



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“DISEÑO DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL
CLASIFICADORA DE PALTAS UTILIZANDO IMÁGENES CON
TECNOLOGÍA IOT”**

TESIS

PRESENTADA POR:

BRAYAN SUAÑA CAHUI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

DISEÑO DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL CLASIFICADORA DE PALTAS UTILIZANDO IMÁGENES CON TECNOLOGÍA IOT

AUTOR

BRAYAN SUAÑA CAHUI

RECuento DE PALABRAS

22993 Words

RECuento DE CARACTERES

127876 Characters

RECuento DE PÁGINAS

122 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.2MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 1, 2023 9:43 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 1, 2023 9:45 AM GMT-5

● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Dr. Eudes Rigoberto Apaza Estaño
C.I.P. 58258

ASESOR

Karlos Alexander Ccantuta Chirapó
ING. ELECTRONICO
CIP. 94113

Subdirector (e) de Investigación
EPIE

Resumen



DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mis padres y hermanos por apoyarme incondicionalmente en todos los días que los necesite y por todos los consejos que me dieron para poder lograr todos mis objetivos propuestos.

Brayan Suaña Cahui



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme salud y por permitirme seguir adelante en conseguir mis objetivos.

Agradezco a mis padres porque son el soporte emocionalmente en momentos difíciles en el camino de mi formación profesional.

Agradezco a mi asesor de tesis por el apoyo y tiempo que me dedico para culminar mi proyecto de tesis.

Agradezco a mis docentes que impartieron su conocimiento en el trayecto de esta hermosa carrera profesional.

Brayan Suaña Cahui



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.3.1. Hipótesis general.....	17
1.3.2. Hipótesis específicas	18
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos	19
1.5. METODOLOGÍA	19
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.2. TIPOS DE MÁQUINA CLASIFICADORA	31
2.2.1. Máquina clasificadora por tamaño	31



2.2.2.	Máquina clasificadora por imagen	32
2.2.3.	Máquina clasificadora por peso	33
2.2.4.	Máquina clasificadora por visión artificial	34
2.3.	COMPONENTES DE UNA MAQUINA CLASIFICADORA	34
2.3.1.	Tolva de alimentación	34
2.3.2.	Rodillo para la transmisión	37
2.3.3.	Selección de rodamientos.....	38
2.3.4.	Potencia para la selección del motor	39
2.3.5.	Cálculo y diseño de los engranajes rectos.....	41
2.3.6.	Transmisión por bandas – poleas	42
2.3.7.	Subsistema de alimentación	44
2.3.8.	Subsistema de transporte y ordenamiento.....	44
2.3.9.	Subsistema de clasificación.....	45
2.3.10.	Máquina clasificadora de paltas	45
2.4.	PALTA HASS.....	46
2.4.1.	Descripción y características botánicas.....	47
2.4.2.	Variedades.....	47
2.4.3.	Propiedades alimenticias	49
2.4.4.	Valor de tipo nutricional	50
2.5.	IOT	51
2.6.	ADQUISICIÓN DE IMÁGENES.....	52

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	56
3.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	57



3.4.	DISEÑO DE LA MÁQUINA PARA CLASIFICAR PALTAS	57
3.4.1.	Requerimiento de la máquina clasificadora	57
3.4.2.	Subsistema de alimentación	58
3.4.3.	Diseño del sistema de vibración	59
3.4.4.	Cargas en el eje excéntrico	64
3.4.5.	Distribucion de la materia prima	66
3.4.6.	Análisis del eje de los rodillos	68
3.4.7.	Relación de transmisión	70
3.4.8.	Bandas de transmisión de movimiento	71
3.4.9.	Cadena	73
3.4.10.	Piñones	76
3.4.11.	Catarina	77
3.4.12.	Motor eléctrico	78
3.4.13.	Motorreductor	79
3.4.14.	Análisis de la estructura	79
3.4.15.	Subsistema de clasificación	81
3.4.16.	Sistema de control	83
3.4.17.	Celdas de carga	85
3.4.18.	Controlador lógico programable	86
3.4.19.	Sensores	89
3.4.20.	Bandejas de salidas para las paltas clasificadas	90

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	91
4.1.1.	Dimensionamiento y diseño de los rodillos	91
4.1.2.	Deflexión del rodillo	96



4.2.	CÁLCULO DEL MOTOR Y SELECCION DE SU POTENCIA	98
4.2.1.	Cálculo de la potencia para los rodillos de transporte de palta	98
4.2.2.	Potencia de los engranajes para mover los rodillos	105
4.2.3.	Potencia para vencer la inercia de la polea	105
4.3.	BANDEJAS PARA LA SALIDA DE PALTAS	106
4.4.	ESTRUCTURA	107
4.5.	RAPIDEZ DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA	108
4.6.	PROTOCOLO MQTT	109
4.7.	IOT	111
4.8.	ETAPA DE TOMA DE IMÁGENES	111
4.8.1.	Sistema de iluminación	111
4.8.2.	Captura de imagen	112
V.	CONCLUSIONES	113
VI.	RECOMENDACIONES	114
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS		120
	ANEXO 1: Esfuerzos permisibles de contacto	120
	ANEXO 2: Motores	121
	ANEXO 3: Factor dinámico	122

Área: Instrumentación y Control

Tema: Control automático

FECHA DE SUSTENTACION: 11 de diciembre 2023.



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Máquina clasificadora por tamaño.	31
Figura 2 Máquina clasificadora por imagen o color.	33
Figura 3 Esquema de una máquina clasificadora de dos canales.....	46
Figura 4 Palta.	51
Figura 5 Arquitectura de comunicaciones IoT.....	52
Figura 6 Diseño de la rampa.	59
Figura 7 Eje excéntrico para vibración.	60
Figura 8 Componentes de un eje excéntrico.	61
Figura 9 Fuerza cortante y momento flexionante del eje excéntrico.	64
Figura 10 Propiedades de la sección transversal del eje.	65
Figura 11 Ángulo de deformación y deflexión.	66
Figura 12 Eje de los rodillos.	69
Figura 13 Transmisión de movimiento con bandas.	72
Figura 14 Dimensiones de una cadena de rodillos.....	73
Figura 15 Cadenas en el subsistema de clasificación y ordenamiento.	74
Figura 16 Sujetador y templador de la cadena.....	74
Figura 17 Cadenas en el subsistema de clasificación.	75
Figura 18 Tensión de Von Mises.	80
Figura 19 Bandeja de salida para los diferentes calibres.	90
Figura 20 Paltas Hass en rodillos.....	91
Figura 21 Diagrama del cuerpo libre del rodillo.....	93
Figura 22 Reacciones del rodillo.	94
Figura 23 Momento máximo en el rodillo.	95



Figura 24	Recubrimiento con PVC del rodillo de acero.....	96
Figura 25	Etapa de clasificación.	99
Figura 26	Primera parte.	100
Figura 27	Segunda parte.	101
Figura 28	Tercera parte.	103
Figura 29	Sentido de giro del motor.	106
Figura 30	Bandeja de salida.	106
Figura 31	Análisis de la deformación.	107



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Datos para calcular la relación de transmisión.	71
Tabla 2 Características de los piñones.	77
Tabla 3 Características de la Catarina.	78
Tabla 4 Descripción del motor.	79
Tabla 5 Clasificación de paltas en rangos por pesos.	82
Tabla 6 Conexión de carga.	86
Tabla 7 Características del PLC.	88



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

QFD:	Despliegue de la Función de Calidad
SPL:	Plan de Distribución Sistemático
TIR:	Tasa Interna de Retorno
INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización
BPM:	Buenas Prácticas de Manufactura
VAN:	Valor Actual Neto
Kn:	Kilonewtons
W:	Vatios
Rad:	Radianes
Nm:	Newton-metros
Hp:	Caballos de fuerza
L:	Longitud
d:	Diámetro
IoT:	Internet de las cosas
Rpm:	Revoluciones por minuto



RESUMEN

El diseño de la planta clasificadora de palta Hass ha sido exitoso, habiéndose realizado análisis exhaustivos que consideran diversos sistemas mecánicos y aspectos clave como la simplicidad, el ruido, la facilidad de construcción, el mantenimiento y el montaje. Después de descartar varias opciones, se ha seleccionado un sistema de máquina clasificadora que utiliza rodillos apoyados en rodamientos y chumaceras, conectados mediante engranajes rectos para lograr las separaciones deseadas. Se ha prestado especial atención al diseño de la tolva para garantizar la protección de las paltas durante su transporte hacia los rodillos. Los rodillos fijos giratorios elegidos son adecuados para la clasificación y el transporte de las paltas, con una deformación mínima que cumple con los estándares establecidos. La selección de rodamientos, engranajes, poleas y correas se ha basado en catálogos, fórmulas matemáticas y cálculos precisos. Además, se ha realizado una simulación en el programa Autodesk Inventor, considerando las cargas vivas y vivas muertas presentes en la estructura. El diseño de esta máquina de clasificación reduce de manera significativa los problemas asociados con la clasificación manual, especialmente en términos de esfuerzo físico y salud. Cumple con todas las especificaciones necesarias para realizar una clasificación y conteo precisos de las paltas, y los componentes seleccionados representan una inversión mínima en términos de calidad y costo. La adopción de esta máquina en el proceso de clasificación moderniza las operaciones y beneficia tanto a los comerciantes como a los productores.

Palabras claves: IoT, Planta Clasificadora, Palta Hass.



ABSTRACT

The design of the Hass avocado grading plant has been successful, having carried out exhaustive analyzes that consider various mechanical systems and key aspects such as simplicity, noise, ease of construction, maintenance and assembly. After ruling out several options, a grading machine system has been selected that uses rollers supported by bearings and pillow blocks, connected by spur gears to achieve the desired separations. Special attention has been paid to the design of the hopper to guarantee the protection of the avocados during their transport to the rollers. The chosen fixed rotating rollers are suitable for the classification and transport of avocados, with a minimum deformation that meets the established standards. The selection of bearings, gears, pulleys and belts has been based on catalogues, mathematical formulas and precise calculations. In addition, a simulation has been carried out in the Autodesk Inventor program, considering the live and dead loads present in the structure. The design of this grading machine significantly reduces the problems associated with manual grading, especially in terms of physical exertion and health. It meets all the specifications necessary for accurate grading and counting of avocados, and the selected components represent a minimal investment in terms of quality and cost. The adoption of this machine in the grading process streamlines operations and benefits both traders and producers.

Keywords: IoT, Sorting Plant, Palta Hass.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector de producción de la variedad de palta conocida como palta Hass experimenta desafíos en la clasificación de sus productos para las medianas y pequeñas empresas. Actualmente, estas empresas llevan a cabo la selección manual de las paltas según su tamaño, lo cual resulta en costos variables y elevados al contratar personal temporal. Además, este método requiere más tiempo para completar el proceso de clasificación. Con el propósito de disminuir tanto el tiempo como los costos asociados, y a su vez lograr una mayor consistencia en el proceso de clasificación, se está trabajando en el diseño de una máquina especializada en la clasificación por tamaño. Esta iniciativa busca solucionar los desafíos actuales y mejorar la eficiencia del proceso de clasificación en el sector de producción de la palta Hass.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo diseñar un sistema mecatrónico clasificador de palta Hass que incluya etapas de alimentación, toma de imágenes, clasificación, criterios de calidad de adquisición y tratamiento de imágenes, selección de componentes estructurales y electromecánicos, componentes electrónicos y electroneumáticos para la automatización, y tecnología IoT en el control?

Para abordar los desafíos en los procesos de clasificación de la palta enfrentados por las medianas y pequeñas empresas en este sector de producción, se propone el diseño de un sistema mecatrónico clasificador de palta Hass. Este sistema incluiría etapas de alimentación, toma de imágenes y clasificación.



La etapa de alimentación se encargaría de introducir las paltas en el sistema de forma automatizada, eliminando así la necesidad de selección manual por tamaño. La etapa de toma de imágenes utilizaría tecnología adecuada para adquirir imágenes de alta calidad de las paltas, asegurando una correcta visualización de sus características.

La etapa de clasificación utilizaría las imágenes adquiridas para realizar la clasificación de las paltas Hass según su tamaño. Esto permitiría reducir tanto los costos como el tiempo asociado a la contratación de personal temporal y lograr una mayor regularidad en el proceso de clasificación.

El diseño del sistema mecatrónico clasificador también tomaría en cuenta criterios de calidad en la adquisición y tratamiento de las imágenes, asegurando que se obtenga la información necesaria de manera precisa y confiable.

Además, se considera la selección de componentes estructurales y electromecánicos, así como componentes electrónicos y electroneumáticos, con el fin de garantizar el funcionamiento eficiente y automatizado del sistema.

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

Se diseña un sistema mecatrónico clasificador de palta Hass que considere criterios de estructuración y selección de componentes, así como la utilización de imágenes y tecnología IoT en su control, se logrará un proceso eficiente de captura, clasificación y monitoreo de las paltas, mejorando la precisión, eficiencia y calidad del proceso de clasificación.



1.3.2. Hipótesis específicas

- Se puede diseñar la etapa de alimentación y toma de imágenes del sistema mecatrónico clasificador de palta Hass considerando criterios de estructuración y selección de componentes estructurales y electromecánicos, así como de los componentes electrónicos y electroneumáticos para la automatización, entonces se logrará un proceso más eficiente y preciso de captura de imágenes de las paltas, mejorando la calidad de la información visual obtenida.
- Es posible diseñar la etapa de clasificación del sistema mecatrónico utilizando imágenes para clasificar palta Hass, tomando en cuenta criterios de calidad de adquisición, tratamiento y calidad de imágenes, entonces se obtendrán resultados de clasificación más precisos y consistentes, mejorando la eficiencia del proceso de clasificación y reduciendo los errores de selección manual
- Es posible diseñar la inclusión de tecnología IoT en el control del sistema mecatrónico clasificador de palta Hass, entonces se podrá monitorear y controlar de forma remota el funcionamiento del sistema, permitiendo la optimización de su rendimiento, la detección temprana de posibles fallos y una gestión más eficiente del proceso de clasificación de las paltas Hass.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema mecatrónico clasificador de palta Hass que optimice el proceso de clasificación mediante la implementación de una etapa de alimentación y toma de imágenes eficiente, una etapa de clasificación precisa utilizando



imágenes y la inclusión de tecnología IoT para el control y monitoreo remoto del sistema.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar la etapa de alimentación y toma de imágenes del sistema mecatrónico clasificador de palta Hass, tomando en cuenta criterios de estructuración y selección de componentes estructurales y electromecánicos, así como de los componentes electrónicos y electroneumáticos para la automatización.
- Diseñar la etapa de clasificación del sistema mecatrónico utilizando imágenes para clasificar palta Hass, tomando en cuenta criterios de calidad de adquisición, tratamiento y calidad de imágenes.
- Diseñar la inclusión de tecnología IoT en el control del sistema mecatrónico clasificador de palta Hass.

1.5. METODOLOGÍA

Basándose en los requisitos identificados, se elaborará un diseño conceptual del sistema mecatrónico clasificador de palta Hass. Esto implicará la definición de la arquitectura del sistema, la selección de componentes y tecnologías apropiadas, y la elaboración de esquemas y diagramas que representen las diferentes etapas del sistema. Realizar el diseño detallado de cada una de las etapas del sistema mecatrónico clasificador. Esto incluirá la especificación técnica de los componentes seleccionados, la definición de los algoritmos y técnicas de procesamiento de imágenes para la etapa de clasificación, y la integración de la tecnología IoT para el control y monitoreo remoto del sistema. Realizar pruebas y simulaciones para validar el diseño del sistema mecatrónico clasificador de palta Hass. Se verificará el cumplimiento de los requisitos establecidos y



se evaluará la eficiencia y precisión del proceso de clasificación. En esta etapa, no se realizará la implementación física del sistema, sino que se utilizarán herramientas de simulación y prototipado virtual.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo principal de este estudio de investigación es efectuar un diseño de un sistema automatizado de clasificación de palta tipo Hass utilizando tecnología IoT. La propuesta da una solución a las pérdidas causadas por la clasificación manual basada en la inspección visual en el contexto peruano. Por lo tanto, se pretende desarrollar un sistema compacto, competitivo y rentable que sea beneficioso para los productores de pequeña y mediana escala. El sistema propuesto consta de varios módulos que se encargan de diferentes tareas, como la alimentación, el transporte, la separación y la clasificación de las frutas. La interacción sinérgica de estos módulos permite clasificar las paltas en cinco tamaños diferentes, los cuales se pueden ajustar según las necesidades del usuario. Los cálculos teóricos realizados respaldan la eficacia del proceso y su viabilidad económica, lo cual valida la posibilidad de diseñar un sistema de clasificación de paltas utilizando métodos no invasivos disponibles en el mercado. En resumen, este estudio se centra en el diseño de un sistema automatizado que utiliza tecnología de visión artificial para clasificar paltas tipo Hass, ofreciendo beneficios significativos a los productores y demostrando su viabilidad tanto en términos técnicos como económicos (Jesus et al., 2021).

Los miembros de la asociación ASPRI tienen la oportunidad de expandir su cadena de producción mediante la creación de una instalación de procesamiento de frutas. Esta iniciativa les brinda la posibilidad de hacerse en productores formales y obtener una certificación de alta calidad tanto para las frutas que cosechan como para los productos que elaboran utilizando esas frutas como materia prima. Al hacerlo, mejorarán su



rentabilidad económica al evitar vender las frutas a intermediarios que obtienen ganancias considerablemente mayores al distribuir los productos al consumidor final. Para realizar este proyecto, se realizó un estudio de viabilidad que abarca la investigación de la oferta, la demanda y la competencia de los productos finales basados en frutas. Esto ha permitido identificar las características necesarias para lograr un diseño óptimo de la planta, considerando los análisis financieros, ambientales y sociales que se ajusten a la producción planificada. De esta manera, el objetivo es garantizar la rentabilidad de la empresa a través de una producción de excelente calidad, con tiempos de producción reducidos y una baja tasa de pérdidas. Esto permitirá a los miembros mejorar sus ingresos, al diversificar sus productos y comercializarlos directamente al consumidor final. En resumen, los miembros de la asociación ASPRI tienen la oportunidad de establecer una planta procesadora de frutas, lo que les permitirá mejorar su rentabilidad económica y su calidad de vida al convertirse en productores formales y comercializar sus productos directamente al consumidor final (Pamplona & José Isidro, 2019).

La cuestión del desperdicio de alimentos es un problema global que enfrentamos actualmente. Alrededor de una de cada nueve familias en todo el mundo carece de acceso adecuado a alimentos para llevar una vida saludable. En el caso específico de Ecuador, se calcula que una persona desperdicia un promedio de aproximadamente 72 kg de alimentos cada año. Este nivel de desperdicio es preocupante y requiere atención urgente. En el desarrollo de este proyecto, se han examinado las características esenciales necesarias para establecer una instalación dedicada a la clasificación y procesamiento de alimentos, con un enfoque particular en la producción de pulpas y mermeladas de frutas. Para llevar a cabo este análisis, se emplearon varios enfoques metodológicos, siendo uno de los más destacados el QFD (Despliegue de la Función de Calidad, por sus siglas en inglés), una herramienta que permitió identificar los requisitos prioritarios para satisfacer



las necesidades del cliente de manera efectiva. Este enfoque metodológico resultó fundamental para garantizar la calidad y el éxito del proyecto. Además, se aplicó el método del "Problema Mediano" para determinar la ubicación óptima de la planta, y se utilizó la metodología del "Plan de Distribución Sistemático" (SPL) con dos alternativas diferentes para seleccionar el tipo de distribución. Asimismo, se llevó a cabo una minuciosa evaluación económica. Los hallazgos obtenidos revelaron que la ubicación óptima para el establecimiento de la nueva instalación es La Garzota, una zona al norte de la ciudad. Durante el primer año de operación, la línea de producción logró generar un ingreso neto de \$1,678,856 dólares, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 4.97%. Estos resultados financieros demuestran la viabilidad y rentabilidad del proyecto en su etapa inicial. El análisis costo-beneficio realizado mostró un resultado factible de 6.5 para la ONG Diakonia. En resumen, el diseño propuesto cumple de manera satisfactoria con las especificaciones requeridas por el cliente para el correcto funcionamiento de la planta, y además cumple con las regulaciones establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la industria alimentaria (Wyllis et al., 2022).

El proceso de clasificación manual por tamaño de los tomates riñón es un procedimiento que consume mucho tiempo y representa un costo significativo para los productores. En consecuencia, el objetivo de esta propuesta tecnológica consiste en la instalación de un sistema automatizado de clasificación de tomates riñón en diversos tamaños, con el propósito de disminuir el tiempo necesario en la fase de postcosecha en el invernadero operado por la señora Juana Ch. Este invernadero está situado en la provincia de Tungurahua, específicamente en el cantón Pillaro. La implementación de esta solución tecnológica permitirá agilizar y optimizar el proceso de clasificación de los tomates, brindando beneficios significativos a la productividad y eficiencia del



invernadero de la señora Juana Chiluisa en su ubicación geográfica actual, específicamente en la parroquia San Andrés, en la Comunidad de Huapante Grande. Para llevar a cabo este proyecto, se utilizó un método de campo que logro establecer el diámetro adecuado para las jaulas en tamaños diferentes: 85 *mm*, 75 *mm*, 65 *mm*, 55 *mm* y 45 *mm* respectivamente. Además, se seleccionó un motor reductor de 1 *HP* para aplicar la fuerza necesaria en este sistema automatizado, lo cual facilita la manipulación de la banda transportadora y el movimiento. Asimismo, se empleó el software SolidWorks para diseñar el sistema mecánico. Como resultado, se ha observado una reducción de tres horas en el tiempo de clasificación de las ciento ochenta cajas, en comparación con las seis horas anteriores, al implementar este sistema automatizado. En resumen, esta propuesta tecnológica busca implementar una máquina clasificadora de tomates riñón en diferentes tamaños, lo cual ha demostrado ser efectivo al reducir significativamente el tiempo de clasificación y mejorar la eficiencia en la etapa de postcosecha en el invernadero (Changoluisa Tonato & Chiluisa Chiluisa, 2022).

