

**Plan de Trabajo de Grado – Modalidad trabajo de investigación:**

**Diseño e implementación de un sistema automatizado de clasificación de frutos cítricos en banda transportadora mediante aprendizaje profundo e información espectral. (SACFC)**

**PRESENTADO ANTE:**

**Comité de Trabajos de Grado E<sup>3</sup>T**

**Por:**

**Meyer José Suarez Monroy**

**Código: 2211601**

**Johan Esneider Garzón Espejo**

**Código: 2215588**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA  
Y DE TELECOMUNICACIONES**



**Bucaramanga**

**12 de Octubre del 2025**

Bucaramanga, 12 de octubre del 2025

Profesores

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E<sup>3</sup>T)

Universidad Industrial de Santander

Presente

Referencia: Plan de trabajo de grado en la modalidad trabajo de investigación: Diseño e implementación de un sistema automatizado de clasificación de frutos cítricos en banda transportadora mediante aprendizaje profundo e información espectral.

Estimados profesores,

Considerando los artículos 3o., 8o. y 11o. del capítulo IX del título V del reglamento académico estudiantil de pregrado<sup>1</sup> me permito presentar a su consideración el plan de trabajo de grado en la modalidad trabajo de investigación, titulado “Diseño e implementación de un sistema automatizado de clasificación de frutos cítricos en banda transportadora mediante aprendizaje profundo e información espectral.” preparado por Meyer Jose Suarez Monroy y Johan Esneider Garzon Espejo, estudiantes de ingeniería electrónica, con códigos 2211601 y 2215588. Este documento cuenta con la aprobación del director Hans Yecid García Arenas, por lo que respetuosamente solicito su evaluación.

Cordial saludo,

---

Meyer José Suarez Monroy  
Estudiante de ingeniería electrónica  
Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica y de Telecomunicaciones

---

Hans Yecid García Arenas  
Director del Trabajo  
Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica y de Telecomunicaciones

---

Johan Esneider Garzón Espejo  
Estudiante de ingeniería electrónica  
Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica y de Telecomunicaciones

---

Pablo Andrés Gómez Toloza  
Co-Director del trabajo (Externo)  
Escuela de Ingenierías Eléctrica,  
Electrónica y de Telecomunicaciones

<sup>1</sup> Acuerdo del Consejo Superior No. 72 de octubre 8 de 1982 modificado por el Acuerdo del Consejo Superior No. 004 de febrero 12 de 2007

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Meyer José Suarez Monroy <i>Estudiante de Ingeniería Electrónica</i> Código UIS: 2211601	Hans Yecid García Arenas <i>Director del Trabajo de Grado</i>  Pablo Andrés Gómez Toloza <i>Co-Director del Trabajo de Grado</i>	Comité de Trabajos de Grado E <sup>3</sup> T Acta No. _____ del _____ de _____ Código del Trabajo: _____  Evaluador designado por el Comité de Trabajos de Grado E <sup>3</sup> T

Universidad Industrial de Santander (UIS)  
Documento Confidencial

Ni la totalidad ni parte de este documento puede reproducirse, almacenarse o transmitirse por algún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias, grabación magnética o electrónica o cualquier medio de almacenamiento de información y sistemas de recuperación, sin permiso escrito de la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Este es un documento interno de la UIS. Al recibirllo no podrá pasarlo a persona alguna excepto las que se le indique en la lista de distribución autorizada por la UIS. Cualquier persona externa a la UIS que utilice la información en este documento asume la responsabilidad por su empleo.

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria colombiana dedicada a los frutos cítricos enfrenta el reto de mantener una buena calidad en cada etapa del proceso de producción. En la fase de clasificación, todavía depende del trabajo manual, lo que genera errores, demoras y resultados poco uniformes [1]. En los últimos años, la automatización y el uso de inteligencia artificial han comenzado a transformar este tipo de tareas, ofreciendo soluciones rápidas, precisas y objetivas para evaluar la calidad de los productos agrícolas.

A nivel mundial, la agroindustria está adoptando tecnologías de visión e inteligencia artificial para optimizar sus procesos de selección y empaque. No obstante, en Colombia su implementación sigue siendo baja, principalmente por los altos costos de los equipos comerciales y por la falta de sistemas experimentales desarrollados localmente. Esta situación limita la capacidad de los productores para competir en mercados que exigen cumplir normas internacionales de calidad, como el Codex Alimentarius [2] o la UNECE FFV-14 [3], donde se establecen parámetros estrictos sobre color, tamaño y uniformidad de los frutos.

