

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE ROSAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA EMPRESA *BOSQUEFLOWERS*

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y CONTROL

VILMA JANNETH BONILLA SALAZAR  
([vilma\\_jbsm@hotmail.com](mailto:vilma_jbsm@hotmail.com))

STALIN MARCELO HIDROBO PROAÑO  
([marcelo\\_678@yahoo.es](mailto:marcelo_678@yahoo.es))

DIRECTOR: DR. JORGE ANDRÉS ROSALES ACOSTA  
([andres.rosales@epn.edu.ec](mailto:andres.rosales@epn.edu.ec))

Quito, Abril 2014

## DECLARACIÓN

Nosotros, Vilma Janneth Bonilla Salazar y Stalin Marcelo Hidrobo Proaño, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Vilma Janneth Bonilla Salazar

---

Stalin Marcelo Hidrobo Proaño

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Vilma Janneth Bonilla Salazar y Stalin Marcelo Hidrobo Proaño, bajo mi supervisión.

---

**Dr. Andrés Rosales**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

### **Vilma Bonilla**

Gracias a Dios por darnos la vida y sus bendiciones todos los días, para poder realizar este proyecto y seguir adelante.

A mis padres Clara y Carlos por su apoyo en todo sentido y en todo momento, a mis hermanos Galo, Roberto y Mauricio.

A nuestra primera directora Ing. Anita Cabrera por el apoyo en los primeros momentos de este proyecto.

Al Dr. Andrés Rosales por darnos su apoyo incondicional durante todo este tiempo.

A todos quienes estuvieron ahí para brindarme su apoyo, amigos, amigas, vecinos y demás familiares.

A Andrés A. por apoyarme en todo momento y darme fuerzas.

A mi compañero Stalin, por ser un buen amigo y compartir sus conocimientos para realizar este proyecto, y por toda la paciencia.

A Doña Sory por la ayuda brindada todo el tiempo.

### **Stalin Hidrobo**

Para llegar a este punto de presentar el proyecto de titulación varias personas naturales y organismos han influido directa o indirectamente aportando de diferente forma en los momentos más críticos, así como en los momentos en que el proyecto empezó a caminar, entre los que se deben mencionar

A mis padres Fabián y Patricia por haber sido un sustento tanto económico como moral y afectivo durante el transcurso de mi vida estudiantil.

A la Ing. Anita Cabrera por haberme dado el puntapié inicial en este proyecto, con su ayuda se pudo direccionar este.

Mis tíos Soledad y Robín que a más de facilitarme durante toda mi vida estudiantil los elementos electrónicos, me dieron la oportunidad de trabajar con ellos.

A mis amigos y compañeros de la facultad (eléctrica, redes, tele, control) con los cuales he vivido innumerables experiencias de vida tanto buenas como malas. Para evitar omisiones involuntarias prefiero no nombrarlos, pero estén donde estén ellos saben a quiénes me refiero.

A Braulio, Jorge Suarez, mis amigos cercanos en la poli que siempre estuvieron pendientes de este proyecto y de mí.

A mi hermana Silvana por haberme soportado todo este tiempo mis locuras y haberme ayudado en innumerables ocasiones.

A mi casi hermano Juanki que siempre ha estado conmigo desde el colegio.

A Wilson, por sus tutorías y ayuda en el momento más difícil cuando parecía que esto no prosperaba estuvo ahí para salir adelante, más que un compañero actuó como un verdadero amigo estando en las malas.

A mis infaltables amigos Galito, Christian M, Christian P, Paty, Adreita, Nim, Santy, que colaboraron con su permanente insistencia en que termine el proyecto.

A Vilma mi compañera de tesis por soportarme todo este tiempo.

A la empresa BosqueFlowers por haberme permitido desarrollar la tesis en sus instalaciones.

## **DEDICATORIA**

### **Vilma Bonilla**

A mi madre Clara Salazar por apoyarme en todo momento y ser mi fortaleza desde siempre.

A mi familia por estar siempre preocupada.

A mis maestros y amigos quienes forman parte de mi vida estudiantil.

### **Stalin Hidrobo**

Es mi deseo como sencillo gesto dedicar esta tesis a:

A Fabián, mi padre, que con su ejemplo de constancia, perseverancia, honradez, humildad y generosidad me ha demostrado que se puede llegar a cumplir las metas que uno se proponga.

A Anita, además de recordarme que en el medio politécnico todavía existen personas empáticas con los problemas que rodean a la sociedad y que se puede hacer algo aunque sea pequeño para mejorar la situación. Más que una maestra le considero una amiga.

A toda mi familia que bien o mal siempre creyeron y siguen creyendo y confiando en mí.

# CONTENIDO

<b>CONTENIDO.....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>III</b>
<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 VARIEDADES DE FLORES QUE ECUADOR EXPORTA .....	3
1.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ROSAS .....	5
1.3.1 TERMINOS UTILIZADOS.....	5
1.3.2 PREPARACIÓN DEL SUELO.....	6
1.3.3 ILUMINACIÓN DEL ROSAL .....	6
1.3.4 PROCESO DE POST COSECHA.....	6
1.4 VISIÓN ARTIFICIAL INDUSTRIAL .....	7
1.4.1 DEFINICIONES BÁSICAS .....	9
1.4.2 FUNCIONES DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL.....	9
1.4.3 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL.....	10
1.4.4 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES .....	17
1.4.5 ESPACIOS DE COLORES.....	20
1.5 SOFTWARE UTILIZADO .....	21
1.5.1 LIBRERÍAS AUXILIARES UTILIZADAS.....	21
1.5.2 MÉTODOS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE OPENCV.....	24
1.5.3 ISPSOFT .....	32
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>35</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE.....</b>	<b>35</b>
2.1 PARTES CONSTITUTIVAS .....	35
2.2 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS .....	36
2.2.1 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	36
2.2.2 PLC DELTA DVP10SX.....	38
2.2.3 MOTOR TRIFÁSICO .....	39
2.2.4 CAJA REDUCTORA .....	39
2.2.5 TRANSFORMADOR MONOFÁSICO .....	40
2.2.6 FUENTES DE PODER.....	40
2.2.7 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA .....	40
2.2.8 CÁMARA.....	40
2.2.9 SENSORES UTILIZADOS.....	41
2.3 DESCRIPCIÓN DE CIRCUITOS .....	42

2.3.1 CIRCUITO DE ACOPLAMIENTO DC- AC.....	42
2.3.2 CIRCUITO COMPARADOR DE SENSORES INFRARROJOS.....	43
2.3.3 CIRCUITO ACOPLAMIENTO 5V – 24V.....	43
2.3.4 CIRCUITO CONTROL DE MOTOR DC.....	44
2.3.5 CONEXIONES AL PLC.....	44
2.4 DESCRIPCIÓN DE LA PARTE MECÁNICA.....	45
2.5 ANÁLISIS DE COSTOS.....	46
2.5.1 COSTOS DIRECTOS.....	46
2.5.2 COSTOS INDIRECTOS.....	47
2.5.3 COSTO TOTAL DEL MÓDULO.....	47
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>49</b>
<b>DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA EL SISTEMA.....</b>	<b>49</b>
3.1 INTRODUCCIÓN.....	49
3.2 PROGRAMAS DESARROLLADOS EN VISUAL C#.....	50
3.2.1 MENU PRICIPAL.....	50
3.2.2 CONEXIÓN PLC-PC.....	53
3.2.3 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.....	57
3.2.4 REGISTRO DE DATOS.....	69
3.3 PROGRAMA DESARROLLADO EN ISPSOFT.....	69
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>73</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>73</b>
4.1 PRUEBA SISTEMA DE ENCENDIDO.....	73
4.2 PRUEBA SISTEMA DE SENSADO.....	75
4.3 PRUEBA SISTEMA DE CLASIFICACIÓN.....	78
4.4 PRUEBA PROCESAMIENTO DE IMÁGENES.....	79
4.4.1 ADQUISICION DE IMÁGENES.....	79
4.4.2 PROCESAMIENTO.....	80
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>85</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>85</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	85
5.2 RECOMENDACIONES.....	87
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>89</b>

## ANEXOS



## RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolla un módulo de clasificación de rosas tomando en cuenta ciertos parámetros de calidad que exige la empresa como son largos del tallo y tamaño del botón, este proyecto se lo realiza con la ayuda de una cámara, un PLC Delta y Visual Studio.net.

El sistema consta de tres etapas, como son: recepción se coloca una flor en cada gancho que posee la cadena. Adquisición es el encargado de realizar el procesamiento de la imagen del botón de la rosa donde se tiene la imagen de una flor la cual sirve para que identifique la rosa al momento de pasar por la cámara. La longitud del tallo se obtiene a través de sensores infrarrojos, los cuales envían los datos al PLC. La clasificación se realiza con un mecanismo semejante al de una impresora, es decir, con un carro que se desplaza a lo largo de las cinco ranuras de clasificación de las que consta el módulo.

La interfaz desarrollada en Visual C# consta de cuatro pantallas. En la ventana principal se encuentran datos generales, en procesamiento se hace el análisis del botón, en el control del PLC se muestra los pulsadores y estado de la comunicación entre el computador y el PLC, registros, también se cuenta con una pestaña que permite cambiar de usuario, y si desea se puede cambiar la clave, las cuales se encuentran guardadas en una base de datos en MS Access. La programación del PLC se desarrolló en ISPSoft, software compatible con la marca Delta. El módulo se puede controlar de forma local por medio de la botonera que se encuentra cerca del operador y de forma remota mediante la pantalla de control del PLC, también se muestra el estado de los sensores infrarrojos.

Los procesos que realiza el sistema son en tiempo real, la confiabilidad del mismo es de un 80%.

El proyecto cumplió con los objetivos propuestos como son clasificación por largo de tallo, discriminación por tamaño del botón mediante visión artificial y un HMI amigable.

## PRESENTACIÓN

Al ser Ecuador un país que exporta gran cantidad de flores al exterior, las cuales son de alta calidad, este proyecto pretende automatizar la clasificación de rosas para que cumplan las exigencias de la empresa.

Cada etapa del módulo contribuye para que el método de clasificado se realice de manera correcta, es decir, tamaño del botón y largo del tallo. Una de las partes más importantes es la visión artificial, ya que es la encargada de verificar el buen estado del botón.

En el Primer capítulo, se expone una introducción sobre la exportación de rosas, procesos de producción, tratamientos en cuartos de postcosecha, una descripción de visión artificial, elementos, aplicaciones y un detalle de los algoritmos de procesamiento de imágenes utilizados en el presente proyecto.

El Segundo capítulo, contiene el diseño y construcción del módulo y una breve descripción de los elementos que forman parte del módulo tanto en la parte electrónica como la mecánica; se tienen los circuitos de control así como de fuerza con su respectiva función en cada una de las etapas. Se incluye también un listado de costos.

El Tercer capítulo, describe todo lo referente a programación tanto el HMI y visión artificial como el programa que se encuentra en el PLC, también se encuentran los diagramas que describen todos los procesos que realiza el módulo.

El Cuarto capítulo, se refiere a las diferentes pruebas realizadas y a los resultados obtenidos para el correcto funcionamiento del módulo.

En el Quinto capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido después de haber realizado el presente proyecto.

Finalmente, se incluye los anexos que contienen: Descripción de las librerías que se utilizan, el diseño de los circuitos utilizados y un ejemplo de cómo hacer la comunicación serial PC-PLC.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años la exportación de rosas se ha convertido en una actividad que ha generado ingresos considerables para nuestro país (728 millones de dólares en 2012) [1], se genera empleo para muchas personas, ya sea directa o indirectamente (120 000 plazas según INEC) [1], puesto que en la producción intervienen varias personas como son ingenieros, agrónomos, agricultores, administradores, contadores, transportistas, etc. Este negocio se ha convertido en un sustento para varias familias y por tanto, favorece a la economía del país.

Durante los procesos se trata de optimizar las tareas, por lo que se va automatizando todos los subprocesos posibles, esto según las posibilidades de la empresa; en este caso la empresa **BOSQUEFLOWERS** es una empresa pequeña puesto que cuenta con 40 empleados [2], y este proyecto de optimización, con el cual empezará, será el control de calidad, con lo cual se pretende minimizar los tiempos de inspección.

Las fincas de nuestro país se dedican también a producir, aparte de rosas, claveles, alstroemerias, crisantemos, cartuchos y otras flores, pero en menor cantidad como se observa en la tabla 1.1, ya que la producción de rosas genera ingresos mayores en relación a las otras flores; sin embargo, algunas de las fincas se dedican a cosechar flores tropicales, es decir, aquellas flores que sirven como complemento de los adornos que se hacen con rosas.

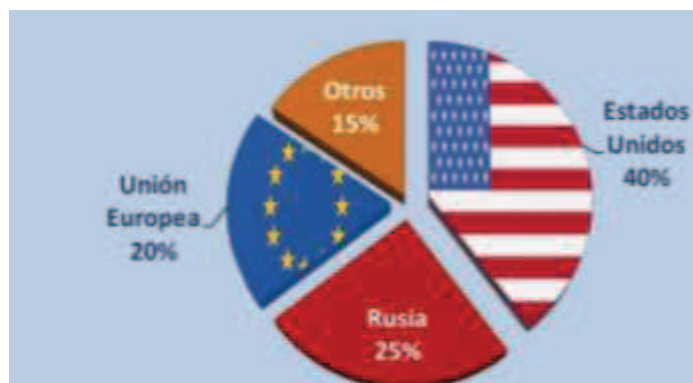
Tabla 1.1 Flores de exportación [3]

Tipo de flor	Millones de tallos	Porcentaje
Rosa	2483,19	63,84%
Gypsophila	1161,38	29,8%
Clavel	116,44	2,9%
Hypericum	32,53	0,83%

Para obtener un producto de calidad se necesita cumplir ciertos requerimientos, como son la temperatura, iluminación y ventilación, puesto que si falta alguno de estos elementos, el producto final tendrá imperfecciones.

Hoy en día existe una gran variedad de rosas, y cabe indicar que estas variedades están en constante cambio, es decir, depende de la demanda de los clientes, por lo que los floricultores deben estar al día respecto a qué variedades son las más requeridas en el mercado.

Desde que Ecuador empezó a exportar rosas, los principales mercados han sido Estados Unidos y Rusia, y otros países Europeos como se observa en la figura 1.1. Para EEUU nuestro país tiene ventajas para la exportación dado que no se aplican ciertas tarifas arancelarias, esto se obtuvo gracias a los distintos tratados entre los países: Colombia, Bolivia, Costa Rica, Honduras, Guatemala, Panamá y El Salvador también cuentan con este tipo de tratados, por lo cual la competencia se vuelve cada vez más fuerte. [4]



**Figura 1.1** Destino de flores ecuatorianas 2012 [4]

Como es normal durante los primeros años de un negocio nuevo se deberá trabajar a pérdida hasta que se puedan ver las primeras remesas, ya que las ganancias se las verán después de algún tiempo. En la figura 1.2 se observa las exportaciones de los años anteriores. En el año 2012 se registró un crecimiento de entre 11% y 13% en ingresos económicos y un 2.5% a 4% en toneladas, esto respecto al año 2011. [1] La exportación de flores se ha convertido en el cuarto producto de mayor exportación, detrás del petróleo, el banano, y los enlatados de pescado. [4]



**Figura 1.2** Ecuador: Exportaciones de Flores [4]

A nivel mundial nuestro país es el tercer exportador más grande después de Holanda y Colombia, en el año 2010, de enero a noviembre, se obtuvieron cifras muy satisfactorias (586 millones de dólares) que en parte se debe a los diferentes tratados que Ecuador tiene con Estados Unidos, con lo que el sector florícola es muy beneficiado. A pesar de que en nuestro país ha ido aumentando la producción y exportación de flores cada año, Colombia sigue siendo un mayor exportador. [4]











Es importante indicar que la comercialización del producto es una parte importante para tener un crecimiento en nuevos mercados o para ofrecer nuevos productos. Como se conoce cuando existe mucha competencia y poca demanda los precios bajan, y al contrario con mucha demanda y poca oferta los precios suben, por lo cual cuando se está en temporada alta, las fincas es donde deben aprovechar ya que la ganancia de esta época será la que brinde sustento a la finca cuando llegue la temporada baja. Sin embargo, en el mercado ruso la flor ecuatoriana es la preferida.