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del proceso de beneficio del café en la planta de Beneficio SDI, considerando múltiples aspectos como la capacidad de la planta, el entorno operativo, el equilibrio de masa, el secado mecánico y la capacidad del sistema ante variaciones en la recepción de la fruta. Se realizó una simulación de Montecarlo para evaluar estos factores. Se calcularon los rendimientos de masa para cada etapa del proceso hasta obtener el café verde. Se determinó que, mediante el despulpado, desmucilaginado y despergamino, se elimina aproximadamente el 61,5% de la masa de la fruta, lo que implica que teóricamente el 18,5% de la masa de fruta recibida se convierte en café verde. Esta proporción entre la masa de fruta y el café verde es de 5,4 a 1 respectivamente, lo cual está en línea con los rangos observados en las variedades de café arábica. Además, es posible describir las características físicas de los productos y subproductos obtenidos



en las etapas del procesamiento agroindustrial, como el contenido de humedad, la densidad real y aparente, y la porosidad, utilizando los equipos apropiados. Para el proceso de secado por lotes en un equipo horizontal rotativo (guardiola), se empleó un modelo matemático de secado en capa delgada basado en la ecuación de Midilli modificada. Los resultados obtenidos mostraron un coeficiente de determinación de 0,9709 para las condiciones específicas analizadas. En resumen, se realizó un análisis integral del proceso de beneficio de café en el Beneficio SDI, considerando diversos aspectos y utilizando simulación y modelos matemáticos para evaluar su eficiencia y rendimiento (José María, 2019).

El estudio se centra en el desarrollo de un plan de viabilidad con el propósito de exportar pulpas de fruta fabricadas por la empresa "Suiza Dajed" Cía. Ltda. hacia el mercado estadounidense, en concreto hacia la ciudad de Nueva York. El objetivo principal consiste en optimizar la capacidad productiva de la empresa y atender la demanda a nivel internacional. Mediante este proyecto, se busca expandir el alcance de la empresa y aprovechar las oportunidades que ofrece el mercado de exportación en Estados Unidos, específicamente en Nueva York, para asegurar su crecimiento y éxito a nivel internacional. Es relevante resaltar que Ecuador ocupa el tercer lugar como proveedor de pulpa de fruta para Estados Unidos en la región de Latinoamérica, lo cual hace que la exportación sea una tarea de alta prioridad para las empresas del país. Para llevar a cabo este estudio, se emplearon enfoques tanto cuantitativos como cualitativos, como la realización de entrevistas con los miembros de la empresa y la observación de las mejores prácticas de manufactura. Estos métodos permitieron obtener una visión integral y precisa de la situación, fortaleciendo así la base de conocimientos para desarrollar estrategias efectivas de exportación. Se encontró que la empresa cuenta con la capacidad de producir y ofrecer el producto, además de contar con procesos adecuados,



como el análisis de la demanda aparente, para evaluar la viabilidad del proyecto. Los índices financieros respaldan la propuesta, indicando que se requiere una inversión de \$502,774.69 y que se espera una tasa interna de retorno del 38.50%. Se calculó que el punto de equilibrio se encuentra en \$201,570.36 y 81,611 unidades vendidas, con un período de recuperación estimado de 4 años. Basado en estos análisis, se recomienda la implementación del proyecto debido a los beneficios económicos y sociales que generaría tanto para la compañía como para los inversionistas, contribuyendo así al desarrollo del sector productivo del país (Goyes Tixi, 2019).

La producción de maíz en México es de gran importancia y se emplean métodos tradicionales en el proceso, desde la siembra hasta la cosecha, aunque también se observa el uso de maquinaria sofisticada en algunos casos. El maíz se siembra en surcos separados por aproximadamente 0.75 metros, y se colocan de 4 a 5 semillas por planta, con una distancia de 0.50 metros entre cada una. Sin embargo, debido a diversos factores, no todas las semillas germinan y, en ocasiones, ninguna lo hace. Durante las primeras semanas, la fertilización se realiza manualmente, donde un trabajador aplica fertilizante químico al pie de la planta. Este proceso, aunque realizado con cuidado, es impreciso, lento y costoso. En la actualidad, se ha introducido maquinaria que distribuye el fertilizante a lo largo del surco, lo que agiliza y reduce los costos del proceso. Sin embargo, esto también conlleva la dispersión de fertilizante en áreas sin plantas de maíz e incluso en la maleza circundante. El exceso de fertilizante no absorbido por las plantas se filtra al subsuelo, contaminando los mantos acuíferos. Para abordar este problema, se propone en este estudio clasificar las plantas de maíz y la maleza, de modo que se pueda aplicar el fertilizante de manera precisa, evitando la maleza y las áreas sin plantas. Se recolectaron 1000 imágenes de plantas de maíz y maleza para aplicar técnicas de procesamiento de imágenes, entre las que destacan la segmentación mediante el uso de PCA y Otsu.



Además, se utilizaron diferentes algoritmos de clasificación, tales como Naive Bayes, Random Forest, SVM, KNN, CNN y redes neuronales Backpropagation, con resultados que mostraron una alta precisión, llegando incluso al 98.98%. Se espera que esta solución mejore el proceso de fertilización al permitir una aplicación más precisa y eficiente del fertilizante, evitando la contaminación de los mantos acuíferos y optimizando el uso de los recursos disponibles (Yamir Gómez-Ramos et al., 2020).

El objetivo de esta investigación fue analizar la empresa SERVICIOS MÚLTIPLES MACHECITA S.R.L, que se especializa en la venta de fibra de alpaca clasificada. El proceso de negocio involucra adquirir fibra de alpaca recién esquilada de comunidades, clasificarla y seleccionarla, para luego entregarla a empresas como "Inca Tops S.A." y "Michell & Cía.". Se realizó un análisis estratégico para evaluar los factores internos y externos que podrían tener un impacto en el proyecto. Se identificaron oportunidades de exportación a países como China y Bolivia. En términos técnicos, se determinó que la planta debería ubicarse en una expansión de la ubicación actual y se estableció el proceso de producción. El estudio organizacional reveló la necesidad de contratar 7 colaboradores y se creó un manual de organización y funciones para facilitar la contratación adecuada. En el estudio económico se calculó la inversión necesaria y se evaluaron indicadores financieros como el VAN, TIR, período de recuperación y B/C. Los resultados mostraron que el proyecto era viable y rentable. También se llevó a cabo un estudio de impacto ambiental, identificando posibles efectos negativos y proponiendo estrategias de mitigación. Se estableció una política ambiental para guiar las acciones de los colaboradores en relación al medio ambiente (Mamani Amanqui & Jaita Condo, 2021).

La industria de cultivo de plantas ornamentales tropicales es altamente rentable en el país debido a los ingresos generados por las exportaciones. Esto ha llevado a que



los organismos reguladores y los comerciantes de todo el mundo sean exigentes en cuanto a los estándares de calidad. El sustrato es un componente esencial en el cultivo de plantas y la corteza de pino triturada es ampliamente utilizada debido a sus numerosas ventajas para las plantas comercializadas. Aunque en la nación no hay una producción industrializada de este sustrato, la mayoría de su producción se lleva a cabo de manera manual por un pequeño grupo de productores, lo que resulta en un aumento en los costos finales de producción de las plantas. Ante esta situación, en colaboración con un negociante, se ha propuesto el diseño del sistema semiautomático modular para la producción. El sistema aborda las dos necesidades primordiales en la producción del sustrato. El módulo de triturado se encarga de cortar la corteza de pino en trozos pequeños, mientras que el módulo de clasificación separa las piezas partidas por tamaño para adecuarse a lo necesitado en la planta. Los efectos obtenidos demuestran la resistencia y permanencia de las máquinas, y el método accede doblar el tomo de producción diaria a 49,800 litros, además de reducir los tiempos de producción actuales del cliente. Estos resultados garantizan la rentabilidad de la inversión necesaria para implementar el proyecto, con una Tasa Interna de Retorno del 148% (Mendoza Hidalgo et al., 2022).

En este proyecto, se ha planteado la intención de contribuir al avance económico y medioambiental en la zona norte del Ecuador mediante el examen de la viabilidad de una sociedad dedicada al reciclaje. Se llevo un análisis exhaustivo del material reciclado de plástico y metal ya que necesita energía y recursos. La gestión de los residuos generados por estos materiales fue un desafío constante que busca mejoras tanto por parte de los recicladores como de las industrias. En Ecuador, la mayor parte del plástico utilizado como materia prima virgen es importada, registran adquisición de desechos del material debido a la escasez de recursos. Una situación similar se presenta en el caso de



los metales, (acero, cobre, aluminio). Después de evaluar un modelo de factibilidad propuesto en este trabajo, que analiza dos formas de emprender: una planta de reciclaje de metal y plástico, se concluyó que la creación de ambas plantas no resulta viable desde el punto de vista financiero. Los indicadores financieros para ambos casos, como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación costo entre beneficio, no cumplen con los criterios necesarios para considerar el negocio rentable. La TIR no supera la tasa de descuento establecida del 17.28% y la relación costo beneficio es inferior a 1. Influye altos costos en materia prima y procesamiento de material. Para buscar un escenario favorable a la investigación, es necesario reformular los precios fijos y así se pueda lograr rentabilidad y viabilidad económica. Es fundamental analizar y buscar alternativas que permitan reducir los costos asociados a las materias primas y el procesamiento, para así lograr un negocio sostenible y beneficioso tanto para el medio ambiente como para la economía local (Galarraga, 2022).

Este Trabajo Fin de Máster tiene como objetivo planificar, controlar y supervisar una planta industrial automatizada que produce piezas compuestas por dos componentes diferentes. La planta se encargará de fabricar los componentes, ensamblarlos, someterlos a un tratamiento químico, clasificarlos, embalarlos y almacenarlos. Se utilizará el software FACTORY I/O y la comunicación OPC para controlar la planta según las especificaciones requeridas. También se diseñará un SCADA básico para supervisar la planta. El trabajo proporcionará guías detalladas para configurar los softwares, explicará el funcionamiento de la planta y analizará problemas y limitaciones encontrados durante el proyecto. El objetivo final es lograr una implementación exitosa de una planta industrial automatizada y proporcionar información útil para futuros proyectos similares (Prior Sierra, 2021).



Este estudio de investigación se centra en la creación de un proyecto para establecer una planta industrial en el Cantón Guano, encargada de clasificar y procesar residuos sólidos. El objetivo principal es mejorar la gestión de los desechos, debido al problema actual de una gestión inadecuada que causa impactos negativos en el medio ambiente y la salud de las personas cercanas al vertedero de basura. El estudio se clasifica como descriptivo y utiliza un diseño no experimental. Se realizó un análisis de la cantidad de residuos generados diariamente para seleccionar la maquinaria adecuada y determinar el tamaño óptimo de la planta. El diseño de la planta se basó en la metodología SLP y se optó por una estructura rectangular con disposición lineal de las maquinarias. Se prestó atención a la ventilación y se planificó una distribución de iluminación adecuada. La planta ocupa un área de 2,875 m². En resumen, el objetivo principal de este estudio es diseñar una planta industrial para mejorar la gestión de residuos sólidos en el Cantón Guano, considerando aspectos como la cantidad de desechos generados, el diseño de la planta y la ventilación adecuada (Abarca Sánchez, 2020).

En esta investigación se busca mejorar la tecnología mecatrónica para la separación de botellas de PET mediante el diseño de una máquina clasificadora de botellas PET por colores en Huancayo, Junín, durante el año 2021. La metodología adoptada se basa en un enfoque tecnológico y se han aplicado normas específicas. La máquina tiene dimensiones definidas y utiliza un controlador lógico programable, sensores ópticos y cilindros neumáticos para llevar a cabo la clasificación de manera eficiente. El objetivo principal es clasificar las botellas PET por color utilizando un control automático y una tecnología óptica, para lo cual se ha simulado el proceso de clasificación y se han utilizado cuatro sensores colorSENSOR-OT-3-MA y un controlador lógico programable de la marca Siemens S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Relé (Naupay Fabian & Quispe Lopez, 2021).

2.2. TIPOS DE MÁQUINA CLASIFICADORA

La máquina clasificadora ha sido desarrollada con el propósito de transportar y clasificar el producto de manera segura y sin causar daños. Su función es de gran ayuda para numerosos productores, ya que les permite asegurar un precio óptimo para sus productos.

2.2.1. Máquina clasificadora por tamaño

En numerosas industrias, la clasificación según el tamaño desempeña un papel esencial, dado que el valor de diversos productos se establece en base a su tamaño. Por consiguiente, resulta primordial contar con una máquina clasificadora por tamaño que sea sencilla, con el fin de optimizar. Además, en determinadas situaciones, esta máquina puede agilizar los procedimientos posteriores relacionados con los productos que han sido clasificados. En resumen, contar con una máquina clasificadora eficiente en términos de tamaño es vital para asegurar precios justos y favorecer los procesos adicionales de los productos clasificados.

Figura 1

Máquina clasificadora por tamaño.



Fuente: Bouchereau & Rowlands, 2022.

Esta máquina presenta diversas características positivas, como su operación sencilla, la capacidad de alimentación ininterrumpida, su diseño



compacto, la disponibilidad de materiales y componentes en el mercado, el manejo delicado del producto, así como el mantenimiento y la limpieza fáciles de los componentes. En resumen, esta máquina ofrece una serie de ventajas, que incluyen su facilidad de uso, alimentación continua, tamaño compacto, disponibilidad de materiales y elementos en el mercado local, manejo suave del producto, así como el mantenimiento y la limpieza sencillos de los componentes.

Por otra parte, es importante considerar algunas limitaciones, como la dificultad en el ajuste de tamaños del producto a clasificar y la presencia de numerosos componentes mecánicos en su estructura. En resumen, junto con las ventajas mencionadas, también se deben tener en cuenta ciertas desventajas, como la complejidad en la adaptación a diferentes tamaños de productos y la presencia de múltiples elementos mecánicos en su construcción (Bouchereau & Rowlands, 2022).

2.2.2. Máquina clasificadora por imagen

En este procedimiento de clasificación, se lleva a cabo una observación continua de la imagen de cada fruto desde diferentes perspectivas, y utilizando dicha imagen se determina el tamaño del fruto mediante la realización de cálculos del volumen correspondiente. En resumen, este método de clasificación implica la vigilancia de la imagen de cada fruto desde múltiples ángulos, permitiendo así el cálculo preciso del volumen del fruto.

Figura 2

Máquina clasificadora por imagen o color.



Fuente: Jesus et al., 2021.

Este sistema de clasificación ofrece varias ventajas, entre ellas se encuentra su capacidad para clasificar el producto de acuerdo a su volumen de manera precisa, su manejo suave del producto, la posibilidad de alimentación continua y una mayor precisión en términos de tamaño y peso. Sin embargo, también presenta algunas desventajas, como el alto costo de mantenimiento, dificultades en la limpieza de los componentes, la falta de recomendación para su uso en campo abierto, así como el elevado costo de fabricación y la complejidad en el montaje (Jesus et al., 2021).

2.2.3. Máquina clasificadora por peso

Este tipo de clasificadoras utiliza bandejas calibradas que varían según los diferentes pesos de los productos a clasificar. Las ventajas de este sistema incluyen la disponibilidad de una alimentación continua, una precisión en el clasificado basada en el peso, la facilidad de operación de la máquina y una mínima manipulación del producto que evita daños. Por otro lado, las desventajas de este tipo de clasificadoras son su sensibilidad, lo que puede llevar a



descalibraciones de las bandejas, la falta de recomendación para su uso en campo abierto debido a la vulnerabilidad de los componentes de medición, el alto costo de fabricación y la necesidad de calibrar la máquina en lugares especializados.

2.2.4. Máquina clasificadora por visión artificial

Esta maquinaria para clasificar paltas se compone de una banda transportadora que se encarga de mover de manera constante las paltas hacia una zona de clasificación. En ese lugar, una cámara de visión artificial examina atributos tales como el tamaño, la ubicación y la textura de cada palta, y transmite estos datos a un sistema de control que toma decisiones instantáneas respecto a la clasificación de cada uno. En resumen, este tipo de maquinaria de clasificación de paltas se basa en una cinta transportadora que dirige las paltas hacia un área específica, donde una cámara especializada analiza características clave y comunica esta información a un sistema de control para que realice la clasificación correspondiente. Dependiendo de su tamaño y estado, las paltas son clasificados como pequeños, medianos o grandes y separados en depósitos correspondientes para productos buenos o defectuosos. Esta tecnología permite una clasificación rápida y precisa del producto, mejorando la eficiencia y la calidad del proceso.

2.3. COMPONENTES DE UNA MAQUINA CLASIFICADORA

2.3.1. Tolva de alimentación

Desde el punto de vista matemático, la ecuación diferencial en derivadas parciales que describe el comportamiento de una placa se clasifica como una ecuación de cuarto orden con coeficientes constantes. Al realizar el cálculo de la tolva de alimentación, la cual es un rectángulo delimitado por líneas paralelas a los ejes coordenados, se considera una superficie elástica $w = f(x, y)$ que



representa la distribución de cargas sobre la placa. De esta manera, es posible establecer una ecuación que establezca una relación entre la superficie elástica y las cargas presentes. En resumen, la descripción matemática del comportamiento de una placa se expresa mediante una ecuación de cuarto orden con coeficientes constantes, y al calcular la tolva de alimentación, se considera una superficie elástica que refleja la distribución de cargas sobre la placa, estableciendo una relación entre la superficie elástica y las cargas presentes:

$$p = D\Delta\Delta w \quad (1)$$

Por lo cual Δ es el operador:

$$\frac{\delta^2}{\delta x^2} + \frac{\delta^2}{\delta y^2} \quad (2)$$

Por lo tanto, se tiene momentos que dan lugar a tensiones:

Momentos de flexión:

$$M_x = -D \frac{\delta^2 W}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 W}{\delta y^2} \quad (3)$$

$$M_y = -D \frac{\delta^2 W}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 W}{\delta x^2} \quad (4)$$

Momento de torsión:

$$M_{xy} = -(1 - \nu)D \frac{\delta^2 W}{\delta x \delta y} \quad (5)$$

Fórmulas utilizadas para placas rectangulares empotradas:

$$p_x = p \frac{\lambda^4}{1 + \lambda^4} \quad (6)$$

$$p_y = p \frac{1}{1 + \lambda^4} \quad (7)$$

$$M_{y\max} = \frac{p_y l_y^2}{24} n \quad (8)$$



$$n = 1 - \frac{5}{18} \frac{\lambda^2}{1 + \lambda^4} \quad (9)$$

$$\lambda = \frac{b}{a} \quad (10)$$

Si:

$$b > a, \lambda > 1 \text{ es } M_{x\max} > M_{y\max} \quad (11)$$

La mayor tensión tiene un valor de:

$$\sigma_{x\max} = \frac{6 M_{x\max}}{h^2} \quad (12)$$

El espesor de una placa empotrada bajo una carga uniforme depende de las características específicas de la placa y del diseño del sistema. No hay una relación única o fija entre la carga uniforme y el espesor de la placa, ya que otros factores, como el material de la placa y las propiedades mecánicas, también influyen en la determinación del espesor necesario para soportar la carga de manera adecuada. Por lo tanto, es necesario realizar un análisis detallado y considerar diversos factores para determinar el espesor óptimo de la placa en estas circunstancias:

$$h = \varphi \cdot a \sqrt{\frac{p}{\sigma_{adm}}} \quad (13)$$

Donde:

- h = Espesor de la placa.
- σ_{adm} = Máxima tracción admisible.
- φ = Coeficiente numérico dependiente de la relación de las dimensiones de la placa $\lambda = \frac{b}{a}$, siendo el lado menor.

2.3.2. Rodillo para la transmisión

Al considerar el diseño del rodillo y el eje de transmisión, se toman en cuenta las condiciones de fatiga en las que estos componentes mecánicos operarán. Se reconocen varios factores que pueden influir en la resistencia a la fatiga, como la condición superficial, el tamaño, la carga, la temperatura y otros aspectos relevantes. Estos factores fueron identificados por Marín para cuantificar sus respectivos efectos en el diseño del rodillo y el eje de transmisión, asegurando así una evaluación integral de su impacto.

La ecuación se escribe:

$$S_e = S_{e'} \cdot k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f$$

Donde:

- k_a : Coeficiente de ajuste para la condición superficial.
- k_b : Coeficiente de ajuste para el tamaño.
- k_c : Coeficiente de ajuste para la carga.
- k_d : Coeficiente de ajuste para la temperatura.
- k_e : Coeficiente de confiabilidad.
- k_f : Coeficiente de ajuste para diversos efectos.
- $S_{e'}$: Límite de resistencia a la fatiga en la sección crítica.
- S_e : Límite de resistencia a la fatiga reducida en la ubicación crítica de una parte de la máquina, considerando su geometría y condiciones de uso.

Estos factores, como k_a , k_b , k_c , k_d , k_e y k_f , se utilizan para ajustar y modificar la resistencia a la fatiga en diferentes aspectos. Se tienen en consideración diversos factores como la superficie, el tamaño, la carga, la

temperatura y otros efectos relacionados. Además, se utiliza " S_e " para representar el límite de resistencia a la fatiga en la sección crítica, mientras que " S_e " es el límite de resistencia a la fatiga reducido en la ubicación crítica de una parte de la máquina, tomando en cuenta su geometría y condiciones de funcionamiento.

2.3.3. Selección de rodamientos

Los componentes internos de las máquinas necesitan girar y moverse, pero no lo hacen directamente sobre el soporte. En su lugar, se utilizan rodamientos, que son elementos mecánicos adicionales, para facilitar el movimiento al reducir la fricción y, en ciertos casos, mantener la alineación de los ejes. En las máquinas se utilizan rodamientos para montar componentes y lograr una menor fricción, así como una alineación adecuada de los ejes en algunas situaciones.

Para seleccionar los rodamientos apropiados, es necesario realizar el cálculo de la carga dinámica que deben soportar. Este cálculo implica considerar diversos factores, como la velocidad de rotación, la fuerza aplicada y las condiciones de funcionamiento. El objetivo es determinar la capacidad de carga necesaria para garantizar un rendimiento óptimo y una vida útil prolongada de los rodamientos.

$$C = \frac{f_L}{f_n \times f_H} P \quad (14)$$

Donde:

- f_L : Coeficiente de esfuerzo dinámico.
- C: Capacidad de carga dinámica.
- P: Carga dinámica equivalente en kilonewtons (kN).



- f_n : Coeficiente de velocidad.
- f_H : Coeficiente de dureza.

La carga dinámica equivalente es un parámetro teórico utilizado para representar la carga combinada, tanto radial como axial, que se aplica a los rodamientos. Este valor se determina mediante un método específico de cálculo. En resumen, la carga dinámica equivalente es un valor teórico que estima la carga total ejercida sobre los rodamientos, considerando tanto la carga radial como la axial, y se obtiene a través de un método de cálculo específico.

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad (15)$$

Donde:

- F_r : Carga radial en kilonewtons (kN).
- F_a : Carga axial en kilonewtons (kN).
- X: Coeficiente radial.
- Y: Coeficiente axial.