En la mayoría de los sistemas actuales el color de los frutos es un indicador importante del grado de madurez y del estado del fruto [3]. En Colombia, muchas plantas empacadoras siguen usando inspecciones manuales, lo que hace difícil garantizar una clasificación estandarizada esto es un papel importante debido a que los frutos que son seleccionados en su mayoría se usan para la exportación, esto hace que la clasificación sea minuciosa, pero al ser de forma manual en ocasiones se vuelve subjetiva. Desde el laboratorio HDSP se busca aprovechar las herramientas disponibles como bandas transportadoras y cámaras para diseñar soluciones que integren visión por computador y aprendizaje profundo, enfocadas en la mejora del proceso de clasificación.

Frente a este panorama, el proyecto **SACFC** (Sistema Automatizado de Clasificación de Frutos Cítricos) busca desarrollar un prototipo que permita evaluar de forma automática la uniformidad del color de los cítricos, utilizando cámaras espectrales y modelos de aprendizaje profundo. El sistema se instalará sobre una banda transportadora modular, capturando imágenes del fruto para luego analizarlas y clasificarlas como “aptas” o “no aptas” según su nivel de uniformidad cromática. Con esto se busca reducir el error humano, aumentar la eficiencia del proceso y lograr resultados más consistentes.

El desarrollo del **SACFC** representa un paso importante hacia la modernización de los procesos agrícolas en el país. Este proyecto combina conocimientos de electrónica, visión por computador e inteligencia artificial, demostrando cómo la ingeniería puede dar soluciones prácticas a problemas reales del sector productivo. Además, su diseño modular y adaptable abre la posibilidad de aplicar esta tecnología a otros tipos de frutas, fortaleciendo la innovación y la sostenibilidad dentro de la agroindustria colombiana.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### El problema:

En los procesos de clasificación de frutos cítricos, la evaluación visual del color sigue siendo realizada de forma manual, lo que genera resultados inconsistentes y dependientes del criterio del operario. Esta falta de estandarización afecta la calidad del producto final y la eficiencia en la línea de producción. Ante esto, se identifica la necesidad de desarrollar un sistema automatizado capaz de analizar la uniformidad cromática en la cara superior de los frutos cítricos, utilizando visión por computador e inteligencia artificial, con el fin de obtener una clasificación más objetiva, rápida y reproducible dentro del entorno de laboratorio.

### **Las variables:**

- **Variables de salida:**
  - Clasificación final (Apto / No apto).
  - Índice de uniformidad cromática.
- **Variables de diseño:**
  - Arquitectura del modelo.
  - Tamaño del dataset.
  - Parámetros de entrenamiento.
  - Umbral de decisión.
  - Estrategia de preprocesado.
- **Variables de entorno:**
  - Iluminación.
  - Distancia de la cámara.
  - Condición superficial del fruto: presencia de humedad, brillo o residuos que alteren la reflectancia.
  - Velocidad de la banda transportadora.

### **Los criterios:**

- Precisión  $\geq 90\%$  en clasificación de madurez y defectos.
- Operación en tiempo real en banda transportadora.
- Confianza del modelo  $p \geq 0.70$  (Si  $p < 0.70 \Rightarrow$  revisar manualmente).
- Velocidad de procesamiento ajustable según la velocidad de la banda.

### **Las restricciones:**

Alcance del sistema de clasificación: La clasificación se restringirá a dos categorías: apto y no apto, basadas únicamente en la uniformidad de color del fruto. No se considerarán otros parámetros físicos como tamaño, peso, firmeza o contenido interno.

Limitaciones de equipo de cómputo: Limitaciones en los equipos de trabajo personales lo cual tiene un impacto significativo al momento de ejecutar la red de aprendizaje profundo.

Alcance y tiempo: El proyecto debe desarrollarse dentro un plazo máximo de dos semestres, limitando la posibilidad de realizar ajustes extensivos o pruebas adicionales.

