

Universidad Tecnológica del Perú

Investigación Académica

## APF: Proyecto de Clasificación Automatizada Mediante Sensores Ópticos

Acosta Luquillas Nathaly Esthefania	U23271317
Fasabi Benavente Mirella del Rosario	U23254210
Huatay Salcedo, Luis Elías	U24218809
Reynoso Lazo Luis Alexander	U22233575
Sigueñas Olivera Jordan Joel	U23314090
Vicente Chaupis Jose Martin	U22207942
Linares Fernández Bryan Josué	U22214029

2 de octubre de 2025

Docente: Pablo Andrés Villegas Chunga

# Índice

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Descripción General</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Alcance del Proyecto</b>	<b>2</b>
<b>5</b>	<b>Limitaciones</b>	<b>2</b>
<b>6</b>	<b>Estructura del Proyecto</b>	<b>3</b>
<b>7</b>	<b>Materiales y Componentes</b>	<b>4</b>
7.1	Materiales de Soporte y Estructura . . . . .	4
7.2	Herramientas Utilizadas . . . . .	5
<b>8</b>	<b>Prototipo</b>	<b>6</b>
8.1	Materiales: . . . . .	7
	<b>Referencias</b>	<b>8</b>

## 1. Introducción

Los avances tecnológicos en el ámbito de la visión por computadora han revolucionado la forma en que las máquinas interpretan y entienden el mundo visual que las rodea. Entre las diversas tareas que conforman este campo, la detección de objetos se destaca como una de las más fundamentales y desafiantes. Esta tarea implica identificar y localizar instancias de objetos específicos dentro de imágenes o secuencias de video, lo que tiene aplicaciones prácticas en áreas tan diversas como la vigilancia, la conducción autónoma, la robótica, y la realidad aumentada.

Según [1], la detección de objetos ha experimentado una evolución significativa a lo largo de las últimas décadas, impulsada en gran medida por los avances en el aprendizaje profundo y las redes neuronales convolucionales. Desde los primeros enfoques basados en características manuales hasta los métodos modernos que emplean arquitecturas profundas, la capacidad de las máquinas para reconocer y localizar objetos ha mejorado drásticamente.

En ese sentido, este proyecto se centra en la implementación y evaluación de un sistema de detección y clasificación de vegetales. Este sistema utilizará componentes de hardware accesibles como controladores y sensores de bajo costo. Además, se hace especial énfasis en los fundamentos teóricos del electromagnetismo, que son esenciales para comprender el funcionamiento de los sensores utilizados en la captura de imágenes.

## 2. Descripción General

Diseñar y construir un prototipo de sistema automatizado para la clasificación de mandarinas basado en su grado de madurez, utilizando sensores ópticos que operan bajo principios electromagnéticos para mejorar la eficiencia y objetividad del proceso de selección.

## 3. Objetivos Específicos

1. Analizar las propiedades ópticas de las mandarinas para definir un criterio de madurez.
2. Seleccionar y calibrar los componentes electrónicos (sensores, microcontrolador, actuadores).
3. Diseñar e implementar una estructura mecánica para el transporte y clasificación.
4. Desarrollar el software de control que toma las decisiones de clasificación.
5. Validar el funcionamiento del prototipo integrado con pruebas reales.

## 4. Alcance del Proyecto

Este proyecto busca demostrar, de manera práctica, cómo los principios del electromagnetismo y la visión por computadora pueden aplicarse en un sistema de clasificación de frutas. Para ello, se construyó una banda transportadora de 40 cm equipada con una cámara, una Raspberry Pi y servomotores que permiten identificar y separar mandarinas de acuerdo con su grado de madurez.

El alcance está enfocado en el desarrollo de un prototipo funcional a escala, utilizando materiales accesibles como MDF, motores DC y componentes electrónicos básicos. Con este sistema, se busca simular un proceso real de selección postcosecha, validando que con recursos limitados es posible diseñar soluciones automatizadas que mejoren la eficiencia y objetividad de la clasificación de productos agrícolas.

## 5. Limitaciones

- El modelo está pensado para frutas simuladas o de prueba, no para cargas reales de gran tamaño o peso.
- El sistema funciona únicamente sobre superficies planas y estables, sin incorporar mecanismos de suspensión ni adaptación a diferentes terrenos.
- La automatización es básica: se centra en la detección de color para determinar madurez, sin integrar algoritmos avanzados de visión artificial ni sensores adicionales.
- La velocidad de operación es reducida, ya que se priorizó la estabilidad y el control del motor antes que la rapidez del transporte.

## 6. Estructura del Proyecto

El prototipo consiste en una banda transportadora de 40 cm de longitud diseñada para clasificar mandarinas simuladas según su grado de madurez.