2.3.4. Potencia para la selección del motor

Al determinar la potencia del motor, es necesario tener en cuenta la inercia de los elementos que están involucrados en el sistema. Esto implica considerar la masa y distribución de masa de los componentes en movimiento, así como sus velocidades y aceleraciones. La inercia de estos elementos influye en los requerimientos de potencia del motor para garantizar un funcionamiento adecuado y eficiente del sistema. La potencia requerida se calculará:



$$T_i = I_i \cdot \alpha_m$$

$$P_i = T_i \cdot \omega_f \quad (16)$$

Donde:

- P_i : Potencia requerida para superar la inercia de los elementos en vatios (W).
- T_i : Torque necesario para superar la inercia en newton-metros (Nm).
- ω_f : Velocidad angular en radianes por segundo (rad/s).
- I_i : Momento de inercia de los elementos en kilogramos metro cuadrado (kgm^2).

Con el propósito de determinar la aceleración angular del motor, se empleará el siguiente conjunto de fórmulas:

$$\alpha_m = \frac{\omega_f - \omega_0}{t_f^2 - t_0^2}$$

$$t_0 = 0 [s]$$

$$\omega_0 = 0 [rad/s]$$

$$\alpha_m = \frac{\omega_f}{t_f^2} \quad (17)$$

Donde:

- α_m : Aceleración media generada durante el encendido y funcionamiento completo en radianes por segundo al cuadrado (rad/s^2).
- t_f : Tiempo de arranque del motor.



2.3.5. Cálculo y diseño de los engranajes rectos

En los engranajes rectos, se utilizan fórmulas fundamentales para transmitir movimientos de rotación entre ejes paralelos. Estas fórmulas son las siguientes:

- El módulo (m) es la medida del diámetro primitivo correspondiente a cada diente en los engranajes rectos. Se calcula dividiendo el diámetro primitivo (d) entre el número de dientes (z): $m = d/z$.
- El diámetro primitivo (d) es el diámetro de la circunferencia primitiva de un engranaje. Se calcula multiplicando el módulo (m) por el número de dientes (z): $d = m \times z$.
- El número de dientes (z) en un engranaje representa la cantidad de dientes en su circunferencia primitiva. El valor de z depende del diseño y las características específicas del engranaje utilizado: $z = d/m$.
- El diámetro exterior (d_e) es el diámetro máximo de la rueda de engranaje, es decir, el diámetro medido en la parte más externa de la circunferencia de los dientes. Se calcula multiplicando el módulo (m) por el número de dientes (z) y sumando un factor de corrección si es necesario. La fórmula para calcular el diámetro exterior es: $d_e = (m \times z) + 2 \times a$, donde a es el valor del addendum o el factor de corrección para los dientes que sobresalen del diámetro primitivo.
- En resumen, estas fórmulas se utilizan en los engranajes rectos para determinar el módulo, el diámetro primitivo, el número de dientes y el diámetro exterior. Estos parámetros son fundamentales para el diseño y la

fabricación de engranajes que transmiten movimientos de rotación de manera eficiente.

$$d_e = m(z + 2) \text{ o } d_e = d + 2m \quad (18)$$

2.3.6. Transmisión por bandas – poleas

Las poleas son dispositivos circulares que cuentan con una superficie externa diseñada específicamente para facilitar el contacto con cuerdas o correas. Esta superficie, conocida como perímetro, presenta estrías o ranuras que permiten un mejor agarre de los elementos de tracción. Dependiendo del tipo de transmisión requerida, las poleas pueden tener una forma trapezoidal o plana en las bandas. Estas poleas se utilizan tanto para transmitir movimiento como para ejercer fuerza de tracción en diferentes sistemas y maquinarias.

Cuando se utilizan poleas en forma de V , existen tablas disponibles que muestran los valores de potencia recomendados. Estas tablas permiten determinar la potencia máxima que puede ser transmitida a través de la banda. Es necesario consultar la tabla correspondiente para determinar la potencia permitida por la banda en función de factores como el tipo de material de la banda, el ángulo de contacto, la velocidad y otros parámetros relevantes. De esta manera, se puede asegurar que la potencia transmitida esté dentro de los límites seguros establecidos por el fabricante y evitar daños o fallos en el sistema de transmisión.

$$H_a = K_1 K_2 H_{tab} \quad (19)$$

La potencia de diseño para una banda trapezoidal se determina mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia de diseño} = H_a K_1 K_2 \quad (20)$$



Donde:

- H_a representa la potencia permitida por la banda en unidades de caballos de fuerza (hp).
- k_1 es el factor de corrección del ángulo de cobertura.
- k_2 es el factor de corrección de longitud de la banda.

La fórmula mencionada permite calcular la potencia necesaria para el diseño de una banda trapezoidal, teniendo en cuenta la capacidad de la banda, así como los factores de corrección que ajustan el valor de la potencia

La potencia de diseño para una banda trapezoidal se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$H_d = H_{nom}K_s n_d \quad (21)$$

Donde:

- H_{nom} representa la potencia nominal en unidades de caballos de fuerza (hp).
- K_s es el factor de servicio utilizado en el cálculo.
- n_d es el factor de diseño aplicado.

Normalmente, se determina el número de bandas N_b utilizando la siguiente relación:

$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a} \quad (22)$$

Esta ecuación nos permite calcular el número de bandas requeridas en función de dos variables: el diámetro d y la longitud L . La relación entre estas



variables y el número de bandas proporciona una guía para dimensionar correctamente el sistema.

Es importante utilizar esta fórmula para determinar el número adecuado de bandas en un sistema, ya que garantiza un rendimiento óptimo y una distribución equilibrada de la carga en las bandas. Esto contribuye a una operación eficiente y segura del sistema en general.

2.3.7. Subsistema de alimentación

En este tipo de maquinaria, se emplea una tolva vibratoria para la alimentación de las paltas. La tolva vibratoria es un sistema ampliamente utilizado en diversas máquinas con el fin de lograr una distribución uniforme de los productos. La capacidad y dimensiones de la tolva se determinan en función de la cantidad de paltas que se pretenda procesar. Estas tolvas son especialmente utilizadas en la industria molinera y en el manejo de materiales sólidos de pequeño tamaño, como el arroz o azúcar, ya que, en el caso de materiales de gran tamaño, podrían generarse obstrucciones en el proceso. Es esencial considerar adecuadamente el diseño y las características de la tolva vibratoria para garantizar un flujo constante y eficiente de las paltas durante su alimentación en la maquinaria.

2.3.8. Subsistema de transporte y ordenamiento

Para el transporte de las paltas, se emplea un sistema compuesto por un transportador de rodillos y un dispositivo conocido como calibrador, el cual se asemeja a un tornillo sin fin. El calibrador desempeña la función de conducir las paltas de forma unitaria y en una fila única hacia el subsistema encargado de su clasificación. Este método de transporte garantiza un manejo eficiente y preciso



de las paltas, asegurando que sean procesados de manera adecuada durante el proceso de clasificación.

El transportador de rodillos es un mecanismo que emplea cilindros metálicos para dar el desplazamiento y transporte de una variedad de objetos, dado posean una base de superficie regular. Este sistema se emplea de manera extensa en diversas industrias con el propósito de lograr un transporte eficiente de materiales y productos. Gracias a la utilización de rodillos, se minimiza la fricción y se garantiza un desplazamiento suave y fluido de los objetos a lo largo del transportador, contribuyendo así a optimizar los procesos de manejo y logística industrial.

2.3.9. Subsistema de clasificación

Para realizar la clasificación de las paltas, se manejan bandejas transportadoras dispuestas en una hilera única, las cuales se desplazan a lo largo de una mesa de clasificación. A lo que las paltas son colocadas en estas bandejas, su posición se ajusta en relación a un contrapeso que permite que la bandeja descienda hasta una posición específica, determinando de esta manera la categoría a la que pertenece cada palta en función de su peso. A través de actuadores y controladores, las bandejas se inclinan para que el producto caiga en el lugar designado correspondiente a su clasificación. Este proceso posibilita una clasificación precisa y automatizada de las paltas, optimizando así el tiempo y la eficiencia del proceso de clasificación.

2.3.10. Máquina clasificadora de paltas

En este tipo de maquinaria, la disposición de las paltas se lleva a cabo de manera manual en una rampa vibratoria. Luego, las paltas son transferidas al

subsistema siguiente mediante un sistema de transporte que se encarga de organizarlos de forma individual y ordenada. Estas máquinas también proporcionan la capacidad de visualizar la cantidad de paltas en cada categoría existente. Para mover las paltas a lo largo del sistema de clasificación, se emplean canastillas plásticas que tienen una forma similar a la de arcos con las manos, las cuales realizan un movimiento de rotación sobre la mesa de clasificación. Estas canastillas empujan las paltas hasta el final del recorrido, permitiendo así su clasificación en cuatro categorías distintas. Gracias a que son de doble canal, el proceso de clasificación se realiza de manera ágil y eficiente, optimizando el tiempo y los recursos utilizados en el proceso (MIRACLE, 2023).

Figura 3

Esquema de una máquina clasificadora de dos canales.



Fuente: MIRACLE, 2023.

2.4. PALTA HASS

El tipo de fruta mencionado exhibe una forma redondeada y periforme, siendo su color principal un verde oscuro, aunque en algunas ocasiones puede presentar tonalidades morado oscuro, dependiendo de la variedad y nivel de madurez. Su pulpa tiene una textura consistente y suele mostrar tonalidades que abarcan desde el amarillo hasta el verde claro. El contenido de fibra varía según la variedad y se caracteriza por ser rico en calorías, minerales y vitaminas.



Es relevante resaltar que esta fruta contiene un elevado contenido de aceites vegetales, lo que la convierte en un alimento altamente nutritivo. Asimismo, se ha descubierto que el aceite derivado de la palta posee propiedades antioxidantes. Gracias a su contenido de grasas vegetales, la palta aporta diversos beneficios al organismo, los cuales contribuyen a su bienestar y salud en general.

2.4.1. Descripción y características botánicas

El árbol es robusto y de gran tamaño, con un sistema de raíces poco profundo. Sus hojas son brillantes y se disponen de manera alternada. Las flores son perfectas y se agrupan en racimos cerca de los extremos de las ramas. El fruto, por su parte, es una baya con una sola semilla, de forma ovalada y con una superficie que puede variar entre lisa y rugosa.

- **Árbol:** La planta es altamente vigorosa y puede crecer hasta una altura de *30 metros*.
- **Raíces:** El sistema radicular se encuentra cerca de la superficie del suelo.
- **Hojas:** Las hojas son alternas y tienen un aspecto muy brillante.
- **Flores:** Las flores son perfectas y se presentan en racimos subterminales.
- **Fruto:** El fruto es una baya con una sola semilla, de forma ovalada y con una superficie que puede ser lisa o rugosa.

2.4.2. Variedades

En el territorio peruano, se realizan cultivos de diversas cepas de palta, entre las cuales sobresalen la variedad Fuerte, Hall, Hass y Nabal. No obstante, en términos de exportación, las cepas más significativas son la Hass y la Fuerte, las cuales gozan de una mayor relevancia y demanda en los mercados internacionales.



La cepa Hass es reconocida a nivel global como una de las más relevantes en términos comerciales y se encuentra disponible durante todo el año. Sus frutos tienen una forma ovalada y periforme, con un tamaño mediano que oscila entre los 200 y 300 *gramos*. Presentan una longitud que varía de 9 a 12 *centímetros* y un ancho de 5 a 8 *centímetros*. La calidad de la cepa Hass es excepcional, con una piel gruesa y rugosa que se despega fácilmente del fruto. En su estado tierno, la piel es de color verde, mientras que, al madurar desarrolla tonos violáceos. Respecto a la consistencia de la pulpa, la variedad de palta Hass presenta una escasez notable de fibras y su porcentaje de contenido de aceite oscila entre el 18% y el 22%. En la región de Omate, la temporada de cosecha se centra principalmente en los meses de octubre a diciembre, aunque en algunas ocasiones puede presentarse de manera anticipada. En resumen, la cepa Hass muestra una baja presencia de fibras en su pulpa y un contenido de aceite que varía entre el 18% y el 22%. En la zona de Omate, la cosecha se realiza principalmente entre octubre y diciembre, aunque ocasionalmente puede ocurrir antes. La variedad de palta Hass es cultivada extensivamente a nivel global debido a su gran rendimiento, calidad sobresaliente de su pulpa y su cáscara resistente, lo cual la hace idónea para su transporte en largas distancias. Esta cepa es altamente apreciada en los mercados internacionales. En resumen, actualmente la cepa Hass es cultivada en gran medida en todo el mundo debido a su alta productividad, excelente calidad de pulpa y cáscara resistente, lo que la hace adecuada para su transporte a largas distancias. Además, esta variedad goza de una gran demanda en los mercados internacionales.

La cepa Fuerte, en términos de rendimiento, exhibe una marcada alternancia, lo que implica fluctuaciones en la cantidad de frutos producidos. Esta



variedad se caracteriza por su vigorosa planta que tiende a desarrollar ramas horizontales a una altura baja. El crecimiento inicial de la planta es lento y su primera cosecha presenta un rendimiento modesto. Los frutos de la cepa Fuerte tienen una forma piriforme y un peso que varía entre 180 y 400 *gramos*. Su contenido de aceite promedio es de 23,4%. La longitud de los frutos oscila entre 10 y 12 *centímetros*, mientras que el ancho se encuentra en el rango de 6 a 7 *centímetros*. La piel de los frutos presenta una textura ligeramente áspera y la cáscara se desprende fácilmente. En resumen, la cepa Fuerte muestra una tendencia a la alternancia en la producción, posee una planta vigorosa con ramas horizontales a baja altura. Sus frutos tienen una forma piriforme, peso variable y un contenido de aceite promedio del 23,4%. La piel de los frutos es ligeramente áspera y la cáscara se despega con facilidad.

2.4.3. Propiedades alimenticias

La palta es un alimento muy valioso en la alimentación debido a su contenido significativo de proteínas, aceite, vitaminas, minerales e hidratos de carbono.

El consumo de palta mejora el funcionamiento del sistema nervioso y muscular debido a su contenido de magnesio y potasio. Además, beneficia al sistema inmunológico al proporcionar vitaminas y minerales que fortalecen las defensas del cuerpo y previenen la retención de líquidos. La palta también posee efectos antioxidantes gracias a su contenido de vitaminas A, C, D, K y B, que ayudan a regenerar las células. Asimismo, es beneficioso para el cerebro, ya que las vitaminas C y E presentes en la palta son fundamentales para la salud neurológica y cardiovascular. Su alto contenido de vitamina D lo hace



especialmente beneficioso para la salud ósea. Además, al ser rico en fibra, la palta es un alimento saciante que ayuda a controlar el apetito, prevenir el estreñimiento y regular los niveles de glucosa en la sangre. Por último, la palta contribuye a reducir el colesterol debido a su contenido de ácido oleico.

2.4.4. Valor de tipo nutricional

La palta es valorada principalmente por su alto contenido de grasa en la pulpa, que puede variar entre el 6% y el 30%, dependiendo de la variedad cultivada. También es importante mencionar el contenido de proteínas en la pulpa. Además, la pulpa de la palta contiene vitaminas solubles en grasa que son menos comunes en otras frutas, siendo especialmente rica en vitaminas A y B, con una menor cantidad de vitamina C y cantidades moderadas de vitaminas D y E. En resumen, la palta es apreciada por su contenido elevado de grasa en la pulpa, que puede variar según la variedad cultivada. Además, contiene proteínas y una buena cantidad de vitaminas liposolubles, como las vitaminas A y B, con una cantidad menor de vitamina C y cantidades moderadas de vitaminas D y E.

El fitoesterol presente en este popular alimento funciona como un antioxidante y contrarresta los radicales libres que pueden contribuir al envejecimiento prematuro, enfermedades cardíacas y cáncer.

Figura 4

Palta.



Fuente: TATAJE PAREDES, 2020.

Cuando se considera la composición dietética, se sugiere que las calorías provenientes de ácidos grasos saturados no excedan el 10% del valor calórico total diario, lo que equivale aproximadamente a 20 o 30 *gramos*. Sin embargo, al analizar los ácidos grasos presentes en la palta, se concluye que su consumo no representa un riesgo de exceder los valores recomendados.

Al examinar la composición de la palta, se ha descubierto que contiene 12 de las 13 vitaminas reconocidas por la Organización Mundial de la Salud. Además, aporta cantidades sustanciales de todas las vitaminas liposolubles y también brinda vitaminas hidrosolubles en cantidades significativas, especialmente el ácido ascórbico. En resumen, la palta se considera una fuente excelente de vitaminas, ya que las proporciona en cantidades adecuadas y de calidad (TATAJE PAREDES, 2020).

2.5. IOT

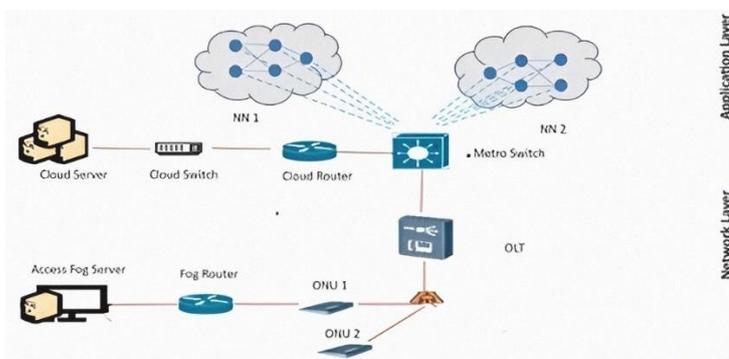
El internet de las cosas (IoT) reúne tecnologías emergentes digital y física para producir operaciones receptivas e interconectadas las cuales utilizan sensores, actuadores y control de las telecomunicaciones conectadas para mejorar la eficiencia en la calidad de

los productos, que se traduce en eficiencia operativa en tiempo real. La internet industrial de las cosas brinda información útil para la operatividad de la planta al proporcionar beneficios en el mantenimiento y aumento de la productividad.

El sistema a diseñar ejecuta tareas teniendo como objetivo incorporar infraestructura física con tecnología IoT respaldada por computación en la nube y en la niebla. La arquitectura propuesta se muestra en la siguiente figura.

Figura 5

Arquitectura de comunicaciones IoT.



Elaboración propia.

2.6. ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

La adquisición de imágenes o visión Artificial se puede describir como una disciplina dentro del campo de la "Inteligencia Artificial" que utiliza técnicas específicas para adquirir, procesar y analizar información de diversos tipos obtenida a partir de imágenes digitales. La visión artificial comprende una serie de procedimientos diseñados para llevar a cabo el análisis de imágenes, los cuales incluyen la captura de imágenes, la memorización de la información, así como el procesamiento e interpretación de los resultados obtenidos. En resumen, la visión artificial se ocupa de la manipulación de imágenes digitales con el propósito de extraer información relevante a través de una serie de etapas consecutivas (Fustamante, 2018).



La función digital se refiere al resultado obtenido a partir de mediciones o muestreos realizados en intervalos de tiempo regularmente espaciados. Esta función es un número entero y positivo, y los valores que toma en cada punto dependen del brillo presente en la imagen original. En el contexto de una imagen digital, un píxel se refiere a cada elemento de una cuadrícula. La resolución estándar de una imagen digital se puede considerar como 512x484 píxeles. El nivel de grises se refiere a la cuantificación de la intensidad del brillo en la escena original correspondiente a cada punto de una imagen digitalizada. Esto da lugar a un número conocido como "nivel de gris". Una imagen binaria es aquella que solo tiene dos niveles de gris: negro y blanco. Cada píxel se convierte en negro o blanco según el nivel binario o umbral establecido. En el ámbito de la visión digital, la función digital se obtiene mediante mediciones periódicas, los píxeles representan los elementos individuales de una imagen y pueden tener niveles de gris variados, y una imagen binaria se compone únicamente de los colores negro y blanco, según el umbral establecido.

La finalidad de las cámaras en visión artificial es capturar la imagen proyectada en el sensor y transferirla a un sistema electrónico. Estas cámaras requieren de características específicas que les permitan controlar el disparo para capturar objetos que se encuentren en la posición requerida. A diferencia de las cámaras convencionales, las cámaras utilizadas en visión artificial son más avanzadas, ya que deben tener la capacidad de controlar diversos aspectos como los tiempos, las señales, la velocidad de obturación y la sensibilidad, entre otros.

La iluminación desempeña un papel fundamental en los sistemas de visión. Las cámaras capturan la luz reflejada por los objetos y el objetivo de la iluminación en las aplicaciones de visión es controlar la forma en que la cámara percibe el objeto. La manera en que la luz se refleja es diferente cuando se ilumina una bola de acero en comparación



con iluminar una hoja de papel blanco, por lo tanto, el sistema de iluminación debe ajustarse según el objeto que se desee iluminar. Las cámaras utilizadas en visión artificial tienen la tarea de capturar imágenes y transferirlas a un sistema electrónico, requiriendo características especiales para controlar el disparo. Además, la iluminación juega un papel crítico en la visión, ya que influye en la forma en que la cámara percibe los objetos, y es necesario ajustar el sistema de iluminación de acuerdo al objeto que se desea iluminar (Fustamante, 2018).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se llevará a cabo el diseño de una planta clasificadora de paltas, teniendo en cuenta todas las características y propiedades valiosas de este fruto. El objetivo principal de esta planta será optimizar el proceso de clasificación de las paltas, garantizando la eficiencia y calidad en la selección de las diferentes variedades. El diseño de la planta contemplará la implementación de tecnología avanzada y sistemas automatizados que permitirán una clasificación precisa y rápida de las paltas. Se utilizarán bandejas transportadoras que se moverán a lo largo de una mesa de clasificación, donde las paltas serán colocadas manualmente y su posición será ajustada mediante un contrapeso. Además, se emplearán sistemas de transporte que asegurarán el movimiento ordenado e individual de las paltas hacia el siguiente subsistema. Se dispondrán canastillas plásticas en forma de arco, que rotarán sobre la mesa de clasificación, empujando las paltas para que caigan en su respectiva clasificación. El diseño de la planta también contemplará la instalación de equipos de visualización que permitirán monitorear la cantidad de paltas de cada clase, brindando información precisa para el control y la toma de decisiones. Será fundamental tener en cuenta las variedades más relevantes de paltas en la región, como la Hass. Estas variedades serán clasificadas de acuerdo con sus características físicas, peso y grado de madurez. Además de la eficiencia en la clasificación, se pondrá especial atención en preservar las propiedades nutricionales de las paltas. Se asegurará que el proceso de clasificación y manipulación no afecte su contenido de proteínas, aceites, vitaminas y minerales, que los hacen tan valiosos en la alimentación. El diseño de esta planta clasificadora en Puno busca impulsar la producción y exportación de paltas de alta



calidad, contribuyendo al desarrollo de la industria agrícola local. Se espera que esta instalación sea un referente en tecnología y eficiencia, promoviendo la comercialización de paltas peruanos en los mercados nacionales e internacionales. En conclusión, el diseño de una planta clasificadora de paltas en la ciudad de Puno será un importante paso hacia la mejora de los procesos de selección y comercialización de este fruto. La implementación de tecnología avanzada y la consideración de las características nutricionales de las paltas garantizarán la calidad y competitividad de los productos clasificados en esta planta.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente estudio, se lleva a cabo una investigación que tiene como objetivo principal realizar el diseño de una planta clasificadora de palta en la ciudad de Puno. Para lograr este propósito, se aplicarán rigurosos principios lógicos y científicos, los cuales están plasmados en el prototipo de la planta clasificadora desarrollado previamente. El diseño de la planta se realizará de manera minuciosa y detallada, considerando cada etapa del proceso de clasificación de la palta. Se tomarán en cuenta diversos factores, como la capacidad de procesamiento requerida, la eficiencia en la clasificación, la optimización del espacio y la utilización de tecnologías de vanguardia. Se llevará a cabo un exhaustivo análisis de los requisitos y especificaciones necesarias para el diseño de la planta clasificadora. Esto incluirá aspectos como la selección de los sistemas de transporte más adecuados, la implementación de métodos de clasificación precisos y confiables, y la integración de sistemas de control avanzados. Además, se considerarán las características específicas de la ciudad de Puno, como su ubicación geográfica, la disponibilidad de recursos locales y las condiciones ambientales, para adaptar el diseño de la planta a su entorno. El objetivo principal de este estudio es proporcionar un diseño de planta clasificadora de palta altamente eficiente y rentable, que cumpla con los estándares de



calidad y contribuya al desarrollo de la industria agrícola en la ciudad de Puno. Se espera que el diseño resultante permita mejorar la productividad, la precisión y la eficiencia en la clasificación de la palta, proporcionando un producto final de alta calidad y valor comercial (Sampieri et al., 2014).

