



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR,  
MODALIDAD DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

*“ALGORITMO DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ANÁLISIS DE MADUREZ DEL  
BOTÓN DE LA ROSA TIPO EXPLORER”*

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:** *Ingeniero en Mecatrónica*

**Línea de investigación:** *Prototipos Industriales*

**Autor:** *Angel Stalin Ulcuango Ulcuango*

**Director:** *MSc, Marco Remigio Pusedá Chulde, Ing.*

**Asesor:** *MSc, Luz María Tobar Subía, Ing.*

Ibarra - 2023



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CEDULA DE IDENTIDAD:</b>	1724526486		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Ulcuango Ulcuango Angel Stalin		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Cayambe		
<b>EMAIL:</b>	asulcuangou@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	022-138832	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0997686561

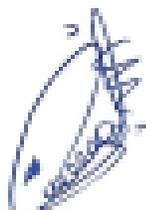
<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“ALGORITMO DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ANÁLISIS DE MADUREZ DEL BOTÓN DE LA ROSA TIPO <i>EXPLORER</i> ”
<b>AUTOR:</b>	Ulcuango Ulcuango Angel Stalin
<b>FECHA:</b>	27 /04 /2023
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN</b>	
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Mecatrónica
<b>DIRECTOR:</b>	MSc. Marco Remigio Pusedá Chulde, Ing.

## CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 27 días, del mes de abril de 2023

El AUTOR



Firma.....

Nombre: Angel Stalin Ulcuango Ulcuango

## CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarrá, 27 de abril de 2023

MSc, Marco Remigio Pusdà Chuld, Ing.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de titulación, el cual se ajusta a las normas vigentes de la Unidad Académica de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



MSc, Marco Remigio Pusdà Chuld, Ing.

C.C.: 0401200151

## APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Tribunal Examinador del trabajo de titulación "ALGORITMO DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ANÁLISIS DE MADUREZ DEL BOTÓN DE LA ROSA TIPO EXPLORER" elaborado por ANGEL STALIN ULCUANGO ULCUANGO, previo a la obtención del título del INGENIERO EN MECATRÓNICA, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



MSc. Marco Remigio Pucall Chalde, Ing.

c.c.: 0401200452



MSc. Luz María Tejar Subía, Ing.

c.c.: 100244204

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por el apoyo incondicional y por sus consejos que quedarán conmigo para siempre.

A mis hermanos Danilo y Marisol, quien me brindaron el apoyo, tiempo y motivación, para seguir mi meta.

A mis familiares: Milton, Diana, Susana, Gabriel y Paul por ser personas quienes me aconsejaron para nunca rendirme.

A los ingenieros Marco PUSDÁ y Luz Tobar, por su apoyo y asesoramiento en la realización de esta tesis.

A mis amigos, gracias por el sin número de experiencias y anécdotas vividas durante esta etapa universitaria.

*Angel Stalin Ulcuango Ulcuango*

## **AGRADECIMIENTO**

Mi presente trabajo de titulación, se lo dedico en primer lugar a Dios por darme salud y fortaleza, para cumplir esta etapa que es muy importante en mi vida.

A mis Padres Elena y Manuel, que con su dedicación y apoyo incondicional me guiaron en cada uno de mis pasos, especialmente en mi vida de estudios.

A mi tutor el MSc. Marco PUSDÁ y a la MSc. Luz María Tonar, quienes me encaminaron en cada una de mis actividades para así completar esta etapa.

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, por la apertura de formarme profesionalmente.

*Angel Stalin Ulcuango Ulcuango*

## RESUMEN EJECUTIVO

A partir del siglo XIX Ecuador comienza su producción de rosas aprovechando las condiciones climatológicas para el cultivo de gran diversidad de flores. A nivel nacional Cayambe es un referente nacional del cultivo de muchas variedades de rosa. El floricultor mediante la experiencia establece estándares para la clasificación de las rosas según el tamaño del botón y el color dependiendo de la variedad. La falta de tecnología que facilite y optimice este proceso provoca errores en el proceso de corte y clasificación obteniendo una mayor apertura del botón antes de llegar a su destino. Este proyecto busca generar un algoritmo de visión artificial para optimizar el proceso de identificación del estado de madurez de la rosa tipo Explorer demandada por su rojo pasional con varios mercados de destino. El algoritmo de visión artificial se fundamenta en el tratamiento de imágenes mediante la programación. Después de analizar y seleccionar el método de identificación de madurez de la rosa se obtuvo un algoritmo en tiempo real que compara el color y tamaño en base al área en píxeles con valores obtenidos mediante pruebas con rosas Explorer. Finalmente se evaluó el algoritmo en un medio controlado para asegurar la mayor eficiencia por medio de una interfaz amigable, intuitiva y dinámica con gran cantidad de rosas tipo Explorer.

**Palabras clave:** Rosa Explorer, Madurez, Visión Artificial, Algoritmo, Calidad.

## **ABSTRACT**

From the 19th century, Ecuador began its production of roses, taking advantage of the weather conditions for the cultivation of a great diversity of flowers. At the national level, Cayambe is a national benchmark for the cultivation of many varieties of rose. Through experience, the grower establishes standards for the classification of roses according to the size of the bud and the color depending on the variety. The lack of technology that facilitates and optimizes this process causes errors in the cutting and classification process, obtaining a greater opening of the button before reaching its destination. This project seeks to generate an artificial vision algorithm to optimize the process of identifying the state of maturity of the Explorer-type rose demanded for its passion red with various destination markets. The artificial vision algorithm is based on image processing by programming. After analyzing and selecting the method for identifying the maturity of the rose, an algorithm was obtained in real time that compares the color and size based on the area in pixels with values obtained through tests with Explorer roses. Finally, the algorithm was evaluated in a controlled medium amount to ensure the highest efficiency through a friendly, intuitive and dynamic interface with a large number of Explorer-type roses.

**Keywords:** Rosa, Explorer, Maturity, Computer Vision, Algorithm, Quality.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN EJECUTIVO .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	20
Planteamiento del Problema.....	20
Objetivos .....	22
Objetivo General.....	22
Objetivos Específicos .....	22
Justificación .....	23
Alcance .....	24
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	25
1.1. Antecedentes .....	25
1.1.1. Herramienta de identificación de madurez de la granadilla.....	25
1.1.2. Aplicación para la identificación de la madurez de la mazorca de cacao.....	26
1.1.3. Clasificación de mangos tipo Tommy mediante visión artificial .....	26

1.1.4.	Reconocimiento de la madurez del tomate .....	27
1.2.	Fundamentos Teóricos .....	28
1.2.1.	Floricultura.....	28
1.2.2.	Rosa Tipo Explorer .....	29
1.2.3.	Madurez de la Rosa Tipo Explorer .....	29
1.2.4.	Clasificación Según el Botón.....	30
1.3.	Algoritmos informáticos .....	32
1.3.1.	Características de algoritmos .....	32
1.3.2.	Partes de un algoritmo .....	33
1.3.3.	Tipos de algoritmos.....	33
1.3.	Visión Artificial.....	34
1.3.1.	Agricultura de Precisión .....	34
1.3.2.	Aplicaciones de la Agricultura de Precisión.....	35
1.3.3.	Agricultura de Precisión: Ventajas .....	36
1.4.	Procesado de Imágenes .....	36
1.4.1.	Escala de grises.....	36
1.4.2.	Ajuste del Contraste.....	37
1.4.3.	Segmentación.....	38
1.4.4.	Umbralización.....	39
1.4.5.	Detección de bordes.....	40

1.4.6.	Detección de objetos .....	40
1.5.	Cámaras Digitales .....	41
1.5.1.	Obtención de la imagen .....	41
1.6.	El color .....	42
1.7.	Reflejo .....	42
1.8.	Iluminación.....	43
1.8.1.	Fuentes de iluminación .....	44
1.8.2.	Técnicas de iluminación .....	46
1.9.	Arquitecturas Embebidas .....	47
1.10.	Desarrollo de aplicaciones agrícolas .....	47
1.10.1.	Python.....	48
1.10.2.	Librerías de Python .....	48
CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....		50
2.1.	Modelo de Investigación .....	50
2.2.	Diseño de la Investigación .....	50
2.3.	Requerimientos de la madurez de la clasificación de la rosa Tipo Explorer .....	51
2.3.1.	Recolectar de parámetros de calidad de los cultivos de rosa. ....	51
2.3.2.	Recolectar de información sobre la madurez de la rosa .....	51
2.3.3.	Analizar de los diferentes softwares para visión artificial .....	51
2.3.4.	Definir los principales elementos del algoritmo .....	51

2.4.	Algoritmo de visión artificial para identificar el porcentaje de madurez de la rosa .....	51
2.4.1.	Descripción de Funcionamiento .....	51
2.4.2.	Estructuración del algoritmo.....	52
2.4.3.	Características y funcionalidades del algoritmo .....	52
2.4.4.	Comparación y selección de alternativas.....	52
2.5.	Implementación del Algoritmo de Selección de Rosas Maduras.....	52
2.5.1.	Adquisición de elementos electrónicos.....	52
2.5.2.	Diseño de algoritmo.....	52
2.5.3.	Implementación del sistema de identificación de madurez de la rosa .....	52
2.6.	Verificación de Funcionamiento del Proyecto.....	53
2.6.1.	Pruebas de funcionamiento del algoritmo.....	53
2.6.2.	Calibración del funcionamiento del algoritmo .....	53
2.6.3.	Presentación de documentación.....	53
CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		54
3.1.	Especificaciones para el Diseño.....	54
3.1.1.	Recolección de Información .....	54
3.1.2.	Descripción del Sistema.....	55
3.2.	Soluciones Propuestas.....	55
3.2.1.	Diagrama de Bloques del Funcionamiento.....	55
3.2.2.	Diagrama de Flujo.....	56

3.2.3.	Valoración de Selección .....	57
3.2.4.	Visión Artificial: Detección de Madurez.....	57
3.2.4.1.	Tratamiento de Imágenes.....	58
3.2.5.	Software para Visión Artificial.....	58
3.2.5.1.	Selección de Software para Visión Artificial. ....	59
3.2.5.2.	Spyder.....	59
3.2.5.3.	OpenCV y Numpy .....	60
3.2.5.4.	QT5 y QTDesigner .....	61
3.2.6.	Hardware para Visión Artificial.....	61
3.2.6.1.	Selección de Cámara Digital. ....	62
3.2.6.2.	Web Cam. ....	62
3.2.6.3.	Selección de Iluminación.....	63
3.2.6.4.	Tiras Led.....	63
3.2.6.5.	Selección de Material para la Estructura. ....	64
3.2.6.6.	PLA en Impresión 3D.....	65
3.2.7.	Algoritmo de Detección de Madurez de la Rosa Tipo Explorer.....	65
3.2.8.	Dispositivo para Verificación del algoritmo.....	68
3.2.8.1.	Conexiones del Dispositivo de Verificación .....	69
3.2.8.2.	Diseño de piezas .....	69
3.2.8.3.	Construcción de Caja.....	70

3.2.8.4. Montaje de Dispositivo.....	71
3.2.9. Calibración.....	72
3.2.10. Funcionamiento del sistema.....	74
3.2.10.1. Interfaz.....	74
3.2.10.2. Identificación de Madurez.....	77
3.2.11. Funcionamiento del Sistema Optimizado.....	78
3.2.11.1. Algoritmo.....	78
3.2.11.2. Interfaz.....	80
3.3. Validación.....	81
3.3.1. Validación del Tipo de Rosa.....	82
3.3.2. Validación de la Madurez de la Rosa.....	83
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS.....	90
ANEXOS.....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ejemplo de tratamiento de imágenes de la gradilla [12].</i> .....	25
Figura 2 <i>Identificación de madurez de mazorcas de cacao de [13].</i> .....	26
Figura 3 <i>Tratamiento de imágenes del mango tipo Tommy de [14].</i> .....	27
Figura 4 <i>Tratamiento de imágenes de la clasificación del tomate de [15].</i> .....	27
Figura 5 <i>Variedades de rosas por su color [8].</i> .....	28
Figura 6 <i>Ejemplar de rosa ecuatoriana tipo Explorer [9].</i> .....	29
Figura 7 <i>Ejemplar de una rosa de corte de calidad primera [11].</i> .....	30
Figura 8 <i>Ejemplar de rosa tipo Explorer cortada para el transporte y venta [11].</i> .....	32
Figura 9 <i>Tipos de algoritmos [17].</i> .....	33
Figura 10 <i>Ciclo de Producción Agrícola Tomado de [21].</i> .....	35
Figura 11 <i>Imagen convertida en escala de grises [23].</i> .....	37
Figura 12 <i>Imagen con ajuste de contraste [24].</i> .....	37
Figura 13 <i>Imagen con segmentación de color [25].</i> .....	38
Figura 14 <i>Aplicación de diferentes tipos de umbralización en un logo [26].</i> .....	39
Figura 15 <i>Imagen de una manzana aplicando la detección de bordes [27].</i> .....	40
Figura 17 <i>Componentes en la captura de una fotografía digital mediante una cámara [30].</i>	41
Figura 18 <i>Espacio del color RGB representado en coordenadas tridimensionales [31].</i> .....	42
Figura 19 <i>Ángulos de incidencia de la luz en una superficie [32].</i> .....	43
Figura 20 <i>Variaciones de la iluminación en la visualización de una etiqueta [34].</i> .....	44

Figura 22 <i>Arquitectura Python [40].</i> .....	48
Figura 23 <i>Diagrama de bloques general del funcionamiento.</i> .....	55
Figura 24 <i>Diagrama de flujo del sistema.</i> .....	56
Figura 25 <i>Ejemplos de filtros en tratamiento de imágenes</i> .....	58
Figura 26 <i>Pantalla principal de Anaconda Navigator</i> .....	60
Figura 27 <i>Ecosistema de Spyder Empleando OpenCv</i> .....	60
Figura 28 <i>Interfaz realizada en QT Designer</i> .....	61
Figura 29 <i>Logitech C920 HD PRO [45].</i> .....	63
Figura 30 <i>Tiras Led con control remoto [46].</i> .....	64
Figura 31 <i>PLA en impresión 3D [47].</i> .....	65
Figura 32 <i>Aplicación de la máscara de color a la imagen</i> .....	66
Figura 33 <i>Aplicación de contornos en la imagen.</i> .....	67
Figura 34 <i>Aplicación de identificador de rosas</i> .....	68
Figura 35 <i>Diagrama del sistema</i> .....	69
Figura 36 <i>Piezas para la colocación de iluminación y cámara</i> .....	70
Figura 37 <i>Caja de madera con fondo blanco</i> .....	70
Figura 38 <i>Colocación de la tira led en la pieza impresa</i> .....	71
Figura 39 <i>Montaje del Dispositivo de condiciones Controladas</i> .....	71
Figura 40 <i>Gráfica de la gama de colores HSV para la detección en OpenCV [48].</i> .....	72
Figura 41 <i>Identificador de colores en HSV</i> .....	72

Figura 42 <i>Tonalidades de la rosa Tipo Explores</i> .....	73
Figura 43 <i>Ventana de presentación y bienvenida del algoritmo</i> .....	74
Figura 44 <i>Ventana del identificador de madurez mediante video</i> .....	75
Figura 45 <i>Ventana de las características de rosas mediante la captura imágenes</i> .....	76
Figura 46 <i>Ejemplo de la función identificador</i> .....	77
Figura 47 <i>Ejemplo de la función características</i> .....	78
Figura 48 <i>Aplicación del Filtro de Color HSV y Morfologías</i> .....	79
Figura 49 <i>Ventana Principal Optimizada</i> .....	80
Figura 50 <i>Ventana del Identificador Optimizada</i> .....	81
Figura 51 <i>Pruebas de Identificación de Rosas Tipo Explorer</i> .....	83
Figura 52 <i>Interfaz Después del Proceso de Identificación</i> .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tabla de las diferentes fuentes de iluminación [36].</i> .....	45
Tabla 2 <i>Tabla de técnicas de iluminación [36].</i> .....	46
Tabla 3 <i>Tabla recopilatoria de información obtenida.</i> .....	54
Tabla 4 <i>Tabla comparativa de alternativas para detección de madurez.</i> .....	57
Tabla 5 <i>Tabla comparativa de alternativas de software de programación</i> .....	59
Tabla 6 <i>Tabla comparativa de alternativas de cámara digital</i> .....	62
Tabla 7 <i>Tabla comparativa de alternativas para detección de madurez.</i> .....	63
Tabla 8 <i>Tabla comparativa de alternativas para detección de madurez.</i> .....	64
Tabla 9 <i>Tabla de áreas de rosas registradas</i> .....	68
Tabla 10 <i>Tabla de Valores HSV de color para la madurez de la rosa</i> .....	73
Tabla 11 <i>Tabla de Valores de Áreas en Pixeles Correspondiente a su Maduración.</i> .....	80
Tabla 12 <i>Identificación de Rosas Tipo Explorer.</i> .....	82
Tabla 13 <i>Identificación y Comparativa de Porcentajes de Madurez.</i> .....	84
Tabla 14 <i>Resultados de la Cantidad de Rosas por Porcentaje de Madurez.</i> .....	85
Tabla 15 <i>Eficiencia de la Identificación de Madurez por el Algoritmo Desarrollado</i> .....	87

## INTRODUCCIÓN

En esta primera sección se describe de manera clara y precisa la problemática a tratar y la solución que se va a desarrollar durante este proyecto.

### **Planteamiento del Problema**

La producción de rosas ecuatorianas tiene su comienzo en el siglo 19, debido a sus condiciones climatológicas que permite cultivar diferente variedad de flores [1]. El sector florícola se ha desarrollado a gran escala a nivel mundial debido a su alta demanda; especialmente en Ecuador se ha evidenciado un rápido desarrollo de este sector lo que implica un mayor ingreso económico y por ende la creación de nuevos empleos, [2].

A nivel nacional, el cantón Cayambe ha alcanzado el primer lugar en producción de rosa obteniendo un gran prestigio en sus productos debido a su calidad, [2]. El floricultor en base a su experiencia clasifica la rosa según su tamaño y madurez del botón, pero la falta de uso de tecnología provoca que se comentan errores al momento de cortar la rosa; causando una mayor apertura del botón antes de la llegada a su destino y provoque pérdidas económicas, debido a que estas rosas son devueltas al no cumplir con los estándares requeridos, en este caso el porcentaje óptimo de madurez del botón.

Realizando el punto de corte correcto de la rosa influye directamente en la calidad de esta, pues se garantiza que no pueda abrirse hasta el momento de ser vendido al usuario final. En caso de ser cortadas muy abiertas éstas son rechazadas ya que disminuye considerablemente su vida útil en el florero. Por consecuencia es muy importante que se controle el punto de madurez del botón, [3].

