realizó respetando las normas técnicas nacionales e internacionales para garantizar tanto la protección del personal y del sistema.

• También se combinó un sistema automatizado, que a la vez es controlado por pulsadores ubicados en lugares estratégicos dando al personal operativo una respuesta rápida al proceso de selección frutas.

Recomendaciones

• Es prioridad que el personal responsable de las operaciones y del manteniendo cuente con las capacitaciones y certificaciones requeridas vigentes principalmente en temas de automatización para una respuesta rápida en tema de programación y calibración específicamente en sistema neumático.

• Se recomienda implementar un programa de monitoreo y control de calidad en el proceso de clasificación para garantizar que las frutas se distribuyan correctamente según su madurez.

• Contar con una respuesta inmediata que establece un plan de contingencias que permita detener de manera segura en caso de fallos de actuadores motorreductor o sensores, dando uso al botón de parada de emergencia en físico que se implementó.

• Se sugiere cumplir con el cronograma de mantenimiento preventivo establecido en el proyecto, adicionando las inspecciones visuales periódicas de los componentes mecánicos y eléctricos al dar inicio del proceso.

• Mantenerse actualizado con las normativas técnicas nacionales como internacionales, asegurando que el sistema siga funcionando bajo los estándares más alto de seguridad y calidad.

• Para una implementación futura. Es conveniente evaluar la incorporación de un sistema de desinfección de frutas ya que la parte estructural y tecnológica es adaptable a un crecimiento proporcional concerniente a un nuevo proceso continuo al antiguo.

Referencias Bibliográficas

4 Baque Merchan, & Fajardo. (2022). *"Diseño de un sistema automatizado para clasificar frutas y verduras para bancos de alimentos".*

Bermeo. (2023). *sistema automatico de clasificacion de frutas basado en sensores de vision artificial y aprendizaje automatico.*

3 Chang, & Bracamonte. (2025). *"Desarrollo de una máquina automática clasificadora de arándanos según tamaño y detección de defectos utilizando un clasificador mecatrónico y procesamiento de imágenes mediante IA y un sistema de Irradiación UV-C para la agroexportación.".*

Ismail, & Malik. (2022). *"Sistema de inspección visual en tiempo real para calificar frutas utilizando visión por computadora y técnicas de aprendizaje profundo."* .

Parraga, & Ygancio. (2024). *“Implementaciones de selección visual en frutas: una revisión sistemática de literatura.”*.

Syazwani, e. (2022). *“Identificación automatizada de imágenes, detección y conteo de frutos de la corona de piña vista desde arriba mediante aprendizaje automático”*.

xos

ANEXOS