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

En la investigación presentada en este documento, se utilizó un enfoque de investigación de diseño con el fin de abordar las necesidades planteadas en la problemática. Se formuló una hipótesis predictiva y se diseñó un entorno simulado que permitió la implementación del sistema propuesto en condiciones controladas de laboratorio. De esta manera, se pudo realizar experimentos y pruebas para evaluar de manera experimental la hipótesis planteada y validar el funcionamiento del sistema propuesto (Sampieri et al., 2014).

3.4. DISEÑO DE LA MÁQUINA PARA CLASIFICAR PALTAS

En este capítulo se describe en detalle el proceso de selección y diseño de los componentes mecánicos requeridos para la construcción de la máquina. Se ha llevado a cabo una cuidadosa elección de estos componentes con el fin de cumplir con los requisitos necesarios para diseñar e implementar el sistema de manera eficiente. Para lograr este propósito, se han creado los diseños de cada subsistema, los cuales se presentan en el siguiente apartado. Estos subsistemas han sido diseñados para trabajar de manera interdependiente y garantizar así el correcto funcionamiento de la máquina.

3.4.1. Requerimiento de la máquina clasificadora

De acuerdo a los estudios realizados, se ha observado que las máquinas clasificadoras pueden completar la clasificación de una hectárea en un lapso de



tiempo estimado de 2 a 3 horas. En nuestro caso, al utilizar una máquina convencional, estimamos que podremos llevar a cabo la clasificación de una hectárea en aproximadamente 3 horas. Es importante destacar que cada hectárea producirá alrededor de 7 toneladas de palta. Si consideramos que podemos clasificar 7 toneladas en 3 horas, podemos inferir que cada caja de palta se clasificará en aproximadamente 31 segundos. En cuanto al ángulo de inclinación de los rodillos de clasificación, las máquinas clasificadoras suelen tener un ángulo que oscila entre 10° y 15° . En nuestro caso, hemos decidido utilizar un ángulo de inclinación de 10° , ya que se acerca más al eje horizontal y nos permitirá realizar el proceso de clasificación de manera eficiente. En relación a las revoluciones de los rodillos de clasificación, se ha observado que suelen estar en el rango de 100 a 200 rpm. En nuestra máquina, hemos establecido una velocidad de 100 rpm para evitar cualquier daño a las paltas durante el proceso de clasificación y garantizar la integridad de los frutos.

3.4.2. Subsistema de alimentación

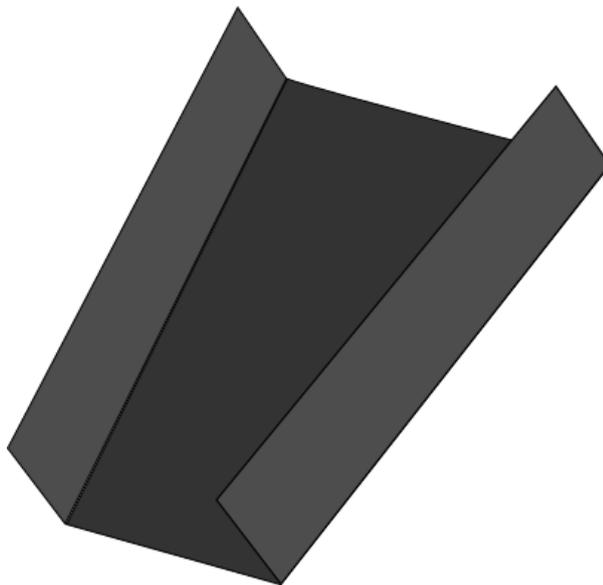
De acuerdo con la opción elegida en el segundo capítulo de este informe, el componente adicional consiste en una plataforma con vibración, la cual debe desempeñar una serie de funciones y cumplir con ciertos requisitos. A continuación, se llevará a cabo el diseño y la especificación de la plataforma y el eje necesarios para generar la vibración en la misma.

El subsistema descrito en el documento consta de una rampa vibratoria que debe cumplir con varias funciones y requisitos. Estos incluyen permitir al usuario colocar las paltas de manera desordenada y sin amontonarse, admitir una cantidad específica de paltas sin que se dañen, tener un movimiento sincronizado con el

siguiente subsistema y permitir que las paltas se coloquen en una sola columna sin amontonarse a través de un sistema de vibración horizontal. El diseño de la rampa debe permitir la colocación de 60 paltas en intervalos regulares y tener un ángulo de inclinación de 10 grados. La sección final de la rampa debe ser más estrecha para distribuir las paltas en las dos filas del sistema de transporte y ordenamiento. Las dimensiones de la rampa se determinan en base al tamaño de las paltas más grandes, que tienen longitudes que oscilan entre 150 y 80 milímetros. Se ha seleccionado el material de Tool Galvanizado para la rampa debido a su durabilidad y resistencia a la corrosión, asegurando así su buen funcionamiento a largo plazo.

Figura 6

Diseño de la rampa.



Fuente: Tatiana, 2015.

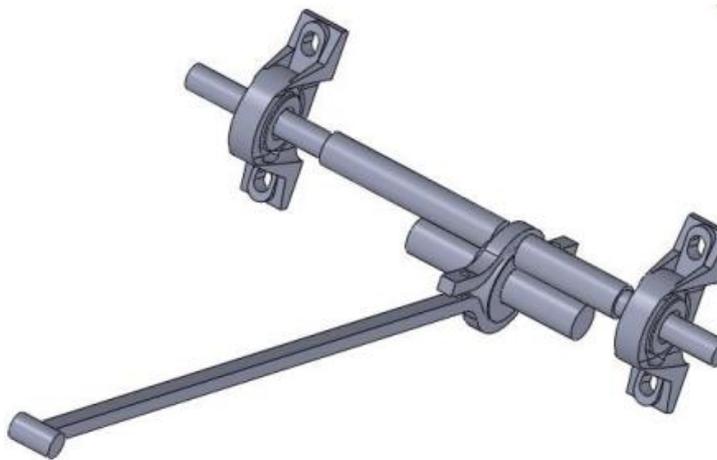
3.4.3. Diseño del sistema de vibración

Dado que es necesario que la rampa vibre de manera horizontal, se ha optado por utilizar un eje excéntrico para generar dicha vibración. Esta configuración se ilustra en la figura 10, donde se puede observar cómo el eje

excéntrico es responsable de generar las vibraciones requeridas en la rampa. Estas vibraciones permiten acomodar las paltas y evitar su amontonamiento, facilitando así su paso al siguiente subsistema y favoreciendo su disposición en filas de manera ordenada.

Figura 7

Eje excéntrico para vibración.

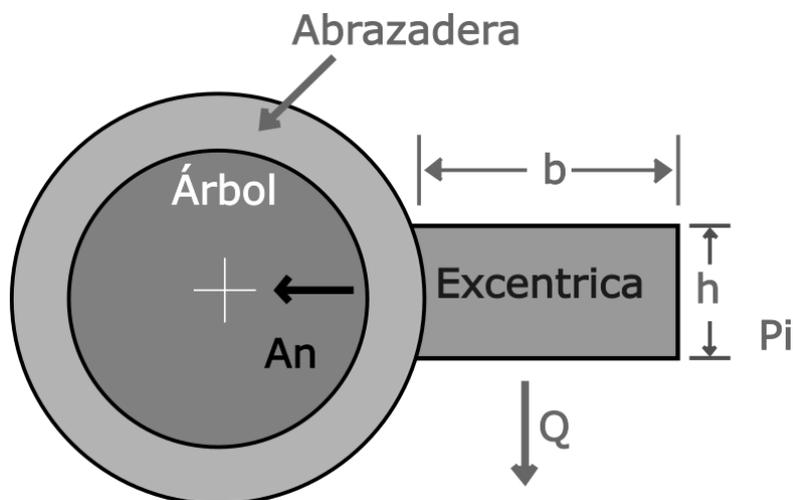


Fuente: Tatiana, 2015.

Se realiza un análisis de las principales cargas que afectan a los rodamientos, conocidos como chumaceras, para diseñar el eje. Estas cargas incluyen las fuerzas de inercia (P_i) generadas por la rotación de la masa excéntrica (m) alrededor del eje de rotación, considerando una excentricidad específica (e) y una velocidad angular determinada (w). La transmisión del movimiento del eje se realiza mediante correas trapezoidales desde el motor. En la figura 8 se representa un esquema de las fuerzas generadas por la presencia de la excéntrica en una posición determinada, donde se incluyen el peso (Q), la fuerza de inercia (P_i) y la aceleración normal (A_n) dirigida hacia el centro del eje. Este análisis es fundamental para diseñar el eje de manera precisa y garantizar su correcto funcionamiento en el sistema.

Figura 8

Componentes de un eje excéntrico.



Fuente: Tatiana, 2015.

Se realizan los cálculos necesarios para verificar las deformaciones que ocurren en los apoyos, que en este caso son los rodamientos. Además, se consulta el catálogo para determinar si el rodamiento utilizado es adecuado en este caso son los rodamientos del tipo UC204 con soporte P204 de la marca NKB.

De la descripción proporcionada en el catálogo, estos rodamientos son soportes con rodamiento orientable que consisten en un rodamiento de bolas de una sola hilera, con una junta de retén sellada en ambos lados. Tanto el anillo del rodamiento de bolas como el alojamiento del soporte están mecanizados de manera esférica para permitir un montaje óptimo y facilitar el auto alineamiento. Este tipo de rodamiento es especialmente adecuado para las necesidades de la máquina en cuestión, según las especificaciones del catálogo y los cálculos realizados para verificar su rendimiento en relación con las vibraciones y deformaciones en los apoyos.

Una vez seleccionada la chumacera, se procede al análisis del eje excéntrico. En situaciones en las que la máquina presenta un movimiento estable



y el eje gira a una velocidad constante, es posible calcular la fuerza de inercia

(P_i) utilizando la siguiente fórmula:

$$P_i = m \cdot e \cdot w^2 \quad (23)$$

Dónde:

- m = Masa de la excéntrica
- e = excentricidad
- w = velocidad angular

Seguidamente, se realizará el cálculo de la masa de la excéntrica y la velocidad angular a la cual el eje gira. La masa de la excéntrica puede ser determinada mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$m = V \cdot \rho = (b \cdot h \cdot l)\rho \quad (24)$$

Dónde:

- V = Volumen de la excéntrica
- ρ = Densidad del material
- b = Ancho de la excéntrica
- h = Altura de la excéntrica
- l = Longitud de la excéntrica
- Los datos que se tienen son:
- $\rho = \text{acero} = 7850 \text{ Kg/m}^3$
- $b = 58 \text{ mm}$
- $h = 25 \text{ mm}$
- $l = 404.1 \text{ mm}$



Reemplazando los datos en la ecuación 3.2 se obtiene:

$$m = 4.59 \text{ kg}$$

Para la velocidad angular se considera la velocidad de transmisión por correa.

$$w_m \cdot D_1 = w \cdot D_2 \quad (25)$$

Dónde:

- w_m = Velocidad angular del motor
- D_1 = Diámetro de la polea del motor
- w = Velocidad angular del eje que tiene la excéntrica
- D_2 = Diámetro de la polea del eje que tiene la excéntrica

Se tomará la decisión de seleccionar un motor de baja velocidad de rotación, debido a la necesidad de reducir la velocidad requerida. Además, se escogerán poleas con un diámetro mayor en el eje del motor y un diámetro menor en el eje de la excéntrica, con el objetivo de lograr que la rampa se desplace a una velocidad superior a la de los subsistemas subsiguientes. A continuación, se proporcionan los datos disponibles.

- $w_m = 1720 \text{ rpm} = 180.1 \text{ rad/s}$
- $D_1 = 119 \text{ mm}$
- $D_2 = 23.28 \text{ mm}$

Reemplazando y despejando se obtiene: $w = 920.61 \text{ rad/s}$

Al analizar los datos presentes en la tabla 4, se determina que la excentricidad (e) es igual a 31 mm . Sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación 1, se obtiene que $P_i = 192.35\text{ N} = 121714.46\text{ Kgf}$

En el eje, se producen dos tipos de deformaciones: la deformación lineal, conocida como flecha (y), y la deformación angular (θ_0). Entre ambas, es la deformación angular la que puede tener un efecto más significativo en el adecuado desempeño de los rodamientos.

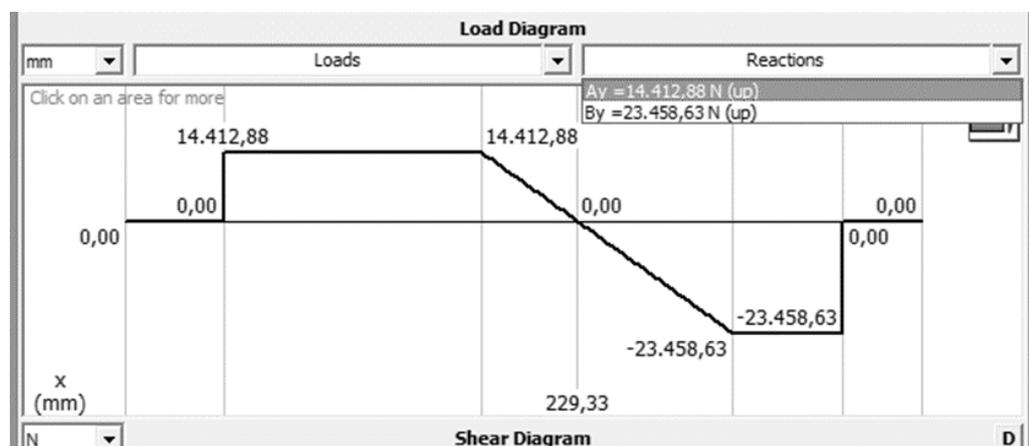
3.4.4. Cargas en el eje excéntrico

Se realiza un análisis del eje tratándolo como una viga, y se muestra en la figura 12 un diagrama de carga donde la fuerza de inercia se distribuye a lo largo de toda la longitud de la barra excéntrica. Mediante el uso del software MDSolids, se puede calcular las reacciones de apoyo y examinar las variaciones de las fuerzas internas, como el cortante y el momento flector, en el eje.

$$q = \frac{P_i}{b}$$

Figura 9

Fuerza cortante y momento flexionante del eje excéntrico.



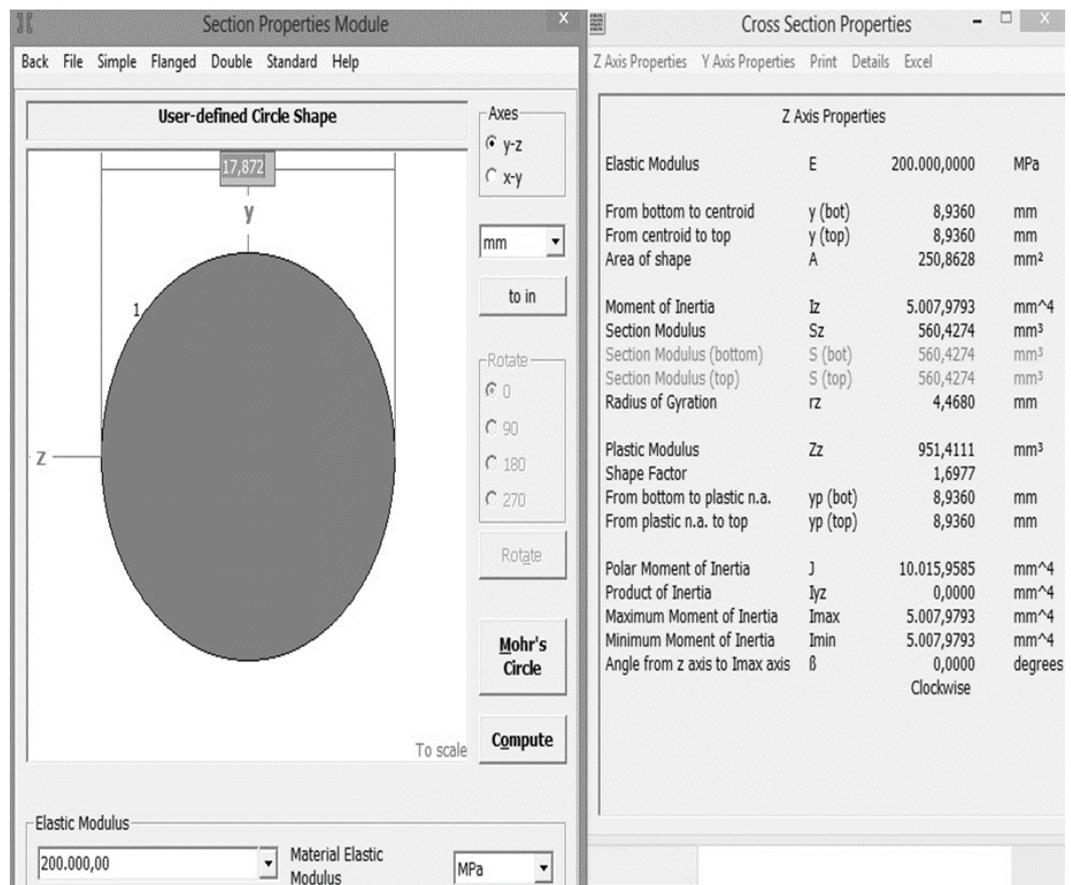
Fuente: Tatiana, 2015.

Después de examinar los resultados obtenidos, se puede observar que la relación de soporte es igual a: $A_y = 14412.88 \text{ N} = 14.41288 \text{ KN}$.

Es posible obtener todas las propiedades geométricas de la sección transversal. Es necesario introducir el diámetro, en este caso de 32 mm , para calcular las deformaciones lineales y angulares. También se requiere especificar el tipo de material y el módulo de elasticidad o de Young (E). En esta situación, se ha seleccionado el acero A36, cuyo valor de E es de $200,000 \text{ MP}$.

Figura 10

Propiedades de la sección transversal del eje.



Fuente: Tatiana, 2015.

Dentro de todas las características y resultados obtenidos para la sección transversal, el parámetro más relevante en este cálculo en particular es el Momento de Inercia (I_x), el cual se ha determinado como 5007.9793 mm^4 .

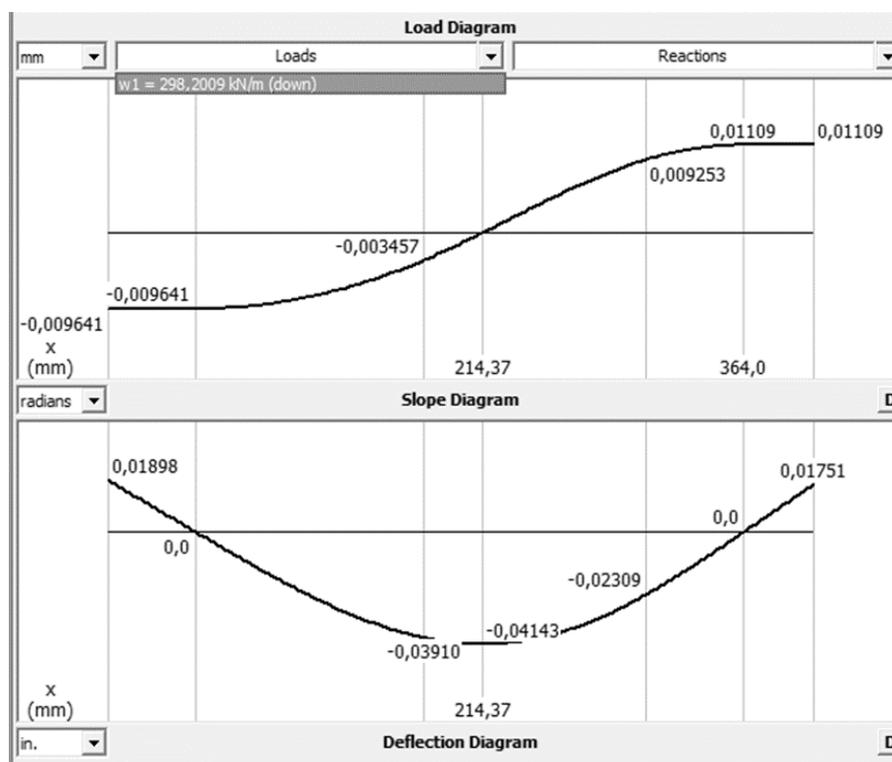
En la figura 10 se pueden observar las magnitudes de la deformación angular y la flecha, las cuales son:

$$\theta_0 = 0.011$$

$$y = -0.04$$

Figura 11

Ángulo de deformación y deflexión.



Fuente: Tatiana, 2015.

3.4.5. Distribucion de la materia prima

De acuerdo con el análisis realizado para cumplir con la capacidad requerida de la máquina, se determinaron las siguientes cantidades de paltas necesarias. Cada carga completa en la tolva consiste en aproximadamente 20 kg de paltas Hass, que se cargan aproximadamente cada 31 segundos para satisfacer la capacidad establecida de la máquina. Según los cálculos anteriores, esos 20 kg



de paltas Hass se traducen en aproximadamente 100 paltas de calibre 20, cada uno con un peso de 200 *gramos*, un diámetro mayor de 50 *mm* y una altura de 90 *mm*. Además, esos 20 *kg* de paltas Hass equivalen a aproximadamente 90 paltas de calibre 18, cada uno con un peso de 223 *gramos*, un diámetro mayor de 60 *mm* y una altura de 100 *mm*. Además, esos 20 *kg* de paltas Hass se traducen aproximadamente en 80 paltas de calibre 16, cada uno con un peso de 250 *gramos*, un diámetro mayor de 70 *mm* y una altura de 110 *mm*. Asimismo, esos 20 *kg* de paltas Hass equivalen aproximadamente a 70 paltas de calibre 14, cada uno con un peso de 286 *gramos*, un diámetro mayor de 80 *mm* y una altura de 120 *mm*. Con esta información, se procede a calcular los volúmenes requeridos para la tolva de alimentación. La densidad del palta es de 946.2 *kg/m*³.