## **1.2 VARIEDADES DE FLORES QUE ECUADOR EXPORTA**

Al ser nuestro país uno de los principales exportadores de flores, se debe tener gran variedad de rosas, hasta el momento se conocen que en el Ecuador existen alrededor de 300 variedades entre rojas y colores a diferencia de otros países que no cuentan con tantas variedades [5]. En el continente europeo se prefieren nuestras rosas debido a que el clima de la serranía favorece al crecimiento fuerte de los tallos además no tienden a madurar con rapidez debido al frío. [4]

Dependiendo de la época del año la demanda de rosas es mayor o menor, por ejemplo para febrero las rosas rojas son las más vendidas, sin embargo las que más demanda tienen son las rosas rojas (*freedom* y *forever young*), por estas razones las fincas ven la necesidad de cambiar de variedades de rosas de lo contrario sus ventas bajarían. Cada finca cuenta con diferentes variedades de flores siempre tratando de tener buena calidad y precios que estén acorde con las otras fincas debido a que si su precio es excesivo las empresas dedicadas a la exportación no las tomaran en cuenta debido a su alto costo. En la tabla 1.2 se muestran las principales variedades de rosas que Ecuador exporta.

**Tabla 1.2** Variedades de flores de exportación [6]

COLOR	GRÁFICO	ALGUNAS VARIEDADES	COLOR	GRÁFICO	ALGUNAS VARIEDADES
ROJO		Freedom Forever Young Cherry love Corazón Sexy red Latin lady	BLANCO		Anastasia Mondial Escimo Proud Polar star Domenica
ROSADO		Ravel Topaz Classic duett Engagement Imagination Queen mary	CREMA		Virginia Amelia Vendela Cream de la cream Caipirinha Mondial
BICOLOR		Esperance Ambiance High and yellow magic Cherry brandy Carousel Leonidas	DURAZNO		Versilia Sun master Tamara Triori Lyryca
AMARILLO		Mohana Gold strike High ligh Dejavu	PURPURA		Purple haze Avant garde Ocean song Purple fragancia
VERDE		Limbo Green tea Jade Limonade Super Green	NARANJA		Orange unique Star 2000 Impala Contrast Cumbia Wow

## **CALIDAD DE LAS ROSAS:**

El control de calidad de flores se orienta a cumplir con las exigencias del consumidor final, es decir, color, forma, largo del tallo. Al ser las rosas fruto de la naturaleza lo que se hace es influir en su crecimiento, pero siempre tratando de mantener uniformidad y calidad de producción, para posterior selección y clasificación. [7]

Todos los productos que se ofrecen deben satisfacer las necesidades del cliente final y también deben estar acorde con el precio ofertado. Al tener que cumplir con ciertas condiciones para la producción de flores se eleva la calidad de todas éstas, con lo cual se reduce la producción de mala calidad y como consecuencia el rechazo.

### **1.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ROSAS**

Durante el tiempo de crecimiento de las rosas se debe tener mucho cuidado y cumplir las condiciones ambientales necesarias para un buen desarrollo, de lo contrario las rosas pueden verse afectadas ya sea por plagas o enfermedades, lo cual es nocivo para el rosal. La producción en invernaderos es una alternativa para tener rosas en cualquier época del año. En la provincia de Cotopaxi existen varias fincas productoras, esto se debe a que el clima frío es favorable para un correcto desarrollo del botón, ya que mucho calor hace que el botón madure muy rápido.

#### **1.3.1 TERMINOS UTILIZADOS**

- **Gypsophila.-** Planta ornamental usada como aditivo en ramos de rosas, está formado con pequeños ramilletes de flores de cinco pétalos.
- **Hypericum.-** Arbusto de flores amarillas, normalmente de cuatro pétalos.
- **Botón.-** También llamado botón de la rosa, grupo de pétalos de la flor.
- **Bonche.-** Forma de empacar flores que contiene en promedio 25 tallos, dependiendo de la especie de flor.
- **Bouquet.-** Contiene en promedio 12 tallos o flores diferentes, dependiendo de la especie de flor.

- **Flor de exportación.-** Sus características son, un tallo recto y largo; un botón sin manchas, deformaciones ni maltratos.
- **Flor nacional.-** Aquellas flores de menor longitud, y un botón más pequeño.

### 1.3.2 PREPARACIÓN DEL SUELO

Se empieza con la preparación del suelo, el cual debe estar bien ventilado y con los nutrientes necesarios para que la planta se desarrolle sana y con tallo fuerte. Las diferentes variedades se las puede obtener de diferentes maneras, por ejemplo, con semillas o mediante los injertos. Hoy en día los nutrientes son administrados mediante el agua que se suministra a las plantas. [8]

### 1.3.3 ILUMINACIÓN DEL ROSAL

La luz a la que están expuestas las flores juega un papel muy importante en la calidad, una exposición prolongada hace que baje el número de pétalos, longitud del tallo y su peso en total, al contrario poca luz produce botones ciegos. La luz a la que estén expuestas las flores interviene principalmente en su fotosíntesis y producción de azúcares cuya acumulación o deficiencia influye directamente en su tiempo de vida después del corte. [8]

### 1.3.4 PROCESO DE POST COSECHA

#### 1.3.4.1 Corte en los Invernaderos

En cada uno de los invernaderos de **BOSQUEFLOWERS** las flores están distribuidas de tal manera que todas tienen el mismo color y pertenecen a la misma variedad, dependiendo de los pedidos se realiza el corte diario.

#### 1.3.4.2 Transportación

Una vez que se cortan las rosas, estas son empaquetadas en mallas y transportadas a la sección de post cosecha mediante cable-vía. Siempre se debe tener mucho cuidado pues las rosas son muy sensibles y pueden verse afectadas por un maltrato de parte de las personas que realizan el corte, es por eso que se tiene sumo cuidado en cada paso de la cosecha.

#### 1.3.4.3 Recepción de Rosas

Una vez que se realiza la cosecha, se mantiene las rosas en tambos con agua potable, la cual tiene nutrientes y ayuda a mantenerlas hidratadas, hasta que



llegue el momento de la clasificación. Una vez que se tiene los bonches realizados, se vuelve a poner en agua, con esto están frescas, luego de eso se mantiene en cuartos fríos, hasta que sea la hora de transportarlas a los distintos destinos.

#### **1.3.4.4 Clasificación**

Se realiza la medición del tallo y se clasifica según el largo, la longitud puede variar desde 40cm hasta 100cm de 10cm en 10cm, también se clasifica de 5cm en 5cm, éstas son exigencias del cliente. En este punto se debe hacer una correspondencia entre el largo del tallo y el tamaño del botón, según este resultado se procede a realizar el bonche que depende del cliente, el cual puede constar de 25 o 12 tallos.

#### **1.3.4.5 Elaboración de Bonches**

Los bonches elaborados son empacados a su vez en cartones que contienen desde 100 hasta 350 tallos dependiendo de la variedad y longitud de las rosas. Una vez que se completa el pedido del o los clientes, estas cajas son transportadas en camiones refrigerados a los diferentes destinos. En el caso de las flores de exportación, éstas llegan a los cuartos fríos de las cargueras, las cuales son las encargadas de enviar las flores a los clientes del extranjero en diferentes aerolíneas.

#### **1.3.4.6 Manejo en Cuarto Frío**

Un parámetro muy importante a tener en cuenta es el tiempo de conservación de la flor durante la cadena de frío y transportación, esto depende de dónde se encuentre el cliente, es decir, que tan lejos debe viajar la flor, aparte de eso normalmente una vez que la rosa llega al cliente final se espera que en el florero dure un período de por lo menos 15 días. Para mantener la temperatura baja en las flores la florícola las corta en las primeras horas de la mañana.

## **1.4 VISIÓN ARTIFICIAL INDUSTRIAL**

Es una técnica que está basada en la adquisición de imágenes con un determinado fin, es decir, adquirir, analizar e interpretar las imágenes obtenidas con la ayuda de cámaras y un computador para su procesamiento, y como resultado realizar un proceso semejante a la visión humana. En su mayoría la visión artificial se emplea en procesos de fabricación, como son: selección de

objetos de manera aleatoria, identificación e inspección. Las tareas que se han reemplazado son aquellas repetitivas y que pueden causar agotamiento físico, y de ésta manera reducir el costo final del producto. [9]

En sí abarca muchos campos, en la industria alimenticia, mecánica, electrónica, agricultura, biometría, farmacia, entre otras; al pasar del tiempo se han dado varias aplicaciones con diferentes objetivos pero el principal es el hacer inspecciones en lugar de un operario como se puede observar en la tabla 1.3.

En los últimos años ha tenido su auge y cada vez más son las empresas que implementan en sus diferentes procesos la visión por computadora. Al tener un sistema eficiente, no hay la necesidad de tener un inspector que sea el encargado de estar revisando constantemente el buen funcionamiento del sistema. [9]

**Tabla 1.3** Aplicaciones de Visión Artificial [10]

Entorno	Aplicación
Aeroespacial	Medidas de stress en fuselaje
Agricultura	Robots de recolección de hortalizas
Alimentación	Color y Medida de fruta
Arte	Análisis de pinturas con reflectometría
Automoción	Clasificación y medida de autopartes
Biología	Análisis de formas y crecimiento
Biomecánica	Análisis de movimiento en 3D
Biometría	Identificación: Facial, Iris
Comercio	Análisis de trayectorias de clientes
Construcción	Fugas de calor en edificios mediante cámaras térmicas
Deporte	Análisis de trayectoria – “Hawk Eye”
Electrónica	Control de pantallas LCD
Envase	Medida de nivel y detección de impurezas en líquidos
Farmacia	Trazabilidad con códigos Matriz 2D
Forense	Identificación de huellas dactilares
Impresión	Control de texto escrito-OCR
Madera	Evaluación de color y defectos
Medicina	Cámaras en sistemas de oftalmología
Minería	Control 3D de tamaño de rocas
Multimedia	Sistemas de juegos interactivos
Ortopedia	Medida de deformación en el pie
Policía	Huellas dactilares, identificación facial
Postal/Bancos	Lectura de ID
Química	Proporciones en materias primas
Reciclaje	Clasificación de plásticos – Multiespectral Infrarrojo
Seguridad/Vigilancia	Control de objetos abandonados en aeropuertos
Semiconductores	Inspección células solares
Teledetección	Análisis multiespectral/hyerespectral
Tráfico	Identificación de matrículas y modelos
Transporte	Cámaras en automóviles

### 1.4.1 DEFINICIONES BÁSICAS

**Imagen.-** Representación de un objeto en dos dimensiones.

**Pixel.-** Es una proyección de una pequeña parte de la escena, que reduce esa parte a un valor único, ese valor es una medida de intensidad de luz.

**Imagen patrón.-** Imagen utilizada como modelo para ser buscada en una escena.

**Brillo de una imagen.-** Cantidad de luz que incide en una imagen.

**Contraste.-** Está relacionada con los tonos de grises de una imagen.

**Resolución.-** Número de píxeles que definen la imagen, mientras sea mayor, la imagen será de mejor calidad para el procesado.

**Ruido en una imagen.-** Son valores que no son reales, que generan distorsiones.

**Saturación de pixel.-** Está relacionado con la intensidad de color de un pixel, mientras más vivo más saturado.

**Máscara de convolución.-** También llamados filtros que ayudan a destacar una cierta característica de una imagen, se presentan como matrices.

**Imagen binarizada.-** Imagen que se representa con los valores de 0 y 1, es decir, en blanco y negro, se usa para separar la imagen de interés del fondo.

### 1.4.2 FUNCIONES DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL

Fundamentalmente consta de tres partes importantes: [9]

- Adquisición y digitalización de imágenes.
- Análisis y procesamiento de imágenes.
- Aplicación.

#### 1.4.2.1 Adquisición y digitalización de imágenes [9]

Involucra la entrada de las imágenes por medio de una cámara enfocada en el área de interés, una iluminación adecuada ayuda a tener un contraste suficiente como para su adquisición. Una vez obtenida la imagen se digitaliza y se la denomina campo de datos, dependiendo de la cámara usada se puede adquirir datos a una velocidad de 30 cuadros por segundo, cada uno de los cuadros consta de una matriz de proyecciones. La matriz está conformada por elementos de imagen o píxeles, su número se determina por un muestreo en cada cuadro.

La matriz de la imagen es guardada para su posterior procesamiento e interpretación.

#### **1.4.2.2 Análisis y procesamiento de imágenes [9]**

En esta fase se obtiene información sobre el objeto que se va a analizar y está enfocado en la cámara, durante este proceso se programa al sistema de visión para que reconozca objetos conocidos, es decir, se tiene imágenes archivadas (imágenes patrón) con valores de características conocidas las cuales pueden compararse con los correspondientes valores obtenidos del objeto desconocido, de tal manera que al analizar la imagen patrón se obtenga coincidencias.

#### **1.4.2.3 Aplicación**

En la actualidad su aplicación se enfoca en la robótica e incluye identificación de piezas, inspección, localización y orientación. Varias aplicaciones implican un análisis bidimensional, por ejemplo, comprobación de dimensiones de piezas.

En sistemas de visión bidimensionales se trabaja con imágenes binarias, que se basa en separar el objeto de interés con el fondo. Los sistemas de visión tridimensionales necesitan iluminación especial y procesamiento de imágenes más sofisticados para realizar el análisis de la imagen.

### **1.4.3 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL**

Cada uno de los elementos que aquí interviene es fundamental para el proceso posterior, ya que si algo se encuentra mal en el primer paso, lo demás se realizará con errores.

#### **1.4.3.1 Sistema de Iluminación**

La adquisición de imágenes depende de la iluminación que se proporcione, con una fuente de luz equivocada se tendría bajos contrastes, sombras o incluso reflejos que perjudican al objeto que se está observando; con la iluminación correcta se logra independizar la imagen de interés con el fondo. Para poder tener una imagen clara y definida para el procesamiento, la iluminación no debe depender del entorno donde se encuentre. [11]

Como parte de la iluminación, se debería incluir el fondo, el cual debe ser de un color que no se confunda con los elementos que se va a analizar, normalmente se usa un fondo negro, pero el color dependerá de la aplicación que se vaya a realizar. [12]

### Tipos de Iluminación: [13]

- Iluminación posterior (backlight).
- Iluminación Frontal Oblicua y Direccional.
- Iluminación Frontal Axial (difusa).
- Iluminación de Día Nublado (cloudy day illumination, CDI).
- Iluminación de Campo Oscuro (dark field).
- Array de luces.
- Iluminación de campo claro (o brillante).

**Iluminación posterior.-** Se obtiene una silueta bien definida del objeto; con un fondo blanco solo se observa un contorno de la pieza. Se tiene dos tipos de iluminación posterior como se observa en la figura 1.3 Posterior difusa: la luz es emitida en diferentes ángulos. Posterior direccional: se emite paralelamente la luz.