Según los datos de la florícola Favorite-roses produce mensualmente un promedio de 50.000 tallos de rosa tipo Explorer, de este porcentaje el alrededor del 25% presentan alguna anomalía en la madurez del botón debido a que se realizó el corte antes de tiempo y no se abrió el botón para ser clasificado como producto de exportación o nacional o por otro lado se hizo el corte retrasadamente lo que provoca que el tiempo de vida útil se reduzca.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Desarrollar un algoritmo mediante visión artificial para el análisis de madurez de la rosa tipo Explorer.

### ***Objetivos Específicos***

- Determinar las características y requerimientos de madurez para la clasificación de la rosa tipo Explorer.
- Diseñar un algoritmo de visión artificial para la identificación del porcentaje de madurez la rosa tipo Explorer.
- Implementar una interfaz gráfica que permitirá visualizar los datos de la rosa tipo Explorer.
- Validar el funcionamiento del algoritmo.

## **Justificación**

Como exportador, Ecuador se posiciona en el tercer lugar con un 9% de todas las exportaciones a nivel mundial [4]. Según datos de la Expoflores existe 5.641 hectáreas dedicadas a la producción de las cuales, por cada hectárea se puede exportar \$158.692. Basado en los datos de Expoflores es posible conocer que existen alrededor de 5641 hectáreas productoras de rosas, las cuales generan alrededor de \$160.000 en exportaciones por hectárea. Además, las microempresas florícolas que tienen extensiones de tierra de entre 0,01 a 1 hectáreas. En nuestro país, las pequeñas, medianas y grandes florícolas constituyen alrededor de un 76% de los productores de rosas [5].

La Inteligencia Artificial permite obtener, procesar y analizar fotografías a través de Machine Learning, brindando una mejora a la inspección de calidad en el sector florícola del país; haciendo que el desarrollo de este proyecto sea un aporte interesante a este tipo de proceso. El objetivo de aplicar Machine Learning es para reducir la mano de obra, ya que el entrenamiento de este sistema toma menos tiempo y es más eficiente con relación al proceso de entrenamiento de personas, para realizar la misma tarea, [6]. La labor de clasificar, verificar la calidad y madurez de la rosa requiere una capacitación del personal que toma tiempo y muchas veces debido a la falta de experiencia puede cometer errores que resultan pérdidas económicas cuantiosas. Por lo que, la implementación de nuevas tecnologías en apoyo al sector florícola es importante ya que, al momento de clasificar las rosas se verifica la calidad de botón y esto es posible gracias a la aplicación de Visión Artificial, [6].

## **Alcance**

El proyecto tiene como finalidad la creación de un algoritmo de visión artificial que permita determinar el porcentaje de madurez de la rosa tipo Explorer. Con el algoritmo será posible adquirir imágenes de las rosas y detectará el contorno de la rosa tipo Explorer en función de las características y requerimientos establecidos, determinará su porcentaje de madurez y estos datos se implementarán en una interfaz gráfica. Finalmente se realizarán pruebas para validar el funcionamiento del algoritmo.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## 1.1. Antecedentes

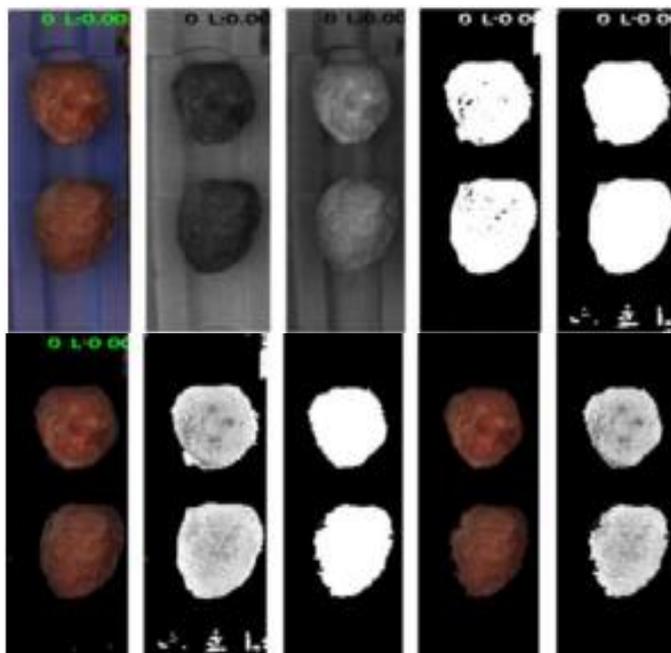
Los antecedentes permiten generar una perspectiva inicial en base a trabajos realizados con anterioridad.

### 1.1.1. Herramienta de identificación de madurez de la granadilla

Con un aumento en la demanda de frutas exóticas la producción de estos frutos aumento linealmente. Además, en el proceso de selección, la identificación de frutos maduros se realiza de manera manual, generando muchos errores en el proceso.

De esta manera se diseñó una herramienta computacional portable que mediante segmentación de imágenes [12], del fruto realiza varios procesos de identificación con programación en Python, Figura 1.

**Figura 1** Ejemplo de tratamiento de imágenes de la granadilla [12].



### ***1.1.2. Aplicación para la identificación de la madurez de la mazorca de cacao***

La referencia de este proyecto presenta una alternativa que permite identificar la madurez de la mazorca de cacao durante su ciclo de desarrollo. La correcta cosecha es un factor que incide en el rendimiento de la producción, debido a la mala selección de la madurez del cacao, generando pérdidas en su producción, por lo cual se propone a realizar una herramienta de Visión Artificial. En la Figura 2, se visualizan las pruebas realizadas del proyecto desarrollado, el cual para el cacaotero sirve de herramienta para identificar la madurez del cacao [13].

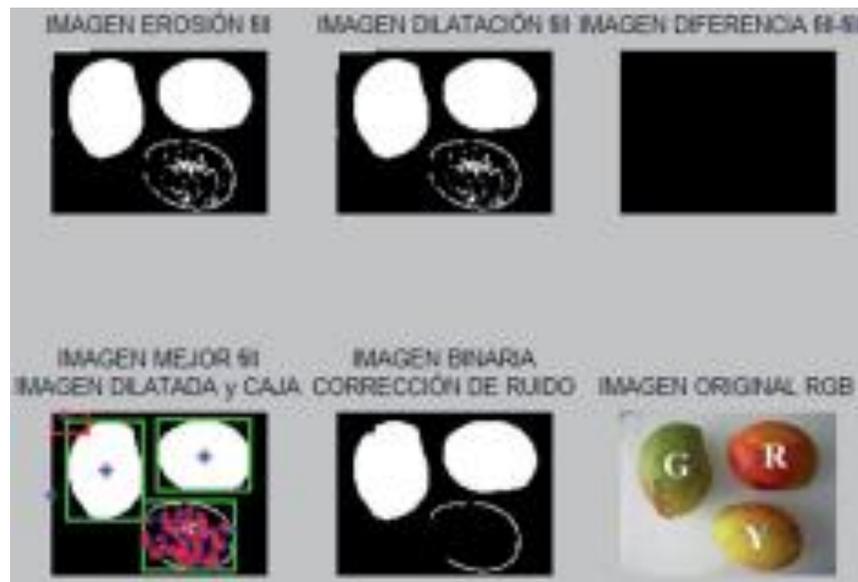
**Figura 2** *Identificación de madurez de mazorcas de cacao de [13].*



### ***1.1.3. Clasificación de mangos tipo Tommy mediante visión artificial***

Mediante el procesamiento de imágenes en Matlab, este proyecto elaboró una aplicación que tiene como objetivo clasificar los mangos según su tipo. Para la identificación del mango de la variante Tommy el sistema analiza el color y el tamaño de la fruta, Figura 3. La aplicación puede analizar hasta tres mangos a la vez en un área de trabajo determinado [14].

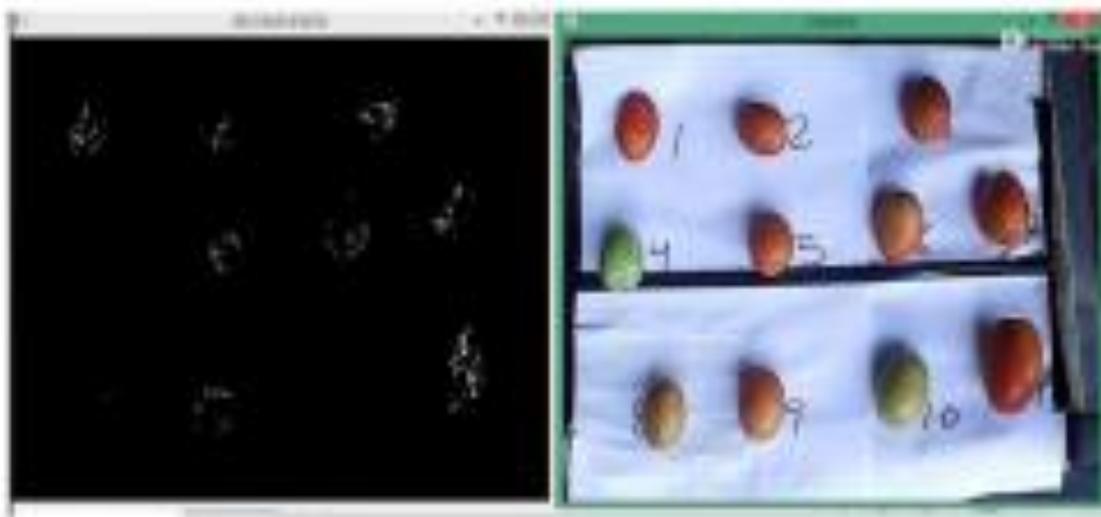
**Figura 3** Tratamiento de imágenes del mango tipo Tommy de [14].



#### 1.1.4. Reconocimiento de la madurez del tomate

Determina la eficacia de aplicar algoritmos integrados con la inteligencia artificial, es un apoyo al reconocimiento de madurez del tomate. En la Figura 4, se puede observar el reconocimiento de la madurez del tomate para su clasificación [15], tomando en cuenta diversos factores para su identificación correcta.

**Figura 4** Tratamiento de imágenes de la clasificación del tomate de [15].



## 1.2. Fundamentos Teóricos

La sección de fundamentos teóricos agrupa toda la información que es necesaria para el desarrollo del proyecto, al igual que la presentación de herramientas e información que describe el desarrollo y cumplimiento de objetivos.

### 1.2.1. Floricultura

La floricultura es la parte de la agricultura que se centra en el cultivo de alguna variedad de flor ornamental. La rosa es una de las flores de mayor producción por su amplia variedad e interés comercial. Según [7], existen aproximadamente 200 especies y hasta aproximadamente 40000 variedades de rosas que se han originado en la realización de hibridaciones en el rosal, como se observa en la Figura 5.

**Figura 5** Variedades de rosas por su color [8].



### ***1.2.2. Rosa Tipo Explorer***

Dentro de las rosas con una tonalidad roja se encuentra la rosa tipo Explorer, la cual cuenta con un tono rojo fuerte que la hace muy popular en el mercado [9]. Además, esta rosa es una de las rosas más compradas por su tonalidad, tamaño y durabilidad extralarga como se observa en la Figura 6. Cuenta con ciertas características:

Dimensiones del tallo: 40 – 90 cm

Dimensiones del botón: 6 – 6.5 cm

Cantidad de pétalos: 40

Días de permanencia en un florero: 12 – 15 días

**Figura 6** *Ejemplar de rosa ecuatoriana tipo Explorer [9].*



### ***1.2.3. Madurez de la Rosa Tipo Explorer***

Una rosa se puede considerar madura cuando alcanza ciertas dimensiones de tamaño y de largo y el aspecto de sus pétalos [10]. En lo que concierne a tamaño las rosas deben poseer un botón o cuerpo de la rosa de aproximadamente 6 cm desde la base del botón hasta su punto, Figura 7. Y su largo de tallo se clasifica:

Clasificación de tipo “Calidad Extrema”: 90 - 80 cm

Clasificación de tipo “Calidad Primera”: 80 - 70 cm

Clasificación de tipo “Calidad Segunda”: 70 - 60 cm

Clasificación de tipo “Calidad Tercera”: 60 - 50 cm

Clasificación de tipo “Calidad Corta”: 50 - 40 cm

**Figura 7** Ejemplar de una rosa de corte de calidad primera [11].



#### **1.2.4. Clasificación Según el Botón**

La rosa como cualquier planta tiene un ciclo de crecimiento que dependiendo del clima este puede ser de entre 6 a 8 semanas la cual se puede describir 5 etapas de manera breve [10].

**Preparación previa al crecimiento:** una vez realizado el corte de las rosas listas, las flores quedan sin cabeza las cuales son inmediatamente fertilizadas para estar sanas y en óptimas condiciones para el siguiente ciclo en alrededor de 6 semanas.

**Primera etapa de crecimiento:** se lo reconoce cuando el follaje llega a un largo de aproximadamente 5 cm, en esta etapa las rosas reciben altas dosis de nitrógeno para el crecimiento de tallos y follaje fuerte y sano.

**Producción de brote:** en esta etapa se disminuye el nitrógeno y se suministra fósforo el cual beneficia al crecimiento de los brotes. Todo brote en los tallos se remueve para garantizar el crecimiento de la rosa individualmente.

**Etapas de florecimiento:** pasadas las dos o tres semanas los tallos comienzan a crecer, se disminuye el nitrógeno para un buen crecimiento de los brotes, en caso de suministrar demasiado nitrógeno la rosa puede tener mal formaciones.

**Punto de floración:** en las dos próximas semanas se elimina el suministro de cualquier sustancia y se eliminan obstrucciones para garantizar el buen crecimiento y florecimiento de las rosas.

Las rosas de calidad de exportación se desarrollan en el rosal hasta que el botón y color sea el adecuado. Es importante mencionar que la rosa finaliza su proceso de maduración durante el transporte y movilización. Para que la rosa sea cortada y sea movilizadada, como se observa en la Figura 8, se inspeccionan ciertos aspectos como:

Color mate de los pétalos

Pétalos externos pegados

Botón de aproximadamente 6 – 6.5 cm

Botón cerrado o parcialmente cerrado a un 80%

**Figura 8** Ejemplar de rosa tipo Explorer cortada para el transporte y venta [11].



### 1.3. Algoritmos informáticos

Un algoritmo se define como un conjunto de instrucciones ordenadas, definidas para solventar un problema. Además, se considera como un proceso paso a paso para lograr un fin. Dentro de la programación un algoritmo se desarrolla previa a la generación del código y por consiguiente un programa informático sería el conjunto de algoritmos en un lenguaje de programación.

#### 1.3.1. Características de algoritmos

Todos los algoritmos cuentan con ciertas características comunes, las cuales se describen a continuación [16]:

**Definidos:** el algoritmo debe tener el mismo resultado con las mismas entradas.

**Finitos:** número determinado de pasos.

**Precisos:** sin ambigüedad.

**Ordenados:** secuencia clara y precisa.

**Concretos:** solución determinada.

### 1.3.2. Partes de un algoritmo

Un algoritmo cuenta por lo general con tres partes [16]:

**Input:** información que ingresa al algoritmo para ser trabajado para dar una solución.

**Proceso:** conjunto de pasos para que llegar a una solución.

**Output:** resultados de la transformación de los valores.

### 1.3.3. Tipos de algoritmos

Existen diversos tipos de algoritmos que se fijan en base a su función y la estrategia de cómo se resuelve la problemática. De esta manera, se pueden enlistar cinco tipos de algoritmos, Figura 9: algoritmo de búsqueda, algoritmo de ordenamiento, programación dinámica, algoritmo voraz y algoritmo probabilístico.

**Figura 9** Tipos de algoritmos [17].



### **1.3. Visión Artificial**

La visión artificial es posible definirla como un campo que se encuentra dentro de la inteligencia artificial la cual mediante la utilización de herramientas específicas para cada caso, se puede obtener, procesar, y generar un análisis de información especial a través de imágenes digitales, [18].

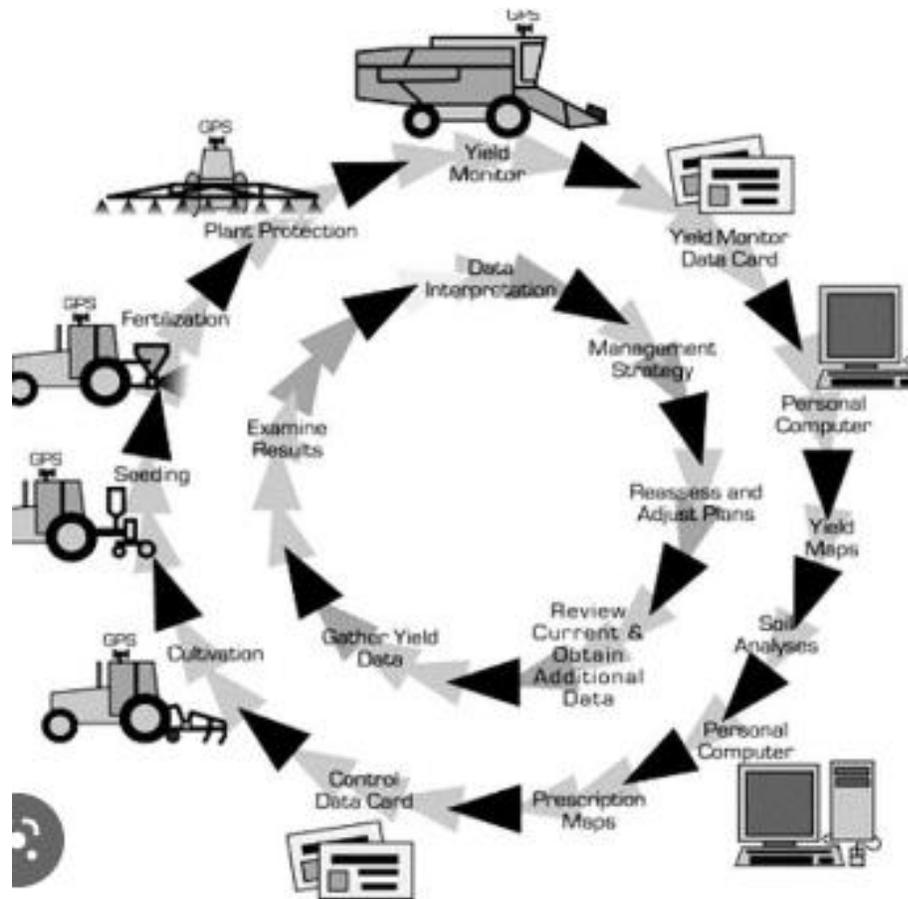
A partir de la década de los 80s la visión artificial se ha desarrollado de manera continua para aplicarse en diferentes campos en la actualidad; en los ámbitos industriales para el mejoramiento de procesos de detección o selección, en el ámbito académico para la detección de objetos, en el ámbito de seguridad para la identificación de personas, etc. La agricultura no es la excepción, la visión por computadora ha empezado a instaurarse como una herramienta de mejora en procesos de identificación, selección, etc. [19].