Las dimensiones indican que aproximadamente hay 8 paltas en altura por cada 1000 *mm*, 6 paltas en diámetro por cada 780 *mm*, y 2 paltas en diámetro por cada 160 *mm*. Se emplea plancha de acero inoxidable AISI 304 como material, ya que sus propiedades son adecuadas para su uso con alimentos. Para determinar el espesor de las láminas metálicas de la tolva de distribución, se realiza el cálculo de la siguiente manera:

$$h = \varphi \cdot a \sqrt{\frac{p}{\sigma_{adm}}}$$

Donde:

- Espesor de la placa.

- φ = Coeficiente numérico dependiente de la relación de las dimensiones de la placa, $\lambda = \frac{b}{a}$, siendo el lado menor.
- p = Pesos distribuido en la tova (196.2 N).
- σ_{adm} = Máxima tracción admisible (310 Mpa).

Luego de recopilar los datos pertinentes, podemos confirmar que las dimensiones proporcionadas se refieren al largo y ancho respectivamente: $a = 780 \text{ mm}$ y $b = 1000 \text{ mm}$. No obstante, no se ha proporcionado información sobre el coeficiente numérico en el texto. Para obtener una comprensión completa y precisa de la situación, necesitaríamos más detalles o contexto adicional acerca del coeficiente numérico al que hace referencia: $\varphi = 0.67$

$$h = 0.67 \cdot 0.78 \cdot \sqrt{\frac{196.2}{310}}$$

$$h = 0.42 \text{ mm}$$

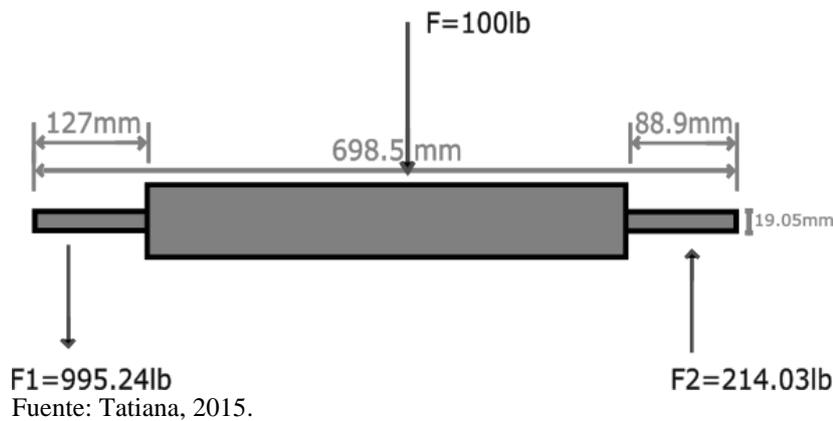
En el mercado se encuentran disponibles chapas metálicas con espesores de 1, 2, 3 y 4 [mm]. En este caso, se selecciona una chapa metálica de acero inoxidable con un espesor de 1 [mm].

3.4.6. Análisis del eje de los rodillos

La barra de acero que compone el eje de los rodillos tiene un módulo de elasticidad de 207 GPa. Dicho eje se encuentra sometido a las fuerzas representadas en la siguiente figura. Los parámetros disponibles en el sistema incluyen los siguientes datos:

Figura 12

Eje de los rodillos.



- $D = 19 \text{ mm}$
- $L = 698 \text{ mm}$
- $E = 20.0 \text{ Gpa}$
- $F1 = 995.0 \text{ lb} = 5306.0 \text{ N}$
- $F2 = 214.0 \text{ lb} = 951.4 \text{ N}$
- $F = 100.0 \text{ lb} = 425.0 \text{ N}$

Por lo tanto:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

La letra F representa la fuerza aplicada al eje, mientras que A corresponde al área de la circunferencia que conforma el eje. La fórmula para calcular el área de la circunferencia se obtiene del apéndice 1 del libro "Diseño de elementos de Máquinas" escrito por Robert L. Mott. Dicha referencia se encuentra en el anexo C de este documento.

Se calcula el área:



$$A = \frac{\pi(19.05)^2}{4}$$

$$A = 285.02 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{424.928 \text{ N}}{285.02 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 1.49 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1.49 \text{ Mpa}$$

Par de torsión:

$$\tau = 63000 \frac{P}{n}$$

El esfuerzo torsional más alto que experimenta el eje se encuentra en su superficie externa y se distribuye uniformemente alrededor de su circunferencia. A continuación, se presenta el diagrama de cuerpo libre del eje, junto con los diagramas correspondientes de fuerza cortante y momento flexionante.

3.4.7. Relación de transmisión

Debido a que los subsistemas de la máquina utilizan distintos mecanismos para transmitir el movimiento, es imprescindible calcular la velocidad final de cada uno de ellos. Esto nos brinda información sobre los componentes apropiados que se emplearán en la transmisión del movimiento. Para llevar a cabo dicho cálculo, se emplea la fórmula de relación de transmisión.

El cálculo de la relación de transmisión se lleva a cabo de manera individual para cada subsistema, y se les asignan nombres distintivos para facilitar la identificación del cálculo correspondiente a cada uno. Es importante destacar que la velocidad de entrada será idéntica tanto para el subsistema de alimentación

como para el subsistema de transporte y ordenamiento. Esto se debe a que ambos subsistemas emplean una polea conectada al eje del motor para transmitir el movimiento. Los datos necesarios para realizar los cálculos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1

Datos para calcular la relación de transmisión.

Variable	Polea Inicial	Polea (A)	Polea (TO)	Piñón eje (TO)	Piñón Templador (TO)	Piñón (TO-C)	Catarina (C)
d (cm)	10	3.33	16.51	-	-	-	-
N (rpm)	43	-	-	-	-	-	-
Z	-	-	-	14	15	17	35

Fuente: Tatiana, 2015.

Adicionalmente, se establece la velocidad inicial utilizando un reductor de velocidad con una relación de reducción de 40:1, ya que el proceso requiere una velocidad baja. La velocidad del motor es de 1720 rpm, lo que resulta en una velocidad inicial de 43 rpm. La selección de los componentes se realiza teniendo en cuenta las velocidades específicas de cada subsistema, las cuales se determinan en función de las características del trabajo que se llevará a cabo en cada uno de ellos.

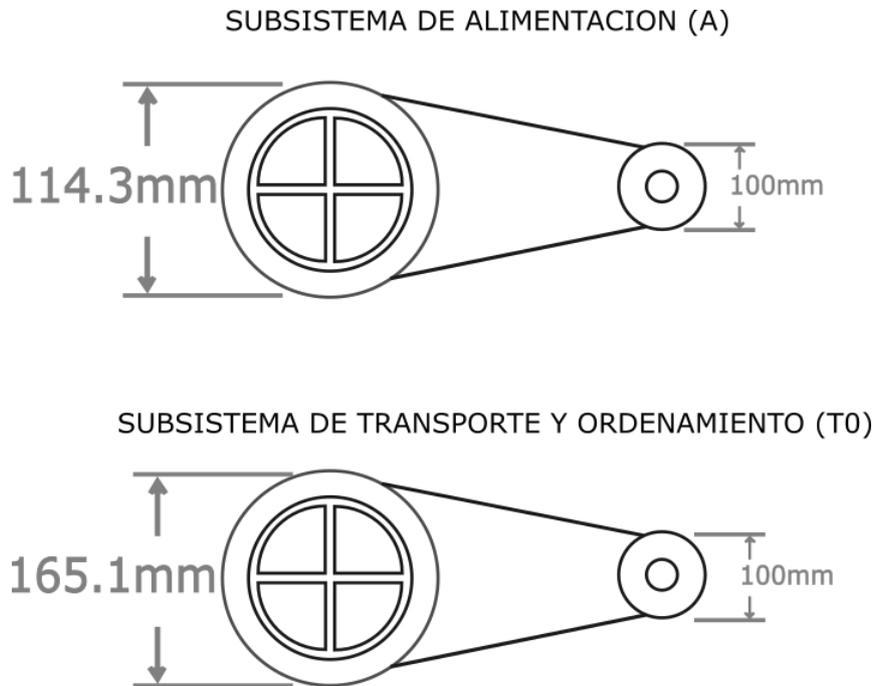
3.4.8. Bandas de transmisión de movimiento

El uso de un sistema de transmisión por medio de bandas se aplica para disminuir la velocidad de rotación proveniente del motorreductor en los subsistemas de alimentación, transporte y ordenamiento. En el diseño de la correa,

se toman en cuenta los datos de las poleas tanto del motorreductor como de los subsistemas mencionados anteriormente.

Figura 13

Transmisión de movimiento con bandas.



Fuente: Tatiana, 2015.

La potencia de entrada al sistema corresponde a la del motorreductor, la cual es de 1 *hp*. Además, se tiene en cuenta un factor de servicio de 0.4 debido a la frecuencia de arranques y paradas que se presentan en el funcionamiento.

$$H_a = k_1 \cdot k_2 \cdot H_{tab}$$

Donde:

- H_a = Potencia admisible
- k_1 = Factor de corrección del ángulo de contacto
- k_2 = factor de corrección de longitud de las bandas

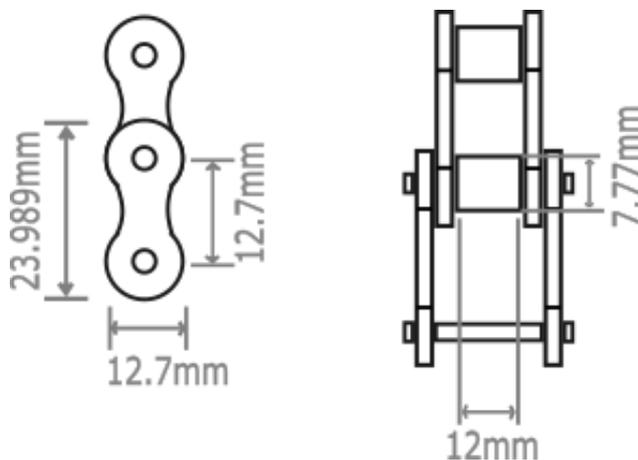
Se considera k_1 como factor de corrección del ángulo de contacto de las bandas.

3.4.9. Cadena

Las cadenas pueden ser de acero u de otro metal. Estas cadenas son ampliamente usadas en una variedad de sistemas para transmitir movimiento. Consisten en cilindros huecos que funcionan como rodillos exteriores, los cuales se encuentran contenidos entre dos placas sujetas por rodillos interiores o ejes, como se muestra a continuación.

Figura 14

Dimensiones de una cadena de rodillos.

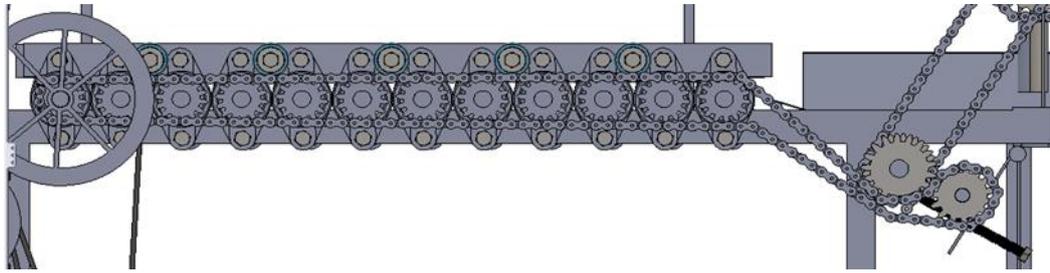


Fuente: Tatiana, 2015.

Debido a su alta resistencia y flexibilidad, las cadenas son ampliamente utilizadas en los subsistemas de transporte, ordenamiento y clasificación. En el subsistema de ordenamiento, las cadenas se emplean para transmitir movimiento a los rodillos de las bandas transportadoras. Los ejes de los rodillos están sujetos a chumaceras que se encuentran a una distancia de centros de 63.5 mm . Estas chumaceras están equipadas con piñones de 19.06 mm de diámetro interior, 40.26 mm de diámetro exterior y 14 dientes para transmitir el movimiento, como se muestra en la figura 14. En este subsistema, la velocidad se mantiene constante debido a que se utilizan piñones idénticos en cada eje.

Figura 15

Cadenas en el subsistema de clasificación y ordenamiento.

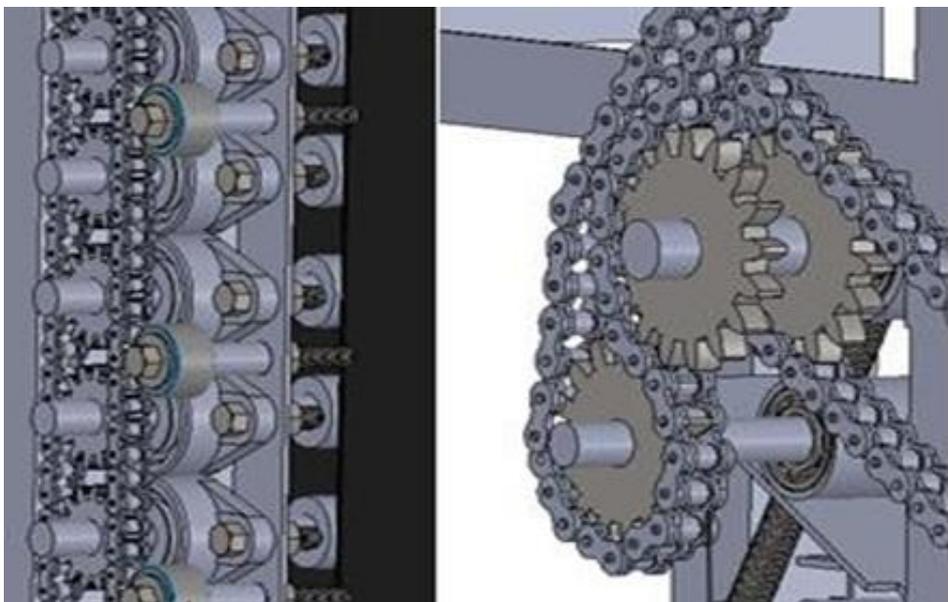


Fuente: Tatiana, 2015.

Para evitar el desalineamiento de la cadena, se utilizan rodamientos superiores que se sujetan a la platina superior mediante pernos alojados en un buje. Asimismo, se emplea un dispositivo de tensado, que se puede observar en la parte derecha de la figura, para mantener la cadena con la tensión apropiada.

Figura 16

Sujetador y templador de la cadena.



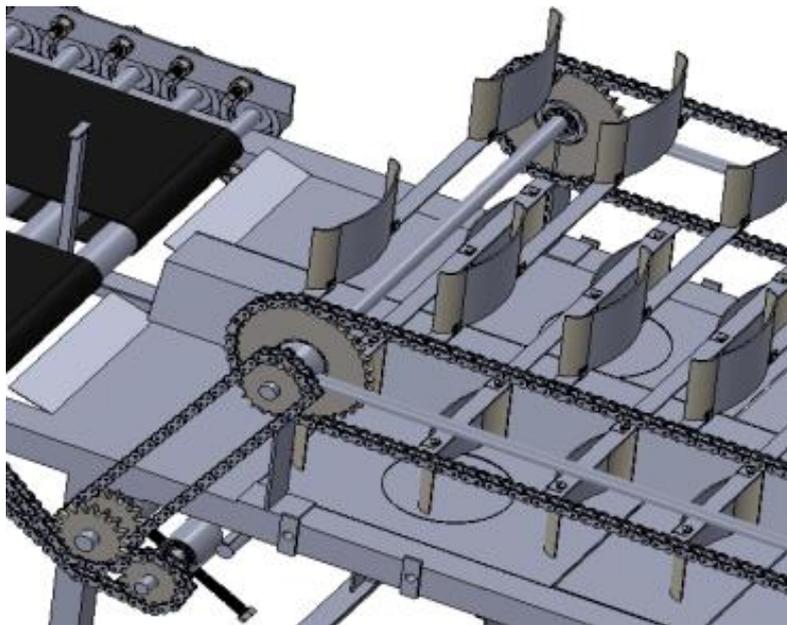
Fuente: Tatiana, 2015.

En el subsistema de Clasificación, se utilizan dos piñones para generar el movimiento. Uno de los piñones se desplaza junto con el dispositivo de tensado, mientras que el otro está fijado al mismo eje que las cuatro catarinas. Estas últimas

se desplazan mediante cadenas que se encuentran a ambos lados del subsistema. Entre las cadenas, se colocan placas soldadas a una distancia adecuada. En cada placa, se instalan dos manos unidas por remaches, las cuales se encargan de hacer avanzar las paltas de forma individual a lo largo de todo el subsistema.

Figura 17

Cadenas en el subsistema de clasificación.



Fuente: Tatiana, 2015.

Velocidad de la cadena:

$$u = \frac{\pi}{12} n_1 \cdot d_1$$

Sistema de Transporte y ordenamiento (TO).

- $n_1 = 14.98 \text{ rpm}$
- $d_1 = 4.026 \text{ cm} = 1.59 \text{ pulgadas}$

Sistema de Clasificación (C):

- $n_1 = 25.41 \text{ rpm}$



- $d_1 = 13.79 \text{ cm} = 5.43 \text{ pulgadas}$

$$u = \frac{\pi}{12} 14.98(1.59)(TO)$$

$$u = 6.24 \text{ ft/min}(TO)$$

$$u = \frac{\pi}{12} 25.41(5.43)(C)$$

$$u = 36.12 \text{ ft/min}(C)$$

La potencia de la banda se transfiere a la cadena, lo que resulta en una potencia transmitida de 1 *hp*.

$$h_{pr} = h_p \cdot a_1 \cdot a_2$$

Donde:

- h_{pr} = Potencia requerida
- h_p = factor de servicio
- k_2 = factor de torones

El valor de a_1 , que representa el factor de servicio y tiene un valor de 1, se obtiene de la tabla 18-12 del libro "Elementos de Máquinas" de Hamrock (página 854). Por otro lado, el valor de a_2 , que corresponde al factor de torones múltiples y es igual a 1.7, se obtiene de la tabla 18-13 del mismo libro (página 854).

3.4.10. Piñones

Los piñones juegan un papel esencial en la transferencia del movimiento desde los rodillos de las bandas transportadoras hacia la cadena. Estos elementos son responsables tanto de la tensión adecuada de la cadena como de transmitir el

movimiento al subsistema de clasificación. A continuación, se detallan las características de los piñones seleccionados.

Tabla 2

Características de los piñones.

N°	1003-14
N° de dientes	14
da (mm)	24.6
d (mm)	22.47
B (mm)	5
Material	Acero C43
N° de unidades	24

Fuente: Tatiana, 2015.

3.4.11. Catarina

Las catarinas del subsistema de clasificación son impulsadas mediante cadenas que se encuentran en ambos lados. Entre estas cadenas se encuentran soldadas platinas de 3 / 4" de ancho y 20 cm de longitud, fabricadas con el material ASTM A50.

Las platinas están dispuestas a una distancia equivalente a 10 eslabones de la cadena, con el propósito de permitir que las paltas sean transportadas individualmente a través de los dos canales del subsistema de clasificación. Posteriormente, las paltas caen en las compuertas correspondientes.

Para el desplazamiento de las paltas, se utilizan manos plásticas remachadas a las platinas. Cada platina cuenta con dos manos plásticas



remachadas utilizando remaches de 3/16". A continuación, se describen las principales características de las catarinas.

Tabla 3

Características de la Catarina.

Número de la pieza	1003-35
Numero de dientes	35
da (mm)	57.9
d (mm)	55.78
B (mm)	8
Material	Acero C43
Nº de unidades	4

Fuente: Tatiana, 2015.

3.4.12. Motor eléctrico

Según los cálculos efectuados, se estima que se necesita aproximadamente una potencia de 1.5 caballos de fuerza (Hp) para el motor. Para obtener el torque, se multiplica la potencia por la constante de conversión (716) y se divide por el número de revoluciones del motor. Con estos valores obtenidos, se procede a elegir el motor eléctrico con las características siguientes especificadas.

Para iniciar el motor eléctrico, es necesario utilizar un contactor y un relé térmico que sean capaces de manejar corrientes de 7 a 10 *Amperios*. Estos elementos desempeñan varias funciones, como el arranque del motor y la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, asegurando un funcionamiento seguro y confiable.

Tabla 4

Descripción del motor.

Marca	TECO
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	220 V
Velocidad	1720 RPM
N de polos	4
Potencia	1.5 HP

Fuente: Tatiana, 2015.

3.4.13. Motorreductor

La elección del motorreductor se basa en la velocidad deseada en los diferentes partes de la planta diseñada. De la Tabla anterior al tener el motor una velocidad de 1720 *rpm*, se opta por una relación de reducción de uno a cuarenta. De esta manera, la velocidad obtenida será de 43 *rpm*, lo cual es adecuado para los tres subsistemas de la máquina que utilizan transmisiones por correas o cadenas. Esto permite una variación de la velocidad.

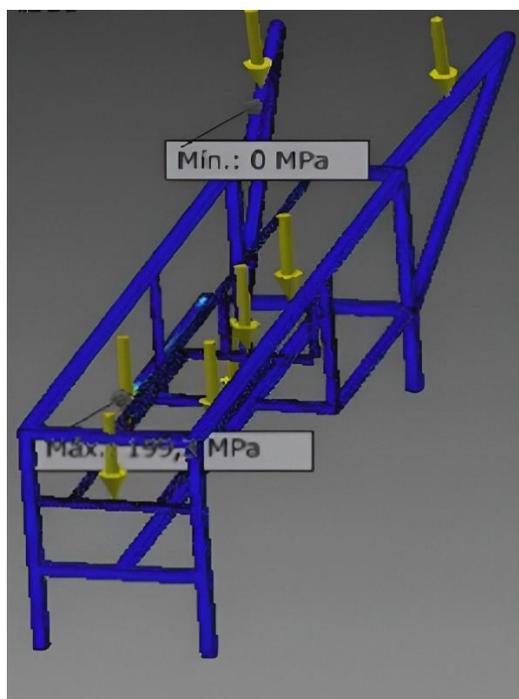
3.4.14. Análisis de la estructura

El diseño de la máquina de clasificación de paltas según su peso se ha establecido utilizando simulaciones de falla estática, desplazamiento y factor de seguridad. Se ha configurado la forma y posición de los soportes que componen la máquina de manera que los esfuerzos críticos sean reducidos mediante el uso de apoyos o modificaciones en la forma y tamaño. Esto se realiza con el fin de maximizar la seguridad de la máquina y garantizar que no represente ningún riesgo para el usuario durante su funcionamiento. Para la estructura, se ha empleado acero galvanizado ASTM A36, el cual tiene un límite elástico de 207 *MPa* y una resistencia máxima a la tracción de 345 *MPa*.