Condiciones de prueba: Las pruebas experimentales se realizan en el laboratorio bajo condiciones controladas de iluminación y altura de la cámara, sin garantizar el mismo desempeño en entornos externos donde dichos parámetros pueden variar.

### **Consideraciones normativas y no técnicas**

En el desarrollo del sistema automatizado de clasificación de frutos cítricos se tendrán en cuenta los lineamientos establecidos por los estándares internacionales Codex Alimentarius [2] y la norma UNECE FFV-14 [3], que definen los parámetros de calidad, color, tamaño y uniformidad requeridos para la comercialización y exportación de cítricos. Estos lineamientos se tomarán como referencia para establecer los umbrales de uniformidad cromática que el sistema utilizará en la etapa de clasificación, garantizando que las decisiones de aceptación o

rechazo de los frutos estén alineadas con los estándares de calidad exigidos por la industria. Además, el proyecto se ajusta a las políticas nacionales de competitividad agroindustrial promovidas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, favoreciendo la transferencia tecnológica hacia la producción local.

Desde una perspectiva no técnica, el proyecto contribuye a la sostenibilidad ambiental, al reducir el desperdicio de frutas mediante una clasificación más precisa que optimiza el aprovechamiento del producto. En el componente social, fomenta el uso de tecnologías accesibles que pueden ser replicadas por productores locales, promoviendo el desarrollo tecnológico regional. En el ámbito de salud y seguridad, la automatización del proceso disminuye la manipulación directa del fruto, mejorando las condiciones de higiene y reduciendo el riesgo de contaminación. Finalmente, desde el punto de vista económico, el sistema busca aumentar la eficiencia del proceso productivo y la competitividad de los pequeños y medianos productores, al ofrecer una herramienta de bajo costo capaz de mejorar la calidad del producto final destinado al mercado nacional e internacional.

### **3. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un sistema automatizado de clasificación de frutos cítricos en banda transportadora, basado en una red de aprendizaje profundo que utilice información espectral para estimar la uniformidad de color como indicador de la calidad comercial de los frutos.

### **4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diseñar e implementar el módulo mecatrónico de separación en banda transportadora, integrando electrónica de potencia y control de actuadores para el accionamiento de separadores en línea.
2. Implementar una red de aprendizaje profundo que estime el índice de uniformidad de color y clasifique los frutos en dos estados: apto y no apto.
3. Integrar el sistema completo para operación en línea, abarcando adquisición con la cámara existente, preprocesamiento, inferencia, lógica de decisión y accionamiento del módulo de separación.
4. Validar el desempeño del sistema y del modelo de clasificación mediante métricas de visión por computador y pruebas experimentales en prototipo sobre la banda transportadora.

### **5. ESTUDIOS PREVIOS PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN (ANÁLISIS ESTRATÉGICO)**

Se revisaron investigaciones recientes sobre clasificación automatizada de frutas mediante visión por computador y aprendizaje profundo. Estos estudios muestran que el uso de redes neuronales convolucionales (CNN) permite mejorar la detección de madurez y defectos al analizar características como el color, la textura y la uniformidad cromática. Por ejemplo, trabajos recientes basados en imágenes hiperspectrales han alcanzado precisiones superiores al 90 % en la identificación de niveles de madurez y defectos en frutos como moras y cerezas [4]. Asimismo, revisiones sistemáticas destacan que los sistemas basados en

inteligencia artificial superan ampliamente a los métodos tradicionales de clasificación manual o por reglas fijas [5].

En Colombia, las aplicaciones experimentales con cámaras espectrales y módulos de clasificación en línea aún son limitadas. La mayoría de los estudios locales se enfocan en procesamiento de imágenes RGB y análisis de color, con poca incorporación de modelos de aprendizaje profundo o sistemas embebidos para operación en tiempo real [6]. Por ello, el desarrollo del sistema **SACFC** se plantea como una alternativa local, adaptable y de bajo costo, que aproveche los avances en inteligencia artificial y visión por computador para la clasificación automatizada de frutas en el contexto agroindustrial colombiano.