#### ***1.3.1. Agricultura de Precisión***

La agricultura de precisión ha permitido introducir a las nuevas tecnologías incluyendo a la visión artificial como una herramienta potenciadora de procesos e investigaciones. Combinando nuevas tecnologías en hardware y software se puede estructurar sistemas integrales que optimizan los recursos, aumentando los beneficios y procurando cuidar el espacio agrícola [20].

La agricultura de precisión se describe en su definición como una estrategia de administración que recolecta datos útiles con el fin de ser un apoyo en el proceso de decisión con respecto a la producción de cultivos. En la Figura 10, se muestra un ciclo completo de producción agrícola.

**Figura 10** *Ciclo de Producción Agrícola Tomado de [21].*



### **1.3.2. Aplicaciones de la Agricultura de Precisión**

Las aplicaciones de la agricultura de precisión son diversas donde en cada proceso de la producción un equipo o sistema puede optimizar los recursos para obtener mayores beneficios y a su vez generar menores impactos ambientales [22].

Algunas aplicaciones que se pueden enlistar se tienen:

Contadores de frutos

Clasificadores de frutos

Identificadores de enfermedades

Identificadores de madurez

Escaneo de áreas

Sistemas embebidos de riego, fumigación y abono

### **1.3.3. Agricultura de Precisión: Ventajas**

Las ventajas y beneficios que conlleva la aplicación de esta tecnología son [22].:

Disminución de los costos

Disminución en el uso de insumos

Aumento en la producción

Mayor rendimiento con el mismo consumo nivel de insumos

Aumento en la calidad en las cosechas

Optimización en la combinación de requerimientos y los insumos aplicados

## **1.4. Procesado de Imágenes**

La visión artificial extrae datos e información de una imagen o video, sin embargo, previamente se realiza un procesamiento para extraer toda la información necesaria de una manera más sencilla y por demás eficiente. A continuación, se presenta algunos de los algoritmos con más frecuencia utilizados:

### **1.4.1. Escala de grises**

En algunas circunstancias el color de una imagen no permite interactuar de la mejor manera para obtener la información necesaria, [23]. Transformar una imagen de color a una de escala de grises permite ahorrar información y optimizar los cálculos y procesos en el análisis de imágenes, Figura 11.

**Figura 11** Imagen convertida en escala de grises [23].

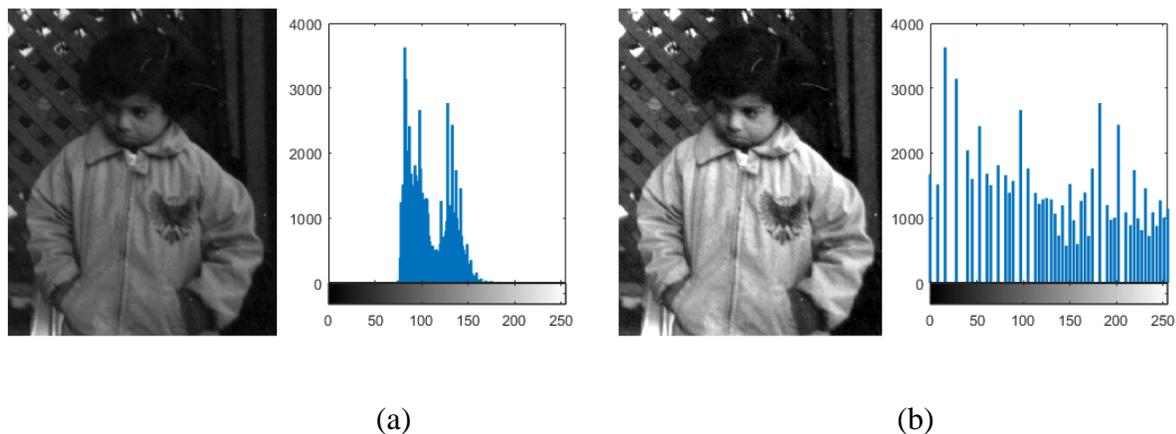


*Nota:* La Figura 11a presenta una fotografía de granada a color en contraste a la fotografía 11b que presenta la misma imagen en escala de grises.

#### 1.4.2. Ajuste del Contraste

Ajustar el brillo tiene como objetivo de aumentar o disminuir la intensidad general de los píxeles que componen la imagen, [24]. El contraste hace referencia al manejo de las partes oscuras haciéndolas más oscuras y las áreas brillantes mucho más brillantes, Figura 12.

**Figura 12** Imagen con ajuste de contraste [24].



*Nota:* En la Figura 12a se observa la fotografía de una niña con los niveles de contraste. En la figura 12b se observa la misma imagen con los niveles de contraste altos, definiendo mejor los detalles de la ropa y rasgos faciales.

### 1.4.3. Segmentación

La segmentación es la división de una imagen en varias regiones llamados segmentos, [25]. Estos segmentos son grupos de píxeles dependiendo de las áreas que se necesita resaltar para un análisis especializado, Figura 13. Existen algunas segmentaciones más comunes:

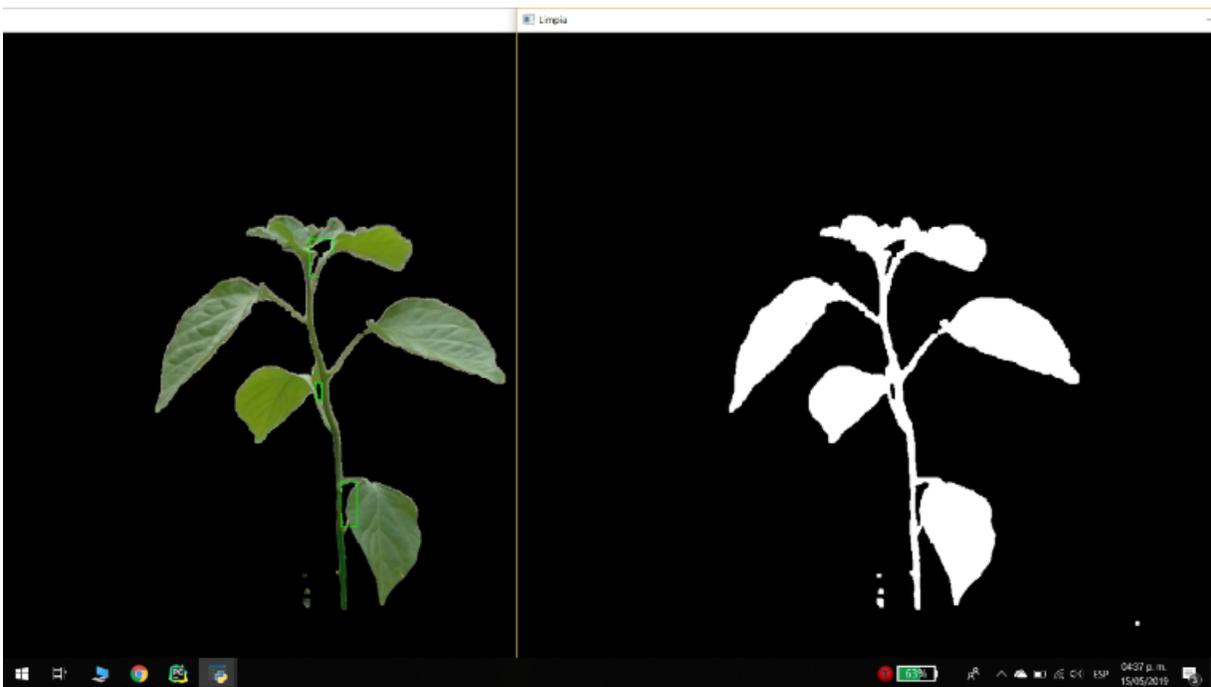
Segmentación por color

Segmentación por texturas

Segmentación semántica

Superpíxel

**Figura 13** Imagen con segmentación de color [25].



(a)

(b)

*Nota:* En la Figura 13a se observa la fotografía de una planta sin fondo. En la figura 13b se observa la aplicación de una segmentación por color donde las regiones de color verde se representan como regiones blancas.

#### 1.4.4. Umbralización

La umbralización tiene un objetivo muy sencillo, donde, se asigna una escala de valores y mediante una comparación se cambia el píxel a un píxel en blanco o en negro, [26]. Existen diferentes tipos como, Figura 14:

Tipo de Umbralización THRESH\_BINARY

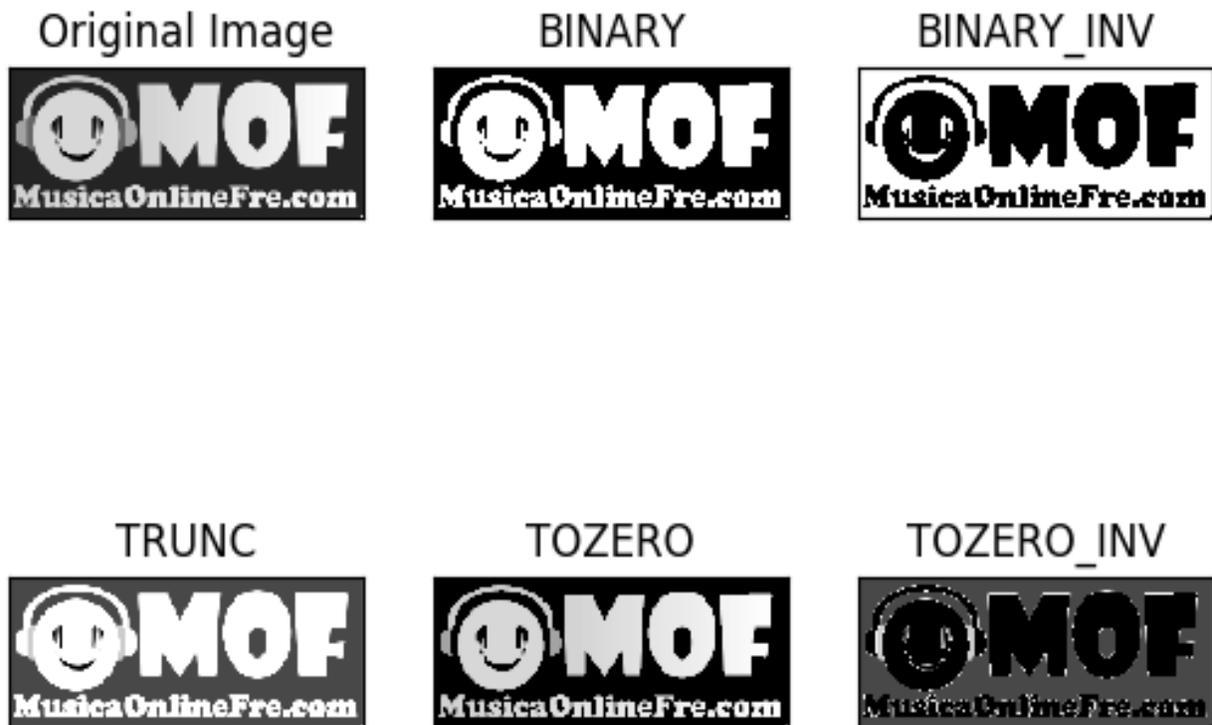
Tipo de Umbralización THRESH\_BINARY\_INV

Tipo de Umbralización THRESH\_TRUNC

Tipo de Umbralización THRESH\_TOZERO

Tipo de Umbralización THRESH\_TOZERO\_INV

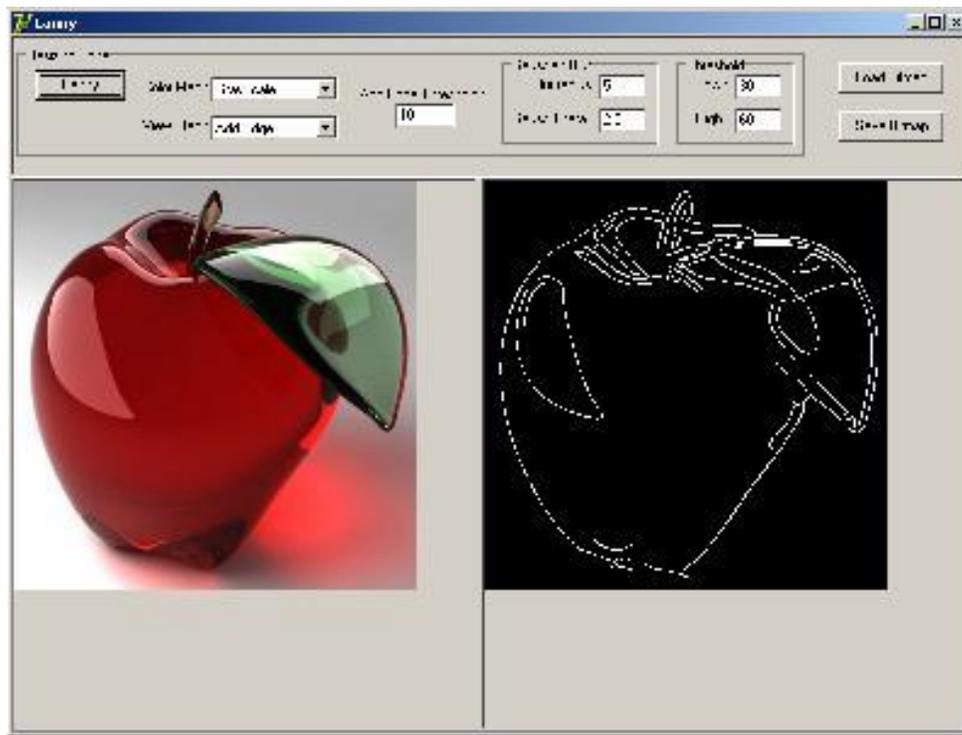
**Figura 14** Aplicación de diferentes tipos de umbralización en un logo [26].



### 1.4.5. Detección de bordes

En una imagen digital la detección de bordes define la transición entre dos regiones con variados niveles de grises, [27]. Esto otorga información hacer de las fronteras de los diferentes objetos, colores o texturas, Figura 15.

**Figura 15** Imagen de una manzana aplicando la detección de bordes [27].



(a)

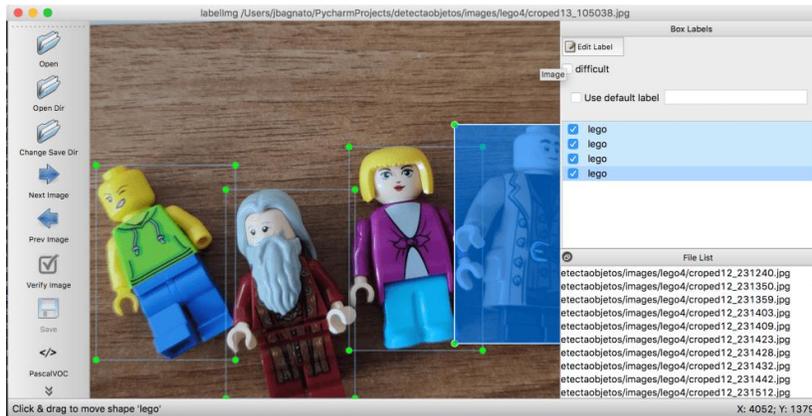
(b)

*Nota:* En la Figura 15a se observa la fotografía de una manzana. En la figura 15b se observa la aplicación de un filtro de detección de bordes de la imagen 15a.

### 1.4.6. Detección de objetos

La detección YOLO es un detector de objetos mediante técnicas novedosas como la utilización de una red neuronal, [28]. Para la utilización de este método se crea un Dataset para realizar comparaciones mediante la programación Python, Figura 16.

Figura 16 Ejemplo de detección de objetos con YOLO [28].



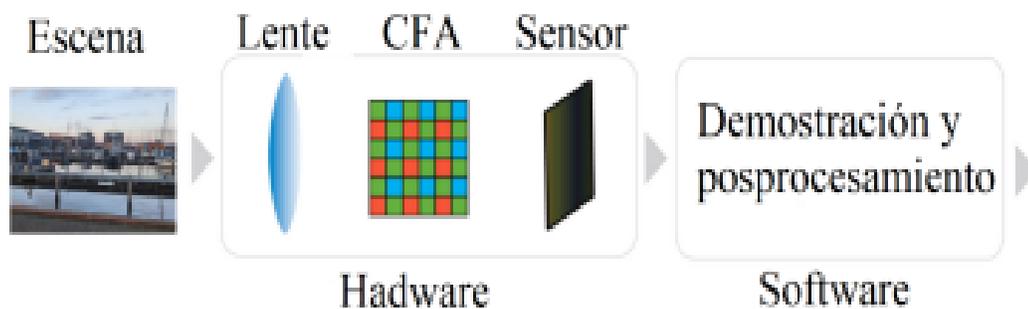
## 1.5. Cámaras Digitales

La cámara es un dispositivo sensible a la luz que permite almacenar información como imágenes digitales. Una vez seleccionado un dispositivo sensible a la luz es importante considerar aspectos referentes al entorno, su interacción y variación de iluminación, [23].

### 1.5.1. Obtención de la imagen

Una foto digital se puede describir como un proceso de captura de imágenes fijas donde en una cámara oscura un sensor de unidades fotosensibles capta la luz, Figura 17, mediante tres componentes de color que son: R, rojo; G, verde y B, azul. De esta manera, cada pixel se completa con la configuración más cercana de color en relación a la luz que capta el sensor, [29].

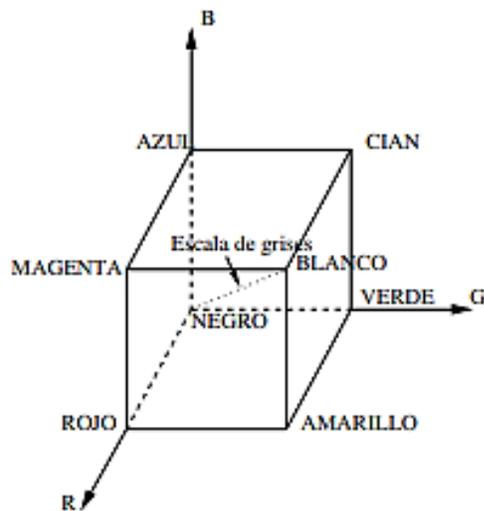
Figura 17 Componentes en la captura de una fotografía digital mediante una cámara [30].



## 1.6. El color

Para el ojo humano todos los colores se observan como combinaciones de tres colores primarios: azul, verde y rojo, donde la mezcla en proporciones adecuadas resulta en el color blanco. Dentro de un píxel por los cuales están compuestas las imágenes digitales se maneja la gama RGB donde el matiz, saturación e intensidad permiten ser analizados en una escala de 0 a 255. Red (rojo), Green (verde) y Blue (azul) se puede visualizar mediante un sistema tridimensional como se observa en la Figura 18 y observar algunas de las combinaciones de color, [31].