En resumen, se ha llevado a cabo un diseño de la máquina de clasificación de paltas considerando simulaciones de falla estática, desplazamiento y factor de seguridad. Se han tomado medidas para reducir los esfuerzos críticos y aumentar la seguridad mediante la colocación estratégica de los soportes y cambios en la forma y tamaño. La estructura se ha construido con acero galvanizado ASTM A36, con propiedades específicas de resistencia y límite elástico.

Figura 18

Tensión de Von Mises.



Elaboración propia.

La teoría de Von Mises se utiliza como un enfoque para determinar los esfuerzos combinados presentes en la estructura de la máquina. A través del análisis de tensiones realizado, se ha determinado que la tensión máxima de Von Mises es de 199.3 MPa , mientras que la tensión mínima es de 0.00 MPa . Estos valores se comparan con la resistencia a la fluencia del material para calcular el coeficiente de seguridad máximo, que es de 15, y el coeficiente de seguridad mínimo, que alcanza un valor de 1.04. Estas mediciones se realizan en el punto



crítico de la estructura, que corresponde a la base que soporta el motorreductor y el tablero de control. Además, se ha obtenido una presión de contacto máxima de $77,1896 \text{ MPa}$.

En cuanto a las dimensiones de la máquina, su altura total es de 380 centímetros , mientras que el ancho abarca 1 metro y la longitud alcanza los 3.5 metros .

Se ha aplicado la teoría de Von Mises para evaluar los esfuerzos combinados presentes en la estructura de la máquina. Después de analizar las tensiones, se han obtenido valores máximos y mínimos de tensión de Von Mises, los cuales se comparan con la resistencia a la fluencia del material para calcular los coeficientes de seguridad correspondientes. Estas mediciones se han realizado en el punto crítico de la estructura, que es la base que sostiene el motorreductor y el tablero de control. Además, se ha determinado la presión de contacto máxima. Por otra parte, las dimensiones físicas de la máquina son una altura de 380 centímetros , un ancho de 1 metro y una longitud de 3.5 metros .

3.4.15. Subsistema de clasificación

Para llevar a cabo el diseño del subsistema de clasificación, es necesario establecer los rangos de peso correspondientes a las diferentes categorías de paltas, los cuales están especificados en la Tabla 5. Es importante destacar que las paltas clasificadas como cuarta clase no serán considerados, ya que los de Primera, Segunda y Tercera clase son los más comúnmente comercializados. Por lo tanto, aquellas paltas que no se encuentren dentro de estos tres rangos serán redirigidos a una bandeja para que el usuario los cuente de manera manual.

Para diseñar el subsistema de clasificación, es necesario establecer los rangos de peso correspondientes a las diferentes clases de paltas, tal como se indica en la siguiente Tabla. Se excluyen las paltas de cuarta clase, ya que los más comunes son los de Primera, Segunda y Tercera clase. Aquellas paltas que no se encuentren dentro de estos rangos serán separados en una bandeja para que el usuario los cuente de manera individual.

Tabla 5

Clasificación de paltas en rangos por pesos.

Clasificación de paltas	Mayor	Menor
Primera	410	270
Segunda	260	235
Tercera	220	175
Cuarta	125	75

Fuente: Tatiana, 2015.

Además, es importante tener en cuenta la cantidad de paltas que se clasificarán diariamente, considerando que se trabajará durante ocho horas al día. En esta situación, los comerciantes suelen adquirir entre 15,000 y 20,000 paltas al día. Sin embargo, la cantidad más comúnmente adquirida tiende a ser la menor, ya que esto depende de la temporada y puede variar para alcanzar la producción más alta. A continuación, se proporciona una descripción del sistema de control implementado en este subsistema.

En resumen, se debe considerar la cantidad de paltas que se clasificarán diariamente durante un turno laboral de ocho horas. Los comerciantes suelen adquirir entre 15,000 y 20,000 paltas por día, con la cantidad más común siendo la menor, aunque esto varía según la temporada y la producción disponible.

3.4.16. Sistema de control

Para llevar a cabo la etapa de clasificación, se establecen los rangos de peso correspondientes a las diferentes categorías de paltas, los cuales están especificados en la Tabla 5. Se da énfasis en que las paltas clasificadas como cuarta clase no serán considerados, ya que los de Primera, Segunda y Tercera clase son los más comúnmente comercializados. Por lo tanto, aquellas paltas que no se encuentren dentro de estos tres rangos serán redirigidos a una bandeja para que el usuario los cuente de manera manual.

Una vez que se suministra energía a la máquina mediante una tensión de 220 VAC, se espera que sea posible controlar el encendido y apagado de su funcionamiento. El controlador de encendido inicia el funcionamiento del motor, lo que a su vez pone en marcha a toda la máquina, incluyendo todos sus subsistemas.

El subsistema de control incluye los siguientes componentes:

El sistema está equipado con dos celdas de carga utilizadas para medir la fuerza aplicada, un Controlador Lógico Programable (PLC Logo) encargado de controlar y gestionar las señales, motores pequeños que funcionan como actuadores para abrir las compuertas, sensores de posición inductivos para detectar la ubicación, contadores para realizar un seguimiento de los eventos, una fuente de alimentación para suministrar energía y un circuito diseñado para acondicionar la señal proveniente de las celdas de carga.

El sistema de control implementado tiene como objetivo principal la clasificación de las paltas y el inicio del funcionamiento de la máquina. Para lograr esto, se utiliza un control de lazo cerrado que compara la salida actual con la



respuesta deseada. La máquina se alimenta con un voltaje de 220 VAC y se activa mediante el botón de encendido, lo que pone en marcha todos los subsistemas. El control se enfoca principalmente en el subsistema de clasificación, el cual involucra la utilización de celdas de carga, un controlador PLC Logo, motores pequeños, sensores de posición inductivos, contadores, una fuente de alimentación y un circuito encargado de acondicionar la señal proveniente de las celdas de carga.

Una vez que las paltas hayan pasado por el subsistema de transporte y ordenamiento, serán dirigidos al subsistema de clasificación. En dicho subsistema, se colocará una celda de carga en cada canal para medir la fuerza aplicada, y estas celdas enviarán una señal al circuito de acondicionamiento con el fin de convertirla en una señal normalizada de 0 a 10 Voltios, que será requerida para ingresar al controlador (PLC Logo). Mediante la programación, el controlador determinará la categoría a la que pertenece cada palta. Asimismo, se empleará un sensor de presencia para identificar la ubicación de la palta, lo cual permitirá activar los actuadores en el momento apropiado. En este caso, los actuadores consistirán en motores pequeños que, a través de un sistema mecánico, abrirán y cerrarán las compuertas correspondientes según sea necesario.

Además, se realizará el conteo de las paltas utilizando sensores y la señal de activación de los actuadores, mediante tres contadores. Estos contadores proporcionarán información sobre la cantidad de paltas clasificados como primera, segunda y tercera clase. Sin embargo, en el caso de las paltas de cuarta clase, no se requerirá el uso de un contador, ya que la cantidad de paltas pertenecientes a esta categoría es insignificante.



Después de pasar por el subsistema de transporte y ordenamiento, las paltas ingresan al subsistema de clasificación. En este subsistema, cada canal cuenta con una celda de carga que envía una señal al circuito de acondicionamiento para su normalización. Mediante la programación del controlador, se determina la clase de cada palta y se utiliza un sensor de presencia para activar los actuadores en el momento adecuado. Estos actuadores, compuestos por motores pequeños, abren y cierran las compuertas correspondientes. Además, se emplean sensores y contadores para realizar el conteo de paltas en cada clase, excepto en la cuarta clase debido a su cantidad mínima.

3.4.17. Celdas de carga

Cuando se elige la celda de carga a utilizar, es fundamental tener en cuenta los rangos de funcionamiento, el material a pesar y si se va a suspender o apoyar sobre una estructura. En el caso específico de las paltas, cuyo peso se mide en gramos y se pesa colocándolos sobre la celda de carga, se ha decidido emplear una celda de carga del tipo barra TSP-5KG.

Las celdas de carga de un solo punto son comúnmente utilizadas en aplicaciones de escala reducida, como joyas o balanzas de cocina. Estas celdas de carga están disponibles en diversas capacidades, desde un máximo de 100 *gramos* hasta un máximo de 50 *kg*. La celda de carga seleccionada se fija mediante pernos en ambos extremos, donde se conectan los cables. En este tipo de celda, la zona donde se aplica la fuerza no es crítica, ya que su función es medir el efecto de elasticidad en la viga, no la flexión de la misma. Por lo tanto, si se coloca una pequeña plataforma sobre la celda de carga, como se haría en una

escala pequeña, esta celda proporcionará lecturas precisas sin importar la posición de la carga en la plataforma.

La capacidad máxima de la celda de carga elegida es de 5 kg , y su resolución es de 2 mV por cada gramo. Cuando la celda está completamente cargada, produce una señal de 10 mV , la cual debe ser acondicionada mediante amplificadores para normalizarla y poder utilizarla con el controlador PLC LOGO. La forma de conexión de estas celdas de carga se detalla en la tabla siguiente.

Cuando se elige la celda de carga, se consideran los rangos de trabajo y la forma en que se utilizará. La celda de carga tipo barra TSP-5KG es una opción apropiada para pesar las paltas, ya que se coloca debajo de ellos y ofrece lecturas precisas sin importar la ubicación de la carga en la plataforma. Esta celda tiene una capacidad máxima de 5 kg y su señal debe ser acondicionada mediante amplificadores para ser utilizada con el controlador PLC LOGO.

Tabla 6

Conexión de carga.

Color	Rojo	Blanco	Negro	Azul
Señal	Input	Output	Input	Output

Fuente: elaboración propia.

3.4.18. Controlador lógico programable

Un controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo ampliamente utilizado en entornos industriales para automatizar procesos electromecánicos. También encuentra aplicaciones en el control de máquinas en líneas de ensamblaje, juegos mecánicos, sistemas de iluminación y diversas instalaciones.



En el caso específico del proceso de clasificación de las paltas, se ha optado por utilizar el PLC LOGO 12/24 RC Siemens como el controlador principal. Esta elección se basa en las siguientes razones:

- Ofrece una respuesta rápida.
- Permite controlar procesos complejos de manera más sencilla.
- Es confiable y seguro para realizar las operaciones necesarias.
- Sus dimensiones reducidas ocupan poco espacio.
- La instalación es sencilla.
- Tiene un bajo consumo de energía.
- Requiere poco mantenimiento.
- Permite una rápida elaboración de proyectos.
- Es posible realizar modificaciones en el software sin incurrir en costos adicionales.
- Tiene un menor costo de instalación, operación y mantenimiento.
- Permite controlar varios actuadores con el mismo PLC.

El PLC LOGO 12/24 RC Siemens ha sido elegido como el controlador debido a su rapidez, facilidad de uso, confiabilidad, eficiencia energética y capacidad para adaptarse a diferentes necesidades sin generar gastos adicionales.

En la siguiente tabla se detalla las características de este dispositivo:

Tabla 7*Características del PLC.*

Característica	LOGO 12/24 RC
Tensión de alimentación	12/24 V DC
Rango admisible	10,8 a 28,8 V DC
Protección contra inversión de polaridad	Si
Consumo de 24 y 12 voltios	60 a 175 mA y 40 a 100 mA
Reloj en tiempo real	Si
Precisión del reloj en tiempo real	Típ. ± 2 s / día
Temperatura ambiente	0 a 55 °C
Entradas digitales	8
Entradas analógicas	4
Salidas digitales	4
Tipo de salida	Relay
Corriente permanente	Máx. 30 A

Fuente: Tatiana, 2015.

Se necesita agregar un módulo adicional de salidas digitales para activar las seis compuertas, así como controlar el encendido y apagado del motor y las luces piloto en el gabinete de control. Esto implica la necesidad de tener ocho salidas digitales, mientras que el PLC LOGO originalmente tiene solo cuatro salidas. Para satisfacer este requisito, se emplea el módulo de expansión DM8 12/24R, el cual es compatible con el controlador LOGO y permite ampliar la capacidad de salidas digitales.

En cuanto a la fuente de energía, se utiliza la fuente de alimentación LOGO Power 24 VDC, la cual está específicamente diseñada para ser utilizada con los equipos LOGO. Esta fuente de alimentación tiene un control primario y acepta una amplia gama de voltajes de entrada, de 85 a 264 V AC, y proporciona una salida de 24 V DC. Es de fácil instalación en cuadros de distribución pequeños y su función principal es suministrar energía al PLC LOGO, al módulo de expansión de salidas digitales, a los contadores y a los sensores inductivos del sistema.



En lo que respecta a la fuente de energía requerida para el circuito de acondicionamiento de la celda de carga, se utiliza una fuente proveniente de un ordenador. Esto se debe a que los voltajes de salida de esta fuente se mantienen dentro de los rangos estables necesarios. De esta manera, se asegura un suministro de voltaje apropiado para los circuitos de acondicionamiento de las celdas de carga.

Se ha desarrollado un módulo adicional de salidas digitales que satisface los requisitos de activación de compuertas, encendido y apagado del motor, así como el control de las luces piloto. Asimismo, se utiliza la fuente de alimentación LOGO Power 24 VDC para suministrar energía al PLC LOGO, al módulo de expansión de salidas digitales, a los contadores y a los sensores inductivos. Además, se aprovecha una fuente proveniente de un ordenador para alimentar el circuito de acondicionamiento de la celda de carga, beneficiándose de sus voltajes estables y adecuados para esta aplicación específica.

3.4.19. Sensores

Los sensores de proximidad inductivos incorporan una bobina electromagnética que tiene la función de detectar objetos conductores de metal. Estos sensores están especialmente diseñados para identificar la presencia de objetos metálicos y no reaccionan ante objetos no metálicos. En el sistema de clasificación de paltas según su peso, se utilizan estos sensores con dos propósitos principales. En primer lugar, se emplean para llevar el conteo de las paltas de cada clase, enviando la señal correspondiente a los contadores respectivos. Además, se utilizan para determinar la posición de las paltas mediante la programación y el control del PLC LOGO. En este caso particular, se decide no utilizar sensores

capacitivos debido a su corto alcance de detección, lo cual podría resultar en posibles impactos de las paltas contra los sensores, lo que podría dañarlos durante el proceso.

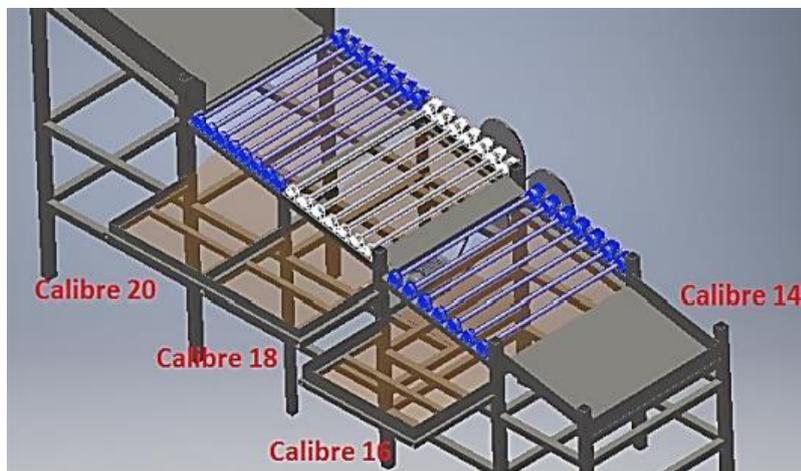
Se emplean contadores industriales de cuatro dígitos con el propósito de mostrar la cantidad de paltas correspondiente a cada clase. Estos contadores reciben una señal de alimentación de 12 a 24 $V DC$ y se activan mediante la señal de transistor que proviene de los sensores inductivos al detectar la presencia de material ferroso en las manos de empuje. La combinación de este parámetro junto con la activación de los actuadores controlados por el PLC permite llevar a cabo un conteo preciso de las paltas.

3.4.20. Bandejas de salidas para las paltas clasificadas

Los productos seleccionados se depositan en recipientes específicos, los cuales están fabricados con acero inoxidable, al igual que la tolva de distribución. El grosor de la lámina de metal utilizada es de 1 mm . La ubicación de las bandejas de salida del producto clasificado se muestra en la figura adjunta.

Figura 19

Bandeja de salida para los diferentes calibres.



Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

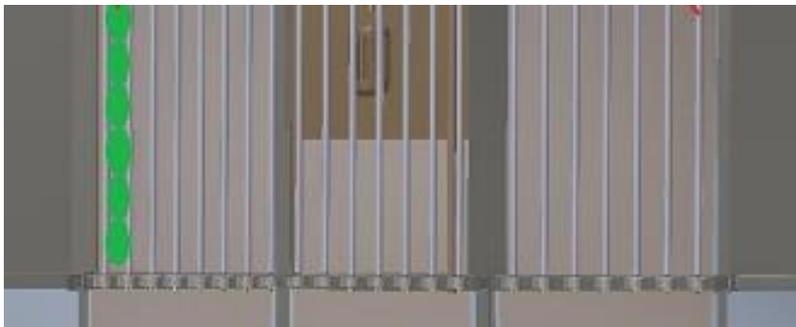
El sistema de clasificación de la materia prima está compuesto por varios elementos. En primer lugar, se utilizan engranajes rectos que contribuyen a la separación y al movimiento de los rodillos revestidos con un material suave. También se emplean engranajes locos que ayudan en la separación de los rodillos y mantienen en movimiento constante a los engranajes rectos. Además, se utilizan rodamientos que se encuentran fijos en la estructura.

4.1.1. Dimensionamiento y diseño de los rodillos

Se presenta la disposición de los rodillos en la máquina clasificadora con el objetivo de prevenir el contacto directo entre el rodillo de acero inoxidable y las paltas Hass. Para evitar esto, se aplicará un revestimiento de PVC sobre el rodillo.

Figura 20

Paltas Hass en rodillos.



Elaboración propia.



El cilindro consta de tres secciones diferentes: un diámetro mayor denominado " D ", un diámetro medio para los soportes llamado " d " y un diámetro menor para los engranajes denominado " d menor". La longitud total del cilindro es de 950 mm , lo cual incluye las tres partes mencionadas anteriormente. Estos cilindros están cubiertos con un material suave que, en esta situación particular, consiste en un tubo de PVC con un diámetro externo de 21 mm y un espesor de 5.125 mm .

En la máquina clasificadora, cada par de rodillos transporta una cantidad específica de paltas Hass de diferentes calibres. Por ejemplo, cada par de rodillos transporta 6 paltas Hass de calibre 14, 7 de calibre 16, 8 de calibre 18 y 8 de calibre 20. Para dimensionar el diámetro del eje del rodillo, se considerará un caso extremo en el que cada eje debe soportar un promedio de 20 kg de masa, que corresponde a una caja de paltas con un peso de 196.2 N .

Para calcular la carga distribuida en el espacio destinado a la clasificación del rodillo, se utilizará el programa sap2000 como herramienta de ayuda.

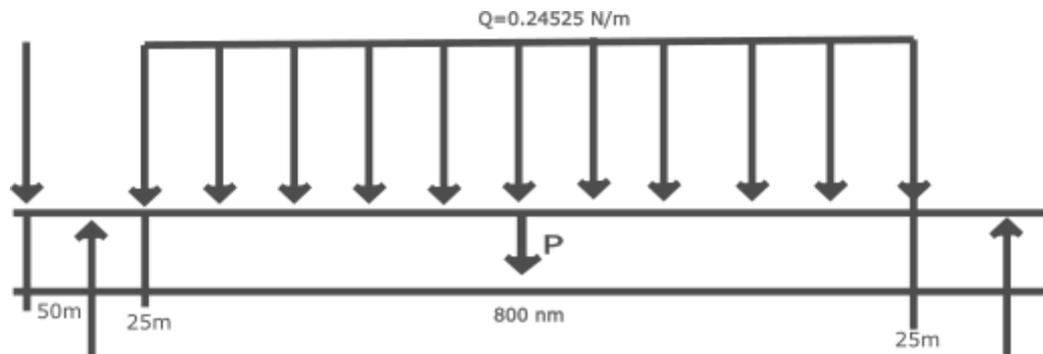
$$Q = \frac{\textit{Peso}}{\textit{Longitud}}$$

$$Q = \frac{196.2}{800}$$

$$Q = 0.24525\text{ N} / \textit{mm}$$

Figura 21

Diagrama del cuerpo libre del rodillo.



Elaboración propia.

La determinación del volumen del rodillo se obtiene mediante la agregación de los volúmenes que lo conforman. En otras palabras, se deben combinar los volúmenes individuales para calcular el volumen total del rodillo.

$$V_t = V_{mayor} + 2 V_{medio} + V_{menor}$$

$$V = \pi r^2 \cdot l = \frac{\pi d^2 \cdot l}{4}$$

$$V_t = \frac{\pi(15.875)^2 \cdot (800)}{4} + \frac{2\pi(12.7)^2 \cdot (50)}{4} + \frac{\pi(9.25)^2 \cdot (50)}{4}$$

$$V_t = 177733.8372 \text{ mm}^3 = 1.77733 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

La densidad del acero se refiere a la relación entre la masa y el volumen de este material, lo cual proporciona una medida de la cantidad de masa presente en un determinado volumen. La densidad del acero indica cuánta masa se encuentra en una unidad de volumen específica del material:

$$\rho = 7850 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$m_{acero} = \rho \cdot V_t$$

$$m_{acero} = 7850 \cdot 1.77733 \times 10^{-4}$$

$$m_{acero} = 1.39520 \text{ Kg}$$

El tamaño o magnitud del revestimiento de PVC.

$$P = m \cdot g$$

$$m = m_{acero} + m_{pvc}$$

$$p = (1.39520 + 0.191536) \times (9.81)$$

$$p = 15.56588 \text{ N}$$

El valor del peso del engranaje varía entre 250 [gr] y 300 [gr], de acuerdo con los resultados de las pruebas realizadas. En aras de considerar un escenario extremo, se tomará en cuenta la masa más alta como referencia.

$$P_{engrane} = m_{engrane} \cdot g$$

$$P_{engrane} = (0.300) \times (9.81)$$

$$P_{engrane} = 2.943 \text{ N}$$

Para determinar las reacciones del rodillo en una situación extrema, utilizaremos el programa SAP2000 como una herramienta auxiliar para generar el diagrama de cuerpo libre correspondiente.