El proceso de funcionamiento es el siguiente:

1. Un motor DC transporta el fruto hasta la zona de análisis.
2. Una cámara conectada a una Raspberry Pi 4 captura la imagen en tiempo real.
3. Un programa en Python con la librería OpenCV analiza el color:
  - Verde intenso o verde amarillento: fruto inmaduro.
  - Amarillo o naranja brillante: fruto maduro.
4. Según la decisión, la Raspberry Pi activa uno de dos servomotores que desvían el fruto hacia el canal correspondiente.

De esta manera, el sistema opera de forma autónoma, replicando un proceso real de selección postcosecha con tecnología accesible y de código abierto.



Figura 1: Mandarinas clasificadas según su grado de madurez en el prototipo.

## 7. Materiales y Componentes

A continuación se detallan los materiales y componentes utilizados en la implementación del sistema de clasificación automática de frutas:

Cuadro 1: Lista de materiales y componentes del proyecto

Componente	Función en el sistema
Raspberry Pi 4 (4 GB RAM)	Ejecuta código en Python, procesa imágenes de la cámara, toma decisiones de clasificación y controla sensores y motor.
Fuente de alimentación (5V/2A)	Alimenta la Raspberry Pi con la potencia necesaria para funcionar establemente.
Tarjeta microSD (16 GB+)	Almacena el sistema operativo (Raspberry Pi OS) y los programas en Python.
Webcam USB HD (o cámara Pi)	Captura imágenes en tiempo real de las frutas para que Python determine su grado de madurez.
Motor DC (con reductor 6V)	Impulsa el movimiento de la banda transportadora a velocidad controlada y constante.
Driver L298N	Actúa como interfaz entre la Raspberry Pi y el motor: permite controlar dirección y velocidad mediante señales PWM.
Banda transportadora (goma/elástico)	Superficie móvil que transporta las frutas desde la entrada hasta la zona de clasificación.
Rodillos (poleas)	Soportan y guían la banda; uno está conectado al motor para transmitir el movimiento.
Servomotor SG90	Accionan brazos o compuertas que desvían frutas hacia el canal correcto según su clasificación (madura / no madura).
Canales de salida	Conductos inclinados que dirigen las frutas clasificadas a sus respectivos contenedores (ej. canal A = madura, canal B = no madura).
Fuente externa (6V-9V)	Alimenta motor y servos de forma independiente para evitar sobreesigir la Raspberry Pi y causar reset.
Protoboard	Permite conexiones temporales y organizadas entre Raspberry Pi, sensores, servos y driver sin soldadura.
Cables jumper	Conectan los pines GPIO de la Raspberry Pi con los componentes electrónicos vitales de control.
Base de MDF 40 cm	Soporte estructural que sostiene toda la maqueta: banda, motor, electrónica y canales.
Soporte para cámara	Mantiene la cámara fija y alineada sobre la zona de análisis para capturar imágenes claras y consistentes.
Frutas modelo (pintadas)	Simulan frutas reales con diferentes grados de madurez (verde = inmadura, amarillo/naranja = madura) para probar el sistema.

### 7.1. Materiales de Soporte y Estructura

- **MDF de 3mm:** Para la estructura base y soportes del sistema
- **Silicona caliente:** Para fijación de componentes electrónicos y refuerzo estructural
- **Tornillos y tuercas:** Para ensamblaje mecánico de la estructura
- **Pegamento para madera:** Para uniones estructurales permanentes

## 7.2. Herramientas Utilizadas

- Cortadora láser para corte preciso del MDF
- Destornilladores para ajuste de componentes mecánicos
- Taladro manual para perforaciones adicionales
- Soldador para conexiones eléctricas del portapilas
- Instrumentos de medición y trazado (reglas, lápiz, tijera)

## Fundamentos Básicos de Electricidad

1. **Carga eléctrica** La carga eléctrica es una propiedad fundamental de la materia.

$$q = n \cdot e$$

donde  $q$  es la carga eléctrica,  $n$  el número de electrones (o protones) y  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

2. **Ley de Coulomb** La fuerza entre dos cargas puntuales es:

$$F = k_e \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

donde  $k_e = 8,99 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ ,  $q_1$  y  $q_2$  son las cargas, y  $r$  la distancia entre ellas.

3. **Campo eléctrico** Definición de campo debido a una carga puntual:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = k_e \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

4. **Superposición de campos eléctricos** El campo total en un punto es la suma vectorial de los campos individuales:

$$\vec{E}_{\text{total}} = \sum_i \vec{E}_i$$

5. **Energía potencial eléctrica** La energía potencial entre dos cargas:

$$U = k_e \frac{q_1 q_2}{r}$$

6. **Potencial eléctrico** El potencial en un punto debido a una carga puntual:

$$V = k_e \frac{q}{r}$$

y su relación con el campo eléctrico es:

$$\vec{E} = -\nabla V$$

7. **Diferencia de potencial (voltaje)** La diferencia de potencial entre dos puntos A y B:

$$\Delta V = V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

8. **Capacitancia** Definida como la relación entre la carga y el voltaje:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Para un capacitor de placas paralelas:

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

donde  $\epsilon$  es la permitividad del material,  $A$  el área de las placas y  $d$  la distancia entre ellas.