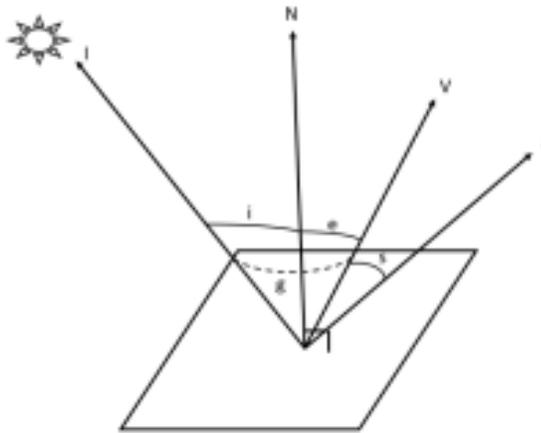
**Figura 18** Espacio del color RGB representado en coordenadas tridimensionales [31].



## 1.7. Reflejo

Al observar un objeto la vista humana tiene la capacidad mantener la precisión de la imagen pese a la variación de la luminosidad. Todas las superficies tienen la capacidad luz dependiendo de la incidencia de la luz a este objeto, de esta manera la superficie poder ser brillante, mate, poco clara u opaca. Para esto, conocer los ángulos fotométricos, Figura 19, de incidencia de la luz es importante para la correcta colocación de la iluminación sobre el objeto y con ello obtener la mayor cantidad de información con la calidad necesaria, [32].

**Figura 19** *Ángulos de incidencia de la luz en una superficie [32].*



Donde:

$s$  = Ángulo no Especular

$g$  = ángulo de Fase

$N$  = Superficie Normal

$e$  = Ángulo de Salida

$V$  = Dirección de Observación

$J$  = Dirección de Reflexión Especular

$i$  = Ángulo de Incidencia

$I$  = Dirección de Iluminación

## 1.8. Iluminación

“No es posible analizar lo que no es posible ver” es una frase que refleja la importancia de la iluminación en aplicaciones de visión artificial. Donde algunos de los objetivos principales son:

Optimizar el contraste del área u objeto

Controlar la variación de luz ambiental

Facilidad en el tratamiento posterior de las imágenes

Se conoce que la luz se refleja en los objetos de formas distintas, en la Figura 20a se observa una superficie muy brillante donde es casi nula la visualización de la información y en la Figura 20b corrigiendo los ángulos se puede observar la etiqueta que estaba oculta entre el reflejo de la iluminación, [33].

**Figura 20** Variaciones de la iluminación en la visualización de una etiqueta [34].



(a)

(b)

*Nota:* En el lado izquierdo se observa una etiqueta con un posicionamiento incorrecto de iluminación que hace casi nula la visualización de la información e la etiqueta (a), en el lado derecho se observa la misma etiqueta corregida la posición de iluminación permitiendo visualizar la información de la etiqueta.

### **1.8.1. Fuentes de iluminación**

Las fuentes de iluminación tienen el propósito de controlar la forma en que las muestras son captadas por el sensor o cámara para determinar si cumple con los requerimientos de adquisición de la información, [35]. En la Tabla 1 se enlistan algunas fuentes de iluminación:

**Tabla 1** *Tabla de las diferentes fuentes de iluminación [36].*

Tipo de Fuente de Luz	Ventajas	Desventajas
Halógenas	Alta luminosidad ajustable	No es posible emplearla como luz estroboscópica. Caliente. Se degrada con el tiempo.
Incandescencia	Bajo costo	No es posible emplearla como luz estroboscópica. Alta temperatura. Alta degradación.
Fluorescentes	Variedad de formas y tamaños. Minimiza los reflejos.	No es posible emplearla como luz estroboscópica. Parpadeo. Alta dificultad para atenuar. Alta degradación.
Laser	Es posible emplearla como luz estroboscópica. Útil en 3D.	Costo elevado. Textura gránulos. Alta fragilidad. Atenta con la salud ocular para los trabajadores.
Xenón	Es posible emplearla como luz estroboscópica. Se puede emplear con alta intensidad en periodos cortos(flash).	Alta degradación.
LED	Se puede emplear con alta intensidad en periodos largos (10.000 hora o más) Es posible emplearla como luz estroboscópica. Posee un bajo consumo	Costo elevado.

*Nota:* Descripción de las fuentes de iluminación aplicable en la visión artificial con sus ventajas y desventajas.

### 1.8.2. Técnicas de iluminación

Para lograr definir algún detalle específico de la imagen que se va a analizar existen diversas técnicas de iluminación variando el ángulo de incidencia, la posición de la iluminación y hasta fuente de iluminación, [35]. A continuación, se enlistan en la Tabla 2.

**Tabla 2** Tabla de técnicas de iluminación [36].

<b>Iluminación</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
<b>Frontal</b>	Permite analizar superficies con pocos reflejos: papel, tela. Detectar de marcas. Detectar de colores y caracteres.	Permite eliminar sombras, se puede utilizar a grandes distancias cámara/objeto.	Altos reflejos sobre superficies reflectantes.
<b>Lateral</b>	Permite resaltar bordes, rayas y fisuras con una dirección determinada.	Permite resaltar relieves muy pequeños, resultando una sombra muy definida.	La luz con ángulos respecto a la horizontal producirá relieves y contornos en las piezas.
<b>Campo Oscuro</b>	Permite resaltar incrustaciones y códigos alfanuméricos con poco contraste en metal sobre metal o gris sobre gris.	Destaca los detalles en superficies con muy poco contraste.	No es posible reconocer detalles superficies que absorban la luz.
<b>Contraste</b>	Indicado para inspeccionar la silueta del objeto.	Permite inspeccionar siluetas e impurezas.	No permite reconocer detalles superficiales del objeto, códigos, inscripciones, etc.
<b>Axial difusa</b>	Permite inspeccionar superficies planas reflectantes.	Permite inspeccionar materiales altamente reflectantes.	No puede reconocer relieves.
<b>Difusa tipo domo</b>	Aplicaciones en inspecciones con uso médico, espejos, compact disk, latas, etc.	Aplicaciones para eliminar sombras y minimizar arrugas, polvos y relieves	Alto costo.

---

<b>Láser</b>	Ajuste en procesos de corte. Análisis de profundidad de objetos.	No le influye la iluminación.	Para conseguir una línea es necesario lentes cilíndricos.
--------------	---	-------------------------------	---

---

*Nota:* Descripción de las técnicas de iluminación aplicable en la visión artificial con sus ventajas y desventajas.

## **1.9. Arquitecturas Embebidas**

Una arquitectura o un sistema embebido es diseñado para ejecutar varios procesos enlazados durante un largo tiempo de ejecución a diferencia de los sistemas habituales que realizan diferentes actividades de manera independiente en cortos tiempos. Un sistema embebido relaciona diferentes sistemas que lo componen como: eléctrico, electrónico, mecánico, control, potencia, etc. [37].

### **1.10. Desarrollo de aplicaciones agrícolas**

El desarrollo de aplicaciones orientadas a la agricultura de precisión cuenta con infinidad de sistemas o aplicativos en base a una o varias necesidades en específico donde a su vez constituye un sistema embebido integral de control general. Algunos servicios y aplicativos según Chetu [38] son:

Software de Cartografía Terrestre y GPS

Aplicaciones de Diseño de Campo 3D

Controladores y Sensores Inteligentes

Gestión de Agricultura de Precisión

Gestión del Sistema de Riego

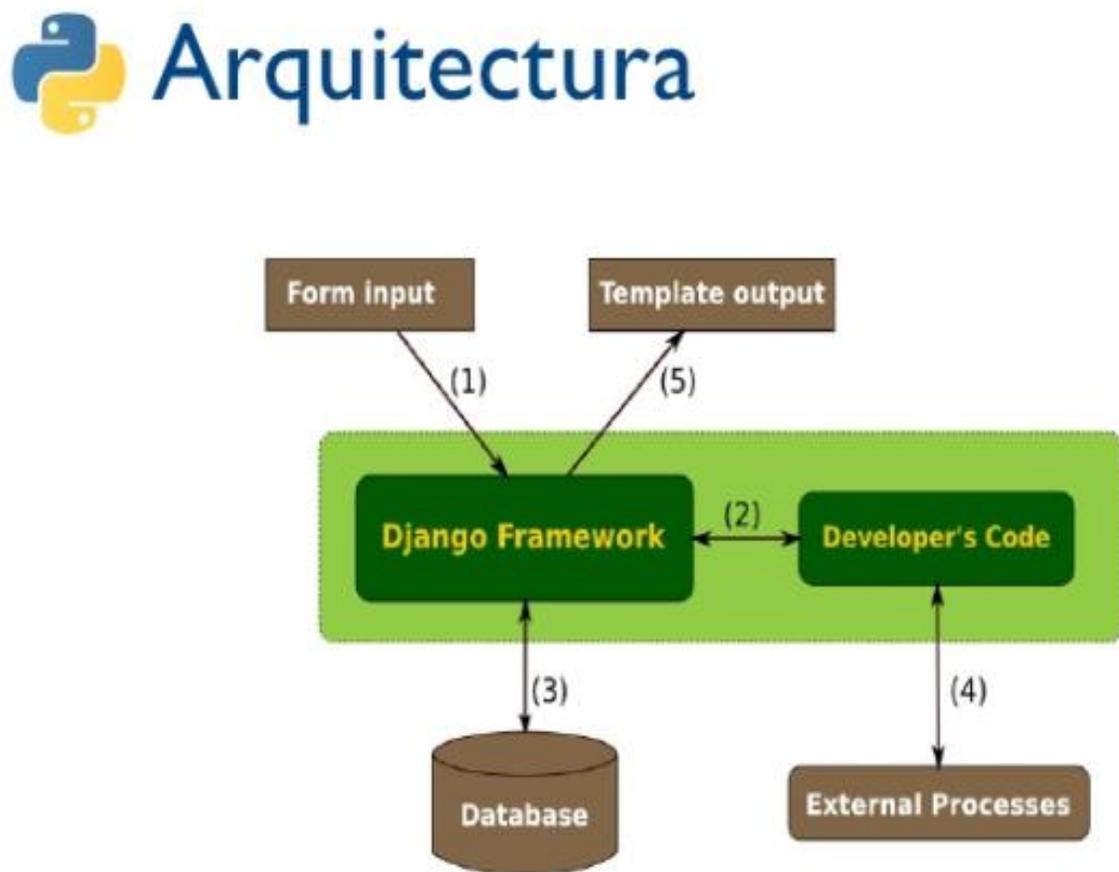
Soluciones de Software de Agronomía

Jefe de Operaciones

### 1.10.1. Python

Es un lenguaje de alto nivel que se orienta a objetos con una semántica integrada bastante dinámica que es utilizada normalmente para el diseño web y de aplicaciones. Es un lenguaje bastante atractivo y sencillo de aprender con gran cantidad de librerías, cuenta con una arquitectura como se visualiza en la Figura 22 [39].

**Figura 22** *Arquitectura Python* [40].



### 1.10.2. Librerías de Python

En la generación del algoritmo y el proceso de programación se utilizan diferentes librerías que facilitan y comprimen el código para optimizar el programa que se genera. De esta manera, se describen algunas librerías:

**Matplotlib:** se especializa en la creación de diagramas y gráficos, para visión artificial es una gran herramienta para dibujar, señalar y seleccionar objetos dentro de las imágenes o videos analizados, [41].

**Numpy:** es una librería especialmente hecha para el análisis de datos y el cálculo numérico en gran volumen. A diferencia de otras librerías en esta se analizan hasta 50 veces más rápido los arrays ideal para vectores y matrices de grandes dimensiones [41].

**OpenCV:** es una librería orientada a la visión por computador en tiempo real, [42].

## **CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

En esta sección se desarrolló toda la parte práctica del proyecto, con las bases del capítulo anterior se procede a materializar la idea del algoritmo, y la aplicación mediante pruebas del algoritmo de desarrollo.

### **2.1. Modelo de Investigación**

El desarrollo del presente proyecto aplica diferentes tipos de investigación para solucionar una problemática que surge dentro del proceso de selección de los botones maduros de rosas para ser recortadas para su posterior transporte.

Para la investigación documental se lleva un proceso sistemático que, mediante la revisión de libros, catálogos, etc., permite recolectar la información necesaria para constituir las bases teóricas del proyecto. En el desarrollo del proyecto la aplicación de campo se centra en la implementación y las pruebas del proyecto realizado [43].

Dentro del modelo de investigación es importante mencionar y seguir una metodología de desarrollo como la de cascada la cual se segmenta en cinco fases que describen las etapas y actividades secuenciales para el cumplimiento del proyecto las cuales son: Análisis de requerimientos, Diseño, Implementación, Verificación y Mantenimiento, [44]. Todas estas etapas permiten ir realizando actividades que deben ser finalizadas completamente para continuar a la siguiente.

### **2.2. Diseño de la Investigación**

Con lo mencionado anteriormente se puede estructurar las etapas en base a los objetivos planteados y con sus respectivas actividades para cada proceso.

### **2.3. Requerimientos de la madurez de la clasificación de la rosa Tipo Explorer**

El primer proceso es la recolección de información necesaria para sintetizar en los requerimientos del proyecto. Este proceso se segmenta en las siguientes actividades.

#### ***2.3.1. Recolectar de parámetros de calidad de los cultivos de rosa.***

Esta actividad se basa en la investigación de las características y parámetros que se deben cumplir para obtener un cultivo sano y de buena producción.

#### ***2.3.2. Recolectar de información sobre la madurez de la rosa***

La segunda actividad investiga las características físicas de las rosas para denominarlas rosas maduras, antes de su corte.

#### ***2.3.3. Analizar de los diferentes softwares para visión artificial***

Se analiza la funcionalidad de los diferentes softwares que permiten implementar algoritmos de visión artificial, su forma de aplicarlos y estructurarlos en estas aplicaciones.

#### ***2.3.4. Definir los principales elementos del algoritmo***

En esta actividad se sintetiza las características que tendrá el algoritmo que se va a desarrollar.

### **2.4. Algoritmo de visión artificial para identificar el porcentaje de madurez de la rosa**

En este proceso se describe el desarrollo del algoritmo en base a características definidas anteriormente.

#### ***2.4.1. Descripción de Funcionamiento***

De manera clara y breve se describe y estructura el funcionamiento del proyecto de selección de la rosa madura y lista para el corte.

#### ***2.4.2. Estructuración del algoritmo***

Se realiza una estructuración inicial del funcionamiento en base a los requerimientos establecidos.

#### ***2.4.3. Características y funcionalidades del algoritmo***

Mediante una descripción y caracterización se genera el algoritmo que se va a desarrollar para ser probado.

#### ***2.4.4. Comparación y selección de alternativas***

Después de una comparativa de características se procede a una selección donde se emplea la mejor opción.

### **2.5. Implementación del Algoritmo de Selección de Rosas Maduras**

La implementación de la solución estructurada mediante el software y hardware seleccionado para su interacción.

#### ***2.5.1. Adquisición de elementos electrónicos***

Adquirir los elementos electrónicos después de un proceso de caracterización y selección.

#### ***2.5.2. Diseño de algoritmo***

Se genera el algoritmo propuesto que satisface los anteriores requerimientos establecidos.

#### ***2.5.3. Implementación del sistema de identificación de madurez de la rosa***

Mediante la aplicación del sistema desarrollado se realizan pruebas de funcionamiento para ajustes o calibraciones posteriores.

## **2.6. Verificación de Funcionamiento del Proyecto**

Las pruebas de funcionamiento del sistema constituido se verifican mediante pruebas y ajustes en el funcionamiento.

### ***2.6.1. Pruebas de funcionamiento del algoritmo***

El funcionamiento inicial del sistema permite evidenciar el correcto acople de todas las partes, además, las pruebas de funcionamiento se centran en observar las fallas y correcciones que se deben aplicar al sistema para un funcionamiento óptimo.

### ***2.6.2. Calibración del funcionamiento del algoritmo***

Con las correcciones preliminares se realiza la calibración de la cámara y los filtros de segmentación para optimizar la identificación de la madurez del botón de la rosa tipo Explorer.

### ***2.6.3. Presentación de documentación***

En esta última actividad se realizan los preparativos y documentación para la culminación y presentación final del proyecto.

## CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el tercer capítulo se continua del diseño realizado anteriormente para ser materializado en un algoritmo funcional, verificar el funcionamiento de la parte de software mediante pruebas con diferentes condiciones, realizar correcciones y ajustes finales para garantizar su funcionamiento total.

### 3.1. Especificaciones para el Diseño

En este primer apartado, mediante la aplicación de un instrumento de obtención de información como lo es una entrevista, se recolecta toda la información que sustente los requerimientos y necesidades que debe solventar el desarrollo de este proyecto.

#### 3.1.1. Recolección de Información

Mediante la entrevista del Anexo A realizada a uno de los productores de rosas de la ciudad de Cayambe, se recopiló los aspectos más significativos que se pueden observar en la Tabla 3.

**Tabla 3** *Tabla recopilatoria de información obtenida.*

INFORMACIÓN OBTENIDA				
REQUERIMIENTO	ELEMENTO QUE PERMITE CUMPLIR EL REQUERIMIENTO	PRIORIDAD		
		BAJA	MEDIA	ALTA
Detección de Madurez	Algoritmo de visión artificial			X
Detección Confiable	Medio Controlado			X
Visualización de Información	Interfaz para el uso		X	
Aplicable en exteriores	Cámara de buena resolución		X	
Fácil uso	HMI intuitiva			X

### 3.1.2. Descripción del Sistema

El sistema cuenta con una interfaz que permite al usuario interactuar con las funcionalidades del algoritmo en desarrollo el cual cuenta con dos modalidades. La primera permite analizar un espécimen tipo Explorer, tomar una fotografía en un ambiente cerrado y mediante un método de detección de contornos y colores mostrar la información de madurez del espécimen. El segundo proceso permite utilizar la identificación de madurez mediante la activación de la cámara en tiempo real en el medio de cultivo mostrando a su vez la información de madurez de la rosa.

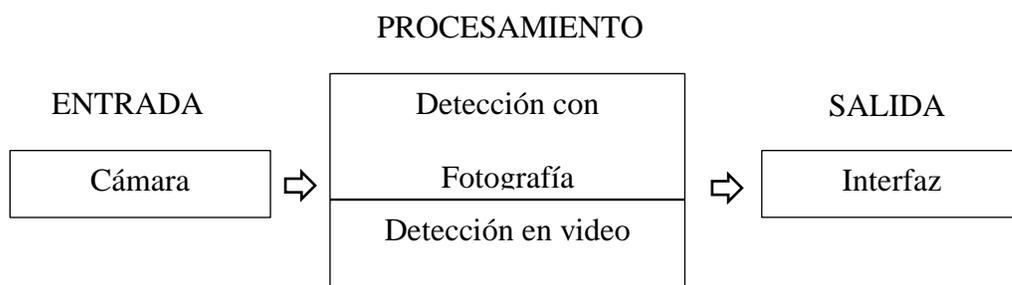
## 3.2. Soluciones Propuestas

Con la descripción del sistema anteriormente descrito se procede a generar las soluciones en base a las diferentes técnicas, métodos o procesos aplicables a la detección de madurez mediante visión artificial.