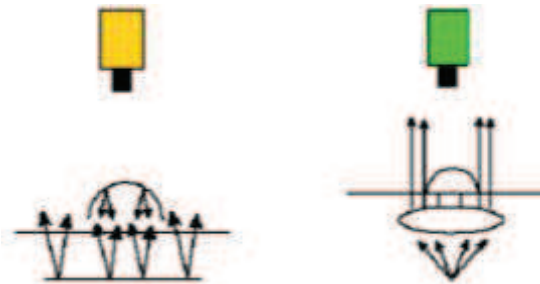


Figura 1.3 Iluminación posterior difusa y posterior direccional [13]

**Iluminación frontal oblicua y direccional.-** Emite luz directamente al objeto que se va a analizar, en iluminación oblicua se forma un ángulo de  $20^\circ$  se genera un mejor contraste con el fondo. Con iluminación frontal direccional se crea un ángulo de  $30^\circ$  y se reduce el contraste; en la figura 1.4 se aprecia este tipo de iluminación.

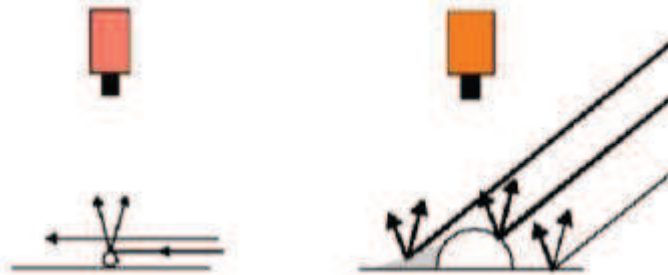


Figura 1.4 Iluminación frontal oblicua y frontal direccional [13]

**Iluminación Frontal Axial.-** Se tiene una iluminación uniforme incluso desde el eje de la cámara, se aplica a superficies reflectivas, con detalles grabados y se crea un contraste en superficies difusas.

**Iluminación de Día Nublado.-** Con iluminación difusa desde el eje de la cámara, se aplica en superficies irregulares que necesitan una iluminación uniforme, se utiliza para verificar los CDs o circuitos impresos. En la figura 1.5 se muestra un equipo utilizado para generar iluminación difusa.

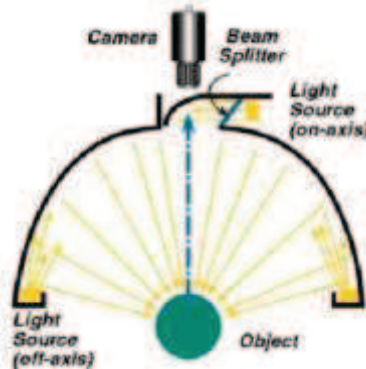


Figura 1.5 Dispositivo de iluminación Difusa [13]

**Iluminación de Campo Oscuro.-** Se realiza con una luz intensa directa aplicada al objeto con un pequeño ángulo para que se pueda notar con claridad las elevaciones o hundimientos de la pieza que se está observando, figura 1.6.

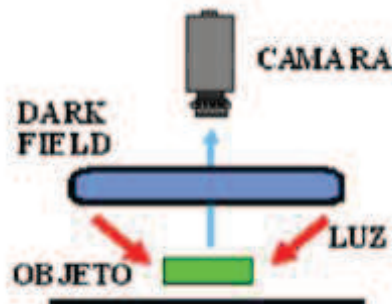


Figura 1.6 Iluminación de campo oscuro [13]

**Array de luces.-** Un arreglo de luces que inciden directamente al objeto, genera contrastes y se puede visualizar mejor las texturas, relieves o fisuras, dependiendo del ángulo se observarán con más claridad los detalles, representado en la figura 1.7.

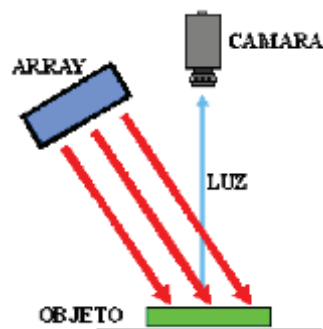


Figura 1.7 Array de luces [13]

**Iluminación de campo claro.-** Con luz uniforme y difusa, debe estar con un cierto ángulo respecto al objeto, la cámara debe tener el mismo ángulo con lo cual se obtiene una imagen reflejada y si se generan manchas es debido a imperfecciones en la pieza inspeccionada, figura 1.8.

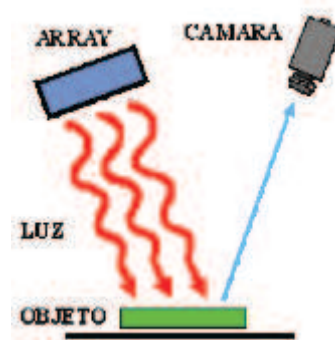


Figura 1.8 Iluminación de campo claro [13]

### Fuentes de luz [12]

Dependiendo de la aplicación se debe usar el tipo de luz que más resalte los detalles que se quiera inspeccionar. Se tiene fibra óptica, fluorescente, láser y led.

**Fibra óptica.-** Es la luz más intensa de todas las utilizadas en visión artificial, su luz es generada por una bombilla de luz halógena, no se recomienda para distancias mayores a 5cm ya que se producen pérdidas, además el costo es un factor importante, es fuente de luz fría.

**Fluorescente.-** Son muy utilizados en sistemas de visión, pero en ocasiones su forma es un limitante, muy utilizados para aplicaciones donde se necesita iluminar grandes distancias, así se obtiene una iluminación uniforme. Sin embargo no se recomienda usar fluorescentes estándar debido al efecto parpadeo.

**Led.-** Utilizado en aplicaciones donde se necesita una luz suave, su intensidad no es tan elevada como otras fuentes, pero en los últimos años se han creado los leds de alta intensidad, su tiempo de vida es de 100 000 horas.

**Láser.-** Conocida como luz estructurada, más utilizada en aplicaciones donde se busca la tercera dimensión de objetos, es decir, conocer su profundidad.

### 1.4.3.2 Lente de la cámara

Permite transmitir la luz hacia el sensor en forma controlada y obtener como resultado una imagen enfocada en varios elementos. Para elegir el lente se debe considerar tres cosas: el tamaño del sensor, distancia del objeto que va analizar y el campo de visión que se desea. En sistemas de visión es mejor usar una óptica de calidad y obtener imágenes claras para realizar el procesamiento. [14]

**Campo de visión.-** Es el área que puede visualizar la cámara, dependerá de la distancia entre la cámara y el objeto. [15]

**Distancia focal.-** Es la distancia entre el objeto y el sensor de la cámara, se expresa en milímetros, la distancia y el ángulo de visión son inversamente proporcionales, también se lo conoce como zoom, con este efecto se crea el efecto de acercamiento del objetivo. [15]

### 1.4.3.3 Cámaras para adquisición

Captura la imagen que está proyectada en el sensor para su posterior transferencia a un computador, éstas tienen características específicas como control del disparo para capturar la imagen justo en un determinado momento. Dependiendo de la aplicación las cámaras usadas serán más sofisticadas. [14]

Tipos de cámaras según la dimensión: [15]

- 1 Dimensión.- Es un escaneo en línea, genera perfiles con los cuales se obtiene imágenes, requiere movimiento del objeto.
- 2 Dimensiones.- Obtiene la imagen de un área, no necesita movimiento de la pieza.
- 3 Dimensiones.- Genera una imagen 3D con alturas, se realiza con dos cámaras.

### 1.4.3.4 Sensores de Imagen [16]

Son los encargados de capturar la imagen, acumulando una carga eléctrica en cada celda (pixel), la carga dependerá de la cantidad de luz que incida en las mismas, a más cantidad de luz mayor será su carga. En el mercado actual existen dos tipos de sensores, CCD (dispositivos de acoplamiento de carga) y



CMOS (Semiconductor de óxido metálico complementario), los dos están hechos de material semiconductor, tienen un funcionamiento similar pero están constituidos de diferente manera.

**CCD.-** Las cargas acumuladas se convierten en voltajes y son enviadas a las salidas de un convertor análogo-digital y de esta manera la cámara digitaliza las señales, tolera cambios bruscos de luz por no tener mucha sensibilidad. Su estructura interna no es tan complicada ya que tiene un solo convertor para todas las celdas. La figura 1.9 representa la distribución de pixeles y su conexión para obtener la imagen.

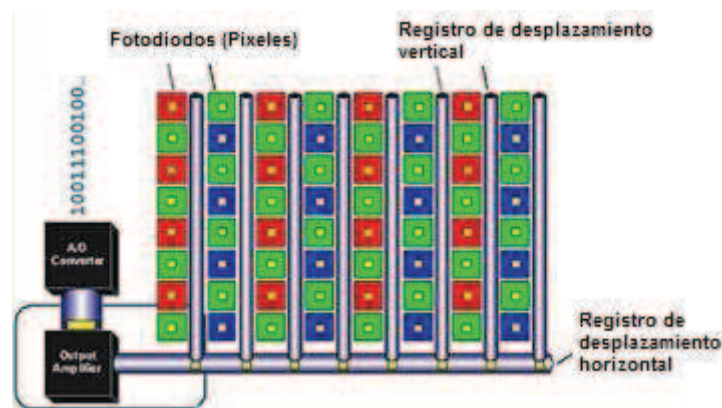


Figura 1.9 Representación sensor CCD [16]

**CMOS.-** En cada una de las celdas se realiza la conversión análogo-digital, es decir, son independientes; en su circuitería interna contiene transistores con lo cual no se necesita circuitería adicional y por tanto es más económico. En la figura 1.10 se puede apreciar su estructura en diagrama de bloques.

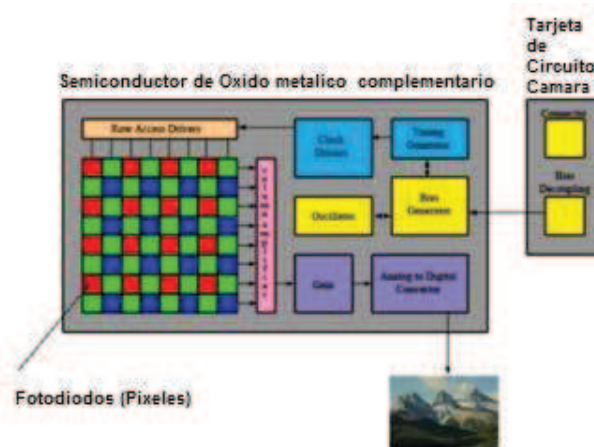


Figura 1.10 Representación sensor CMOS [16]

Existen ciertos parámetros de comparación que se tiene en consideración:

- **Responsividad.-** Nivel de señal que brinda el sensor, decir, cual es la calidad de la imagen en un escenario de poca luz.
- **Rango dinámico.-** Cociente entre saturación de pixeles y el umbral por debajo del cual no reconoce la señal.
- **Ruido.-** Al captar la imagen se puede interferencias.
- **Respuesta uniforme.-** Se espera que al someter a los pixeles a una misma cantidad de luz sus valores sean semejantes.
- **Velocidad.-** Rapidez con que se realiza las conversiones.
- **Blooming.-** Una vez que un pixel se satura, empieza a saturar a sus vecinos.

En la tabla 1.4 se presenta una comparación de las dos tecnologías:

**Tabla 1.4** Comparación de CCD y CMOS [16]

<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>CCD</b>	<b>CMOS</b>
Responsividad	bajo	mejor
Rango dinámico	mejor	bajo
Ruido	mejor	bajo
Respuesta uniforme	mejor	bajo
Velocidad	baja	mejor
Blooming	tiene efecto	No tiene este efecto

#### 1.4.3.5 Dispositivo de interfaz para transferir imágenes al computador

Se refiere al tipo de cable que se utiliza para enviar las imágenes al computador, en presente proyecto el cable usado es USB.

#### 1.4.3.6 Algoritmos de Procesamiento

Son los encargados de realizar las transformaciones necesarias para obtener un resultado y así realizar una acción posterior. Dependiendo del tipo de algoritmo será el tiempo que le tomará al programa analizar las imágenes. Un algoritmo sofisticado entregará una imagen de alta calidad, pero existe el inconveniente del tiempo que le toma en dar resultados, debido a que se realiza un análisis más minucioso, en cambio un algoritmo básico no se demorará mucho tiempo pero puede ser que los resultados obtenidos aquí no sean los deseados para el análisis, razón por la cual dependiendo de las aplicaciones de utilizarán los algoritmos. [15]

#### 1.4.3.7 Interfaz

Es la encargada de presentar al usuario de una manera comprensible las diferentes pantallas donde puede interactuar con el programa, internamente se realizan los procedimientos para realizar algún tipo de control después de analizadas las imágenes. [14]

### 1.4.4 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

El procesamiento se utiliza para mejorar la apariencia de una imagen y hacer más notorios aquellos detalles que se quiere analizar. Una vez que la imagen está en el computador, ésta se convierte en un mapa de píxeles. A la vez cuando se trabaja con imágenes digitalizadas solo se opera con matrices, las cuales dependiendo del color tienen un valor diferente entre 0 y 255; esto es cuando se trabaja con 8 bits, donde 0 significa negro y 255 blanco. Dependiendo de las dimensiones de la imagen la matriz será más grande o más pequeña. Cuando se trabaja con imágenes monocromáticas se tiene dos matrices que representan la imagen, en cambio, con una imagen con colores, se tienen 3 matrices, la información que aquí se obtiene es el doble de una monocromática. [15]

#### 1.4.4.1 Segmentación [9]

Se encarga de dividir la imagen en zonas que contengan características visuales similares que sirvan para que el análisis se torne más sencillo, trata de separar el área de interés del resto de la imagen. La segmentación está basada en dos principios: discontinuidades de niveles de gris y similitud de niveles de gris.

**Discontinuidades de niveles de gris.-** Identifica los cambios bruscos de niveles de gris, ésta técnica es usada en detección de líneas, borde y puntos aislados.

**Similitud de niveles de gris.-** Se buscan zonas de píxeles con características similares, la umbralización y crecimiento de regiones utilizan éste método.

#### **Aplicaciones:**

- Reconocimiento de caras
- Sensor de huella digital
- Reconocimiento de iris

- Sistemas de control de tráfico
- Pruebas médicas (localización de tumores, medida de volúmenes de tejido, cirugía guiada por ordenador, diagnóstico, planificación del tratamiento).
- Localización de objetos en imágenes de satélite (teledetección).
- Visión por computador

#### **1.4.4.2 Técnicas de Segmentación para el Procesamiento de Imágenes [9]**

Dependiendo del tipo de aplicación se utilizará el método que presente los mejores resultados, dentro del método de segmentación se tiene varias técnicas como son:

##### *1.4.4.2.1 Métodos de agrupamiento (Clustering)*

Se escoge píxeles de manera aleatoria y se generan grupos alrededor de esos puntos, el objetivo es tener en cada uno de estos grupos píxeles con características semejantes entre ellos. El número de puntos que se elijan se refleja directamente en el resultado, por lo tanto, hay que tener mucho cuidado al elegir ese valor.

##### *1.4.4.2.2 Métodos basados en el histograma*

Se revisa todos los píxeles de la imagen y se genera un histograma, los picos y valles sirven para localizar los grupos que existen en la imagen, si se realiza de manera recursiva se crean grupos cada vez más pequeños. Una desventaja de este método es no poder identificar los picos y valles que son importantes para el análisis.

##### *1.4.4.2.3 Detección de bordes*

Está basado en el cambio inesperado de intensidades de un píxel con el píxel de junto, atenúa sus bordes sin embargo objetos deben crear bordes cerrados, se tiene varias técnicas que realizan actividades semejantes, como son:

- Filtro Pasa Bajo.- También conocido como suavizado, elimina ruido o pequeños detalles que no interfieren para su análisis.
- Filtro Pasa Alto.- Atenúa los detalles, bordes y cambios bruscos de la imagen, intensifica las zonas con una gama uniforme.