Figura 22

Reacciones del rodillo.



Elaboración propia.

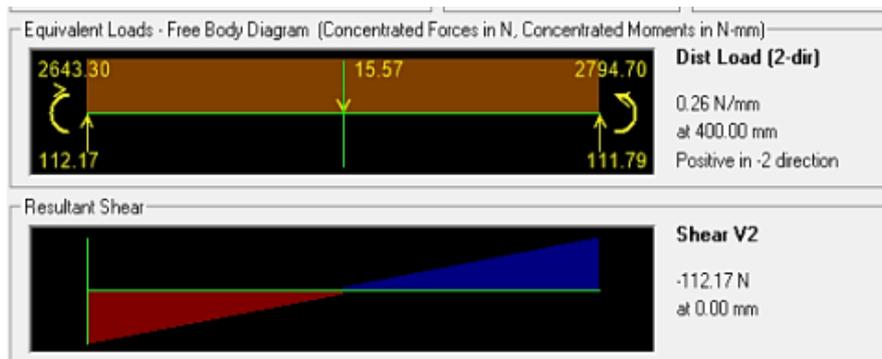
La figura nos proporciona una representación visual de las reacciones respectivas:

- $R_a = 115.87 \text{ N}$
- $R_b = 112.28 \text{ N}$

En el diagrama se presenta tanto el esquema de esfuerzo cortante como el esquema de momento flector obtenidos del análisis del rodillo.

Figura 23

Momento máximo en el rodillo.



Elaboración propia.

En el punto crítico del rodillo, donde se presenta el momento de flexión máxima, se obtiene un valor máximo de momento de $26671.01 \text{ N} \cdot \text{mm}$ ($26.67 \text{ N} \cdot \text{m}$). Para determinar este caso crítico, se llevó a cabo el cálculo considerando el peso distribuido del rodillo y las reacciones, y se determinó que el momento flector máximo es menor que en el caso analizado previamente. Por lo tanto, utilizaremos los diagramas previamente obtenidos. Ahora, procederemos a calcular el esfuerzo en dicho punto crítico.

$$\sigma_x = \frac{32 M}{\pi \cdot D^3}$$

$$\sigma_x = \frac{(32) \times (26.67)}{\pi(0.015875)^3}$$

$$\sigma_x = 67.9019 \text{ MPa}$$

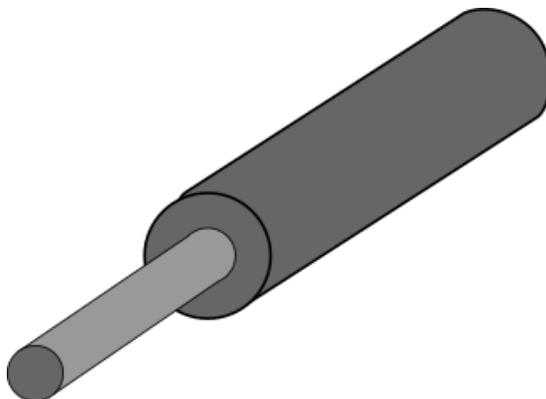
El rodillo se fabricará con acero inoxidable de transmisión 1018 CD debido a su costo más económico, y los radios de entalle serán de 1.6 [mm].

$$S_u = 440 \text{ Mpa} = 64 \text{ kpsi}$$

Se ha proporcionado una representación visual del rodillo de clasificación con el recubrimiento de PVC, con base en los diámetros asumidos. Este revestimiento de PVC contribuye a proteger la materia prima y prevenir su deterioro.

Figura 24.

Recubrimiento con PVC del rodillo de acero.



Elaboración propia.

4.1.2. Deflexión del rodillo

Para calcular la deflexión del rodillo, aplicaremos la ecuación siguiente:

$$y_{max} = \frac{5 w l^4}{384 EI}$$

Donde los valores son:



- $w =$ Carga distribuida "0.24525 N/mm " o "245.25 N/m "
- $l =$ Longitud de la carga distribuida "800 mm " o "0.8 m "
- $E =$ Modulo de rigidez del acero "199.948 GPa "
- $I =$ Momento de inercia

$$I = \frac{1}{4} \pi \cdot r^4$$

Donde:

$$r = \frac{D_{mayor}}{2} \quad (D_{mayor} = 15.875 \text{ mm})$$

$$r = \frac{15.875}{2}$$

$$r = 7.9375 \text{ mm} = 7.9375 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Calculando la deflexión del rodillo:

$$y_{max} = \frac{5 w l^4}{384 EI}$$

$$y_{max} = \frac{5 \times 245.25 \times (0.8^4)}{384 \times (199.948 \times 10^9) \times (3.117632 \times 10^{-9})}$$

$$y_{max} = 2.098292 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Calculando la deflexión permisible del rodillo:

$$\frac{L}{360}$$

Donde:

$$L = \text{Longitud de la luz o "850 mm" o "0.850 m"}$$



$$\frac{L}{360} = \frac{0.850}{360} = 2.36111 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Para garantizar que la deflexión del rodillo cumpla con los requisitos de funcionamiento, es necesario que la magnitud de la deflexión del rodillo sea inferior a la deflexión permisible establecida para dicho rodillo. En otras palabras, la deflexión del rodillo debe estar por debajo de un límite máximo predefinido para asegurar su correcto desempeño.

$$y_{max} < \frac{L}{360}$$

$$2.098292 \times 10^{-3} \text{ m} < 2.36111 \times 10^{-3} \text{ m}$$

4.2. CÁLCULO DEL MOTOR Y SELECCION DE SU POTENCIA

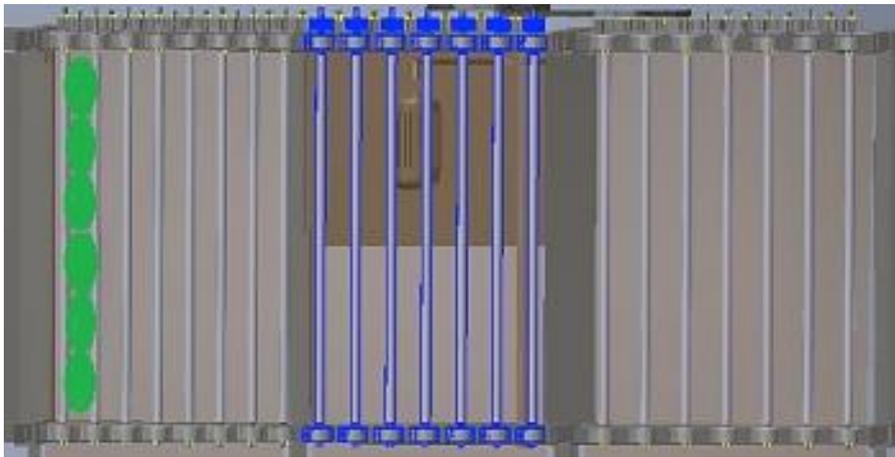
Al realizar el cálculo de la potencia total, se toman en cuenta las potencias de los componentes mencionados a continuación.

4.2.1. Cálculo de la potencia para los rodillos de transporte de palta

Para calcular su potencia es necesario tener en cuenta la fuerza tangencial " F_t " aplicada al rodillo, su radio total " r " del rodillo y la velocidad angular " w " del rodillo. Para determinar la fuerza tangencial se divide la máquina clasificadora en segmentos. Se tiene conocimiento de que cada rodillo de calibre 14 puede soportar 6 placas ($6 \times 0.305 \text{ kg} = 1.83 \text{ kg} = 17.9523 \text{ N}$). La fuerza tangente de cada tramo será igual a la fuerza tangente máxima. Para facilitar el cálculo de los ángulos cuando la placa está en contacto con el rodillo, utilizaremos el software Autodesk Inventor. Este programa nos proporcionará la asistencia necesaria para obtener los ángulos requeridos.

Figura 25

Etapa de clasificación.



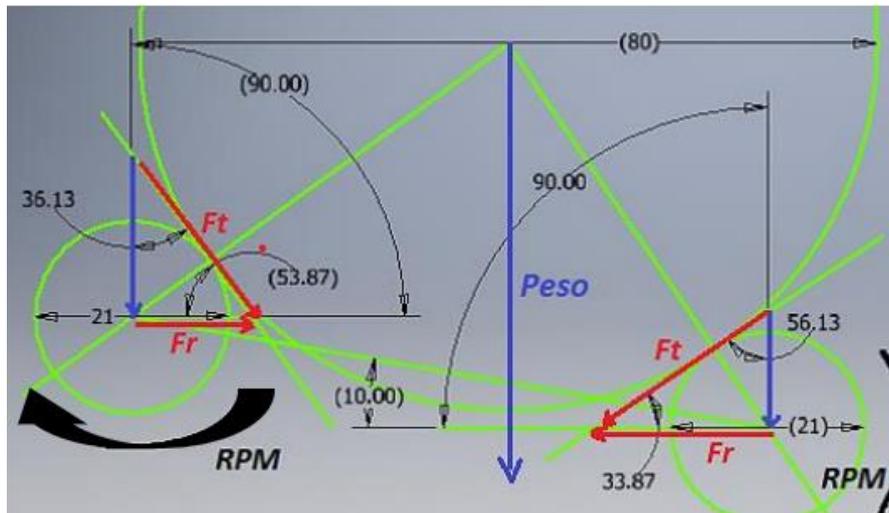
Elaboración propia.

La etapa clasificadora se divide en secciones o tramos para facilitar su funcionamiento y análisis. Esta división permite gestionar de manera más eficiente el proceso de clasificación y realizar evaluaciones específicas en cada tramo de la máquina. Cada tramo puede tener características y requisitos diferentes según las necesidades del sistema clasificador. Esta división en tramos ayuda a optimizar el rendimiento de la máquina y permite realizar ajustes y mejoras en cada sección según sea necesario.

En el primer tramo de la máquina clasificadora, se establece una distancia de 70 [mm] entre ejes. Utilizaremos una placa con un diámetro de 80 [mm], un rodillo con un diámetro total de 21 [mm], una velocidad de rotación de 100 [rpm] (equivalente a 10.472 rad/s) y un ángulo de inclinación de 10° para lograr la máxima fuerza tangente.

Figura 26

Primera parte.



Elaboración propia.

Calculando la fuerza tangente para el primer caso, cuando la placa se apoya en el rodillo izquierdo.

$$\cos 36.13 = \frac{Peso}{F_t} = \frac{17.9523}{F_t}$$

$$F_t = 22.223 \text{ N}$$

Para el segundo caso, considerando que la placa se apoya en el rodillo derecho, procederemos a calcular la fuerza tangente correspondiente a esta situación.

$$\cos 56.13 = \frac{Peso}{F_t} = \frac{17.9523}{F_t}$$

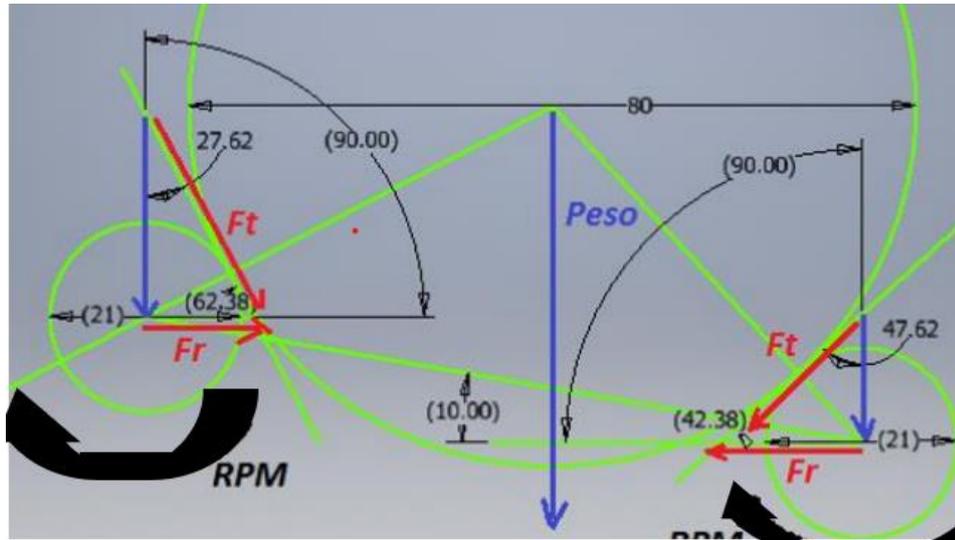
$$F_t = 32.212 \text{ N}$$

En el segundo tramo de la máquina clasificadora, se establece una distancia de 80 [mm] entre ejes. Utilizaremos una placa con un diámetro de 80 [mm], un rodillo con un diámetro total de 21 [mm], una velocidad de rotación

de 80 [rpm] (equivalente a 8.378 rad/s) y un ángulo de inclinación de 10° para lograr la máxima fuerza tangente.

Figura 27

Segunda parte.



Elaboración propia.

En el primer caso, considerando que la placa se apoya en el rodillo izquierdo, procederemos a calcular la fuerza tangente correspondiente a esta situación.

$$\cos 27.62 = \frac{Peso}{F_t} = \frac{17.9523}{F_t}$$

$$F_t = 20.261 \text{ N}$$

En el segundo caso, considerando que la placa se apoya en el rodillo derecho, procederemos a calcular la fuerza tangente correspondiente a esta situación.

$$\cos 47.62 = \frac{Peso}{F_t} = \frac{17.9523}{F_t}$$

$$F_t = 26.634 \text{ N}$$



Para el segundo tramo, se tiene una fuerza tangencial de 26.63 N aplicada al rodillo. A continuación, procederemos a calcular el torque del rodillo correspondiente a esta fuerza.

$$T = F_t \cdot r$$

$$T = 26.634 \times \frac{21 \times 10^{-3}}{2}$$

$$T = 0.279 \text{ Nm}$$

Para calcular la potencia de un rodillo, necesitamos conocer el torque y la velocidad angular del mismo. Utilizando estos valores, podemos determinar la potencia mediante la siguiente fórmula: potencia = torque x velocidad angular. Por lo tanto, calcularemos la potencia del rodillo utilizando los datos proporcionados.

$$P = T \cdot \omega$$

$$P = 0.279 \times 8.378$$

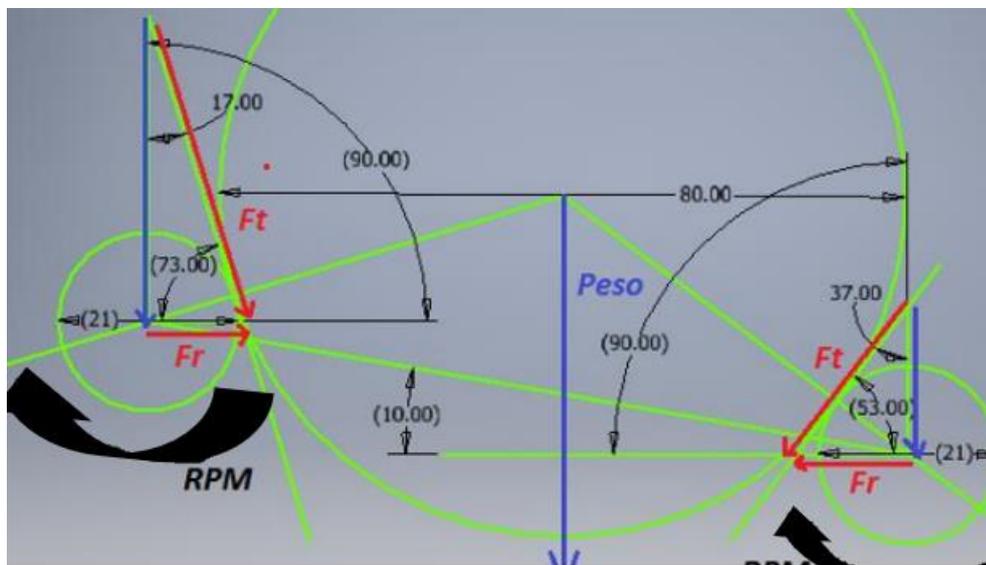
$$P = 2.337 \text{ W}$$

La potencia total necesaria para el segundo tramo se obtiene al multiplicar la potencia de un rodillo por 7, ya que hay 7 rodillos en ese tramo. Además, se multiplica por 2 debido a que también se requiere la potencia para mover los engranajes que se encuentran en un extremo. De esta manera, se calcula la potencia total requerida para el funcionamiento adecuado del segundo tramo de la máquina clasificadora.

En la sección tercera de la máquina clasificadora, se fija una separación de 90 [mm] entre los ejes. Emplearemos una placa con un diámetro de 80 [mm], un rodillo con un diámetro total de 21 [mm], una velocidad de rotación de 100 [rpm] (equivalente a 10.472 rad/s) y un ángulo de inclinación de 10° con el fin de obtener la fuerza tangencial máxima.

Figura 28

Tercera parte.



Elaboración propia.

En el primer escenario, considerando que la placa se apoya en el rodillo izquierdo, procederemos a calcular la fuerza tangente correspondiente a esta situación específica. Vamos a determinar la fuerza tangente para el caso en el que la placa hace contacto con el rodillo izquierdo.

$$\cos 17 = \frac{Peso}{F_t} = \frac{17.9523}{F_t}$$

$$F_t = 18.773 \text{ N}$$

En el segundo escenario, considerando que la placa se apoya en el rodillo derecho, procederemos a calcular la fuerza tangente correspondiente a esta



situación específica. Vamos a determinar la fuerza tangente para el caso en el que la placa hace contacto con el rodillo derecho.

$$\cos 37^\circ = \frac{\text{Peso}}{F_t} = \frac{17.9523}{F_t}$$

$$F_t = 22.479 \text{ N}$$

Al conocer la fuerza tangencial de un rodillo en el tercer tramo, que es de 22.47 N, podemos calcular el torque aplicado en dicho rodillo. El torque de un rodillo se obtiene multiplicando la fuerza tangencial por el radio del rodillo. Por lo tanto, procederemos a calcular el torque del rodillo utilizando la fuerza tangencial mencionada y el radio correspondiente.

$$T = F_t \cdot r$$

$$T = 22.479 \times \frac{21 \times 10^{-3}}{2}$$

$$T = 0.236 \text{ Nm}$$

Hallando la potencia de un rodillo:

$$P = T \cdot \omega$$

$$P = 0.236 \times 10.472$$

$$P = 2.472 \text{ W}$$

Para el tercer tramo, la potencia total necesaria se calcula multiplicando la potencia de un solo rodillo por 7 y luego multiplicando el resultado por 2. Esto se debe a que se requiere mover tanto los rodillos como el engranaje ubicado en uno de los extremos.



$$P_{total\ rodillo} = P_{total\ 1} + P_{total\ 2} + P_{total\ 3}$$

$$P_{total\ rodillo} = 0.075977 + 0.0439 + 0.0461$$

$$P_{total\ rodillo} = 0.166\ hp$$

4.2.2. Potencia de los engranajes para mover los rodillos

Teniendo en cuenta que los engranajes están directamente conectados a los rodillos, la potencia total requerida por los engranajes se determina dividiendo la potencia total de los rodillos entre la eficiencia de transmisión de los engranajes.

$$P_{engranaje} = \frac{P_{total\ rodillo}}{n_{engranaje}}$$

$$P_{engranaje} = \frac{0.166}{0.65}$$

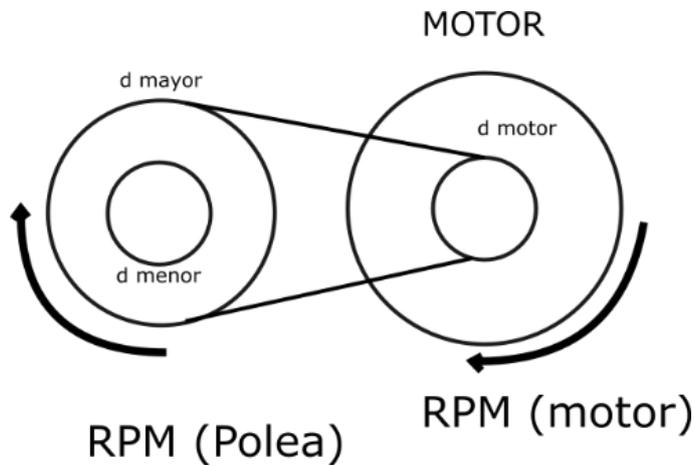
$$P_{engranaje} = 0.25538\ hp$$

4.2.3. Potencia para vencer la inercia de la polea

Se empleará un motor con una velocidad de 900 [rpm], así como poleas adecuadas para correas trapeciales. La polea del motor tendrá un diámetro de 63 [mm], mientras que el diámetro mayor de la polea, D_{mayor} , será de 200 mm. Para cada tramo, se utilizarán dos diámetros menores de polea.

Figura 29

Sentido de giro del motor.



Elaboración propia.

4.3. BANDEJAS PARA LA SALIDA DE PALTAS

Para recolectar la materia prima elegida, se emplean depósitos designados que están contruidos con el mismo material utilizado en la fabricación de la tolva de distribución, es decir, acero inoxidable. La chapa metálica utilizada para estos depósitos tiene un grosor de 1 [mm]. En la figura adjunta se muestra la disposición de las bandejas de salida para el producto clasificado en el conjunto de la máquina.

Figura 30

Bandeja de salida.



Elaboración propia.

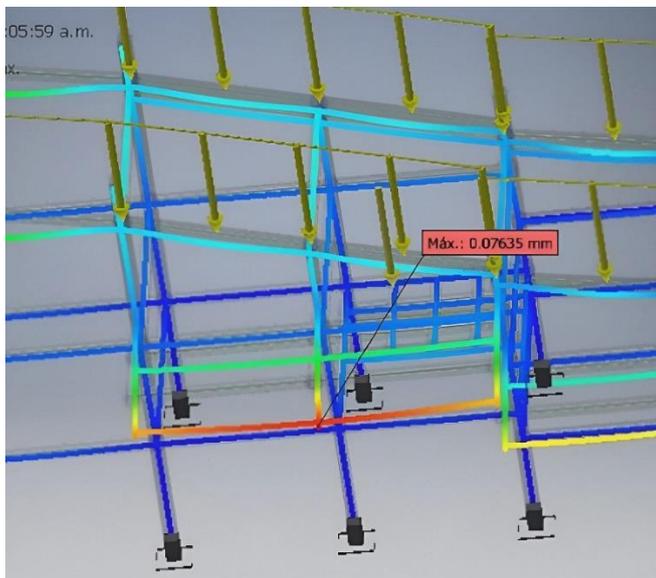
4.4. ESTRUCTURA

El software Autodesk Inventor se emplea para calcular los perfiles de la estructura encargada de proporcionar soporte al mecanismo. Se selecciona el tipo de estructura deseada y las conexiones entre los componentes se realizan mediante soldaduras. En la figura adjunta se muestra la estructura diseñada previamente utilizando el programa Autodesk Inventor.