### 3.2.1. Diagrama de Bloques del Funcionamiento

Pese a existir diferentes alternativas de solución, es importante contar con una estructura principal para poder entender de mejor manera todos los procesos que se van a realizar. Mediante un diagrama de bloques de la Figura 23 se puede presentar de una manera clara los procesos involucrados.

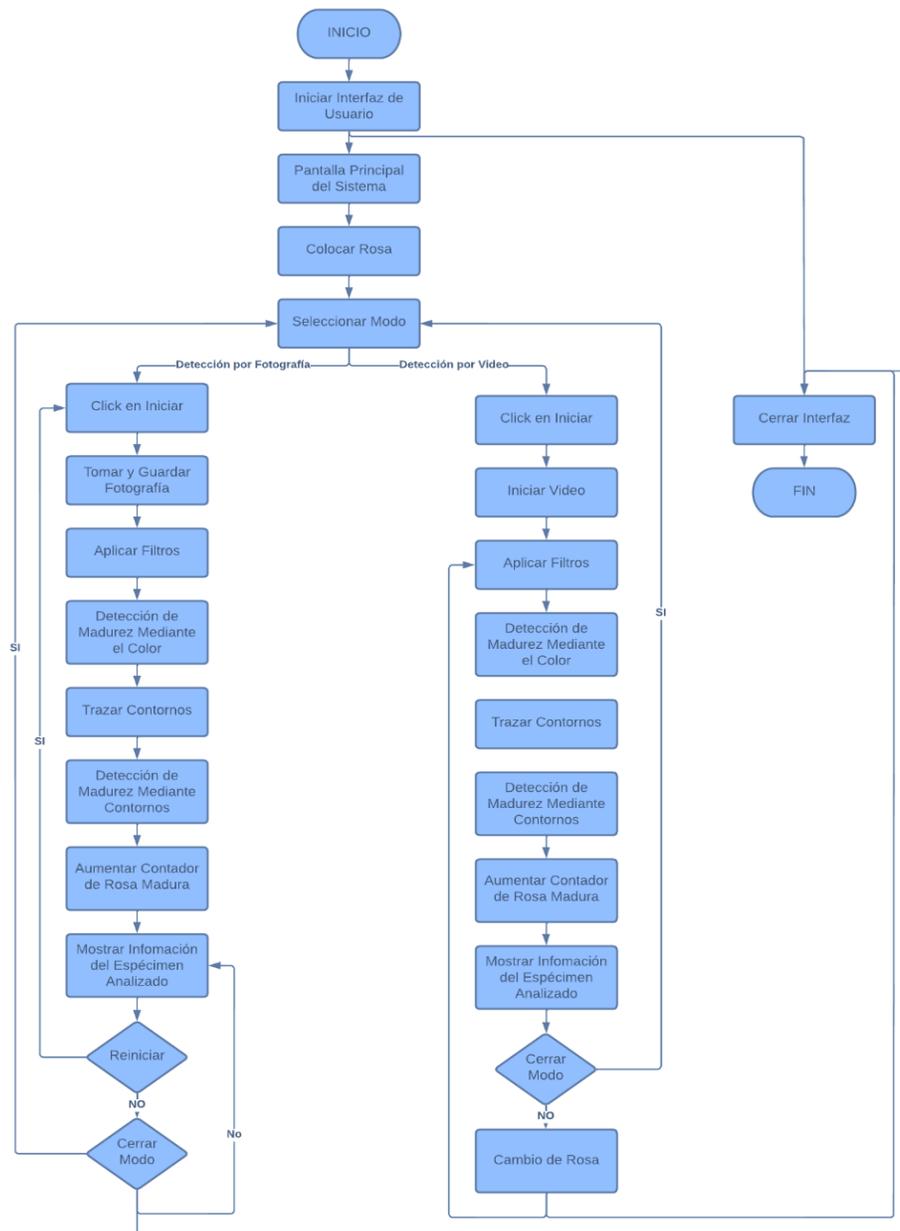
**Figura 23** Diagrama de bloques general del funcionamiento.



### 3.2.2. Diagrama de Flujo

Mediante un diagrama es posible desglosar cada una de las funciones y procesos que se ejecutarán en la puesta en marcha y pruebas del algoritmo empleado, en la Figura 24 se visualiza el diagrama de flujo de sistema.

**Figura 24** Diagrama de flujo del sistema.



### 3.2.3. Valoración de Selección

A partir de las soluciones propuestas es necesario realizar comparativas para seleccionar el sistema que sea más eficiente, menos costos, más resistente, etc. Obteniendo la mejor alternativa. Mediante la utilización de tablas de selección se comparan las alternativas más destacables en base a valores del 0 al 10, donde el valor 0 describe una característica nada ideal y el valor 10 una característica muy ideal.

### 3.2.4. Visión Artificial: Detección de Madurez

Para la visión artificial enfocarse en la detección o identificación de objetos o características se presentan dos métodos bastantes claros que son: la detección de objetos que mediante inteligencia artificial permite entrenar un algoritmo para identificar características con un alto grado de eficiencia; por otro lado, la segmentación de imágenes permite trabajar una fotografía o el video mediante la aplicación de filtros donde su grado de eficiencia esta dictada por los tratamientos que se apliquen teniendo una gran versatilidad. De esta manera mediante la Tabla 4 se comparan estas dos alternativas.

**Tabla 4** *Tabla comparativa de alternativas para detección de madurez*

MÉTODOS PARA LA DETECCIÓN DE MADUREZ		
CRITERIO	DETECCIÓN DE OBJETOS	TRATAMIENTO DE IMÁGENES
Complejidad de Conocimiento	4	7
Tiempo de Realización	5	8
Versatilidad	7	9
Eficiencia	9	7
Software de Programación	8	8
Costo	5	9
Generación del algoritmo	6	7
TOTAL	44	55

### 3.2.4.1. Tratamiento de Imágenes

Con una diferencia notable en la comparativa, el mejor método de programación para el algoritmo de detección de madurez para la rosa tipo Explorer es mediante el tratamiento de imágenes. Este método permite generar diferentes algoritmos mediante varias combinaciones de filtros como: escala de grises, umbralización, segmentación, etc. para identificar como se observa en la Figura 25. Además, es aplicable mediante la marcha y no requiere más que una cámara de buena resolución y software para programación en el lenguaje de Python.

**Figura 25** Ejemplos de filtros en tratamiento de imágenes



### 3.2.5. *Software para Visión Artificial*

Para el desarrollo del algoritmo, existen diversidad de software para la programación entre los que existen dos alternativas más utilizadas con una descripción de más componentes adicionales.

### 3.2.5.1. Selección de Software para Visión Artificial.

Visual Studio Code y Spyder son dos aplicaciones que se utilizan para la programación de algoritmos relacionado a la visión artificial. Los dos programas cuentan con infinidad de librerías y demás componentes para su programación. Visual por lo general requiere mayor conocimiento para su utilización ya que tiene la facilidad de enlazarse con repositorios. Spyder por otro lado, es una alternativa más centrada al aprendizaje con múltiples entornos destinados para cada trabajo de programación. En la Tabla 5 se analiza ciertos aspectos principales.

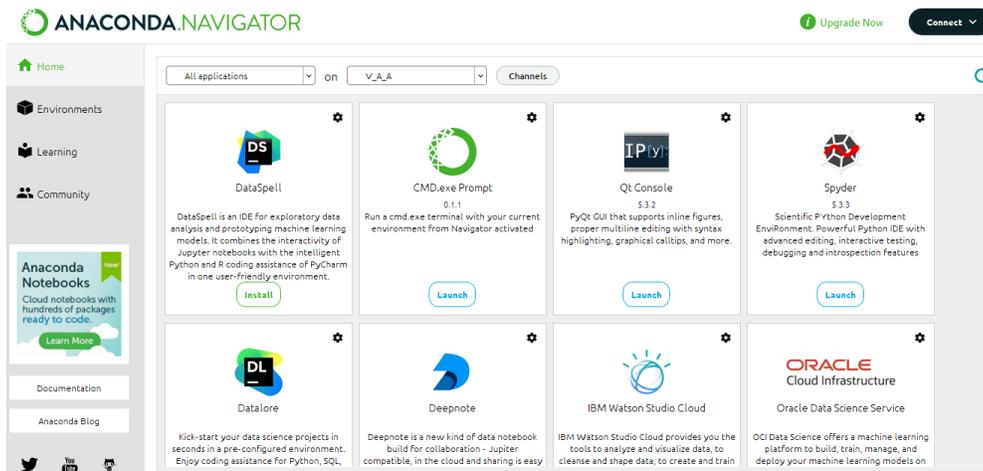
**Tabla 5** *Tabla comparativa de alternativas de software de programación*

SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN		
CRITERIO	VISUAL STUDIO CODE	SPYDER
Complejidad de Conocimiento	5	7
Tiempo de Realización	8	8
Versatilidad	7	7
Eficiencia	9	8
Librerías	9	8
Correr Programa	6	8
TOTAL	44	46

### 3.2.5.2. Spyder.

Spyder es un software sencillo de utilizar donde se aplican los conocimientos básicos del lenguaje Python, aplicando diversas librerías, este software se encuentra dentro de Anaconda un software multiplataforma el cual a su vez permite utilizar varios softwares de programación, como se observa en la Figura 26.

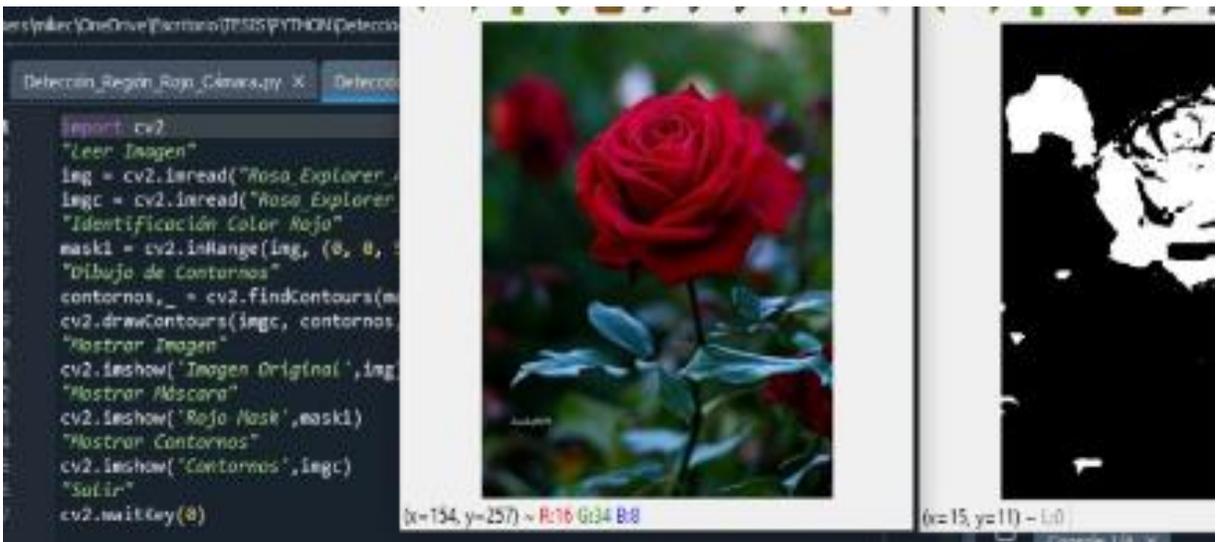
**Figura 26** Pantalla principal de Anaconda Navigator



### 3.2.5.3. OpenCV y Numpy

Open CV y Numpy dentro de Spyder son dos librerías por excelencia en el empleo de visión artificial. Open CV se enfoca en el tratamiento de imágenes con la aplicación de diferentes filtros, ajustes de tamaño, resolución, etc., esta a su vez tiene una estrecha relación con Numpy para la utilización de matrices de gran extensión. Ya que todos estos procesos de tratamientos de imágenes se los aplican mediante matrices, como se observa en la Figura 27.

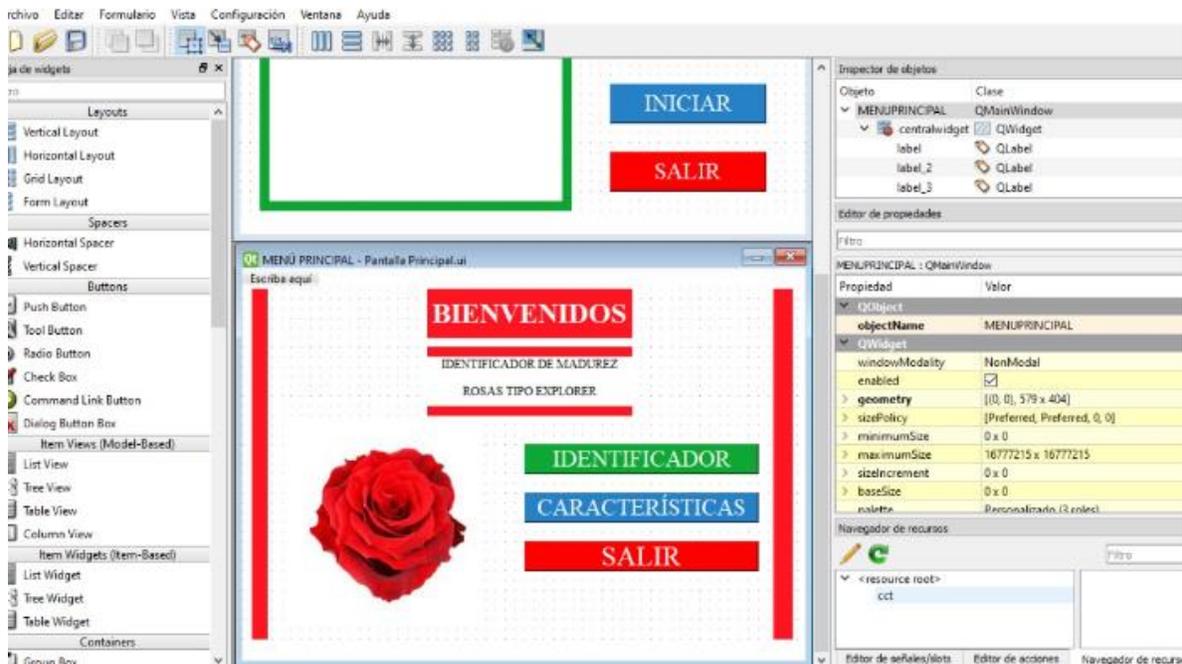
**Figura 27** Ecosistema de Spyder Empleando OpenCv



### 3.2.5.4. QT5 y QTDesigner

Dentro de Anaconda y sobre todo la utilización del lenguaje de Programación Python se encuentran dos extensiones las cuales permiten generar interfaces gráficas que pueden ser utilizadas como plantillas o ser empleadas mediante programación, un ejemplo se puede observar en la Figura 28. QT5 Designer genera las interfaces gráficas las cuales se realizan mediante bloques y figuras básicas. Y mediante QT5 se las aplica mediante programación o de manera directa como plantilla.

**Figura 28** Interfaz realizada en QT Designer



### 3.2.6. Hardware para Visión Artificial

Seleccionar los componentes con las mejores prestaciones es lo esencial. Mediante tablas comparativas se selecciona los componentes esenciales para este proyecto donde como punto inicial cuenta con la premisa de manejar un medio controlado para potenciar el proceso de detección.

### 3.2.6.1. Selección de Cámara Digital.

La selección de la cámara es uno de los puntos clave para la visión artificial, sin esta entrada de información correcta el sistema no prestará la mayor utilidad posible, en la Tabla 6 se compararán dos cámaras digitales.

**Tabla 6** *Tabla comparativa de alternativas de cámara digital*

CRITERIO	SELECCIÓN DE CÁMARA	
	WEBCAM	MODULO DE CÁMARA/RASPBERRY
Complejidad de Conocimiento	9	8
Compatibilidad	9	7
Versatilidad	8	8
Resolución	9	8
Aplicaciones Exteriores	8	7
Costo	7	8
TOTAL	50	46

### 3.2.6.2. Web Cam.

Aunque en algunos casos con un costo mayor la WebCam muestra una mejor versatilidad, al igual que es más sencillo buscar una resolución que se adapte a las necesidades. Esta cámara además se la puede utilizar como un accesorio externo para tomas dentro de un medio controlado y a su vez en exteriores manteniendo casi por completo su calidad. Para el caso de este proyecto se implementará la cámara Logitech C920, Figura 29, una de las mejores marcas en relación calidad precio. la cual cuenta con las siguientes características:

Resolución: 1080p/30fps

Megapíxeles: 3

Tipo de lente: Cristal

Campo visual diagonal: 78°

Enfoque: Automático

**Figura 29** Logitech C920 HD PRO [45].



### 3.2.6.3. Selección de Iluminación.

Lograr iluminar el entorno controlado de manera correcta define la eficiencia del sistema de detección. Un objeto o entorno bien iluminado facilita la percepción de más detalles. Una de las mejores alternativas es la utilización de la tecnología led, en la Tabla 7 se compran dos alternativas.

**Tabla 7** Tabla comparativa de alternativas para detección de madurez

SELECCIÓN DE ILUMINACIÓN LED		
CRITERIO	TIRAS LED	FOCOS LED
Complejidad de Conocimiento	9	9
Tiempo de Realización	8	7
Versatilidad	9	8
Eficiencia	9	9
Costo	6	8
Control	9	7
TOTAL	50	49

### 3.2.6.4. Tiras Led.

La iluminación led tiene gran potencia y cantidad de lúmenes que además cuenta con una luz neutral de iluminación. Esta tecnología cuenta con infinidad de presentación, sin embargo, para la realización de pruebas del algoritmo se emplea una tira led con control incorporado, Figura 30,

permitiendo manejar el tono de iluminación, la intensidad de brillo y por supuesto la facilidad de colocación en el entorno controlado.

**Figura 30** *Tiras Led con control remoto [46].*



### 3.2.6.5. Selección de Material para la Estructura.

Todo el sistema de pruebas se aplica en un entorno cerrado el cual cuenta con una estructura semejante a una caja con las cavidades correspondientes para la instalación de cámara e iluminación. En la Tabla 8 se compara varios materiales y los procesos relacionado para la realización de una estructura.