- Realce de bordes por desplazamiento y diferencia.- Obtiene una copia de la imagen original y crea una copia desplazada, con esto se hace un resalte de los bordes.
- Realce de bordes mediante Laplace.- Filtro que realza los bordes en todas las direcciones, es considerada como una suma del filtro anterior.
- Resalte de bordes con gradiente direccional.- Es una detección de bordes con mayor precisión, utiliza los cambios de intensidad de pixeles contiguos.
- Detección de bordes y filtros de contorno (Prewitt y Sobel).- Emplea los cambios de intensidad de los pixeles para obtener los contornos de objetos.

#### *1.4.4.2.4 Métodos de crecimiento de regiones*

Dentro de la imagen se elige una región y se empieza comparando su valor de intensidad con sus vecinos, se obtiene una media la cual sirve como referencia para saber si un pixel pertenece a esa región, el ruido puede interferir con este método.

#### *1.4.4.2.5 Método del conjunto de nivel*

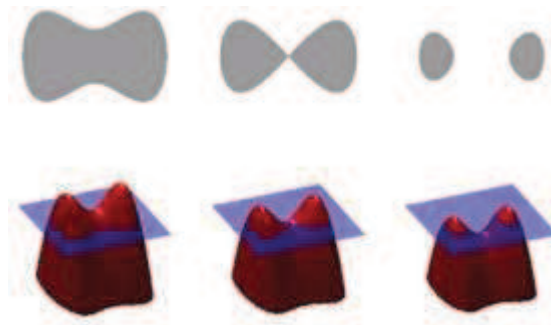
Sirve para delinear los objetos, utiliza técnicas numéricas para crear curvas y superficies, usualmente se emplea en aplicaciones como extracción de objetos, seguimiento o reconstrucción en 3 dimensiones, en la figura 1.11 se observa su funcionalidad.

#### *1.4.4.2.6 Métodos de particionamiento gráfico*

La imagen se divide en grupos que contienen características similares, se utilizan grafos (conjunto de objetos llamados vértices o nodos y están unidos por aristas o vértices). Los pixeles o grupos se unen por medio de vértices a otros grupos que tengan intensidades semejantes.

#### *1.4.4.2.7 Transformación divisoria (watershed)*

Se emplea en aplicaciones de topografía para reconocer líneas divisorias, puesto que se tiene una mayor intensidad de luz en las regiones de división, se usa también es superficies que contienen agua.



**Figura 1.11** Representación del método de conjunto de nivel [9]

#### 1.4.4.2.8 Segmentación basada en modelos

Método que plantea que los objetos que se analizarán son repetitivos, por lo cual se utiliza un modelo y que pueda buscar coincidencias. En este caso una mala elección del modelo implica que no se encuentren semejanzas.

#### 1.4.4.2.9 Redes neuronales de segmentación

Divide a la imagen en pequeñas regiones para su procesamiento, cada pixel representa una neurona y recibe información sobre su color, todas las neuronas están conectadas entre sí, por lo que puede recibir información de los pixeles vecinos. Se tiene cálculos iterativos los cuales producen series temporales de impulsos de salida que son los que contienen información de la imagen. Este sistema proporciona robustez frente al ruido, independencia de la variación de los patrones geométricos de entrada.

### 1.4.5 ESPACIOS DE COLORES

Describe a través de un modelo matemático abstracto la combinación de los colores, esos colores se los representa con tres o cuatro números. [17]

#### 1.4.5.1 Espacio RGB [17]

Es la composición de los tres colores primarios de la luz (Red, Green, Blue) representados en la figura 1.12a, al combinar los colores se obtienen diferentes tonalidades y de esta manera se tienen los colores conocidos. Los colores están representados con números entre 0 y 255.

#### 1.4.5.2 Espacio HSV [17]

Utiliza coordenadas cilíndricas para localizar diferentes colores de acuerdo a tres parámetros Contraste (H), Saturación (S) y el Valor (V), un color en el espacio HSV se considera como un vector que tiene H, S y V como sus componentes.

Los colores con una densidad máxima, son considerados como colores puros, estos se colocan en el perímetro de la base hexagonal del hexágono HSV donde  $S=1$  y  $V=1$ . El espacio de color HSV describe un cono hexagonal con negro en la punta y blanco en el centro de cara plana como se observa en la figura 1.12b. Todos los otros colores incluido el blanco tienen  $V=1$ , a pesar de que su brillo percibido es muy diferente.

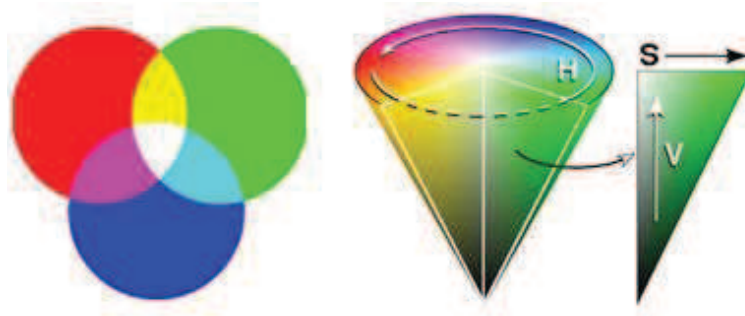


Figura 1.12 a) Espacio de colores RGB, b) Espacio de colores HSV [17]

## 1.5 SOFTWARE UTILIZADO

Todos los programas excepto el del PLC están escritos en el entorno Microsoft Visual Studio Professional 2010. Dentro de este se utilizó específicamente Microsoft Visual Studio C#.

Visual Studio es un sistema de desarrollo integrado para Windows debido a que contiene varios lenguajes como Visual C++, Visual C# Visual Basic .NET además entornos de desarrollo web como ASP.NET.

Visual C# es un lenguaje de programación orientado a objetos amigable con el usuario que permite crear interfaces gráficas con herramientas fáciles de usar, al ser un software muy difundido existen varias fuentes de consulta con lo cual se facilita el desarrollo de programas. [18]

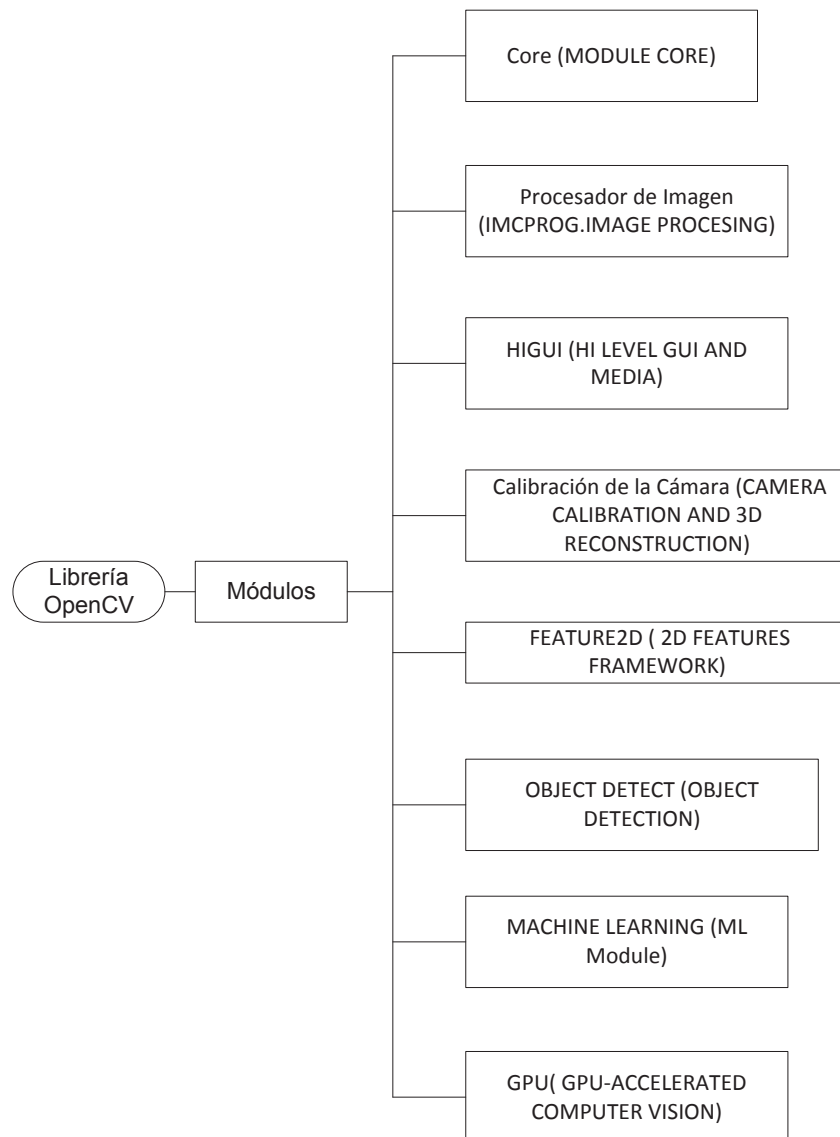
### 1.5.1 LIBRERÍAS AUXILIARES UTILIZADAS

Las librerías se usan cuando se tiene un programa que en su composición realiza un determinado procedimiento varias veces, por lo tanto, en lugar de tener el mismo código repetido, se opta por realizar un pequeño programa el cual se lo puede llamar tantas veces como sea necesario durante la ejecución del programa principal; aquellos programas pequeños son realizados en formularios distintos, por ello se debe adjuntar al proyecto realizado.

A continuación se realiza un resumen de la composición de las librerías Opencv y EmguCV que sirven para el procesamiento de imágenes, cabe recalcar que ésta última pertenece a OpenCV; en cambio la librería DMT es utilizada para realizar la comunicación entre la PC y el PLC.

### 1.5.1.1 OpenCV

Es una librería de visión artificial, posee una licencia que puede ser usada libremente para propósitos comerciales y de investigación, esta librería además de poder ser usada en Windows, soporta plataformas como Linux, Mac OS, Android. Esta librería se divide en 8 módulos los cuales se observan en la figura 1.13. La descripción de cada módulo de ésta librería se encuentra en el anexo A.



**Figura 1.13** Módulos de la Librería OPENCV [19]



### 1.5.1.2 EmguCV

Es una plataforma .NET empaquetado a la librería de procesamiento de imágenes de OPENCV. Todas la funciones OPENCV deber ser llamadas de lenguajes .NET compatibles como: C#, VB, VC++, etc. El empaquetado puede ser compilado y ejecutado en Windows, Linux Mac OS X y otros. [20]

#### 1.5.1.2.1 Introducción a la Arquitectura

EMGUCV tiene dos capas empaquetadas:

- La capa 1 o base.- Contiene la función, la estructura y las enumeraciones asignadas que se reflejan directamente en OpenCV.
- La capa 2.- Contiene clases que se mezclan en las ventajas del mundo .NET.

La figura 1.14 muestra la arquitectura de los componentes de EmguCV.

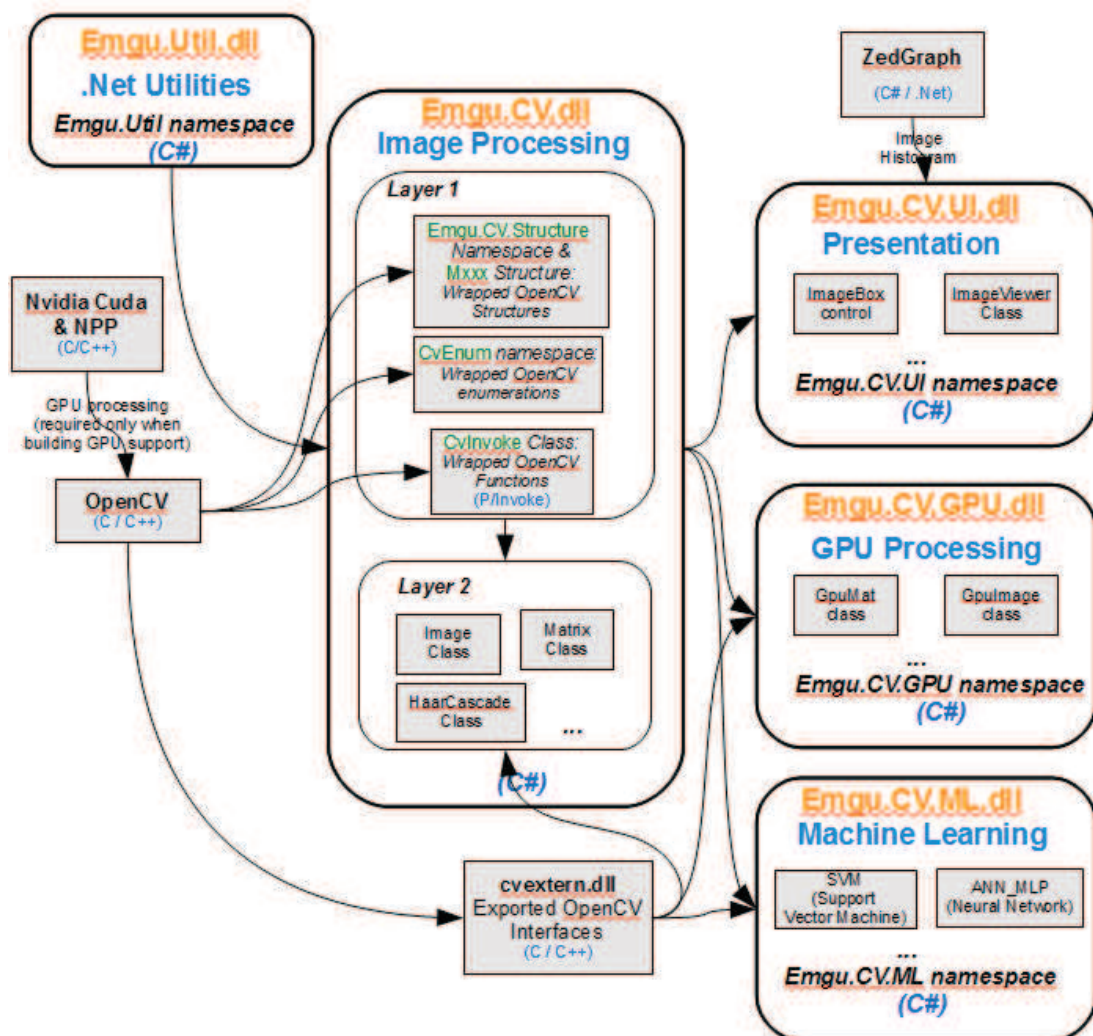


Figura 1.14 Arquitectura EMGUCV [20]

### **1.5.1.3 Librería DMT Comunicación PLC [21]**

DMT es una biblioteca de API (Interfaz de programa de Aplicación) basado en Windows que ayuda a desarrollar MODBUS / TCP MODBUS o software relacionado y apoyo para muchas bibliotecas integradas environment.DMT, también proporciona funciones MODBUS que puede fácilmente obtener lectura / escritura para MODBUS. Para realizar la comunicación se debe considerar:

#### *1.5.1.3.1 Inicio Rápido*

Los pasos a seguir son:

- Abrir la comunicación.
- Acceso a los datos de entrada, funciones de salida y las funciones empaquetadas de MODBUS.
- Adquirir el estado de las funciones (opcional).
- Cerrar la comunicación.