### La exploración empática

Se identificaron los actores clave relacionados con la problemática del análisis y clasificación automatizada de frutas mediante visión por computador:

- **Docentes e investigadores:** buscan fortalecer el desarrollo de proyectos aplicados que integren inteligencia artificial en procesos agroindustriales y fomenten la investigación en tecnologías de clasificación automatizada.
- **Estudiantes:** muestran interés en aplicar modelos de aprendizaje profundo (deep learning) para resolver problemas reales del sector agrícola y adquirir experiencia en visión por computador.
- **Empresas y productores del sector agroindustrial:** requieren soluciones accesibles y confiables que permitan clasificar frutas en tiempo real, reduciendo pérdidas y mejorando la calidad del producto final.
- **La Universidad:** impulsa la adopción de herramientas tecnológicas innovadoras que promuevan la formación práctica y el desarrollo de sistemas locales basados en IA y procesamiento de imágenes.

### Resultado de la exploración de las causas del problema

Se pudo establecer que la problemática a la cual contribuye el problema, tiene diversas causas y que el proyecto puede contribuir a atacar algunas de ellas, con lo cual contribuye a la solución.

- Falta de automatización: la evaluación visual depende del criterio del operario, lo que genera resultados subjetivos e inconsistentes.
- Variabilidad de condiciones de iluminación: los cambios en luz ambiental alteran la percepción del color y dificultan la evaluación uniforme.
- Limitaciones en la estandarización del proceso: no existen parámetros medibles para definir objetivamente la uniformidad cromática.
- Carencia de sistemas locales accesibles: los equipos comerciales son costosos y poco adaptables al entorno de laboratorio o pequeña escala.
- Falta de registro digital de datos: la ausencia de trazabilidad impide validar o mejorar el proceso de clasificación.



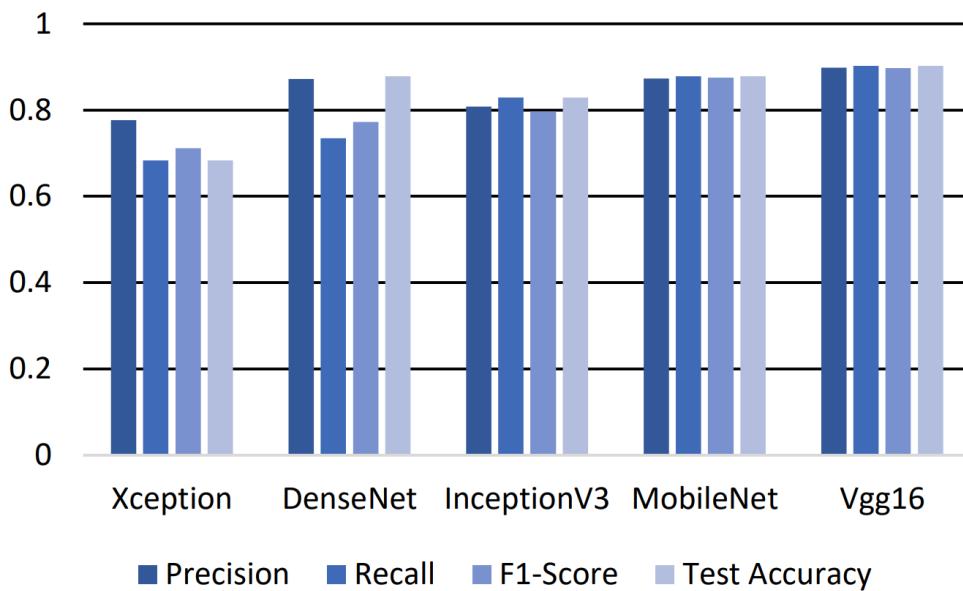
**Figura 1.** Mapa mental de estudios de causas del problema.

Estas causas confirman la necesidad de desarrollar un sistema automatizado, reproducible y ajustado a las condiciones locales, capaz de analizar la uniformidad cromática mediante visión por computador y aprendizaje profundo.

### Resultados de la investigación de antecedentes

Se revisaron diferentes trabajos relacionados con la automatización de la clasificación de frutas mediante visión por computador y aprendizaje profundo. En la literatura se destacan propuestas que utilizan cámaras RGB y multiespectrales para detectar defectos superficiales, variaciones de color y niveles de madurez, obteniendo resultados precisos en frutas como manzanas, mangos y cítricos [4].