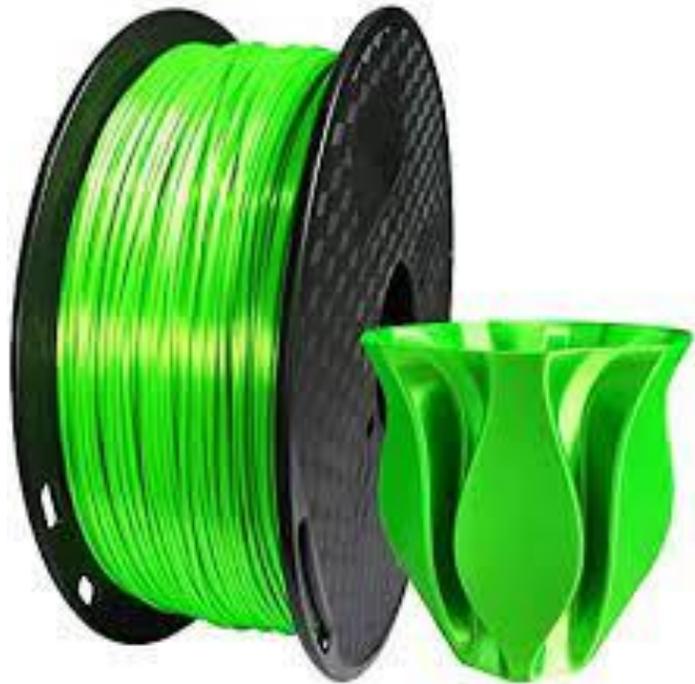
**Tabla 8** *Tabla comparativa de alternativas para detección de madurez*

CRITERIO	SELECCIÓN DE MATERIAL PARA ESTRUCTURA		
	PLA/IMPRESIÓN 3D	MADERA/CARPINTERÍA	METAL/METALMECÁNICA
Costo	9	7	5
Tiempo de Realización	6	8	8
Versatilidad de Diseño	9	9	9
Reflectancia	8	8	5
Manufactura	8	6	5
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>32</b>

### 3.2.6.6. PLA en Impresión 3D.

En impresión 3D la gran cantidad de materiales, colores y texturas permiten generar un diseño donde la única limitante es la imaginación y el tiempo de impresión. El costo es reducido y se puede generar de un solo rollo de material diversas estructuras, Figura 31.

**Figura 31** *PLA en impresión 3D* [47].



### 3.2.7. *Algoritmo de Detección de Madurez de la Rosa Tipo Explorer*

En el algoritmo de detección de madurez se base en la aplicación de filtros y máscaras en la imagen o video donde se visualiza la rosa. Importada la imagen o directamente en el video se procede a aplicar una primera máscara de identificación de colores mediante rangos de colores en BGR para posterior mudarlos a HSV, aplicado este filtro la imagen presenta un tono negro de fondo a excepción de las áreas que tengan el color correcto de maduración con una tonalidad blanca como se observa en la Figura 32.

**Figura 32** *Aplicación de la máscara de color a la imagen*



A continuación de la máscara aplicada se utiliza el trazo de contornos en base a la imagen tratada para dibujar en la imagen las áreas que definen cada una de las regiones identificadas con anterioridad obteniendo la Figura 33.

**Figura 33** *Aplicación de contornos en la imagen*



Finalmente se aplica un identificador de área para conocer el valor de área en cada uno de los tamaños de las rosas como se observa en la Tabla 9. Mediante diferentes comparadores se obtiene secciones de madurez para identificar la rosa analizada como se observa en la Figura 34.

**Tabla 9** *Tabla de áreas de rosas registradas*

ÁREAS EN PÍXELES REGISTRADAS		
Valor Inicial	Valor Final	Porcentaje de Madurez
8900	9200	20%
22200	22500	40%
38200	38500	60%
41000	44000	80%
47000	-	100%

**Figura 34** *Aplicación de identificador de rosas*



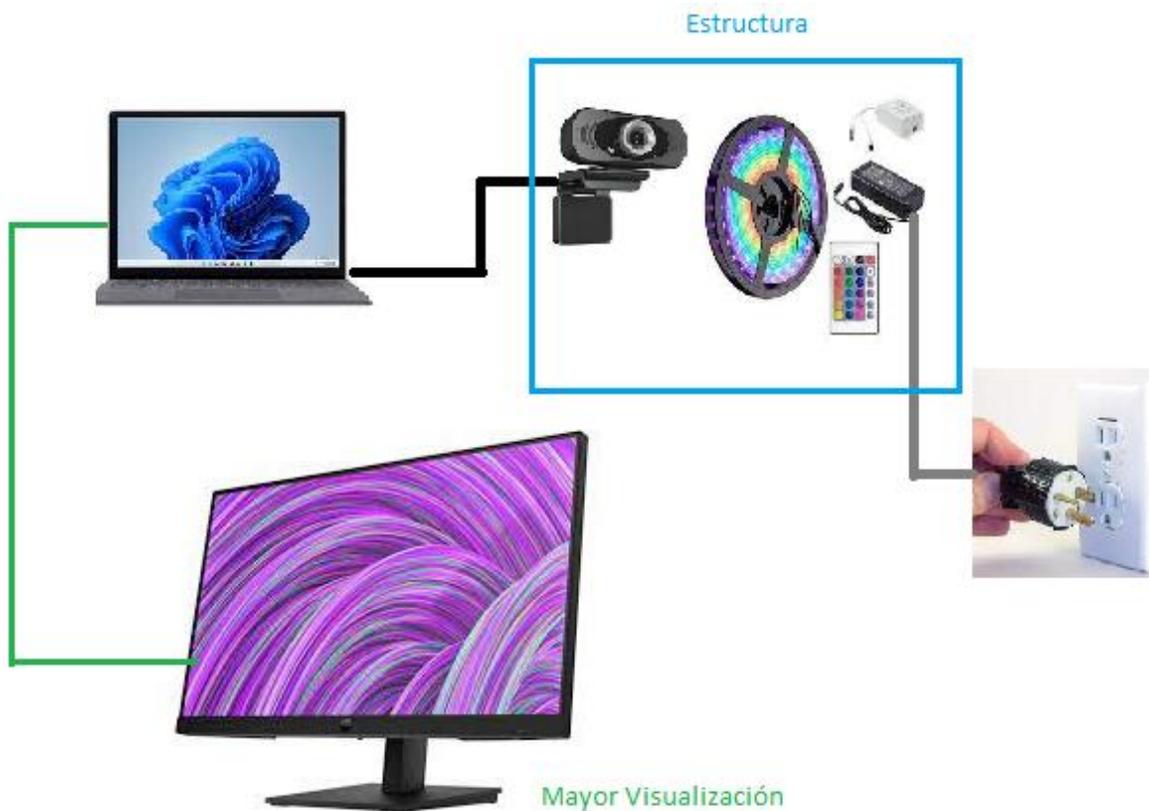
### **3.2.8. Dispositivo para Verificación del algoritmo**

Una de las observaciones que se trabajó mediante la elaboración del algoritmo de visión artificial es el empleo de un ambiente controlado con un fondo e iluminación fija para cada elemento o rosa analizada, garantizando un mejor funcionamiento del algoritmo.

### 3.2.8.1. Conexiones del Dispositivo de Verificación

El algoritmo diseñado se dispone a someterse a diferentes pruebas en un dispositivo de condiciones controladas. En la Figura 35 se observa se manera breve las conexiones de este dispositivo y componentes utilizados para la verificación y pruebas del algoritmo.

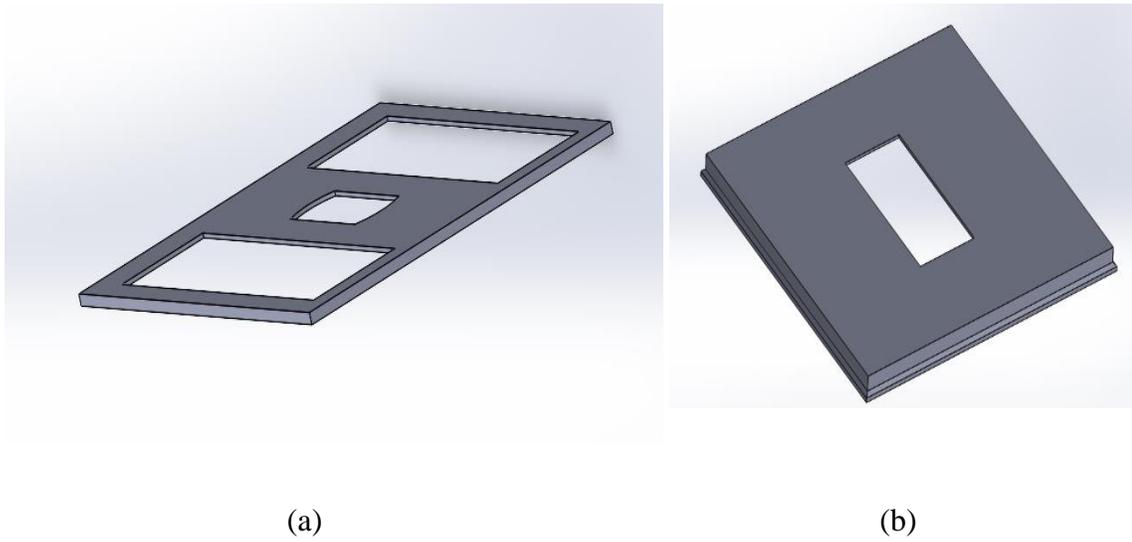
**Figura 35** Diagrama del sistema



### 3.2.8.2. Diseño de piezas

Comenzando con una propuesta preliminar las dimensiones de la caja son de 20cm de largo, ancho y alto externamente incluyendo el grosor del material. Cumpliéndose estas especificaciones se diseñan dos piezas superiores donde será colocado la iluminación y la cámara. Las dos piezas finalizadas se presentan en la Figura 36. Posterior a su diseño se procede a su materialización mediante un proceso de adición de material como lo es la impresión 3D.

**Figura 36** *Piezas para la colocación de iluminación y cámara*



*Nota:* En la Figura 36a se observa la pieza inferior diseñada para alojar la iluminación led y la cámara web. En la figura 36b se encuentra la tapa superior con la abertura para el ingreso de la cámara web.

### **3.2.8.3. Construcción de Caja**

La estructura se asemeja a una caja con dimensiones exteriores de 20cm para coincidir con las piezas diseñadas en la anterior sección como se observa en la Figura 37.

**Figura 37** *Caja de madera con fondo blanco*



#### 3.2.8.4. Montaje de Dispositivo

En el montaje del dispositivo se colocan las piezas como si de un rompecabezas se tratara. En una de las piezas como se observa en la Figura 38 se instala la iluminación led en tira al contorno de las perforaciones de la pieza.

**Figura 38** *Colocación de la tira led en la pieza impresa*



Posterior a esto se ensamblan todo el dispositivo como se observa en la Figura 39.

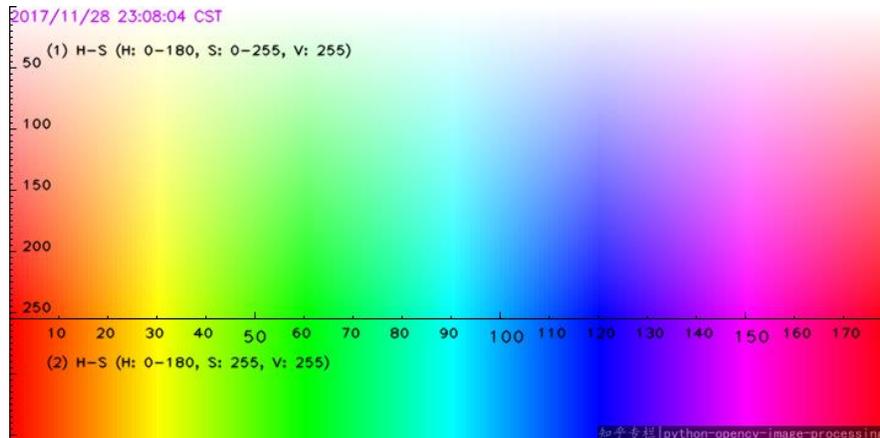
**Figura 39** *Montaje del Dispositivo de condiciones Controladas*



### 3.2.9. Calibración

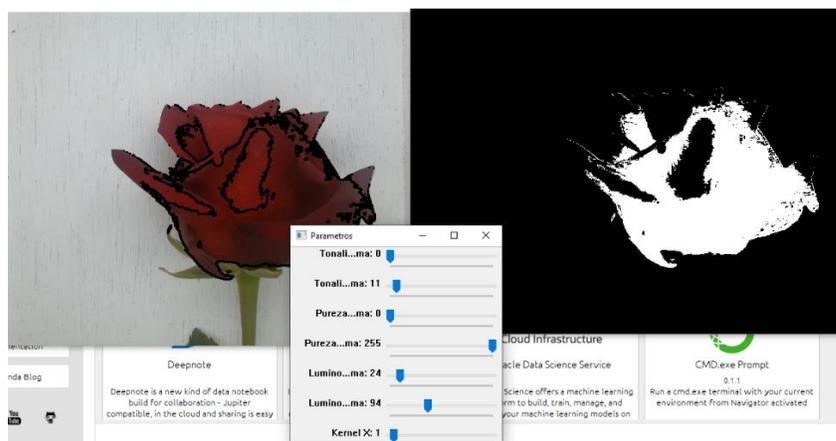
En la sección de la calibración se realiza diferentes pruebas basadas en el tono de color rojo de las rosas tipo Explorer en relación con la tabla de colores HSV que se observa en la Figura 40.

**Figura 40** Gráfica de la gama de colores HSV para la detección en OpenCV [48].



Mediante la generación de un código identificador de colores, el cual mediante varias sliders permite jugar con los valores hasta encontrar el umbral de color de la rosa lo más exacto posible, como se muestra en la Figura 41.

**Figura 41** Identificador de colores en HSV



Permitió concluir que en el ciclo de maduración de la rosa tipo “EXPLORER” presenta dos tonos predominantes como se observa en la Figura 42.

**Figura 42** Tonalidades de la rosa Tipo Explores



Después de realizar algunas pruebas de puede sintetizar los valores de color mediante una tabla en relación con el porcentaje de madurez, como se observa en la Tabla 10.

**Tabla 10** Tabla de Valores HSV de color para la madurez de la rosa

RANGOS DE COLOR HSV EQUIVALENTES AL PORCENTAJE DE MADUREZ		
Valor Inicial	Valor Final	TONOS
0, 82, 23	11, 194, 73	ROJO CLARO LEVEMENTE BRILLANTE
0, 179,61	11, 239, 97	ROJO OSCURO MATE

### 3.2.10. Funcionamiento del sistema

El funcionamiento del sistema de identificación se maneja mediante una interfaz dinámica y atractiva que facilita la selección a la que el usuario desea utilizar.

#### 3.2.10.1. Interfaz

La interfaz diseñada para este proyecto se presenta mediante tres ventanas. La primera ventana de ingreso y bienvenida que se observa en la Figura 43 muestra la información de presentación acompañada de tres botones:

Identificador: Al presionar este botón el sistema dirige a la función de Identificador de madurez mediante la cámara en vivo.

Características: Al seleccionar esta opción el sistema dirige a la función de características la captura y almacenamiento de imágenes.

Salir: Finalmente este botón permite cerrar la ventana en ejecución.

**Figura 43** Ventana de presentación y bienvenida del algoritmo.



Al ingresar a la función de identificador la interfaz cuenta con dos botones los cuales son: el botón regresar permite volver a la ventana principal para poder elegir otra función o salir de la interfaz y el botón iniciar el cual activa la cámara y a su vez corre el algoritmo de identificación de madurez. Al esta activo el sistema en la parte lateral derecha un recuadro que presenta el porcentaje de madurez de la rosa coloca. Finalmente, para salir se detiene el video mediante la tecla “s”. Adicionalmente, en la parte derecha cuenta con tablas que describen los porcentajes de madurez en base a parámetros analizados en cuento al tamaño y su color. Esta interfaz se observa en la Figura 44.

**Figura 44** Ventana del identificador de madurez mediante video



Al ingresar en la función de características de la Figura 45 se presenta una interfaz con tres botones en el lateral derecho que son: La opción guardar permite almacenar la fotografía identificada con anterioridad con el nombre “Numero de rosa analizada + Tipo de rosa mediante

tamaño + Porcentaje de Madurez.jpg ”, el botón iniciar activa la cámara, realiza una captura de una imagen, la analiza mediante el algoritmo de identificación y la presenta en la sección central; finalmente, el botón regresar permite volver a la ventana principal para navegar en otras opciones o cerrar la interfaz. En la parte superior derecha se presentan varios recuadros de texto, los cuales desde la parte superior presentan: un contador de rosas maduras como correctas o inmaduras como incorrectas, la información del tipo de la rosa, el valor de porcentaje de madurez y el tipo en cuanto a su tamaño analizado. En la parte izquierda se presentan tablas de información en base a los datos que se presentan en su contraparte, finalizando en un mensaje inferior en caso de existir un error o que se realizado correctamente el proceso.

**Figura 45** Ventana de las características de rosas mediante la captura imágenes

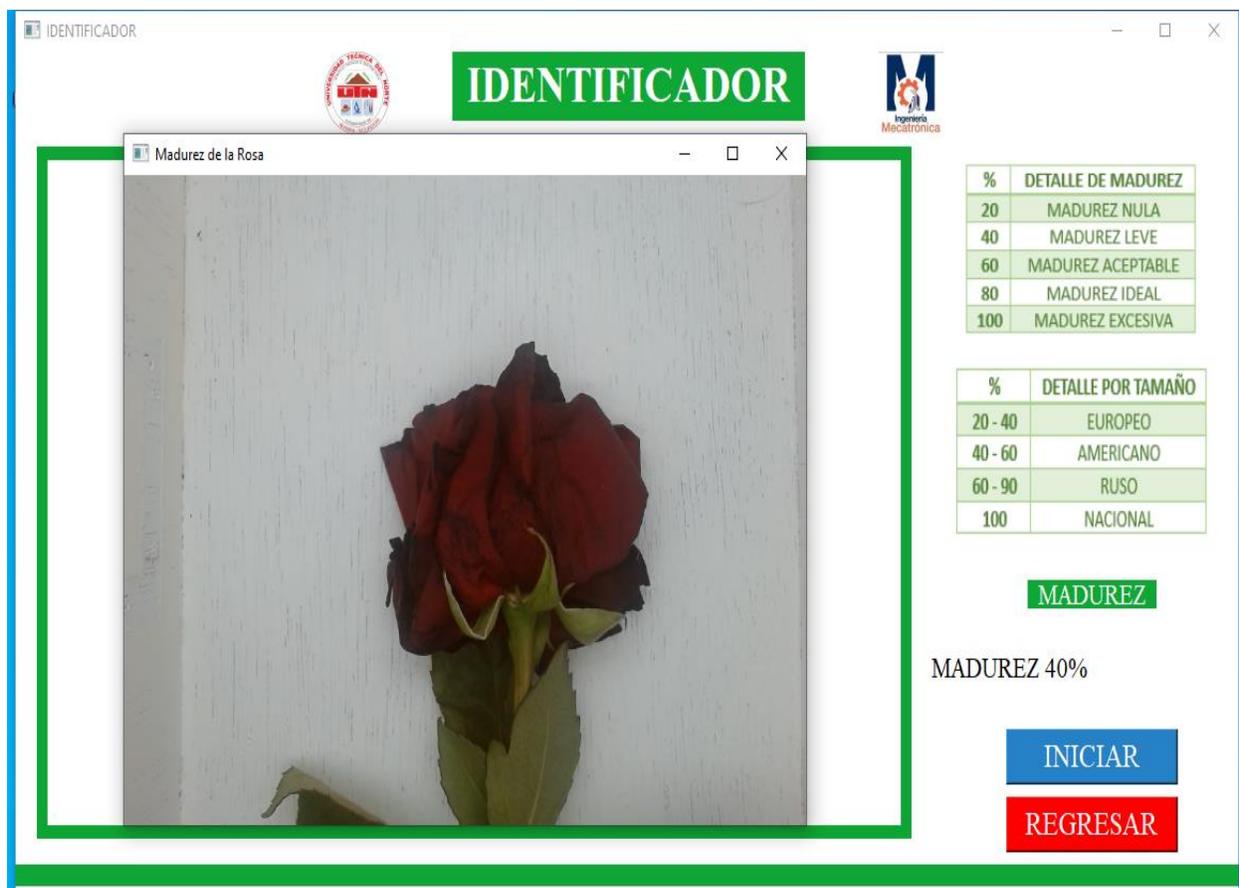


### 3.2.10.2. Identificación de Madurez.

En este apartado se presenta cada interfaz con la puesta en marcha del algoritmo de identificación de madurez.