#### *1.5.1.3.2 Librería de funciones*

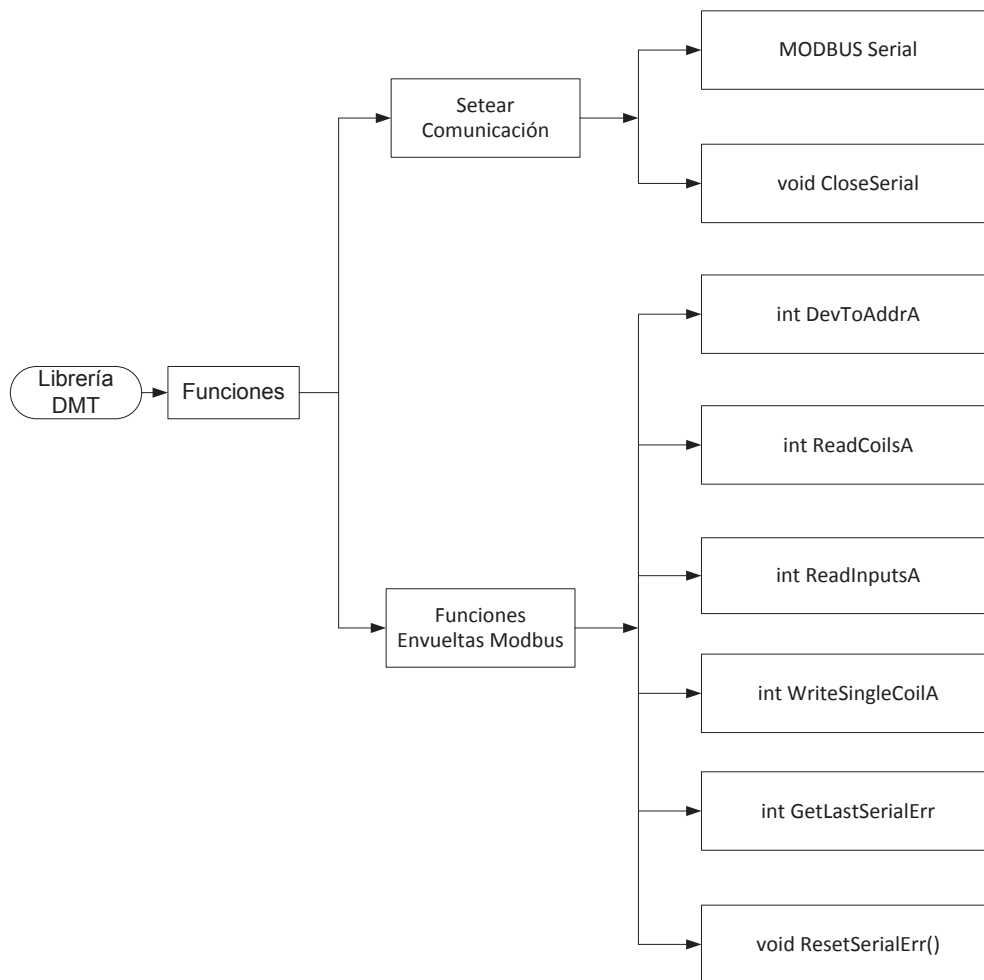
Las funciones contenidas en esta librería se dividen en dos partes. Las dos primeras se utilizan para setear la comunicación mediante apertura y cierre del puerto serial. Las otras seis son funciones envueltas (wrapper) que no permiten acceder a los registros, entradas y salidas físicas del PLC para leer y escribir en estos. La figura 1.15 muestra su diagrama de composición. Las funciones se detallan en el Anexo B.

## **1.5.2 MÉTODOS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE OPENCV**

En esta sección se explica más ampliamente los métodos utilizados para el reconocimiento de objetos, en este caso las rosas.

### **1.5.2.1 Umbralización [19]**

Consiste en separar los pixeles que pertenecen al objeto con aquellos que son parte del fondo, razón por la cual el fondo debe ser de un color diferente para que no interfiera con al análisis. Para realizar la separación se necesita conocer el valor del umbral, el cual depende de los objetos que se esté observando. La figura 1.16 muestra un ejemplo de umbralización de OpenCV.



**Figura 1.15** Funciones de la Librería DMT [21]



**Figura 1.16** Umbralización de una imagen [19]

### 1.5.2.2 Tipos de Umbralización

Las librerías de OpenCV brindan diferentes tipos de funciones para realizar operaciones con umbrales. Se considera una imagen de origen cuyos valores de intensidades de los píxeles son  $src(x,y)$  la figura 1.17 lo ilustra, donde la línea azul representa el umbral (límite).

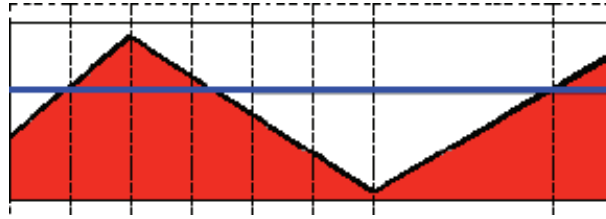


Figura 1.17 Proceso de umbralización [19]

#### 1.5.2.2.1 Umbralización Binaria

Esta operación de umbralización se puede expresar como:

$$dst(x,y) = \begin{cases} maxVal, & \text{if } src(x,y) > thresh \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Figura 1.18 a) Operación de umbralización binaria

Se compran los valores de  $src(x,y)$  si es mayor se asigna un valor  $maxVal$ , de lo contrario ese valor sera 0.

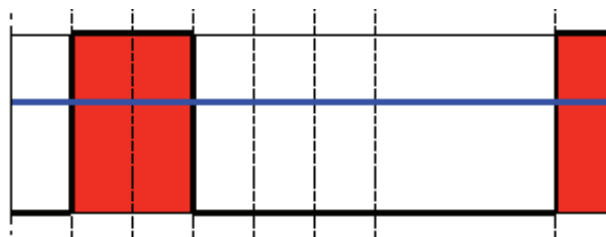


Figura 1.18 b) Operación de umbralización binaria [19]

#### 1.5.2.2.2 Umbralización Binaria Invertida

Esta operación de umbralización se puede expresar como:

$$dst(x,y) = \begin{cases} 0, & \text{if } src(x,y) > thresh \\ maxVal, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Figura 1.19 a) Umbralización binaria invertida

Se compran los valores de  $src(x,y)$  si es mayor se asigna un valor 0, de lo contrario ese valor sera  $maxVal$ .

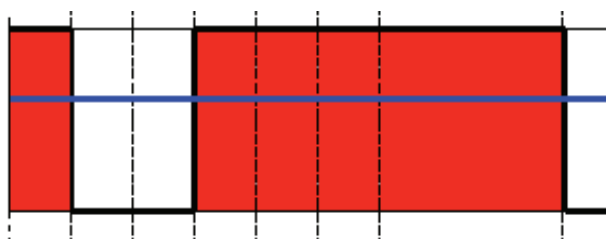


Figura 1.19 b) Umbralización binaria invertida [19]

### 1.5.2.2.3 Trucada

Esta operación de umbralización se puede expresar como:

$$dst(x,y) = \begin{cases} threshold, & \text{if } src(x,y) > thresh \\ src(x,y), & \text{otherwise} \end{cases}$$

Figura 1.20 a) Umbralización trucada

El valor máximo de la intensidad de los píxeles es umbral, si  $src(x, y)$  es mayor, entonces su valor se trunca, caso contrario mantendrá su valor.

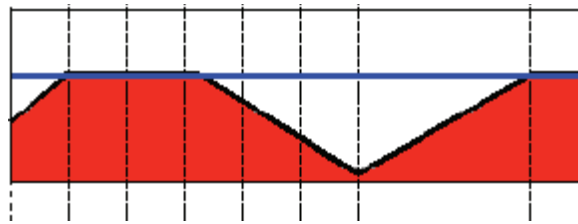


Figura 1.20 b) Umbralización trucada [19]

### 1.5.2.2.4 Umbralización a Cero

Esta operación se puede expresar como:

$$dst(x,y) = \begin{cases} src(x,y), & \text{if } src(x,y) > thresh \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Figura 1.21 a) Umbralización a cero

Si  $src(x, y)$  es menor que el umbral, el nuevo valor de píxel se pondrá a 0.

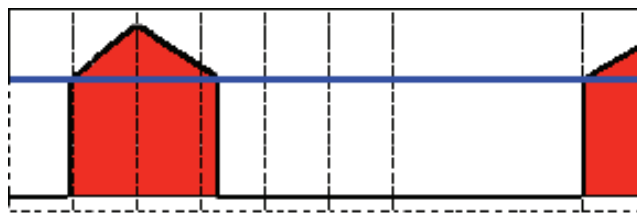


Figura 1.21 b) Umbralización a cero [19]

### 1.5.2.2.5 Umbralización a Cero Invertido

Esta operación se puede expresar como:

$$dst(x,y) = \begin{cases} 0, & \text{if } src(x,y) > thresh \\ src(x,y), & \text{otherwise} \end{cases}$$

Figura 1.22 a) Umbralización a cero, invertido

Si el  $\text{src}(x, y)$  es mayor que el umbral, el nuevo valor de píxel se establece en 0.

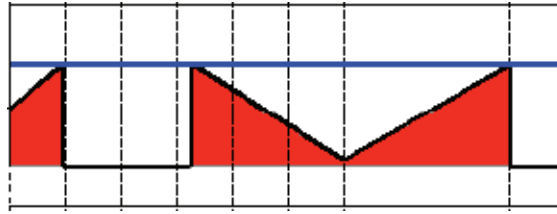


Figura 1.22 b) Umbralización a cero, invertido [19]

### 1.5.2.3 Detección de Bordes [19]

La detección de bordes abarca varios métodos como se explicó en la sección 1.6.4, dos de ellos son los cambios morfológicos de dilatación y erosión. Los métodos morfológicos se aplican a imágenes binarizadas (imagen en blanco y negro).

#### 1.5.2.3.1 Dilatación

Está basado en el cambio de la forma de una imagen, es decir, hacer crecer aquellas regiones que son más brillantes, lo cual crea una apariencia de que el fondo se hace más grande y la imagen se adelgace. Es una de las operaciones básicas en morfología matemática, además elimina el ruido. En la figura 1.23 se puede apreciar su funcionamiento.



Figura 1.23 (a) Imagen original; (b) Imagen dilatada [19]

#### 1.5.2.3.2 Erosión

Erosión y dilatación son métodos que realizan cambios en una imagen completamente contrarios entre sí, es decir, éste método genera que las zonas más brillantes se reduzcan y aquellas más oscuras crezcan, y se tiene la apariencia de una imagen más grande. En la figura 1.24 se observa la erosión de una letra.

#### 1.5.2.3.3 Detector de Bordes Canny [22]

Este método es usado para encontrar todos los bordes de una imagen, usando para esto la máscara de convolución, su funcionamiento se basa en los cambios bruscos de las intensidades de los píxeles.



**Figura 1.24** (a) Imagen original; (b) Imagen erosionada [19]

Se estable tres principios importantes que son:

- La detección, no eliminar bordes importantes ni formar bordes falsos.
- Localización, la distancia entre los píxeles del borde detectado y píxeles reales del borde que se reduce al mínimo.
- Respuesta mínima, obtener una respuesta que represente a todas las demás para obtener un borde único.

Pasos:

1. Filtrar cualquier ruido.- El filtro gaussiano se usa para este propósito. Un ejemplo de un núcleo gaussiano de tamaño igual a 5 que podría ser utilizado, se muestra a continuación:

$$K = \frac{1}{159} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

**Figura 1.25** Filtro Gaussiano (usado por OpenCV) [19]

2. Encontrar el gradiente de intensidad de la imagen.- Para ello, se sigue un procedimiento análogo para resolver:
  - (a) Aplicar un par de máscaras de convolución en las direcciones (x, y).

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} ; G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix}$$

**Figura 1.26a)** Gradiente de intensidad [19]

- (b) Hallar la fuerza y la dirección del gradiente con:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} ; \theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

**Figura 1.26 b)** Gradiente de intensidad [19]

La dirección se redondea a uno de los cuatro posibles ángulos (es decir, 0, 45, 90 o 135).

3. Se aplica la supresión no máxima.- Esto elimina los píxeles que no son considerados parte de un borde. Por lo tanto, sólo las líneas finas se mantendrán.
4. Histéresis.- Canny hace uso de dos umbrales superior e inferior:
  - Si un gradiente de píxeles es mayor que el umbral superior, el píxel se acepta como una ventaja.
  - Si un valor de gradiente píxel está por debajo del umbral inferior, entonces se rechaza.
  - Si el gradiente de píxel está entre los dos umbrales, entonces será aceptada sólo si está conectado a un píxel que está por encima del umbral superior.

En la figura 1.27 se ha aplicado el método de Bordes de Canny de OpenCV.



**Figura 1.27** (a) Imagen original; (b) Imagen con filtro de Canny [19]

#### 1.5.2.4 Suavizado de la Imagen

La imagen se suaviza primero usando desenfoque gaussiano. Se lo realiza para extraer los detalles, y reducir el ruido de la imagen para mejorar la señal de imagen. El efecto del desenfoque gaussiano es muy utilizado en software de gráficos, el resultado de la falta de definición es generalmente similar a la visualización de la imagen a través de una pantalla translúcida. El desenfoque reduce los componentes de alta frecuencia de una imagen y por lo tanto es un filtro pasa bajos.



### 1.5.2.5 Plantilla de Coincidencias [19]

Se considera una escena principal en la cual se realiza la búsqueda de una imagen que está contenida en dicha escena, es decir, se buscan coincidencias.

Se necesitan dos componentes principales:

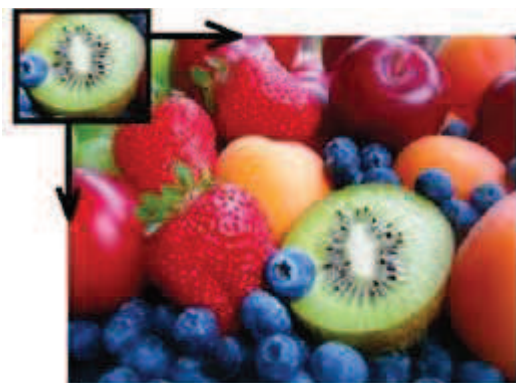
- Fuente de la imagen (I): La imagen en la que se espera encontrar una coincidencia con la imagen de la plantilla.
- Imagen Modelo (T): La imagen de parche que se puede comparar con la imagen de la plantilla, cuyo objetivo es detectar la zona de coincidencia más alta.

En la figura 1.28 se muestran los componentes de la plantilla de coincidencias.



**Figura 1.28** (a) Imagen fuente; (b) Imagen modelo, (c) Resultado [19]

Identificar el área de interés, se tiene que comparar la imagen de la plantilla en contra de la imagen de origen, deslizándolo como se muestra en la figura 1.29 a:



**Figura 1.29 a)** Plantilla de coincidencias [19]

Deslizar, se refiere a mover la imagen modelo de un píxel a la vez (de izquierda a derecha, de arriba a abajo). En cada ubicación, una métrica se calcula, por lo que, representa como "bueno" o "malo", la coincidencia en ese lugar es como similar en esa zona en particular a la de la imagen de origen.

Para cada ubicación de  $T$  sobre  $I$ , se almacena la métrica en la matriz de resultados ( $R$ ). Cada ubicación  $(x, y)$  en  $R$  contiene la coincidencia métrica:

Cuando encuentra la mayor coincidencia ubica un recuadro del tamaño de la imagen modelo sobre la escena, como se observa en la figura 1.29b. El proceso de deslizar se lo realiza con `TM_CCORR_NORMED` métrica.



**Figura 1.29 b)** Plantilla de coincidencia [19]

OpenCV utiliza la función `minMaxLoc` para encontrar los valores máximos o mínimos dependiendo del método que se use.