Investigaciones recientes muestran avances en el uso de modelos de inteligencia artificial para el análisis cromático. Por ejemplo, [6] propusieron un sistema basado en IA para estimar un índice de uniformidad de color en mandarinas, logrando una evaluación más consistente de la madurez. De forma complementaria [7], desarrolló una aplicación móvil para la detección automática de color en frutas, demostrando la viabilidad de herramientas ligeras y accesibles para el control de calidad. También se analizaron experiencias nacionales desarrolladas en entornos académicos, donde se implementan bandas transportadoras controladas por microcontroladores y sistemas de visión artificial, similares a la infraestructura disponible en el laboratorio HDSP.



**Figura 2.** Comparación del rendimiento de modelos CNN [4].

### Resultados del proceso de ideación

Siguiendo la metodología de la E3T cuando se refiere a la ideación, se llevó a cabo una lluvia de ideas divergentes y audaces para estimular la imaginación en la búsqueda de una mayor posibilidad de soluciones, más allá de lo obvio, aprovechando el conocimiento adquirido hasta el momento y se identificaron las siguientes ideas:

Durante la fase de ideación se analizaron distintas alternativas técnicas para el desarrollo del sistema de clasificación de frutos cítricos, considerando tanto la parte mecánica como la electrónica y el procesamiento de imágenes. Actualmente, la banda transportadora ya se encuentra implementada en el laboratorio HDSP, lo que permitió definir con mayor precisión la disposición del sistema y las condiciones de captura de los frutos.

En esta etapa se elaboró un bosquejo del módulo mecatrónico de separación, donde se están evaluando las herramientas más adecuadas para el diseño de las piezas entre SolidWorks y Autodesk Inventor, buscando lograr precisión dimensional y facilidad de ensamblaje. También se analiza la selección del controlador principal, comparando entre Arduino y ESP32, según la capacidad de procesamiento, comunicación y sincronización con los sensores de la banda.

En cuanto al componente de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático, aún se encuentran en revisión las posibles arquitecturas y metodologías de modelado, priorizando la compatibilidad con los recursos computacionales del laboratorio. Esta etapa permitió consolidar la estructura conceptual del prototipo e identificar las decisiones técnicas clave para la fase de integración y pruebas.

El proceso anterior se complementa con un análisis basado en los criterios descritos en la definición del problema, también fue necesario volver a contactar a los actores interesados para resolver aspectos conflictivos entre las ventajas y desventajas de las soluciones analizadas con respecto a los intereses de esos actores para finalmente seleccionar la

solución que mejor considera esos los intereses, pero también costos, protección del medio ambiente, la normatividad vigente, entre otros aspectos [8].

## 6. DISEÑO CONCEPTUAL DE LA SOLUCIÓN O METODOLOGÍA

El presente proyecto se centra en el diseño e implementación de un sistema automatizado para la clasificación de frutos cítricos según su uniformidad cromática, utilizando técnicas de visión por computador y aprendizaje profundo (**SACFC**). La metodología propuesta combina un enfoque experimental con el desarrollo de un prototipo funcional, integrando los componentes de adquisición de imagen, procesamiento digital y actuadores mecánicos en banda transportadora del laboratorio.

### Enfoque técnico:

El sistema **SACFC** estará compuesto por tres subsistemas principales:

1. **Subsistema de adquisición de imagen**, conformado por una cámara instalada en la parte superior de la banda transportadora, encargada de capturar la cara visible del fruto bajo condiciones controladas de iluminación.
2. **Subsistema de procesamiento y clasificación**, donde se desarrollará un modelo de red neuronal convolucional (CNN), entrenado en Google Colab utilizando TensorFlow y Keras. El modelo tomará como entrada las imágenes obtenidas por la cámara y determinará el nivel de uniformidad cromática del fruto, clasificándose como “apto” o “no apto”.
3. **Subsistema mecatrónico de selección**, compuesto por servomotores y mecanismos de desvío que se activarán de acuerdo con la salida del modelo de clasificación, permitiendo separar los frutos según su categoría.