En la Figura 46 se presenta la aplicación de la función de identificador con la presencia de una fotografía de una rosa madura en la cámara. En ella se observa cómo se identifica como rosa madura aumentando el contador del lateral.

**Figura 46** Ejemplo de la función identificador



En la Figura 47 se observa la puesta en marcha del algoritmo mediante la carga de una imagen de una rosa madura, en la pestaña de características se presenta la información en la sección izquierda.

**Figura 47** Ejemplo de la función características



### 3.2.11. Funcionamiento del Sistema Optimizado

Después de pruebas y ajustes el algoritmo sufrió modificaciones dentro de su programación e interfaz mejorando la detección a partir de la identificación de la tonalidad roja característica de la roa tipo Explorer y su área en pixeles la cual permite una identificación mejor.

#### 3.2.11.1. Algoritmo

El algoritmo de visión artificial incorporo la aplicación de morfologías las mediante procesos matemáticos con matrices permiten mejorar la identificación de los contornos después de la aplicación de un filtro de color HSV. En la Figura 48 se observan dos imágenes: en la imagen de la izquierda se presenta la imagen con el filtro de color HSV para la identificación del tono

específico de la rosa. En la imagen de la derecha se aplica adicionalmente el filtro kernel para eliminar pequeñas áreas y detallar las áreas mayores por medio de los códigos:

```
fmaskt = cv2.morphologyEx(maskt, cv2.MORPH_OPEN, kernel)
```

```
fmaskt = cv2.morphologyEx(maskt, cv2.MORPH_CLOSE, kernel)
```

Posterior se aplica una dilatación para expandir y unir áreas levemente separadas con 5 iteraciones determinadas por prueba y error mediante la línea de código:

```
fmaskt = cv2.dilate(fmaskt, None, iterations=5)
```

**Figura 48** *Aplicación del Filtro de Color HSV y Morfologías*



(a)

(b)

*Nota:* La Figura 48a muestra la aplicación del filtro de segmentación por color mostrando las áreas que corresponden al color establecido. En la Figura 48b se muestra el filtro de la Figura 48a adicionando morfologías para extender el área detectada.

A partir de estas imágenes se puede identificar contornos y posteriormente áreas en píxeles que permiten clasificar su tamaño dependiendo del estado de madurez del botón. La Tabla 11 resume esta clasificación.

**Tabla 11** *Tabla de Valores de Áreas en Pixeles Correspondiente a su Maduración*

ÁREAS EN PÍXELES DE LOS BOTONES DE LAS ROSAS TIPO EXPLORER		
Valor Inicial	Valor Final	% De Maduración
6000	32000	20%
32000	42000	40%
42000	52000	60%
52000	58000	80%
58000		100%

### 3.2.11.2. Interfaz

En el apartado de la interfaz se purgo características y añadió elementos para tener una sola función mejorada. La ventana principal presenta solo dos botones: el botón de salir que cierra toda la interfaz y el botón de identificador que permite ingresar a la función de identificador en tiempo real, como se observa en la Figura 49.

**Figura 49** *Ventana Principal Optimizada*



En la ventana de identificador se implementaron tablas informativas con los rangos y los tipos según el porcentaje de madurez. En la parte superior se incorpora un contador dependiendo del porcentaje y en la parte derecha un total, siendo este la sumatoria de las anteriores. Presenta 3 cuadro de dialogo interactivo que cambian dependiendo la clasificación y finalmente un dos botones inferiores de regresar a la ventana principal y otro para iniciar el sistema. En la ventana donde se presenta la imagen de la webcam se dibuja un área de identificación restringida y al momento de identificar un rango específico se dibujan los botones y un texto indicando la madurez, estas características se observan en la Figura 50.

**Figura 50** Ventana del Identificador Optimizada



### 3.3. Validación

La validación y verificación del algoritmo se realizó mediante pruebas con una cantidad de 30 rosas dividido en dos procesos, el primero proceso verificó la identificación de rosas tipo Explorer en comparación de rosas de otra variedad y el segundo proceso la comparativa del

porcentaje especificado por cultivadores de rosas con más de 10 años de experiencia en contraste al algoritmo.

### 3.3.1. Validación del Tipo de Rosa

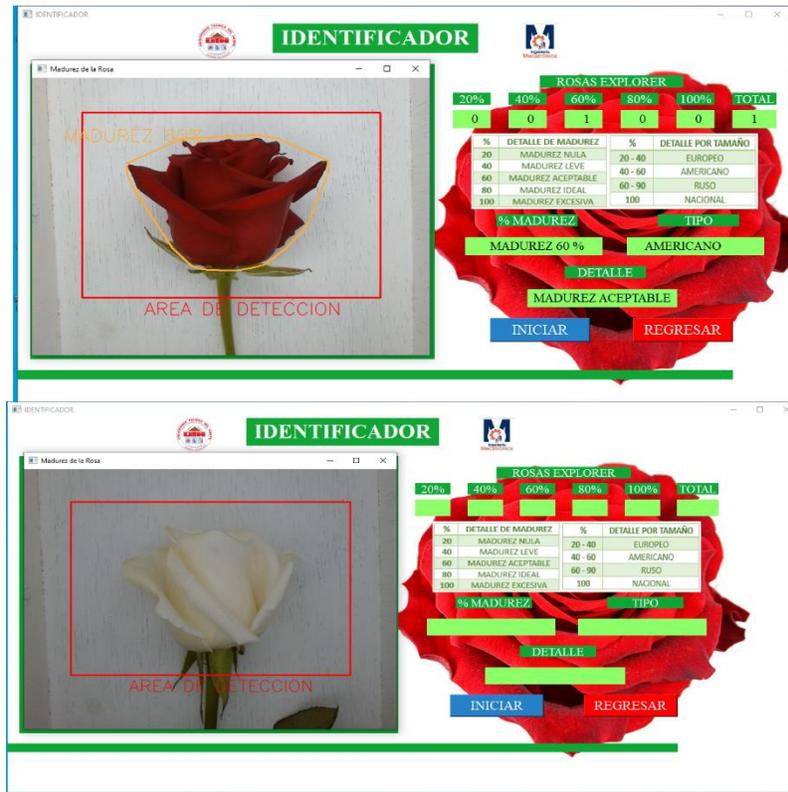
Con una muestra de 30 rosas de dos variedades, se realizó pruebas de identificación las cuales se resumen en la Tabla 12.

**Tabla 12** Identificación de Rosas Tipo Explorer

PRUEBA DE IDENTIFICACIÓN					
N°	ROSA	IDENTIFICADO	N°	ROSA	IDENTIFICADO
1	Explorer	SI	16	Explorer	SI
2	Explorer	SI	17	Playa Blanca	NO
3	Explorer	SI	18	Explorer	SI
4	Playa Blanca	NO	19	Explorer	SI
5	Explorer	SI	20	Playa Blanca	NO
6	Explorer	SI	21	Playa Blanca	NO
7	Explorer	SI	22	Explorer	SI
8	Playa Blanca	NO	23	Explorer	SI
9	Explorer	SI	24	Explorer	SI
10	Explorer	SI	25	Explorer	SI
11	Explorer	SI	26	Playa Blanca	NO
12	Explorer	SI	27	Explorer	SI
13	Explorer	SI	28	Playa Blanca	NO
14	Playa Blanca	NO	29	Explorer	SI
15	Playa Blanca	NO	30	Playa Blanca	NO

La prueba consistía en solo identificar rosas tipo Explorer validando los filtros de color implementados en el algoritmo de visión artificial. Durante las 30 colocaciones de rosas el algoritmo solo reconocía las rosas tipo Explorer como se puede visualizar en la Figura 51.

**Figura 51 Pruebas de Identificación de Rosas Tipo Explorer**



Mediante esta prueba, se verifica la identificación del tipo de rosas al 100%, esta identificación se realiza mediante el color, donde la información y contornos solo aparecen con una rosa Explorer.

### 3.3.2. Validación de la Madurez de la Rosa

Para la segunda prueba se verifico el porcentaje de madurez, donde se buscó comparar el porcentaje de madurez indicado por el productor donde se adquirieron las rosas con el porcentaje obtenido mediante el algoritmo de identificación de madurez. Para el criterio del productor es importante mencionar que su experiencia con las rosas sobrepasa los 10 años, además, al momento de analizar el porcentaje para cada rosa su análisis lo realizo con el tiempo que creía conveniente. De esta manera en la Tabla 13 se presentan el proceso de identificación para cada de las 30 rosas tipo Explorer.

**Tabla 13** *Identificación y Comparativa de Porcentajes de Madurez*

<b>PRUEBA DE PORCENTAJE DE MADUREZ</b>				
<b>N°</b>	<b>ROSA</b>	<b>DETALLE DE MADUREZ</b>	<b>PORCENTAJE DE MADUREZ POR EL ALGORITMO</b>	<b>PORCENTAJE DE MADUREZ DEL PRODUCTOR DE ROSAS</b>
1	Explorer	Madurez Nula	20%	15%
2	Explorer	Madurez Aceptable	60%	60%
3	Explorer	Madurez Aceptable	60%	50%
4	Explorer	Madurez Ideal	80%	70%
5	Explorer	Madurez Aceptable	60%	60%
6	Explorer	Madurez Ideal	80%	75%
7	Explorer	Madurez Aceptable	60%	60%
8	Explorer	Madurez Leve	40%	50%
9	Explorer	Madurez Ideal	80%	70%
10	Explorer	Madurez Aceptable	60%	50%
11	Explorer	Madurez Nula	20%	20%
12	Explorer	Madurez Excesiva	100%	90%
13	Explorer	Madurez Aceptable	60%	60%
14	Explorer	Madurez Excesiva	100%	100%
15	Explorer	Madurez Nula	20%	15%
16	Explorer	Madurez Aceptable	60%	50%
17	Explorer	Madurez Ideal	80%	70%
18	Explorer	Madurez Aceptable	60%	50%
19	Explorer	Madurez Aceptable	60%	55%
20	Explorer	Madurez Ideal	80%	80%
21	Explorer	Madurez Aceptable	60%	55%
22	Explorer	Madurez Leve	40%	40%
23	Explorer	Madurez Aceptable	60%	60%
24	Explorer	Madurez Nula	20%	20%
25	Explorer	Madurez Aceptable	60%	60%
26	Explorer	Madurez Ideal	80%	70%
27	Explorer	Madurez Excesiva	100%	90%
28	Explorer	Madurez Leve	40%	30%
29	Explorer	Madurez Ideal	80%	70%
30	Explorer	Madurez Aceptable	60%	60%

Mediante las pruebas se pudo evidenciar que hubo casos donde el porcentaje era exactamente el mismo y otros que diferían levemente, donde el porcentaje ofrecido por el

productor se detallaba con rangos más pequeños y el algoritmo con un rango mayor. Sin embargo, los valores generados por el algoritmo presentaban el rango que contenía al valor de madurez del productor, no existiendo en ningún caso ejemplos donde los rangos no coincidan o sean próximos.

Adicionalmente, después de analizar todas las rosas se obtuvo la cantidad de exacta de cada porcentaje de madurez como se observa en la Tabla 14 coincidiendo con los valores en la interfaz del algoritmo al finalizar el proceso de identificación que se muestra en la Figura 52

**Tabla 14** Resultados de la Cantidad de Rosas por Porcentaje de Madurez

RESULTADOS OBTENIDOS					
ROSA	DETALLE DE MADUREZ	PORCENTAJE DE MADUREZ	TOTAL	EQUIVALENTE	
Explorer	Madurez Nula	20%	4	13.33%	
Explorer	Madurez Leve	40%	3	10%	
Explorer	Madurez Aceptable	60%	13	43.33%	
Explorer	Madurez Ideal	80%	7	23.33%	
Explorer	Madurez Excesiva	100%	3	10%	
<b>ROSAS TOTALES</b>			<b>30</b>	<b>100%</b>	

**Figura 52** Interfaz Después del Proceso de Identificación



Mediante esta segunda prueba se pudo evidenciar la eficiencia del algoritmo teniendo una clasificación semejante a la realizada manualmente de manera más rápida, evitado pérdida de información o novedades en la contabilización.

Durante el desarrollo de las diferentes pruebas de identificación realizadas al algoritmo se tiene como:

Una identificación correcta, si el porcentaje de madurez brindada por el productor de rosas está dentro del rango de madurez otorgada por el algoritmo.

Ejemplo:      Porcentaje de madurez otorgador por el agricultor: 35%

Porcentaje de madurez otorgado por el algoritmo: 40%

Identificación: Correcta, porque se encuentra en el rango de 20% a 40%

Una identificación incorrecta, si el porcentaje de madurez brindada por el productor de rosas está fuera del rango de madurez otorgada por el algoritmo.

Ejemplo:      Porcentaje de madurez otorgador por el agricultor: 45% o 15%

Porcentaje de madurez otorgado por el algoritmo: 40%

Identificación: Incorrecta, porque se encuentra fuera del rango de 20% a 40%. En caso de ser 15% el algoritmo debería presentar el valor de 20% y en caso de ser 45% el algoritmo debe presentar el valor de 60%.

De esta manera, después de realizadas las pruebas y con la información registrada en la Tabla 13. Se realiza un cálculo para conocer la eficiencia en base a cuantas rosas fueron identificadas correctamente o incorrectamente como se observa en la Tabla 15. Obteniendo un porcentaje del 96.66% de eficiencia en la identificación de rosas tipo Explorer.

**Tabla 15** *Eficiencia de la Identificación de Madurez por el Algoritmo Desarrollado*

Muestras	30
Identificaciones Correctas	29
Identificaciones Incorrectas	1
Eficiencia de la Identificación de Madurez	96,66

Este sistema si bien fue implementado en una estructura estática donde el usuario debe ingresar la rosa a la cavidad para ser analizada, este mismo algoritmo puede implementarse en un sistema de banda transportadora donde la cantidad de rosas sea mayor y a una velocidad más alta para optimizar los procesos de selección.

## CONCLUSIONES

El análisis de información obtenida para el desarrollo del proyecto realizado con respecto a la rosas y sus tipos permitió establecer que las características físicas de cualquier variedad de rosa serían las pautas que el algoritmo debía identificar para establecer un porcentaje de madurez, estas características pueden ser: color, tamaño, largo, forma, aroma, cantidad de pétalos, etc.

Posterior al análisis de las características de las rosas tipo Explorer se estableció los aspectos de mayor importancia. En el caso de la rosa tipo Explorer su color rojo predominante y la relación del tamaño del botón con el porcentaje de madurez fueron las bases para la digitación de la propuesta de algoritmo propuesto mediante la aplicación de la visión artificial.

El algoritmo propuesto en este proyecto se instauró como una herramienta que potencia el proceso de selección de las rosas con un 96,66% de eficiencia en su identificación. Esta herramienta intuitiva se maneja mediante una interfaz donde la información del porcentaje de madurez y un contador de rosas la hace ideal como punto de partida para la aplicación de este y más sistemas en la mejora de la producción de rosas.

El algoritmo fue sometido a diferentes pruebas de validación con la ayuda de agricultores de rosas en la identificación de diferentes tipos de rosas, tamaños y formas donde la identificación mostro su total funcionamiento para rosas tipo Explorer, iniciando la idea de adaptar el algoritmo para más de un tipo de rosas.

## **RECOMENDACIONES**

La utilización de un hardware de altas prestaciones como una cámara de muy buena o alta resolución potencia los resultados en la aplicación de cualquier algoritmo de visión artificial.

Un ambiente controlado o un medio para aplicar la visión artificial permite recolectar información de gran cantidad de especímenes en las mismas condiciones y con ello generar una base de información para cada necesidad.

La aplicación de un algoritmo de visión artificial es recomendable enlazar con sistemas de actuadores o sistema adicionales que utilicen la información que obtienen mediante la aplicación de la identificación de madurez u otra característica.