Después, se instalan los perfiles apropiados en cada componente de la estructura, considerando cuidadosamente la distribución de las cargas. Esto incluye el peso de todos los elementos del sistema de transmisión, la carga de las paltas en la tolva y el peso de los rodillos. A continuación, se ejecuta el programa y se lleva a cabo un análisis para evaluar la deformación que se produce en la máquina clasificadora.

Figura 31

Análisis de la deformación.



Elaboración propia.



Basándonos en los resultados obtenidos a través del programa Autodesk Inventor y luego de realizar diversas simulaciones utilizando diferentes tamaños y formas de perfiles, se han identificado los perfiles adecuados para la máquina clasificadora.

En cuanto a las propiedades físicas de la máquina clasificadora, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- *Masa* = 211.167 kg
- *Área* = 185762.598 mm²
- *Volumen* = 26900.296 mm³
- *Centro de gravedad: x* = -123.833 mm
- *Centro de gravedad: y* = 213.329 mm
- *Centro de gravedad: z* = -97.651 mm

4.5. RAPIDEZ DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA

Se procederá a determinar el tiempo requerido para el proceso de clasificación de la máquina, basándonos en estudios previos y en la comparación con otras máquinas clasificadoras. De acuerdo con estos análisis, se ha observado que cada rodillo tarda en transferir la materia prima hacia el siguiente rodillo un tiempo equivalente a su ángulo de giro más dos vueltas completas del rodillo.

En el primer escenario, se considera el transporte de la palta desde el punto uno hasta el punto dos, correspondiendo al primer tramo del proceso de clasificación.

$$\theta_{trans} = \theta$$

En el segundo caso, se trata del transporte de la palta desde el punto uno hasta el punto dos después de haber completado una vuelta completa más el ángulo



correspondiente. Este escenario se refiere al movimiento de la palta en el segundo tramo del proceso de clasificación.

$$\theta_{trans} = 360^\circ + \theta$$

En el tercer caso, nos referimos al transporte de la palta desde el punto uno hasta el punto dos después de haber completado dos vueltas completas más el ángulo correspondiente. Este caso se aplica al movimiento de la palta en el tercer tramo del proceso de clasificación.

$$\theta_{trans} = 720^\circ + \theta$$

Optaremos por el tercer escenario, donde calcularemos el ángulo correspondiente para cada tramo de la máquina clasificadora y luego sumaremos 720° . Con la velocidad angular conocida de cada tramo, podremos determinar el tiempo necesario para que un rodillo se traslade hacia el siguiente.

4.6. PROTOCOLO MQTT

El protocolo MQTT, conocido como Message Queue Telemetry Transport, es una tecnología de comunicación asincrónica utilizada en el contexto de IoT (Internet de las cosas) para facilitar la interacción entre dispositivos. Su funcionamiento se basa en el intercambio de mensajes utilizando el modelo de publicación y suscripción. Esta característica lo convierte en una opción eficiente para redes con restricciones de ancho de banda y alta latencia. Además, su versatilidad permite su implementación en diversos dispositivos y servicios relacionados con IoT.

En el esquema de publicación y suscripción del protocolo MQTT, los dispositivos clientes establecen una conexión con un nodo central conocido como broker. Para enviar o recibir mensajes, los clientes se suscriben a un tema específico donde los mensajes son



publicados. Esta arquitectura no bloqueante permite que los suscriptores y publicadores sean clientes MQTT, lo que significa que un mismo dispositivo puede desempeñar ambos roles según sea necesario.

La implementación de los clientes MQTT se destaca por su facilidad y la capacidad de adaptarse a diferentes dispositivos, ya que puede funcionar en un amplio rango de hardware, desde ordenadores hasta microcontroladores. En el presente proyecto, hemos empleado una placa ESP32-CAM y un ordenador como ejemplos de clientes MQTT. Esto demuestra la versatilidad de esta tecnología, ya que permite la conexión de diversos dispositivos al sistema de comunicación MQTT.

El servidor MQTT, conocido como broker, tiene la responsabilidad de distribuir los mensajes a los destinatarios correspondientes. Su tarea principal es recibir los mensajes, verificar los temas a los que están suscritos y enviarlos a los clientes que estén suscritos a dichos temas. El broker brinda la opción de que los mensajes sean persistentes, lo que significa que se almacenan hasta que el cliente receptor se conecte. Además, el broker desempeña la función de autenticar la identidad de los clientes para garantizar la seguridad del sistema. En el presente proyecto, hemos utilizado una Raspberry Pi con el sistema operativo Raspbian, una versión adaptada de Debian, como el hardware del broker. El software utilizado para cumplir con la función de broker es Mosquitto. Este enfoque demuestra cómo hemos seleccionado una plataforma específica y el software correspondiente para configurar y gestionar el broker MQTT de manera eficiente y segura.



4.7. IOT

La propuesta es un servidor ISP estadounidense. Las características del servidor pueden ser las siguientes:

- Server type 1 Core con 1Gb Memory
- Template Ubuntu Server 20.04 (64 bit)
- Firewall incluido, Data center WDC-01
- 4TB de conectividad
- La seguridad está garantizada a través del uso de credenciales: usuario y password.
- El sistema operativo para este servicio es Ubuntu Server 20.04 (64 bit) el que se conecta mediante la comunicación encriptada SSH.

4.8. ETAPA DE TOMA DE IMÁGENES

4.8.1. Sistema de iluminación

Se proyecta utilizar diodos LED como fuente de iluminación debido a su eficiencia y bajo costo. Estos diodos LED se colocarán en los cuatro vértices de la caja. La iluminación desempeña un papel crucial, ya que permite resaltar el color y el contorno de la palta Hass, eliminando las sombras y facilitando la extracción de parámetros y características que mejorarán la segmentación de la imagen. En consecuencia, se busca aprovechar los beneficios de los diodos LED para lograr una iluminación adecuada que mejore la calidad y precisión del proceso de segmentación.



4.8.2. Captura de imagen

La caja estará diseñada con una forma rectangular y se utiliza un material de placa de suelo laminado (ASTM A-1008M) con dimensiones de 40 x 50 *cm*. La cámara estará situada en la parte superior de la caja, mientras que los diodos LED de tipo difuso lineales se colocarán en los lados. Además, el interior de la caja se pintará de color negro con el fin de ocultar las sombras durante la captura de la imagen, ya que estas podrían causar distorsiones.

Se sugiere una cámara de resolución 1024 x 800 píxeles y que puede capturar imágenes a una velocidad de 68 cuadros por segundo.



V. CONCLUSIONES

- Se ha logrado exitosamente el diseño de una planta clasificadora de palta Hass, mediante un análisis exhaustivo que se consideró aspectos clave como simplicidad, ruido, construcción, mantenimiento y ensamblaje.
- Se seleccionó un sistema de alimentación de toma imágenes, mediante un meticuloso diseño de la tolva que garantiza la integridad de las paltas durante su transporte hacia los rodillos. Los rodillos fijos giratorios seleccionados son idóneos para la clasificación y el traslado de las paltas, minimizando deformaciones y cumpliendo con estándares establecidos. La toma de imágenes está formada por un sistema de iluminación con diodos led y la captura se realiza mediante una caja rectangular de material de suelo laminado con una cámara de resolución de 1024 x 800 pixeles.
- Se logro diseñar la etapa de clasificación del sistema mecatrónico utilizando imágenes para clasificar palta Hass tomando en cuenta criterios de calidad de adquisición, tratamiento y calidad de imágenes, basado en rodillos con rodamientos y cojinetes, conectados mediante engranajes rectos para lograr las separaciones deseadas.
- Se logro diseñar con la inclusión de la tecnología IoT para el control del sistema mecatrónico clasificador de palta Hass proponiendo un servidor ISP con características incluidas de seguridad incluido el sistema operativo Ubuntu Server para que mediante el protocolo MQTT logre la interconectividad entre la planta y la nube de internet.



VI. RECOMENDACIONES

- Es esencial establecer un programa regular de mantenimiento para asegurar el adecuado funcionamiento de la máquina clasificadora. Este programa debe incluir actividades como la limpieza y lubricación adecuada de los componentes, así como la revisión periódica de los rodamientos, chumaceras, engranajes y correas. El mantenimiento preventivo desempeña un papel fundamental en la prevención de fallos inesperados y en la prolongación de la vida útil de la máquina.
- Proporcionar capacitación adecuada al personal encargado de operar y dar mantenimiento a la máquina es de suma importancia. Es necesario que estén familiarizados con los procedimientos de operación, seguridad y mantenimiento para garantizar un uso correcto y seguro de la máquina. Además, deben estar capacitados para identificar los indicadores de funcionamiento y saber cómo solucionar problemas comunes que puedan surgir durante la operación.
- Se recomienda llevar a cabo un monitoreo constante de la eficiencia de la máquina clasificadora. Esto implica registrar datos como la producción, el tiempo de clasificación y posibles desperfectos. Estos registros permitirán identificar áreas de mejora, optimizar los procesos y realizar los ajustes necesarios para maximizar la eficiencia de la máquina en todo momento.
- Es importante mantenerse actualizado sobre las últimas innovaciones tecnológicas en el campo de la clasificación de productos. Se debe evaluar periódicamente si existen nuevas tecnologías, equipos o software que puedan mejorar el rendimiento de la máquina clasificadora. Mantenerse al tanto de las tendencias tecnológicas garantizará la competitividad y eficiencia del sistema de clasificación.
- Al diseñar y operar la planta clasificadora, se debe considerar el impacto ambiental. Es esencial implementar medidas que reduzcan el consumo de energía, minimicen la



generación de residuos y maximicen el reciclaje. Esto contribuirá a la sostenibilidad y responsabilidad ambiental de la operación de la planta.

- Se recomienda fomentar una cultura de mejora continua en el diseño y operación de la planta clasificadora. Esto implica recibir retroalimentación del personal, realizar evaluaciones periódicas de desempeño y buscar oportunidades de optimización en cada etapa del proceso. La búsqueda constante de mejoras permitirá incrementar la eficiencia, reducir costos y garantizar la calidad en la clasificación de los productos.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca Sánchez, S. A. (2020). Diseño de una Planta Industrial para la Clasificación y el Procesamiento de Desechos Sólidos en el Cantón Guano. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6789>
- Balabanov, P. V., Divin, A. G., Egorov, A. S., & Yudaev, V. A. (2020). Mechatronic system for fruit and vegetables sorting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 734(1), 012128. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/734/1/012128>
- Bharate, A. A., & Shirdhonkar, M. S. (2018). A review on plant disease detection using image processing. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Sustainable Systems, ICISS 2017*, 103–109. <https://doi.org/10.1109/ISS1.2017.8389326>
- Bouchereau, V., & Rowlands, H. (2022). Methods and techniques to help quality function deployment (QFD). *Benchmarking: An International Journal*, 7(1), 8–20. <https://doi.org/10.1108/14635770010314891>
- Chalidabhongse, T., Yimyam, P., & Sirisomboon, P. (2006). 2D/3D vision-based mango's feature extraction and sorting. *9th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, 2006, ICARCV '06*. <https://doi.org/10.1109/ICARCV.2006.345248>
- Changoluisa Tonato, F. O., & Chiluisa Chiluisa, D. R. (2022). Implementación de una clasificadora automática de tomate riñón para reducir el tiempo en la etapa de postcosecha del invernadero de la señora Juana Chiluisa. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9688>
- Dewi, T., Risma, P., & Oktarina, Y. (2020). Fruit sorting robot based on color and size for an agricultural product packaging system. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(4), 1438–1445. <https://doi.org/10.11591/EEI.V9I4.2353>
- Fabricantes, proveedores, fábrica de máquinas clasificadoras de secado al aire y limpieza de palta - Precio barato - MIRACLE. (2023). <http://www.hnmiracle.net/fruit->



[vegetable-processing-line/sorting-machine/avocado-cleaning-and-air-drying-sorting.html](#)

- Fustamante Saldaña, W., & Vásquez Gamonal, L. D. (2018). Diseño de una máquina automatizada clasificadora de cebolla por tamaño y color.
- Galarraga, P. C. (2022). Evaluación de la factibilidad de creación de una planta de procesamiento de materiales reciclables en la zona norte del Ecuador. <http://repositorio.uotavalo.edu.ec/handle/52000/682>
- Goyes Tixi, I. M. (2019). Proyecto de factibilidad para la exportación de pulpas de frutas producidas por la compañía “Productos Suiza Dajed Cía. Ltda.” de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua hacia el mercado de Estados Unidos – Nueva York en el periodo 2018. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11985>
- Hsu, E. (2020). Plant-based diets and bone health: sorting through the evidence. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes, and Obesity*, 27(4), 248–252. <https://doi.org/10.1097/MED.0000000000000552>
- Jesus, D., Romero, R., Enrique, L., & Zevallos, G. (2021). Diseño conceptual de un sistema automático para clasificación de palta hass. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/18521>
- Jorge Leonardo, C. U. (2021). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21431/1/UPS-CT009419.pdf>
- José María, G. M. (2019). Modelación del procesamiento agroindustrial del café desde la fruta hasta el café oro. <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2019/10/TFG-JoseMariaGomezM.pdf>
- Mamani Amanqui, L. S., & Jaita Condo, R. J. (2021). Estudio de factibilidad para una planta de lavado de fibra de alpaca en una empresa clasificadora de la ciudad de Arequipa, 2020. Universidad Católica San Pablo. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3037072>



- Mendoza Hidalgo, M. J., Naranjo Riofrio, C. A., & Fajardo Pruna, M. director. (2022). Diseño de una trituradora y clasificadora de corteza de pino para producción de sustrato para cultivo. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56142>
- Naupay Fabian, B. F., & Quispe Lopez, C. (2021). Diseño de una máquina clasificadora de botellas pet por color mediante un control automático en Huancayo - Junín - 2021. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10543>
- Pamplona, D., & Santander Wilmer José Bonilla Isidro, N. DE. (n.d.). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE FRUTAS PARA LA ASOCIACIÓN ASPRI.
- Patil, P. U., Lande, S. B., Nagalkar, V. J., Nikam, S. B., & Wakchaure, G. C. (2021). Grading and sorting technique of dragon fruits using machine learning algorithms. *Journal of Agriculture and Food Research*, 4, 100118. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2021.100118>
- Prior Sierra, M. Á. (2021). Automatización de una planta de producción, ensamblaje y almacenamiento empleando Codesys y Citect Scada. <https://idus.us.es/handle/11441/126674>
- Seema, Kumar, A., & Gill, G. S. (2015). Automatic Fruit Grading and Classification System Using Computer Vision: A Review. *Proceedings - 2015 2nd IEEE International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering, ICACCE 2015*, 598–603. <https://doi.org/10.1109/ICACCE.2015.15>
- TATAJE PAREDES, R. C. (2020). PROCESAMIENTO DE PALTA HASS (Persea americana millar).
- Wyllis, B., Morales, E., Kristina, A., & Plúa, M. (2022). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Previo a la obtención del Título de: Ingenieros Industriales
- Yamir Gómez-Ramos, M., Sergio Ruíz-Castilla, J., & García-Lamont, F. (2020). Clasificación de plantas de maíz y maleza: Hacia la mejora de la fertilización en México. *Research in Computing Science*, 149(8), 2020–2683.



Yu, Y., An, X., Lin, J., Li, S., & Chen, Y. (2022). A vision system based on CNN-LSTM for robotic citrus sorting. *Information Processing in Agriculture*.
<https://doi.org/10.1016/J.INPA.2022.06.002>



ANEXOS

ANEXO 1: Esfuerzos permisibles de contacto

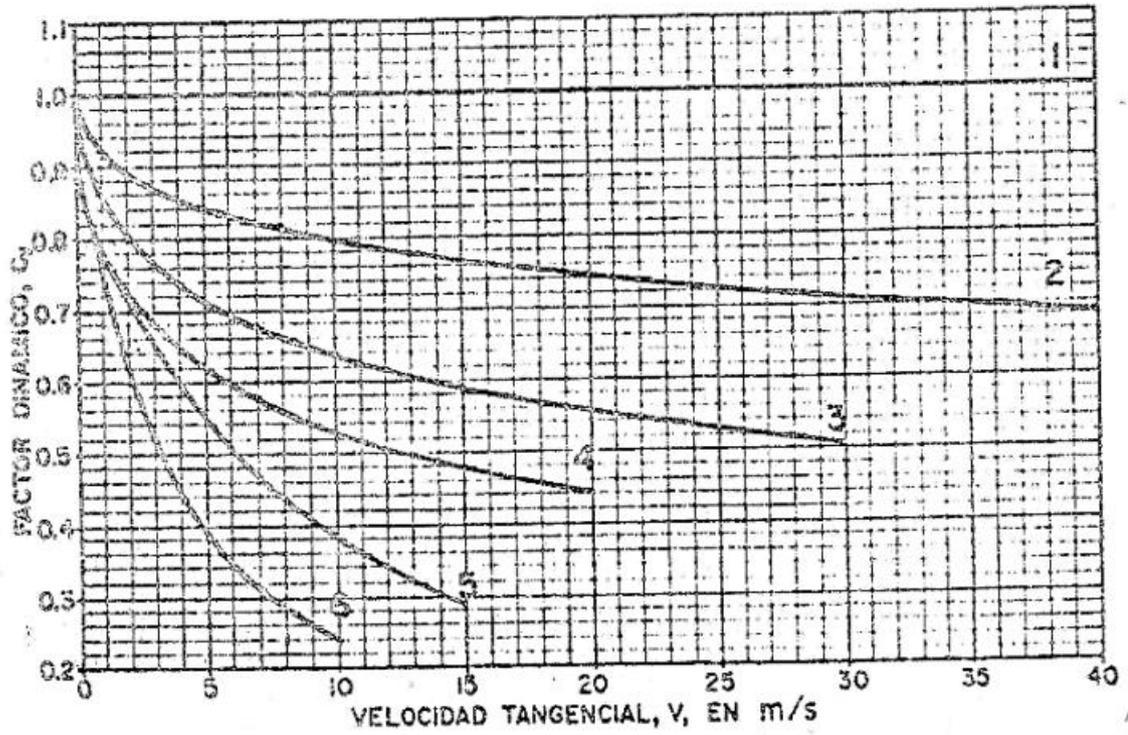
MATERIAL	DUREZA SUPERFICIAL MINIMA	Sac Kgs/mm ²
Acero endurecido en toda la sección del diente:	180 BHN	60 - 67
	220 BHN	69 - 72
	260 BHN	78 - 87
	300 BHN	87 - 97
	350 BHN	99 - 110
	400 BHN	110 - 123
	450 BHN	122 - 136
Acero endurecido superficialmente por carburización:	55 Rc	127 - 141
	60 Rc	141 - 158
Acero endurecido superficialmente por inducción ó por llama	50 Rc	120 - 134
Fierro fundido: - AGMA grado 20 - AGMA grado 30 - AGMA grado 40	175 BHN	35 - 42
	200 BHN	46 - 53
		53 - 60
Fierro nodular: -Recocido -Normalizado -Templado en aceite y revenido	165 BHN	51 - 58
	210 BHN	60 - 67
	255 BHN	69 - 76
Bronce, AGMA 2c (10 - 12% Sn)	28,2 Kgs/mm ²	21
Bronce-Aluminio ASTM B 148-52 (aleación 9C-BT)	63,0 Kgs/mm ²	46



ANEXO 2: Motores

Descripción				Modelo	
Potencia en HP	Velocidad en RPM	Tensión a 60Hz en Volts	Tamaño Armazón NEMA	GP10 Uso General Catálogo Spiridon	SD10 Uso Severo Catálogo Spiridon
0.5	900	208-230/460	143T	A7B10000048458	no disponible
0.75	1800	208-230/460	143T	A7B10000048472	A7B10000048469
	1200	208-230/460	143T	A7B10000048459	A7B10000048474
1	900	208-230/460	145T	A7B10000048490	A7B10000048475
	3600	208-230/460	143T	A7B10000012670	A7B10000047493
	1800	208-230/460	143T	A7B10000012675	A7B10000047514
1.5	1200	208-230/460	145T	A7B10000012678	A7B10000047515
	900	208-230/460	182T	A7B10000048088	A7B10000048042
	3600	208-230/460	143T	A7B10000012671	A7B10000048041
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012676	A7B10000047516
2	1200	208-230/460	182T	A7B10000012683	A7B10000048043
	900	208-230/460	184T	A7B10000048499	A7B10000048044
	3600	208-230/460	145T	A7B10000012672	A7B10000048045
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012677	A7B10000047517
3	1200	208-230/460	184T	A7B10000012684	A7B10000048046
	900	208-230/460	213T	A7B10000048089	A7B10000048047
	3600	208-230/460	182T	A7B10000012679	A7B10000048048
	1800	208-230/460	182T	A7B10000012681	A7B10000047518
5	1200	208-230/460	213T	A7B10000012689	A7B10000048049
	900	208-230/460	215T	A7B10000048090	A7B10000048050
	3600	208-230/460	184T	A7B10000012680	A7B10000048051
	1800	208-230/460	184T	A7B10000012682	A7B10000047519
7.5	1200	208-230/460	215T	A7B10000012690	A7B10000048052
	900	208-230/460	254T	A7B10000048091	A7B10000048054
	3600	208-230/460	213T	A7B10000012685	A7B10000048055
	1800	208-230/460	213T	A7B10000012687	A7B10000047520
10	1200	208-230/460	254T	A7B10000012697	A7B10000048066
	900	208-230/460	256T	A7B10000048092	A7B10000048067
	3600	208-230/460	215T	A7B10000012686	A7B10000048068
	1800	208-230/460	215T	A7B10000012688	A7B10000048030
15	1200	208-230/460	256T	A7B10000012699	A7B10000048069
	3600	208-230/460	254T	A7B10000012692	A7B10000048071
	1800	208-230/460	254T	A7B10000012695	A7B10000048031
20	3600	208-230/460	256T	A7B10000012694	A7B10000048072
	1800	208-230/460	256T	A7B10000012696	A7B10000048032

ANEXO 3: Factor dinámico





ANEXO 4: Declaración jurada de autenticidad de tesis.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo **BRAYAN SUAÑA CAHUI**,
identificado con DNI **70263156** en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA ELECTRÓNICA,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

**“DISEÑO DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL CLASIFICADORA DE PALTAS
UTILIZANDO IMÁGENES CON TECNOLOGÍA IOT”**

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 01 de diciembre del 2023

FIRMA



Huella



ANEXO 5: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo **BRAYAN SUAÑA CAHUI**,
identificado con DNI **70263156** en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA ELECTRÓNICA,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

**"DISEÑO DE UNA PLANTA AGROINDUSTRIAL CLASIFICADORA DE PALTAS
UTILIZANDO IMÁGENES CON TECNOLOGÍA IOT"**

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 01 de diciembre del 2023


FIRMA


Huella