### 1.5.3 ISPSOFT

Software que cuenta con herramientas para el desarrollo de programas para PLCs Delta; cumple con el estándar internacional IEC 61131-3 (Estándar internacional para Controladores Lógicos Programables), soporta 5 lenguajes de programación: diagramas ladder (LD), gráficos de función secuencial (SFC), diagramas de función en bloques (FBD), lista de instrucciones (IL) y estructuras de texto (ST), su entorno es muy amigable y de fácil utilización. El administrador del proyecto cuenta con tres estructuras jerárquicas, lo que permite tener una visualización de donde se encuentra el proyecto que se está desarrollando. [23]

El nombre de las variables que se puede utilizar puede contener números, letras y guiones bajos, no existe diferencia entre mayúsculas y minúsculas, el nombre de la variable no puede terminar en guión bajo. [24]

Al contar con el ícono de online se puede observar el funcionamiento del programa una vez que ya se encuentre descargado en el PLC y de esta manera saber si el programa realizado ejecuta lo deseado. [23]

En la figura 1.30 se indica cada uno de los componentes de la pantalla principal de ISPSOft.

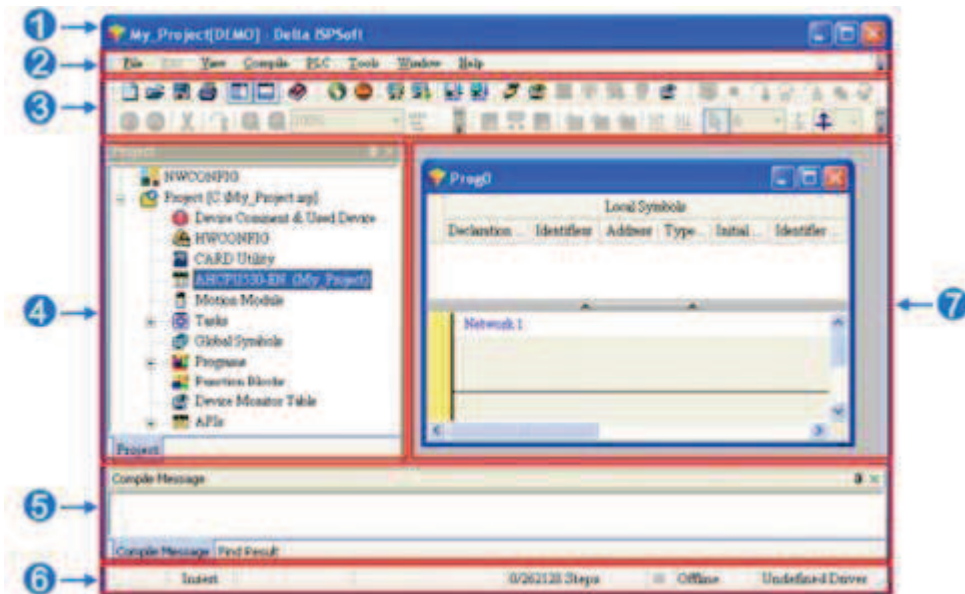


Figura 1.30 Pantalla principal ISPSOft [23]

Donde:

1. Título de la ventana: nombre del proyecto.
2. Barra de menú: contiene 8 elementos.
3. Barra de herramientas: contiene 5 barras.
4. Administrador de proyectos: adopta una interfaz que utiliza una estructura de árbol jerárquica.
5. Despliegue de mensajes: datos relacionados con la compilación y búsqueda de datos.
6. Barra de estado: información acerca de la edición del programa.
7. Área de trabajo: lugar donde se edita el programa ya sea ladder, SFC, etc.

#### 1.5.3.1 Principio de Funcionamiento del PLC [24]

El análisis que realiza el PLC para la compilación se puede dividir en tres etapas: señal de entrada, programa y salida. El tiempo que se demora en leer la entradas, evaluar el programa y mostrar las salidas se denomina tiempo de ejecución.

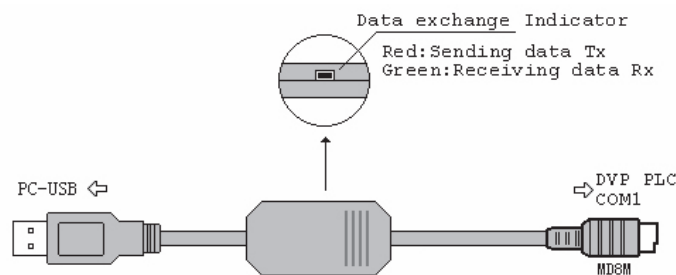
**Señal de entrada:** Las entradas poseen el estado de activado y desactivado, el PLC lee los estados y los almacena en su memoria interna, se actualizarán los estados una vez que el tiempo de compilación inicie nuevamente.

**Programa:** Ejecuta el programa creado por el usuario tomando en cuenta los datos almacenados, empieza de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, hasta llegar al final y luego al inicio nuevamente. El diagrama de escalera es un ejemplo del proceso de ejecución de un programa almacenado en el PLC.

**Salidas:** Una vez evaluado todo, los resultados se trasladan a las salidas físicas del PLC.

### 1.5.3.2 Comunicación Serial Rs-232

La comunicación se la realiza mediante el cable usbacab230, que cuenta con interfaz USB. Al ser un cable de comunicación RS232 debe ser instalado, este tipo de cable es compatible con el sistema operativo Windows 7, y funciona correctamente en el puerto USB 2.0. Cuenta con indicadores, las cuales muestran la transmisión y recepción de datos. [25] En la figura 1.31 se observa su estructura.



**Figura 1.31** Cable usbacab230 [25]

El capítulo siguiente expone los elementos físicos y sus respectivas conexiones para el funcionamiento del sistema de visión artificial.

## CAPÍTULO 2

### DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE

En la actualidad en las industrias lo que se quiere es ahorrar tiempo, por lo cual se hacen más eficientes los procesos, especialmente en la fabricación e inspección de productos.

En el caso de las florícolas se tiene corte, transportación, clasificación, empaque y almacenamiento en cuartos fríos, lo cual implica tiempo para realizar cada una de las actividades. Con el presente proyecto se pretende ahorrar tiempo en lo que se refiere a la clasificación de rosas. La clasificación de flores consiste en hacer grupos que tengan características semejantes de tamaño del botón y largo de tallo, una vez separadas las rosas, la persona que hace los bonches toma las flores de una sola sección.

#### 2.1 PARTES CONSTITUTIVAS

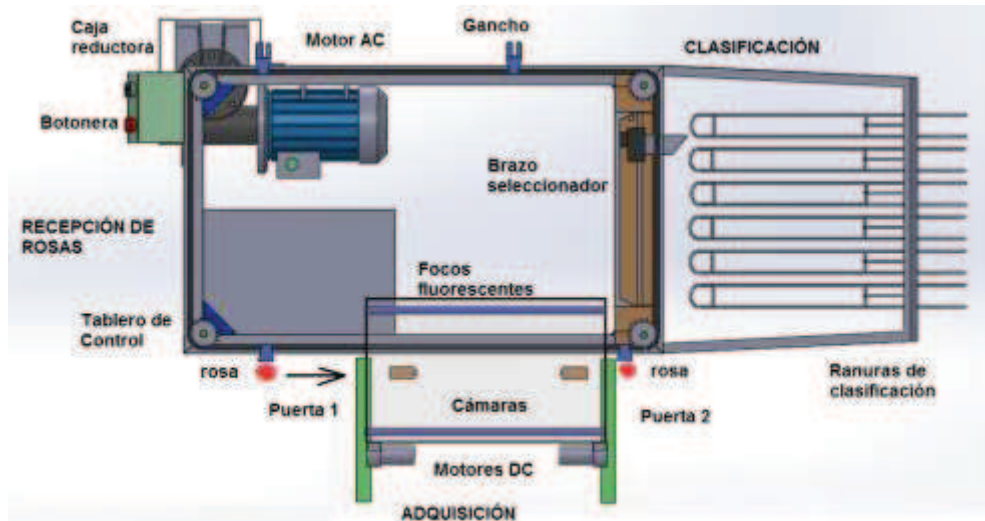
En el presente proyecto se diseña e implementa un módulo que será el encargado de analizar cada una de las rosas para su clasificación según la longitud y la calidad de la flor. Para que una rosa sea de exportación es muy importante que cumpla con ciertos parámetros establecidos por la empresa, como son tallo recto, tamaño del botón, este último debe tener correspondencia con el largo del tallo.

Principalmente, el módulo consta de: recepción, adquisición de imágenes y clasificación, todos los análisis se realizan con la flor en posición vertical. En la figura 2.1 se muestran los elementos que forman parte del módulo:

**RECEPCIÓN DE ROSAS:** Se colocan las flores de una en una en los ganchos que forman parte de la cadena transportadora, la misma que será impulsada por el motor AC, y pasará por todas las etapas del módulo; al tratarse de un producto con el que se debe tener cuidado se lo transportará tratando que no tenga contacto brusco con ningún elemento.

**ADQUISICIÓN DE IMÁGENES:** Se usará una cámara para analizar el botón, ya que éste debe estar de buen color, debido a que la cadena no frena en ningún

momento se usa la cámara de modo que hará el reconocimiento de la imagen, además se tomará la medida del botón para la posterior correspondencia con el largo del tallo; de lo contrario a las flores se las ubicará en el espacio donde están las flores rechazadas.



**Figura 2.1** Partes constitutivas del módulo (vista superior)

**CLASIFICACIÓN:** Una vez que se han analizado las rosas, tanto el botón como el tallo, la flor se coloca en la ranura a la que pertenezca, el módulo consta de cinco ranuras, la primera es para aquellas que no cumplen los requerimientos, las otras cuatro son para las diferentes longitudes 50, 60, 70, 80cm. El sistema seleccionador es el encargado de separar las flores en cada ranura.

**REPRESENTACIÓN EN DIAGRAMA DE BLOQUES:** Lo descrito anteriormente se refiere a la parte física del módulo, analizando todos los elementos que intervienen, se puede representar el sistema como se muestra en la figura 2.2:

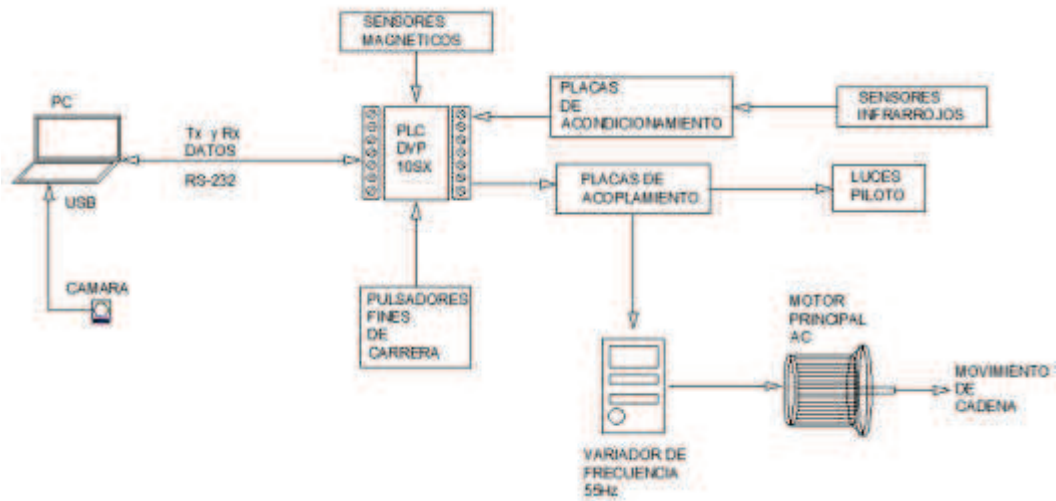
## 2.2 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS

A continuación se describen los elementos que posee el módulo para realizar la clasificación de rosas:

### 2.2.1 VARIADOR DE FRECUENCIA

Como se observa en la figura 2.2 el variador de frecuencia controla el movimiento del motor AC que a su vez mueve la cadena, la cual requiere una velocidad baja, debido a que si las flores pasan muy rápido la cámara no podría captar las imágenes, además las rosas deben tratarse con mucho cuidado. Hay que

considerar que el motor tiene una velocidad elevada 1800rpm (datos de placa). Con una velocidad tan elevada no se puede realizar ningún tipo de análisis.



**Figura 2.2** Diagrama de bloques

El uso del variador se justifica también debido a que no se dispone de una línea trifásica en la empresa.

**VDF007M21A** es el modelo del variador de velocidad que se utiliza en el presente proyecto, el cual pertenece a la familia DELTA, dado que en la actualidad está teniendo buena acogida debido a que su programación no es complicada, además cumple con todas las funciones requeridas por el proyecto.

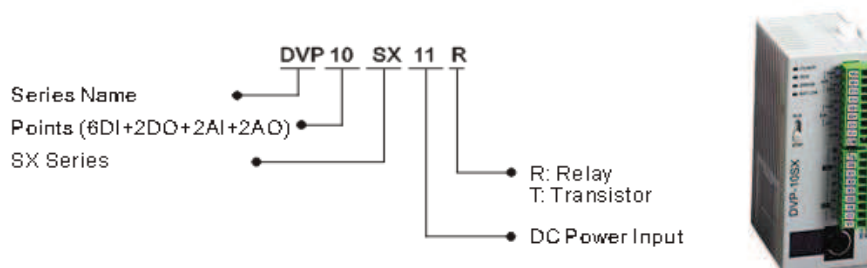
**VDF007M21A**, quiere decir, es para un motor de 1HP, serie M, una fase a 230V como voltaje de entrada y el tipo de versión es A.

### 2.2.1.1 Control Externo del Variador de Frecuencia [26]

El variador cuenta con una pequeña pantalla que muestra el estado de funcionamiento y con un panel de control desde donde se modifica los parámetros del mismo y se ajustan dependiendo de la aplicación. Los botones de STOP y RUN son esenciales para su funcionamiento. Para que el motor empiece a moverse el variador debe estar en RUN y al presionar el botón marcha la cadena empezará a moverse, para lo cual, se utiliza el control externo del variador. En la parte inferior del módulo se tienen terminales, con los cuales se puede manipular el variador de forma remota, en este caso se necesita poner el variador en RUN y STOP. Los parámetros que hay que cambiar son: Pr.01 setear en 01 y Pr.38 setear en 01 y con esto se puede poner en modo RUN al variador.

### 2.2.2 PLC DELTA DVP10SX

El PLC es el encargado de hacer el control propiamente dicho, aquí van conectadas las entradas y salidas. En las entradas están considerados pulsadores, sensores infrarrojos, sensores magnéticos y fines de carrera, en cambio las salidas son luces piloto, motor AC y motores DC. La figura 2.3a representa un determinado modelo de PLC y el significado de cada parámetro y 2.3b representa al PLC utilizado.



**Figura 2.3 a)** Descripción del modelo del PLC, **b)** PLC DVP-10SX [27]

El PLC que se utiliza es Delta, serie SX, con salidas tipo relé, en la tabla 2.1 se observa sus especificaciones.