## REFERENCIAS

- [1] K. Guallasamin Constante and D. Simón-Baile, “Huella de carbono del cultivo de rosas en Ecuador comparando dos metodologías: GHG Protocol vs. PAS 2050/ Carbon footprint of the cultivation of roses in Ecuador comparing two methodologies: GHG Protocol vs. PAS 2050,” *Let. Verdes. Rev. Latinoam. Estud. Socioambientales*, no. 24, pp. 27–56, 2018, doi: 10.17141/letrasverdes.24.2018.3091.
- [2] C. Benavides, M. Reinoso, and E. Estevez, “La influencia de los productos petroleros y no petroleros en la balanza comercial del Ecuador. Periodo 2014 - 2016,” *Neuropsychology*, vol. 3, no. 8, pp. 85–102, 2017, [Online]. Available: [http://clpsy.journals.pnu.ac.ir/article\\_3887.html](http://clpsy.journals.pnu.ac.ir/article_3887.html)
- [3] M. D. Bravo Trujillo and S. J. Flores Salazar, “Incidencia de la producción de rosas en el sector de Cayambe período 2000 – 2005,” 2010, Accessed: Oct. 25, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/1770>
- [4] J. Wladimir Yépez Suárez and T. Fernando Basantes Vizcaíno Msc, “Evaluación de la dinámica poblacional del ácaro (*tetranychus urticae*), en el cultivo de rosa (*Rosa SP*) en Mira, Carchi,” Jul. 2020, Accessed: Oct. 25, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10477>
- [5] S. Pavez, “Autores,” 2016.
- [6] G. Mosqueda, M. de L. Arévalo, G. Valdovinos, J. E. Rodríguez, and M. T. Colinas, “Época de corte y manejo poscosecha de ocho cultivares de rosa de corte,” *Rev. Mex. ciencias agrícolas*, vol. 2, no. SPE3, pp. 591–602, 2011, Accessed: Oct. 25, 2022. [Online]. Available: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-)

09342011000900015&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- [7] INFOAGRO, “El cultivo de la rosa,” 2018. [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_rosa.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_rosa.asp) (accessed Oct. 25, 2022).
- [8] E. Y. VIVEROS, “Variedades de rosas Ecuador Fincas de rosas,” 2018. <https://fincasderosas.com/variedades-de-rosas-ecuador/> (accessed Oct. 25, 2022).
- [9] F&R, “Rosa Explorer Ecuador Fincas de rosas,” 2018. <https://fincasderosas.com/rosas-frescas/rosa-explorer/> (accessed Oct. 25, 2022).
- [10] PORTAL FRUTICOLA, “Manual completo para cultivar rosas.,” 2018. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/03/19/manual-completo-para-cultivar-rosas-incluye-pdf/> (accessed Oct. 25, 2022).
- [11] TV AGRO, “Cultivo de Rosas para Exportación,” 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=1o0qS9muB0E&t=1174s> (accessed Oct. 25, 2022).
- [12] D. Escobar, “Diseño e implementación de una herramienta computacional para la identificación del estado de madurez de la granadilla mediante técnicas de visión artificial sobre un ordenador de placa reducida,” 2016.
- [13] J. Heredia, J. Rueda, and J. Ramírez, “Aplicación para estimar el nivel de madurez en las mazorcas de cacao haciendo uso de visión por computador y aprendizaje de máquina ‘DELECO,’” 2020.
- [14] A. Romero, A. Marín, and J. Jiménez, “Sistema de clasificación por visión artificial de mangos tipo Tommy,” 2014.
- [15] J. Ramos, “Algoritmo integrado con inteligencia Artificial apoyado en mano robótica para

- el reconocimiento de la madurez del tomate,” 2020.
- [16] R. Maluenda, “Qué es un algoritmo informático: características, tipos y ejemplos,” 2021.  
<https://profile.es/blog/que-es-un-algoritmo-informatico/>
- [17] Profile, “Qué es un algoritmo informático: características, tipos y ejemplos,” 2021.
- [18] Ministerio de Educación del Gobierno de España, “Aplicación práctica de la visión artificial en el control de procesos industriales,” in *Visión Artificial*, 2012.
- [19] D. Beltran, “Automatización en la Agricultura: un caso de aplicación de la visión artificial,” 2011.
- [20] C. Russo, “Visión artificial aplicada en agricultura de precisión,” *XXI Work. Investig. en Ciencias la Comput. (WICC 2019)*, 2018, Accessed: Oct. 25, 2022. [Online]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68308>
- [21] R. Salazar, “Ciclo general de la agricultura de precisión,” 2019.  
[https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Ciclo-general-de-la-agricultura-de-precision-13\\_fig3\\_340183944](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Ciclo-general-de-la-agricultura-de-precision-13_fig3_340183944) (accessed Nov. 17, 2022).
- [22] E. García and F. Flego, “Agricultura de Precisión,” 2019.
- [23] E. Maduell, “Visión artificial,” 2018.
- [24] PROGRAMMERCLICK, “python opencv ajusta el brillo y el contraste de la imagen,” 2020.  
<https://programmerclick.com/article/32031894698/> (accessed Oct. 26, 2022).
- [25] Á. Gonzalo, “Segmentación utilizando K-means en Python,” 2018.  
<https://machinelearningparatodos.com/segmentacion-utilizando-k-means-en-python/>  
(accessed Oct. 26, 2022).

- [26] R. Gonzalez, “Umbralización de una imagen,” 2018.
- [27] T. y A. Departamento de Ingeniería electrónica, “Detección de bordes en una imagen,” 2018.
- [28] P. Gil, F. Torres, and F. Ortiz, “DETECCIÓN DE OBJETOS POR SEGMENTACIÓN MULTINIVEL COMBINADA DE ESPACIOS DE COLOR,” 2020.
- [29] J. López, J. Durante, and J. Trabadela, “Fotografía digital,” 2014. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oU\\_kBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT10&dq=fotografía+digital&ots=GALU3DOLZ\\_&sig=gz4vxEV\\_2BiwhayMPaf8Y0ncHfU#v=onepage&q=fotografía+digital&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oU_kBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT10&dq=fotografía+digital&ots=GALU3DOLZ_&sig=gz4vxEV_2BiwhayMPaf8Y0ncHfU#v=onepage&q=fotografía+digital&f=false) (accessed Oct. 25, 2022).
- [30] G. S. Bennabhaktula, E. Alegre, D. Karastoyanova, and G. Azzopardi, “Camera model identification based on forensic traces extracted from homogeneous patches,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 206, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.ESWA.2022.117769.
- [31] N. Fernández, “Introducción a la Visión Artificial,” in *Visión Artificial Avanzada*, vol. 1, 2018.
- [32] S. Shafer, *Using color to separate reflection components*. 1984.
- [33] Clearview, “Vision Artificial: Una guía introductoria,” 2018. [https://www.clearview-imaging.com/es/vision-artificial-y-aplicaciones-automatizacion-industrial?\\_\\_hstc=110476506.47018913f8d903002aeb1d8812bb99e6.1666729504721.1666729504721.1666754760308.2&\\_\\_hssc=110476506.1.1666754760308&\\_\\_hsfp=2091130386](https://www.clearview-imaging.com/es/vision-artificial-y-aplicaciones-automatizacion-industrial?__hstc=110476506.47018913f8d903002aeb1d8812bb99e6.1666729504721.1666729504721.1666754760308.2&__hssc=110476506.1.1666754760308&__hsfp=2091130386) (accessed Oct. 25, 2022).
- [34] BNC VISION, “Sistemas de iluminación para aplicaciones de visión artificial,” 2017.

- <https://www.bcnvision.es/blog-vision-artificial/iluminacion-vision-artificial2/> (accessed Oct. 25, 2022).
- [35] Ministerio de Educación del Gobierno de España, “Aplicación práctica de la visión artificial en el control de procesos industriales Conocimientos básicos de visión artificial,” pp. 1–28, 2012.
- [36] A. Nogué and J. Antiga, “La iluminación en la visión artificial,” 2012.
- [37] D. Cosijo, “Arquitectura Embebida,” 2020.
- [38] Chetu, “Soluciones de Software para la Agricultura,” 2022.
- [39] I. Pérez, Y. Díaz, and A. Becerra, “El lenguaje de programación Python,” 2014, Accessed: Oct. 25, 2022. [Online]. Available: <http://www.linuxjournal.com/article/2959>
- [40] A. Ognio, “¿Por qué Python?,” 2009.
- [41] Aprende con Alf, “La librería Numpy,” 2022. <https://aprendeconalf.es/docencia/python/manual/numpy/> (accessed Oct. 25, 2022).
- [42] V. Arévalo, J. Gonzáles, and G. Ambrosio, “LA LIBRERÍA DE VISIÓN ARTIFICIAL OPENCV APLICACIÓN A LA DOCENCIA E INVESTIGACIÓN,” 2018, Accessed: Oct. 25, 2022. [Online]. Available: [www.sourceforge.net](http://www.sourceforge.net)
- [43] R. Hernández, C. Fernández, and P. Baptista, “Metodología de la Investigación,” 1997.
- [44] S. Laoyan, “Qué es la metodología waterfall y cuándo utilizarla,” 2022.
- [45] LOGITECH, “Cámara web HD PRO Logitech C920,” 2022. <https://www.logitech.com/es-es/products/webcams/c920-pro-hd-webcam.960-001055.html> (accessed Jan. 01, 2023).

- [46] MERCADOLIBRE, “Tiras Led Control Remoto,” 2023. <https://listado.mercadolibre.com.ec/hogar-muebles-jardin-iluminacion/tiras-led-control-remoto> (accessed Feb. 27, 2023).
- [47] HARDZONE, “Tipos de filamento para impresora 3D: usos y características,” 2023. <https://hardzone.es/tutoriales/rendimiento/filamento-impresora-3d/> (accessed Feb. 27, 2023).
- [48] OMES, “Detección de colores en OpenCV - Python,” 2019. <https://omes-va.com/deteccion-de-colores/> (accessed Jan. 01, 2023).

## ANEXOS

### ANEXO 1 Código de Identificador de Colores en HSV

```
import numpy as np
import cv2

def nada(X):
    pass

cv2.namedWindow('Parametros')
cv2.createTrackbar('Tonalidad Minima', 'Parametros', 0, 179, nada)
cv2.createTrackbar('Tonalidad Maxima', 'Parametros', 0, 179, nada) #H
cv2.createTrackbar('Pureza Minima', 'Parametros', 0, 255, nada)
cv2.createTrackbar('Pureza Maxima', 'Parametros', 0, 255, nada) #S
cv2.createTrackbar('Luminosidad Minima', 'Parametros', 0, 255, nada)
cv2.createTrackbar('Luminosidad Maxima', 'Parametros', 0, 255, nada) #V
cv2.createTrackbar('Kernel X', 'Parametros', 1, 30, nada)
cv2.createTrackbar('Kernel Y', 'Parametros', 1, 30, nada) #Filtro Kernel

#Crear el video
cap = cv2.VideoCapture(1)

while(1):
    ret,frame = cap.read()

    if ret:
        hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)
        Tmin = cv2.getTrackbarPos('Tonalidad Minima','Parametros')
        Tmax = cv2.getTrackbarPos('Tonalidad Maxima','Parametros')
        Pmin = cv2.getTrackbarPos('Pureza Minima','Parametros')
        Pmax = cv2.getTrackbarPos('Pureza Maxima','Parametros')
        Lmin = cv2.getTrackbarPos('Luminosidad Minima','Parametros')
        Lmax = cv2.getTrackbarPos('Luminosidad Maxima','Parametros')

        color_oscuero = np.array([Tmin, Pmin, Lmin])
```

```

color_brilla = np.array([Tmax, Pmax, Lmax])

mascara = cv2.inRange(hsv, color_oscuero, color_brilla)

kernelx = cv2.getTrackbarPos('Kernel X', 'Parametros')
kernely = cv2.getTrackbarPos('Kernel Y', 'Parametros')

kernel = np.ones((kernelx, kernely), np.uint8)
mascara = cv2.morphologyEx(mascara, cv2.MORPH_CLOSE, kernel)
mascara = cv2.morphologyEx(mascara, cv2.MORPH_OPEN, kernel)

contornos, _ = cv2.findContours(mascara, cv2.RETR_LIST, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
cv2.drawContours(frame, contornos, -1, (0, 0, 0), 2)

cv2.imshow("Camara", frame)
cv2.imshow("Mascara", mascara)

if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('s'):
    break
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```



```

super(VentanaMenu, self).__init__()

loadUi('Pantalla Principal_V1.ui', self)

self.irisidentificador.clicked.connect(self.abrirVentanaIdentificador)

self.salir.clicked.connect(self.salirVentana)

global madurez

madurez = ""

global tipo

tipo = ""

global detalle

detalle = ""

def abrirVentanaIdentificador(self):

    self.hide()

    otraventana = VentanaIdentificador(self)

    otraventana.show()

def salirVentana(self):

    self.close()

class VentanaIdentificador(QMainWindow):

def __init__(self, parent=None):

    super(VentanaIdentificador, self).__init__(parent)

    loadUi('Identificador_V4.ui', self)

    self.salirident.clicked.connect(self.AbrirVentanaMenu)

    self.iniciariden.clicked.connect(self.IniciarIden)

def IniciarIden(self):

    "Lectura desde la cámara"

```

```
cap = cv2.VideoCapture(0)

"Variables Globales"

global tallos

global madurez

global tipo

global detalle

global c20

#c20 = 0

global c40

#c40 = 0

global c40

#c40 = 0

global c60

#c60 = 0

global c80

#c80 = 0

global c100

#c100 = 0

"Contadores"

cc1 = 0

cc2 = 0

cc3 = 0

cc4 = 0

cc5 = 0

"Algoritmo de sustracción de fondo"

kernel = cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_ELLIPSE, (3,3))

"Límite de color rojo oscuro mínimo"

rbb = np.array([0,82,23],np.uint8)
```

```

"Límite de color rojo oscuro máximo"

rba = np.array([11,194,73],np.uint8)

"Límite de color rojo claro mínimo"

rab = np.array([0,179,61],np.uint8)

"Límite de color rojo claro máximo"

raa = np.array([11,239,97],np.uint8)

"Variable area"

area = 0

"Fuente del texto"

font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX #Tipo de Letra

"Ciclo de lectura de la cámara"

while True:

    "Lectura de los frames de la cámara"

    ret,frame = cap.read()

    if ret==True:

        "Especificación de los puntos de analisis"

        area_pts = np.array([[80,60],[frame.shape[1]-80,60], [frame.shape[1]-80,380], [80,380]])

        "Generar área de detección"

        imaux = np.zeros(shape=(frame.shape[:2]), dtype=np.uint8)

        imaux = cv2.drawContours(imaux, [area_pts], -1, (255), -1)

        image_area = cv2.bitwise_and(frame, frame, mask=imaux)

        cv2.drawContours(frame, [area_pts], -1,(0,0,255),2)

        cv2.putText(frame,'AREA DE DETECCION',(180,410), font, 1,(0,0,255),1,cv2.LINE_AA)

        "Conversión BGR a HSV"

        frameHSV = cv2.cvtColor(image_area,cv2.COLOR_BGR2HSV)

        "Máscara del rojo más oscuro"

        maskb = cv2.inRange(frameHSV,rbb,rba)

        "Máscara del rojo más claro"

```

```

maska = cv2.inRange(frameHSV,rab,raa)

"Unir de máscras"

maskt = cv2.add(maskb, maska)

"Aplicamos morfologías"

fmaskt = cv2.morphologyEx(maskt, cv2.MORPH_OPEN, kernel)

fmaskt = cv2.morphologyEx(maskt, cv2.MORPH_CLOSE, kernel)

fmaskt = cv2.dilate(fmaskt, None, iterations=5)

"Busqueda de contornos con la máscara"

contornos,_ = cv2.findContours(fmaskt, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

if not contornos:

    area = 0

for c in contornos:

    "Sacar área de los contornos"

    area = cv2.contourArea(c)

    print("Area Inicial")

    print(area)

print("Area Fuera del for")

print(area)

if area < 6000:

    cc1 = 0

    cc2 = 0

    cc3 = 0

    cc4 = 0

    cc5 = 0

```

"Comparativa para la sección de 20% de madurez por medio del área"

if area > 6000 and area < 32000:

"Filtro para mejorar contornos"

Ncontornos = cv2.convexHull(c)

"Dibujar los contornos"

cv2.drawContours(frame, [Ncontornos], -1, (120,255,0), 2)

"Colocar Texto"

cv2.putText(frame,'MADUREZ 20%',(50,50), font, 1,(120,255,0),1,cv2.LINE\_AA)

"Imprimir el área"

print(area)

"características"

madurez = 20

detalle = 'MADUREZ BAJA'

tipo = 'EUROPEO'

if cc1 == 40:

    c20 += 1

    cc1 = 0

cc1 += 1

"Comparativa para la sección de 40% de madurez por medio del área"

if area > 32000 and area < 42000:

"Filtro para mejorar contornos"

Ncontornos = cv2.convexHull(c)

"Dibujar los contornos"

cv2.drawContours(frame, [Ncontornos], -1, (10,255,200), 2)

"Colocar Texto"

cv2.putText(frame,'MADUREZ 40%',(50,80), font, 1,(10,255,200),1,cv2.LINE\_AA)

"Imprimir el área"

```

print(area)

"características"

madurez = 40

detalle = 'MADUREZ LEVE'

tipo = 'EUROPEO'

if cc2 == 40:

    c40 += 1

    cc2 = 0

cc2 += 1

"Comparativa para la sección de 60% de madurez por medio del área"

if area > 42000 and area < 52000:

    "Filtro para mejorar contornos"

    Ncontornos = cv2.convexHull(c)

    "Dibujar los contornos"

    cv2.drawContours(frame, [Ncontornos], -1, (50,170,255), 2)

    "Colocar Texto"

    cv2.putText(frame,'MADUREZ 60%',(50,110), font, 1,(50,170,255),1,cv2.LINE_AA)

    "Imprimir el área"

    print(area)

    "características"

    madurez = 60

    detalle = 'MADUREZ ACEPTABLE'

    tipo = 'AMERICANO'

    if cc3 == 40:

        c60 += 1

        cc3 = 0

    cc3 += 1

```

"Comparativa para la sección de 80% de madurez por medio del área"

if area > 52000 and area < 58000:

"Filtro para mejorar contornos"

Ncontornos = cv2.convexHull(c)

"Dibujar los contornos"

cv2.drawContours(frame, [Ncontornos], -1, (40,10,255), 2)

"Colocar Texto"

cv2.putText(frame,'MADUREZ 80%',(50,140), font, 1,(40,10,255),1,cv2.LINE\_AA)

"Imprimir el área"

print(area)

"características"

madurez = 80

detalle = 'MADUREZ IDEAL'

tipo = 'RUSO'

if cc4 == 40:

    c80 += 1

    cc4 = 0

cc4 += 1

"Comparativa para la sección de 100% de madurez por medio del área"

if area > 58000:

"Filtro para mejorar contornos"

Ncontornos = cv2.convexHull(c)

"Dibujar los contornos"

cv2.drawContours(frame, [Ncontornos], -1, (40,10,255), 2)

"Colocar Texto"

cv2.putText(frame,'MADUREZ 100%',(50,170), font, 1,(40,10,255),1,cv2.LINE\_AA)

```

"Imprimir el área"

print(area)

"características"

madurez = 100

detalle = 'MADUREZ EXCESIVA'

tipo = 'NACIONAL'

if cc5 == 40:

    c100 += 1

    cc5 = 0

    cc5 += 1

total = c20 + c40 + c60 + c80 + c100

"Imprimir valores"

if area > 6000:

    self.madureziden.setText('    MADUREZ ' + str(madurez) + ' %')

    self.tipoiden.setText('    ' + tipo)

    self.detalleiden.setText(' ' + detalle)

    self.rosa20.setText('    ' + str(c20))

    self.rosa40.setText('    ' + str(c40))

    self.rosa60.setText('    ' + str(c60))

    self.rosa80.setText('    ' + str(c80))

    self.rosa100.setText('    ' + str(c100))

    self.total.setText('    ' + str(total))

if area == 0:

    self.madureziden.setText('    ')

    self.tipoiden.setText('    ')

```

```

        self.detalleiden.setText(' ')

"Ver si la matriz tiene un valor de cero"

#vacio = any(0 in sub for sub in maskt)

#if vacio == True:

# cv2.putText(frame,'DETECTA',(50,170), font, 1,(40,10,255),1,cv2.LINE_AA)

"Mostrar"

cv2.imshow('Madurez de la Rosa',frame)

#cv2.imshow('Area de Deteccion',maskt)

#cv2.imshow('Morfologias',fmaskt)

"Tecla de salida"

if cv2.waitKey(70) & 0xFF == ord('s'):

    break

"Finalizar cámara"

cap.release()

def AbrirVentanaMenu(self):

    cv2.destroyAllWindows('Madurez de la Rosa')

    self.parent().show()

    self.close()

app = QApplication(sys.argv)

main = VentanaMenu()

main.show()

sys.exit(app.exec_())

```