9. **Energía almacenada en un capacitor** La energía se expresa como:

$$U = \frac{1}{2} CV^2$$

## 8. Prototipo

Nuestro prototipo de clasificación automática de frutas se basa en una banda transportadora accionada por un motor DC, controlada por una Raspberry Pi 4 que procesa imágenes capturadas por una cámara para determinar el grado de madurez de las frutas. Según el análisis de color, la Raspberry Pi activa servomotores que desvían las frutas hacia canales específicos.

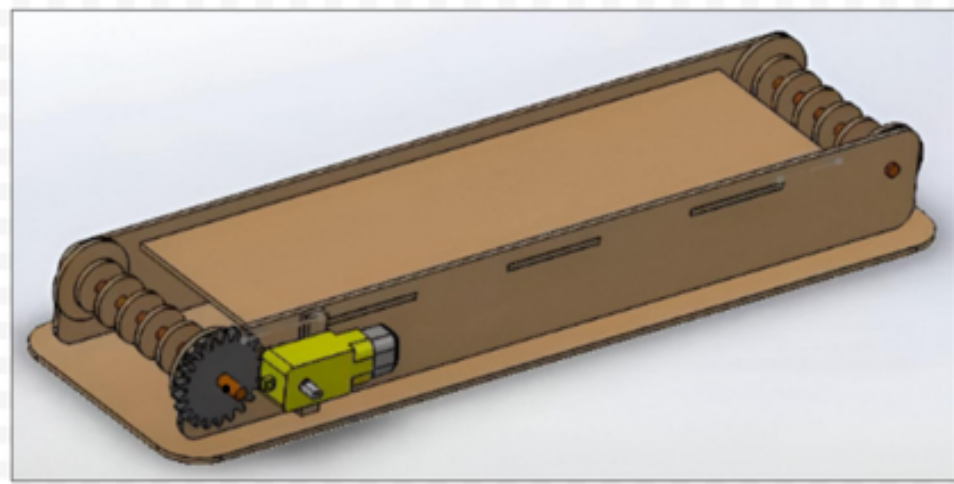


Figura 2: Prototipo de clasificación automática de frutas.

**Maqueta:** La estructura está construida con MDF de 3mm, con una base de 40 cm que soporta la banda transportadora, el motor, la cámara y los canales de salida. La banda es de goma para un buen agarre de las frutas.

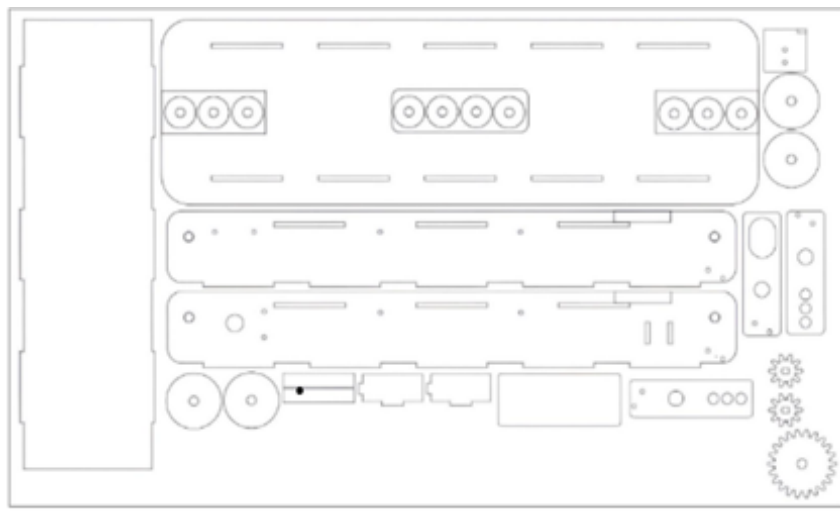


Figura 3: Maqueta del sistema de clasificación automática de frutas.

A continuación puede revisar el video demostrativo del funcionamiento del prototipo:

**Video demostrativo:** [Ver video](#)



### 8.1. Materiales:

- **Madera MDF 3mm:** Material principal para la estructura y base del prototipo.
- **Porta pilas:** Soporte para las pilas que alimentan el motor y otros componentes.
- **Motor reductor 3V (200RPM):** Motor DC con reducción para accionar la banda transportadora.
- **Pilas AA:** Fuente de energía para el motor y servomotores.
- **Palillos de 5mm:** Utilizados como ejes o soportes en la estructura mecánica.
- **Corrospum negro:** Material para canales, separadores o soporte adicional.
- **Cables de calibre 24 AWG:** Para conexiones eléctricas entre componentes.
- **Switch:** Interruptor para encender o apagar el sistema de forma segura.

## Referencias

- [1] Zhengxia Zou, Keyan Chen, Zhenwei Shi, Yuhong Guo, and Jieping Ye. Object detection in 20 years: A survey. *Proceedings of the IEEE*, 111:257–276, 5 2019.