**Tabla 2.1** Especificaciones del PLC Delta [28]

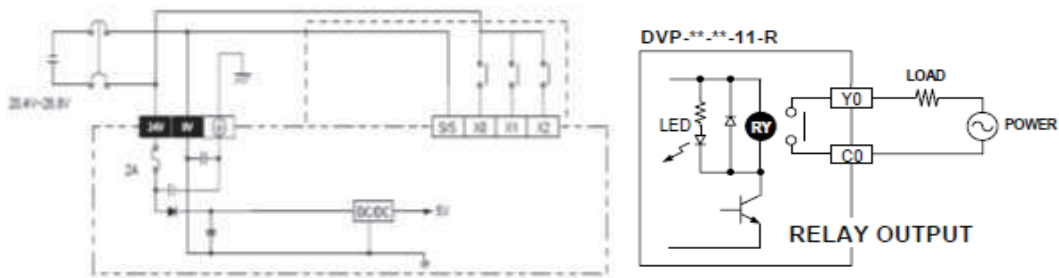
MPU	10 puntos (4DI / 2DO, 2AI / 2AO)
Máximo entradas/salidas	230 puntos.
Capacidad de programa	8K pasos.
Comunicación	Puertos RS-232 y RS-485 integrados, compatible con protocolo de Comunicación MODBUS ASCII/RTU.
PID	Integrado
Soporta punto flotante	Si
Registro de datos de	5000 palabras
Incluye reloj en tiempo real	Si
Soporta PLC Link	Si (conexión PLC-PLC)

#### 2.2.2.1 Conexiones

Rango de funcionamiento 20.4 Vdc hasta 28.8 Vdc. Si es que el voltaje es menor, el PLC muestra error haciendo parpadear un led rojo. En la figura 2.4a se observa cómo se debe realizar la conexión de las entradas al PLC y en la figura 2.4b la conexión de las salidas.

Una vez contabilizadas las entradas y las salidas totales, lo más conveniente es usar unidades expansoras.





**Figura 2.4** a) Conexión de entradas [29], b) Conexión de salidas [27]

### 2.2.2.2 Unidad Expansora del PLC Delta

Consta de 8 entradas y 8 salidas, esta unidad se conecta al PLC y se energiza con la misma fuente, la numeración de las entradas está dada por la ubicación de la conexión respecto al PLC, es decir, las entradas del primer módulo tendrán esta numeración: X20, X21 y el segundo módulo X30, X31, la cual es muy útil al momento de realizar la programación. En el Anexo C se puede observar. [29]

### 2.2.3 MOTOR TRIFÁSICO

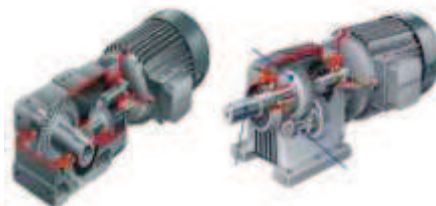
Se lo utiliza debido a que la corriente a manejar es más baja que la de un motor monofásico, con la utilización del variador la corriente de arranque no es tan alta como en el caso de un arranque directo. Para el encendido del motor se usan rampas de aceleración. Durante todo el proceso que realiza el módulo, la velocidad debe ser constante y baja para los respectivos análisis. El motor usado es de la marca siemens, los datos de placa del motor se muestran en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2** Características del motor AC

<b>POTENCIA</b>	1HP
<b>VOLTAJE</b>	220 V
<b>CORRIENTE</b>	1.1 A
<b>FRECUENCIA</b>	60 Hz

### 2.2.4 CAJA REDUCTORA

Va acoplada al motor para reducir mecánicamente la velocidad gracias a los engranes que tiene acoplados. En este proyecto se utiliza una caja reductora angular como se observa en la figura 2.5.



**Figura 2.5** Caja reductora (a) Angular (b) Lineal

### 2.2.5 TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

La florícola no dispone de una línea trifásica, dado que el motor y el variador de frecuencia funcionan a 220 Vac. Se tiene la necesidad un de transformador que cambie de 110 Vac a 220 Vac; es muy importante recalcar que el transformador es de 1000 W ya que el motor usado es de 1HP.

### 2.2.6 FUENTES DE PODER

Los circuitos de acoplamiento, acondicionamiento y cambio de sentido de giro utilizados funcionan a 24 Vdc, 12 Vdc y 5 Vdc, además, los circuitos de acoplamiento deben estar aislados, por lo cual se necesitan fuentes independientes para los circuitos.

### 2.2.7 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

En los últimos años se ha convertido en algo muy usual utilizar estos motores ya que su control de velocidad y cambio de sentido de giro es fácil. Los motores usados son los encargados de mover las puertas y el brazo clasificador. Los datos de los motores se especifican en la tabla 2.3.

**Tabla 2.3** Especificaciones del motor DC

<b>VOLTAJE</b>	12 Vdc
<b>CORRIENTE</b>	100 mA
<b>FRECUENCIA</b>	60 Hz

### 2.2.8 CÁMARA

Como en todo sistema de supervisión, las cámaras hacen el papel de ojos de una persona, para este módulo se ha escogido la cámara: PC camera mini empaque YHT, las especificaciones que se muestra en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4** Especificaciones de la cámara

CMOS chip type:	color CMOS image sensor
Hi-resolving power:	640 x 480
Video format:	24 bits RGB
Interface:	USB
Frame rate:	320 x 240 up to 30 frame 1 sec (cif) 640 x 480 up to 15 cuadros 1 sec (VGA)
Sensor size:	4386 x 3.64 mm
Sin ratio:	48 dB
Dynamic range:	72 dB
Focus range:	3cm – infinity

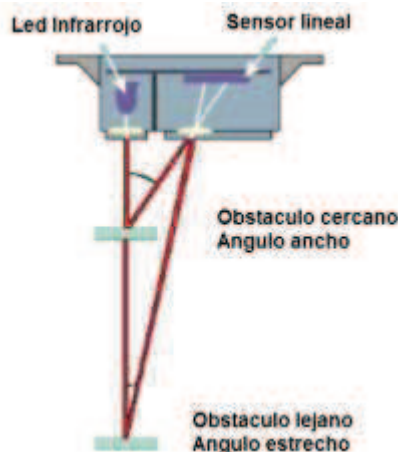
Built-in image compression	Si
Automatic white balance	Si
Automatic color compensated	Si
Dynamic image E-mail	Si
Manual focus	Si
Tecla del obturador	Si

### 2.2.9 SENSORES UTILIZADOS

En general sirven para a detectar si un objeto se encuentra en determinado lugar o a determinada distancia dependiendo del sensor usado también depende de la calibración de los mismos. Para este caso los sensores se utilizan para saber si una rosa ha llegado al sitio donde se realiza la adquisición de imágenes. Cabe recalcar que existen varios tipos de sensores, la elección de ellos dependerá de la aplicación. Para el presente módulo se utiliza sensores infrarrojos, magnéticos y fines de carrera.

#### 2.2.9.1 Sensor Infrarrojo

**SHARP GP2D12 F77**, este tipo de sensores se pueden encontrar en digital y analógico. Los sensores son los encargados de indicar al PLC sobre la presencia de las flores en el lugar de medición de la longitud. Estos sensores leen y envían las lecturas de las distancias continuamente, las señales que se envían son voltajes que dependen de la distancia, funcionamiento se aprecia en la figura 2.6.



**Figura 2.6** Principio de operación sensor GP2D12 [30]

Los sensores infrarrojos se encuentran ubicados en la parte inferior de la etapa de adquisición de imágenes de esta manera se realiza la medición de la longitud del tallo para su posterior clasificación, cada sensor está a una distancia de 10cm, se poseen 4 sensores. Al ser un sensor infrarrojo con varias aplicaciones y bajo

coste, se convierte en un sensor apto para los trabajos que se pretenden realizar. En la tabla 2.5 se indican sus especificaciones:

**Tabla 2.5** Especificaciones sensor GP2D12 [33]

<b>VOLTAJE DE OPERACIÓN</b>	4.5V a 5.5 V
<b>DISTANCIA DE TRABAJO</b>	10cm a 80 cm
<b>VOLTAJE DE SALIDA</b>	0.4V A 2.8V

### **2.2.9.2 Sensores Magnéticos**

Su funcionamiento básico es que al acercarse un campo magnético su contacto se cierra sin necesidad de contacto, este campo magnético será originado por un elemento imantado ubicado en el objeto que se quiere detectar, también se los puede usar teniendo en medio otros materiales no magnéticos.

Se los utiliza en la apertura de las puertas para ingresar y salir de la etapa de adquisición de imágenes, en cada gancho que sostiene la rosa se encuentra un imán, además, se usan en el brazo seleccionador, cada sensor lo posiciona en cada una de las ranuras de clasificación.

### **2.2.9.3 Fines de Carrera**

Se los utiliza a los extremos del recorrido de las puertas para de esta manera forzar a los motores cambiar el sentido de giro de su movimiento, con lo cual se realiza la apertura y cierre de las puertas. También está ubicado en la posición cero del brazo seleccionador, y así cada vez que el sistema se enciende forzar al brazo regresar a esa posición.

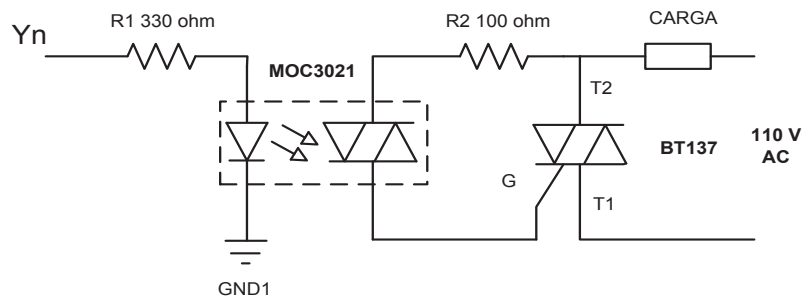
## **2.3 DESCRIPCIÓN DE CIRCUITOS**

Al realizar varios procesos durante el funcionamiento del módulo, es necesario tener los circuitos adecuados para realizar su control. En el Anexo C se encuentran los diseños de todos los circuitos descritos a continuación.

### **2.3.1 CIRCUITO DE ACOPLAMIENTO DC- AC**

El PLC utiliza una fuente de 24Vdc, dado que las luces piloto y contactor funcionan a 110 Vac, se tiene la necesidad de usar estos circuitos. Los acoplamientos se utilizan para aislar las tierras de las placas y también como seguridad, así si en algún momento si existe un corto circuito el daño llegaría

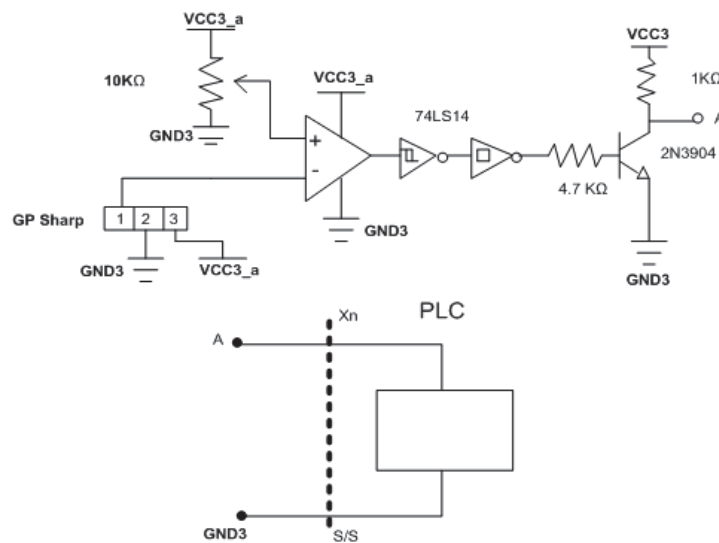
hasta el acoplamiento y no más allá. En la figura 2.7 se observa el circuito de acoplamiento.



**Figura 2.7** Circuito acoplamiento AC

### 2.3.2 CIRCUITO COMPARADOR DE SENSORES INFRARROJOS

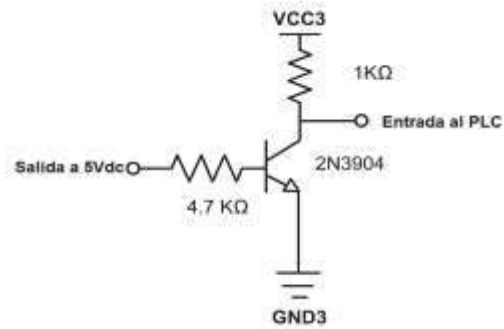
La señal de salida que proporciona el sensor es analógica, por lo cual se usa un comparador y según el resultado que se obtenga, se enviara otra señal a la placa de acoplamiento. En la figura 2.8 se aprecia las conexiones que necesita el sensor infrarrojo para su funcionamiento.



**Figura 2.8** Circuito comparador sensores IR

### 2.3.3 CIRCUITO ACOPLAMIENTO 5V – 24V

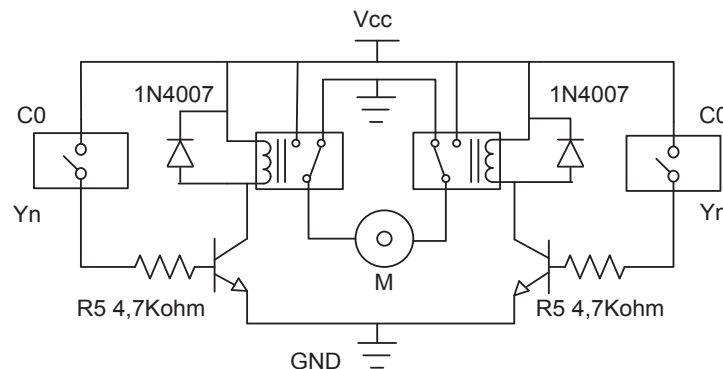
Los sensores infrarrojos funcionan a 5 Vdc y al tratarse de una entrada al PLC se debe tener un voltaje adecuado, de lo contrario el PLC no leerá las señales de los sensores, en este caso se amplifica la señal de voltaje obtenido por el sensor, en la figura 2.9 se muestra el circuito de amplificación de voltaje.



**Figura 2.9** Circuito acoplamiento 5V a 24V

### 2.3.4 CIRCUITO CONTROL DE MOTOR DC

Para funcionamiento del motor se debe controlar la velocidad y el sentido de giro. La velocidad se establece mediante un PWM enviado desde el PLC, para el presente proyecto la velocidad debe ser un tanto baja (en comparación de la velocidad máxima), puesto que debe recorrer una distancia máxima de 40cm en un tiempo corto. El cambio de sentido de giro se realiza mediante relés (figura 2.10), los cuales energizan su bobina una vez que relé cierre su contacto.



**Figura 2.10** Circuito control motor DC

### 2.3.5 CONEXIONES AL PLC

Estas conexiones se pueden dividir en entradas y salidas. El PLC propiamente dicho solo cuenta con entradas análogas y digitales, pero el módulo requiere más puntos de conexión, por lo cual se usan módulos de expansión. En el Anexo C se tiene las conexiones y la respectiva nomenclatura.

**CIRCUITO DE FUERZA.-** En el Anexo C se puede observar las conexiones del circuito de fuerza implementado, también las conexiones del motor AC.

**MONTAJE DE ELEMENTOS.-** En el Anexo C se puede apreciar imágenes del módulo implementado.

## 2.4 DESCRIPCIÓN DE LA PARTE MECÁNICA

La manera en que se van a transportar las flores es en forma vertical enganchadas de la parte baja del botón y con esto se deja libre el botón y el tallo para su análisis. Se ha escogido transportarlas así debido a que se tiene un mayor ángulo de visión para la cámara. Para realizar una inspección completa se necesita observar en todas las posiciones y de esta manera cerciorarse que el producto se encuentra en buen estado y cumple los requerimientos de la florícola.

**RODAMIENTOS.-** A pesar que existe gran variedad se ha escogido rodamientos de bola, gracias a estos se realiza la transmisión del movimiento de la cadena.

**EJES.-** Son los encargados de transmitir por medio de rodamientos el movimiento rotacional que genera el motor hacia las catarinas y posteriormente a la cadena que transporta las rosas.

