

## **SACFC — Sistema automatizado de clasificación de frutos cítricos en banda transportadora mediante aprendizaje profundo y análisis espectral**

**Modalidad:** Investigación aplicada.

**Área:** Tratamiento de señales; Procesamiento digital de imágenes; Deep learning.

**Programa de formación:** Ingeniería Electrónica.

**Universidad:** Universidad Industrial de Santander.

**Facultad:** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas.

**Escuela:** Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

**Entidad interesada (sponsor):** Pendiente.

**Palabras clave:** clasificación de frutos cítricos; visión por computador; cámaras espectrales; aprendizaje profundo.

### 1. Autores:

Meyer José Suárez Monroy — Código: 2211601 (estudiante líder)

Johan Esneider Garzón Espejo — Código: 2215588

Director (asesor): Hans Yecid García Arenas.

Codirector / Co-asesor (si aplica): Pablo Gómez.

### 1. Título y sigla

Título: Sistema automatizado de clasificación de frutos cítricos en banda transportadora mediante aprendizaje profundo y análisis espectral.

Sigla propuesta: SACFC

### 2. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema automatizado de clasificación de frutos cítricos en banda transportadora mediante aprendizaje profundo y análisis espectral, que permita separar los frutos según criterios de calidad (aptos / no aptos) para su venta o consumo.

### 3. Planteamiento del problema

La clasificación y separación de frutos cítricos en procesos postcosecha frecuentemente presenta imprecisiones debido a la dependencia de inspección visual manual o métodos simples de clasificación. Esto provoca variabilidad en la calidad del producto final, pérdidas económicas y menor eficiencia en líneas de procesado. Se requiere una solución automática,

precisa y rápida que permita evaluar objetivamente la calidad de los frutos y ejecutar la separación en línea sobre banda transportadora.

#### 4. Justificación

La automatización de la clasificación de frutos cítricos mediante técnicas avanzadas (captura espectral, procesamiento digital de imágenes y deep learning) puede incrementar la precisión y consistencia en la selección, reducir pérdidas y optimizar la productividad en la cadena postcosecha. Además, el proyecto integrará conocimientos de instrumentación electrónica, control, visión computacional y mecatrónica desarrollados en el programa de Ingeniería Electrónica, contribuyendo a la formación de competencias técnicas aplicadas en el sector agroindustrial.

#### 5. Objetivos específicos

2. Diseñar e implementar el módulo mecatrónico de separación sobre banda transportadora, integrando detección, control de actuadores y electrónica de potencia.
3. Implementar una red de aprendizaje profundo que estime índices relevantes (por ejemplo, uniformidad de color u otros descriptores espectrales) y clasifique la calidad de los frutos cítricos a partir de información espectral.
4. Integrar el sistema completo para operación en línea: adquisición con cámara espectral, preprocesamiento, inferencia en tiempo real, lógica de decisión y accionamiento del módulo de separación.
5. Validar el desempeño del sistema y del modelo de clasificación mediante métricas de visión computacional (precisión, recall, F1, tiempo de inferencia) y pruebas sobre prototipo con banda transportadora.

#### 6. Metodología

Etapas generales:

1. Revisión bibliográfica y definición de métricas y dataset.
2. Adquisición y etiquetado de muestras espectrales de frutos (construcción de base de datos).
3. Desarrollo y entrenamiento de modelos de deep learning (experimentación con arquitecturas y preprocesamiento espectral).
4. Diseño e implementación del módulo mecatrónico y electrónica de control/ potencia.
5. Integración hardware-software y ajuste de tiempos de respuesta en línea.
6. Pruebas de validación, evaluación y documentación final.

Herramientas y plataformas: MATLAB, Python (bibliotecas de deep learning), Google Colab, SolidWorks, Arduino/ microcontroladores, banco de pruebas con banda transportadora y cámara espectral.

Técnicas: Adquisición espectral y espacial; preprocesamiento (calibración, normalización, reducción de ruido); extracción de características y/o aprendizaje end-to-end con redes convolucionales o arquitecturas especializadas; diseño de control para actuadores de expulsión/separación; evaluación mediante métricas estándar y pruebas experimentales.

Recursos principales: Banda transportadora, cámara espectral disponible en el laboratorio, impresoras 3D, estaciones de soldadura, osciloscopio, PC para entrenamiento y prueba (o acceso a Colab), espacio de laboratorio.

## 7. Resultados esperados

- Prototipo funcional que clasifique frutos cítricos en línea y accione el módulo de separación (aptos / no aptos).
- Modelo de aprendizaje profundo entrenado y validado con métricas reportadas (precisión, recall, F1, tiempo de inferencia).
- Documentación técnica completa (manual de integración, esquemas electrónicos, código fuente y reporte de pruebas).
- Evaluación de impacto potencial en la eficiencia del proceso de clasificación postcosecha.

## 8. Requisitos de aprobación

Definición de éxito: Sistema integrado (hardware + software) operando en prototipo con métricas de clasificación que cumplan los umbrales definidos en la etapa de diseño (por ejemplo, precisión mínima acordada por el asesor).

Quién define éxito: Profesor asesor y jurado evaluador del programa de Ingeniería Electrónica.

Quién firma la aprobación: Profesor asesor, jurado evaluador y coordinación del programa.

## 9. Restricciones

- Tiempo: Alcance limitado al semestre académico; pruebas a nivel prototipo de laboratorio.
- Recursos y presupuesto: Limitaciones para compra de sensores adicionales o equipos de mayor escala.
- Datos: Cantidad y diversidad de muestras para entrenamiento pueden limitar la generalización.
- Técnicas: Restricciones impuestas por la resolución y rango espectral de la cámara disponible; necesidad de balance entre precisión y tiempo de inferencia para operación en línea.

## 10. Cronograma (resumen) — propuesta básica

Semanas 1–4: Revisión bibliográfica, definición de métricas y plan de muestreo.

Semanas 5–10: Adquisición de datos y etiquetado; prototipado inicial.

Semanas 11–16: Desarrollo y entrenamiento del modelo; pruebas preliminares.

Semanas 17–20: Diseño mecatrónico e integración hardware-software.

Semanas 21–24: Validación, ajustes y elaboración de informe final.

## 11. Observaciones finales

Se sugiere definir lo antes posible la Entidad interesada (sponsor) si existe algún productor o empresa colaboradora; en ausencia, el proyecto seguirá con recursos de laboratorio universitario.