### Metodología de desarrollo:

El proceso metodológico se organizará en las siguientes etapas:

- 1. **Captura y conformación del dataset**: se construirá una base de datos propia a partir de las imágenes tomadas con la cámara del sistema, considerando variaciones controladas de color, iluminación y posición del fruto.
- 2. **Preprocesamiento de imágenes**: se aplicarán técnicas de segmentación, normalización y recorte de la región de interés para estandarizar las muestras antes del entrenamiento.
- 3. **Diseño y entrenamiento del modelo CNN**: se desarrollará un modelo inicial con una arquitectura básica como referencia y, posteriormente, se ajustarán parámetros (número de capas, filtros, funciones de activación) hasta obtener un desempeño óptimo en clasificación.
- 4. **Evaluación del desempeño**: el modelo será validado mediante métricas como exactitud, matriz de confusión y pérdida durante el entrenamiento.
- 5. **Implementación del prototipo mecatrónico**: se integrarán los subsistemas de visión y actuación en una banda transportadora a escala de laboratorio, controlada por microcontrolador o tarjeta de desarrollo, donde la decisión del modelo determinará el movimiento de los servomotores encargados de la selección.
- 6. **Pruebas experimentales**: se realizarán ensayos con diferentes tipos de frutos y condiciones de iluminación para verificar la repetibilidad del sistema y la efectividad de la clasificación automática.

El desarrollo de esta metodología permitirá validar la viabilidad de un sistema local de clasificación inteligente de cítricos, demostrando la aplicabilidad de la inteligencia artificial en la automatización de procesos agroindustriales y fortaleciendo la integración entre áreas de electrónica, control y visión por computador.

## 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Revisión bibliográfica y análisis del estado del arte.	X	X				
Diseño conceptual del sistema y definición de requerimientos.	X	X				
Selección de componentes (cámara, servomotores, iluminación, controladores).		X	X			
Captura y conformación del dataset de frutos cítricos.		X	X			
Preprocesamiento de imágenes y normalización de datos.			X			
Diseño y entrenamiento del modelo CNN.			X	X		
Evaluación y ajuste del modelo.				X		
Diseño e implementación del sistema mecatrónico de selección.				X	X	
Integración de subsistemas (visión, procesamiento y actuadores).					X	
Pruebas experimentales y validación en laboratorio.					X	X
Análisis de resultados y discusión técnica.						X
Elaboración del informe final y preparación de sustentación.						X

**Tabla 1.** Cronograma de actividades

## 8. RECURSOS Y PRESUPUESTO

A continuación, se detallan los recursos humanos, equipos, materiales, bibliografía y el presupuesto estimado para el desarrollo.

### Recursos Humanos

El equipo de trabajo está conformado por dos estudiantes, director académico y codirector. Se mantendrán reuniones según los requerimientos del proyecto, próximamente se realizarán reuniones semanales para revisar avances.

Recurso humano	Actividad/ Rol	Total horas estimadas	Costo (COP)
Director académico	Acompañamiento, revisión de avances y asesorías semanales.	40	—
Codirector académico	Acompañamiento, revisión de avances y asesorías semanales.	40	—
Estudiantes (Meyer Suarez y Johan Garzón)	Diseño, implementación, entrenamiento, validación del sistema mecatrónico y la red de aprendizaje profundo.	360	—
<b>Total estimado</b>		440	—

*Tabla 2. Costos del recurso humano requerido para el desarrollo del proyecto*

### Uso de equipos

Equipo	Descripción	Tiempo estimado de uso(hora)	Valor hora(COP)	Costo total(COP)
Computador de alto rendimiento / Google Colab	Entrenamiento del modelo de visión artificial	100	2.000	200.000
Cámara RGB	Captura de imágenes para el dataset y pruebas del	60	1.000	60.000

	sistema			
Impresora 3D / taller de prototipado	Fabricación de componentes del sistema mecatrónico	20	5.000	100.000
Laboratorio de electrónica	Ensamble y pruebas del sistema	40	3.000	120.000
<b>Total estimado</b>				480.000

*Tabla 3. Costos para la utilización de equipos necesarios para el desarrollo del proyecto*

#### Materiales e insumos

Material / Insumo	Descripción	Cantidad	Costo unitario(COP)	Costo total(COP)
Cámara RGB (alta resolución)	Captura de imágenes de cítricos	1	350.000	350.000
Servomotores tipo MG90S	Sistema de separación mecánica	8	15.000	120.000
Microcontrolador (Arduino / ESP32)	Control de actuadores	1	80.000	80.000
Banda Transportadora	Sistema de desplazamiento	1	400.000	400.000
Material estructural (acrilico, aluminio, tornillería)	Soporte fisico y montaje	—	200.000	200.000

Cables, fuentes de poder y accesorios	conexión eléctrica y control	—	100.000	100.000
<b>Total estimado</b>			1'250.000	

*Tabla 4. Costos de materiales e insumos necesarios para el desarrollo del proyecto*

#### **Recursos bibliográficos**

Recurso	Tipo	Fuente	Costo
Artículos científicos sobre clasificación de frutas y visión artificial	Digital	IEEE, Sciencedirect, Google Scholar	0
Manuales de TensorFlow, OpenCV y Arduino	Digital / libre	Documentación oficial	0
Libro: Deep Learning with Python	Digital / Biblioteca universitaria	0	0
<b>Total estimado</b>			0

*Tabla 4. Costos de recursos bibliográficos necesarios para el desarrollo del proyecto*

#### **Costos totales**

Recurso	Descripción	Total

Recursos humanos	Recurso humano requerido para el desarrollo del proyecto.	---
Uso de equipos	Equipos requeridos tanto en software como hardware para el procesamiento y selección.	\$480.000
Materiales e insumos	Materiales e insumos necesarios para el desarrollo del proyecto.	1'250.000
Recursos bibliográficos	Recursos bibliográficos necesarios para el desarrollo del proyecto.	—
<b>Costo total</b>		1'730.000

*Tabla 5. Costo total necesario para el desarrollo del proyecto*

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Herrera-Aguilar, O. Sandoval-González, F. Malagón González y G. Águila-Rodríguez, «SISTEMA AUTOMÁTICO DE SELECCIÓN DE LIMÓN (*Citrus Latifolia Tanaka*) BASADO EN DISCRIMINACIÓN POR COLOR,» *Agro Productividad*, pp. 1-6, 2017.
- [2] F. A. A. O. O. T. U. NATIONS, CODEX ALIMENTARIUS, Rome: WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1994.
- [3] B. M. J. B. Z. M. A. B. A. B. Anwar Bousamid, «GOOGLE ACADÉMICO,» 11 August 2021. [En línea]. Available: [https://www.academia.edu/127783026/THE\\_EFFECT\\_OF\\_IRRIGATION\\_DOSES\\_ON\\_THE\\_PRODUCTIVITY\\_OF\\_Citrus\\_clementina\\_variety\\_Fina\\_Berkane\\_A\\_VARIETY\\_OF\\_CLEMÉNTINE\\_PRODUCE\\_IN\\_TRIFFA\\_PLAIN\\_NORTH\\_EASTERN\\_MOROCCO](https://www.academia.edu/127783026/THE_EFFECT_OF_IRRIGATION_DOSES_ON_THE_PRODUCTIVITY_OF_Citrus_clementina_variety_Fina_Berkane_A_VARIETY_OF_CLEMÉNTINE_PRODUCE_IN_TRIFFA_PLAIN_NORTH_EASTERN_MOROCCO).
- [4] C. C. Olisah, B. Trewhella, B. Li, M. L. Smith, B. Winstone, E. Charles, Whitfield, F. F. Fernández y H. Duncalfe, «Convolutional Neural Network Ensemble Learning for Hyperspectral Imaging-based Blackberry Fruit Ripeness Detection in Uncontrolled Farm Environment,» *Cornell University*, 2024.
- [5] I. R. Santelices, S. Cano, F. Moreira y Á. P. Fritz, «Artificial Vision Systems for Fruit Inspection and Classification: Systematic Literature Review,» *sensors*, 2025.
- [6] K. Bautista, J. T. Delgado, S. Urrea, H. Arguello y G. Hans, «Estimation of a Color Uniformity Index in Mandarins Using an Artificial Intelligence-Based System,» *IEEE Xplore*, pp. 1-5, 2025.
- [7] R. d. P. Molina Ferreiro, «Detección y clasificación automática de colores de frutas para la aplicación móvil QCForms,» *REPOSITORIO ACADÉMICO de la universidad de chile*, pp. 7-14, 2023.
- [8] «Huang, H., Huang, T., Li, Z., Lyu, S., & Hong, T. (2022). Design of Citrus Fruit Detection System Based on Mobile Platform and Edge Computer Device. *Sensors*, 22(1), 59.,» [En línea]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/1/59?utm.com>.