**CATARINAS.-** Moverán la cadena a través de los diferentes sitios del módulo, es decir, por recepción, adquisición de imágenes y clasificación.

**CADENA.-** Se optó por usar una cadena, ya que al tener eslabones no se deslizará y conservará su posición, al tener sitios curvos y rectos, no se podía usar materiales rígidos.

**MECANISMO PIÑÓN-CREMALLERA.-** Con este mecanismo se transforma un movimiento circular del piñón en un lineal de la cremallera, es un sistema reversible, es decir, con el movimiento de la cremallera se hace girar el piñón (figura 2.11). Este sistema es muy usado en varias aplicaciones como: puertas correderas, sacacorchos, regulación de altura de trípodes, entre otros. [31]

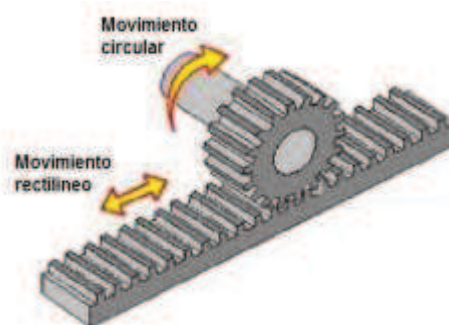


Figura 2.11 Mecanismo piñón-cremallera [31]

## 2.5 ANÁLISIS DE COSTOS

En la realización del proyecto es necesario hacer un análisis de los recursos económicos utilizados, para lo cual se debe tener en cuenta los costos directos e indirectos que intervienen en la realización del mismo. [32]

### 2.5.1 COSTOS DIRECTOS

Los costos directos son aquellos que son específicamente identificables con un producto, función o actividad. En general estos incluyen gastos como materia prima, mano de obra directa y equipo específico. Para poder encontrar el costo directo del prototipo se toma en consideración los siguientes rubros:

- Costos de ingeniería
- Costos de mano de obra
- Costos de materia prima

#### 2.5.1.1 Costos de Ingeniería

Estos costos se relacionan directamente con lo que tiene que ver con el diseño, y la elaboración de los planos del prototipo, la selección de elementos también se encuentra dentro de estos costos, los cuales se describen en la tabla 2.6.

**Tabla 2.6** Costos de ingeniería

Aplicación	Operación	Costo de ingeniería [usd/h]	Tiempo total [h]	Total [usd]
Módulo Clasificador de rosas	Diseño y elaboración de planos	20	80	1600
	Selección de elementos	15	10	150
COSTO TOTAL DE INGENIERÍA				1750

#### 2.5.1.2 Costos de Mano de Obra

Se detalla los costos referentes a la mano de obra que intervino en la construcción del módulo y en la elaboración de los circuitos en las placas también tienen un costo, tabla 2.7.

**Tabla 2.7** Costos de mano de obra

Operación	Mano de obra [usd/h]	Tiempo Total [h]	Total [usd]
Construcción parte mecánica	4	240	960
Elaboración de placas	15	10	150
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA			1110



### 2.5.1.3 Costos de Materia Prima

Se refiere a los elementos utilizados en la implementación del módulo, hay que considerar que los elementos mecánicos están incluidos en costos de construcción mecánica, como se observa en la tabla 2.8.

**Tabla 2.8** Costos de materia prima

Elemento	Cantidad	Valor Unitario [usd]	Valor Total [usd]
Variador de Frecuencia	1	287,62	287,62
PLC DVP10SX	1	260	260
Motor Electrico 1hp 1800 RPM	1	205,5	205,5
Caja reductora angular	1	365,57	365,57
Transformador 110V/220V	1	100	100
Fuentes 12V-8A	2	20	40
Fuente PLC	1	31	31
Elementos electrónicos varios	1	180	180
Cámara	1	16	16
Cable rs232	1	30	30
Sharp IR Sensor - GP2D12	4	20	80
Delta PLC DVP16SP11R NIB	2	61,5	123
Motrores DC con caja reductora	2	5	10
Acrilico, Maderas, Tornillos	1	40	40
<b>COSTO TOTAL DE MATERIA PRIMA</b>			<b>1768,69</b>

### 2.5.2 COSTOS INDIRECTOS

Son aquellos que se generan durante la construcción del módulo, detallados en la tabla 2.9.

**Tabla 2.9** Costos indirectos

Detalle	Cantidad	Valor unitario[usd]	Valor total [usd]
Currier y fletes	1	60	60
Herramienta menor construcción del módulo	1	25	25
<b>COSTO TOTAL DE INDIRECTOS</b>			<b>85</b>

### 2.5.3 COSTO TOTAL DEL MÓDULO

Para calcular el costo total del módulo, se suman el total de los costos directos y los costos indirectos; además cabe recalcar que se debe considerar un costo adicional, al cual se le denomina costo de imprevistos, los cuales pueden ser materiales adicionales o insumos extras que no son tomados en cuenta en el

estudio de costos directos e indirectos. El costo de imprevistos se considera como un 10% de la suma total de costos del módulo, como se puede observar en la tabla 2.10.

**Tabla 2.10** Costo total

<b>Detalle</b>	<b>Valor [usd]</b>
Costos Directos	4644,69
Costos Indirectos	85
Subtotal	4729,69
10% Imprevistos	472,97
<b>TOTAL COSTO MÓDULO</b>	<b>5202,66</b>

El siguiente capítulo se refiere al software utilizado y sus componentes los cuales intervienen en su composición.

## **CAPÍTULO 3**

### **DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA EL SISTEMA**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

El presente capítulo describe cada uno de los programas utilizados para la interfaz; se utilizan algunas librerías que ayudan al reconocimiento de las imágenes como son OpenCV o EmguCV.

El programa desarrollado para el control total del sistema consta de básicamente cuatro subprogramas como: el de visión artificial, del PLC, de comunicación entre el PLC y la computadora, un programa que base de datos. Además de estos existe un programa extra que crea una interfaz para el usuario y la computadora que igualmente sirve de enlace entre los otros cuatro.

El primero se puede decir que funciona como los ojos y una parte del cerebro del sistema ya que a más de observar el entorno de la sección de clasificación del sistema, procesa las imágenes y las discrimina acorde a las necesidades planteadas.

El segundo es la representación del PLC en la interfaz, con el cual se le da la funcionalidad deseada para que interactúe con los sensores, actuadores, además indica el estado de la comunicación serial RS232. Se puede decir que este es la otra parte del cerebro.

Si el primero y el segundo son los ojos y el cerebro el tercero es el corazón del sistema ya que es el encargado de intercambiar la información generada segundo a segundo por todo el sistema, además consta de una sección de comunicación entre el usuario y la PC.

El cuarto programa lleva un registro de las actividades realizadas en un periodo de tiempo por el sistema. El último programa crea una jerarquía de ejecución de los otros programas para evitar conflictos y mal funcionamiento, además restringe acceso al usuario de acuerdo al nivel de usuario que va desde visitante hasta administrador.

## 3.2 PROGRAMAS DESARROLLADOS EN VISUAL C#

Para el control del módulo en forma remota se ha desarrollado una interfaz amigable para el usuario. Para que el programa no se vuelva muy lento se optó por hacer seis proyectos diferentes en una única solución, el primer proyecto consta de la pantalla principal, login, cambio de clave, cambio de usuario, ayudas sobre cómo usar el programa y una descripción de cada pestaña, el segundo proyecto se encarga de realizar el procesamiento de imágenes muestra las imágenes que observa la cámara, el tercer proyecto recibe datos numéricos a cerca de las coincidencias encontradas por la cámara y muestra con indicadores visuales a que tamaño pertenece la rosa que se encuentra en frente de la cámara, el cuarto presenta de otra forma los datos obtenidos en el procesamiento, además se observa la cantidad de flores que se han inspeccionado hasta ese momento, el quinto proyecto permite tener el control del PLC y comunicación con la PC, y el último proyecto contiene los registros de los datos, el cual tiene una conexión con una base de datos en Access. La interfaz está desarrollada en varios formularios, los cuales aparecen según se los llame.

### 3.2.1 MENU PRICIPAL

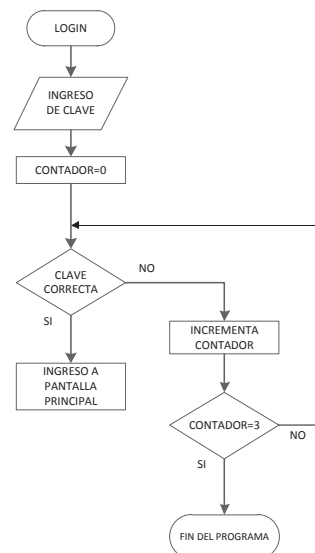
En la figura 3.1 se aprecia la pantalla principal, donde se presenta los datos generales y las funciones que se tiene para el control y visualización del proceso de clasificación.



Figura 3.1 Pantalla principal Interfaz

### 3.2.1.1 Login

Una vez abierto el programa la pantalla principal presenta el ingreso de usuarios (figura 3.2a), el software desarrollado cuenta con 4 usuarios diferentes como son: administrador, secretaria, operador y visitante, los tres primeros tienen su propia clave la cual se puede cambiar, en modo visitante no se requiere de claves, sin embargo cada uno de los usuarios puede ingresar solo a ciertas áreas del programa, en este caso el administrador es la persona quien tiene acceso total al programa. De esta manera se tiene un orden jerárquico de ingreso. Dependiendo del usuario que se escoja, se hace comparación con su respectiva clave, las cuales se encuentran almacenadas en una base de datos, el diagrama de flujo que describe su funcionamiento se aprecia en la figura 3.2b.



**Figura 3.2 a)** Pantalla ingreso al sistema, **b)** Diagrama de Flujo Login

Una vez que se encuentre dentro del sistema, primero se debe elegir la variedad o color de flor que se va a clasificar, el presente proyecto permite clasificar tres colores: rojas, amarillas y azules; una vez que se elige y acepta el color se habilitan las demás pestañas del programa. En la figura 3.2c se observa las opciones que dispone el programa.

### 3.2.1.2 Cambio de Clave

Como cualquier programa, la presente interfaz cuenta con cambio de clave para los usuarios, en la figura 3.3 se muestra donde se puede realizar su cambio.



Figura 3.2c) Elección del color a clasificar

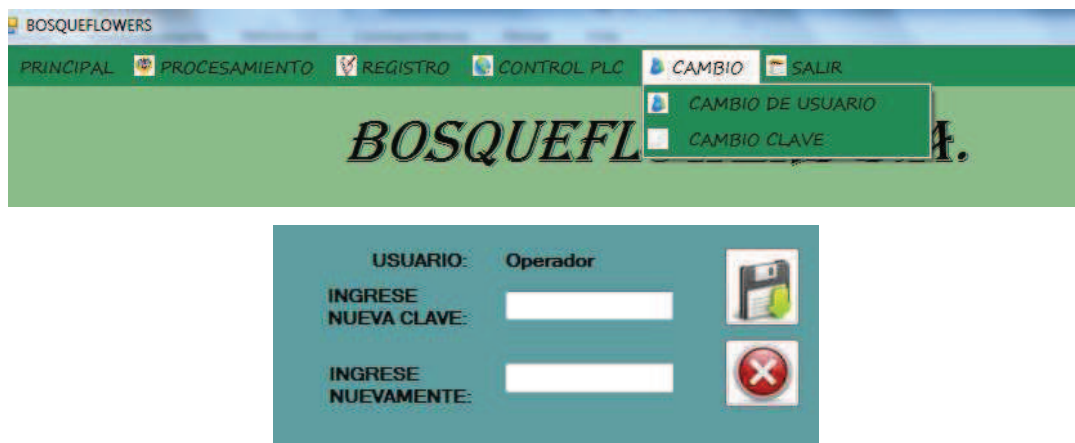


Figura 3.3 Pantallas cambio de clave

En las figuras 3.4 a y b se puede observar las ayudas que tiene el programa:

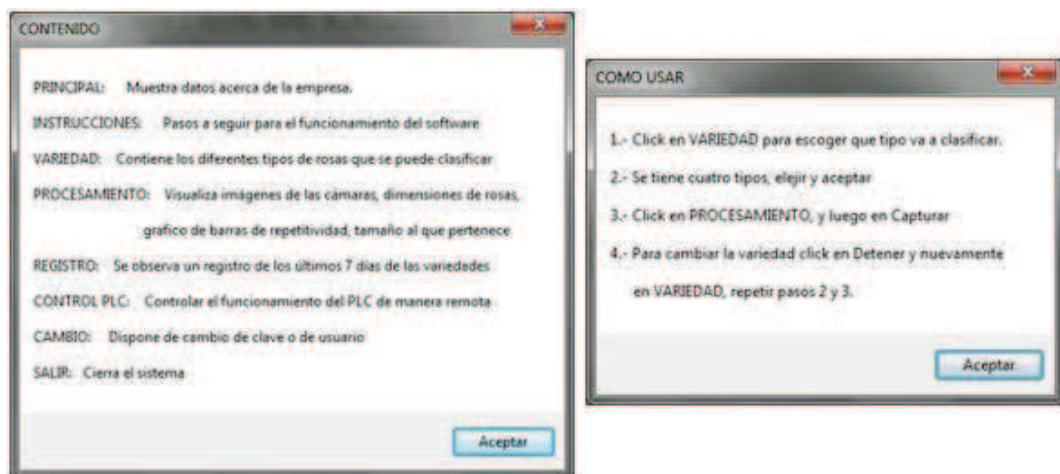


Figura 3.4 Pantallas de ayuda

### 3.2.2 CONEXIÓN PLC-PC

La comunicación entre la interfaz y el PLC es serial RS-232, usando para eso el respectivo cable de comunicación. La interfaz realiza monitoreo y control sobre los elementos del módulo, razón por la cual se debe estar enviando y recibiendo datos sobre el estado de los pulsadores, sensores y fines de carrera.

#### 3.2.2.1 Control Remoto del Módulo

El programa está desarrollado mediante una GUI, la cual permite efectuar algunas acciones de manera remota mediante la simulación de botones e indicadores con restricciones que no permiten hacer un paro de emergencia y tampoco manipular el selector solo permite visualizar su estado. En la figura 3.5 se detalla los elementos principales.



**Figura 3.5** Pantalla Control Remoto

Donde:

1.- Luz piloto

Indicador que muestra el encendido de la luz piloto cuando el módulo está en marcha este se pone en verde.

2.-Luz paro

Indicador que muestra el estado en que el módulo está en stand by listo para ser puesto en marcha.

3.- Botón Marcha

Entrada que al pulsarla permite poner en marcha al módulo.

4.-Botón Paro

Entrada que al pulsarla permite poner en stand by al módulo.

#### 5.-Selector

Indicador que permite conocer el estado del selector físico ubicado en el tablero.

#### 6.-Indicadores de los sensores IR

Muestra el encendido de los sensores Infrarrojos al momento de la clasificación del tamaño.

#### 7.-Comunicación RS232

Es la parte visible del programa de comunicación PC-PLC que muestra si existe o no comunicación.

### **3.2.2.2 Explicación del Programa desarrollado**

Para poder utilizar la librería DMT en el programa se debe copiar los encabezados DLL para las funciones de envoltura, además se debe anexar el archivo DMT.dll a la carpeta en donde se ejecutará el programa y en la carpeta Windows/System32 del sistema.

Este proceso se realiza de manera continua desde que se inicia el programa ya que está en constante monitoreo de algún cambio de lectura y/o escritura ocurrido por el PLC o el programa de asistencia remota (HMI). Solamente se finaliza si la comunicación falla.

En el Anexo D se detalla el programa de comunicación con el PLC, el resultado de esa comunicación se presenta en la forma de la figura 3.5.

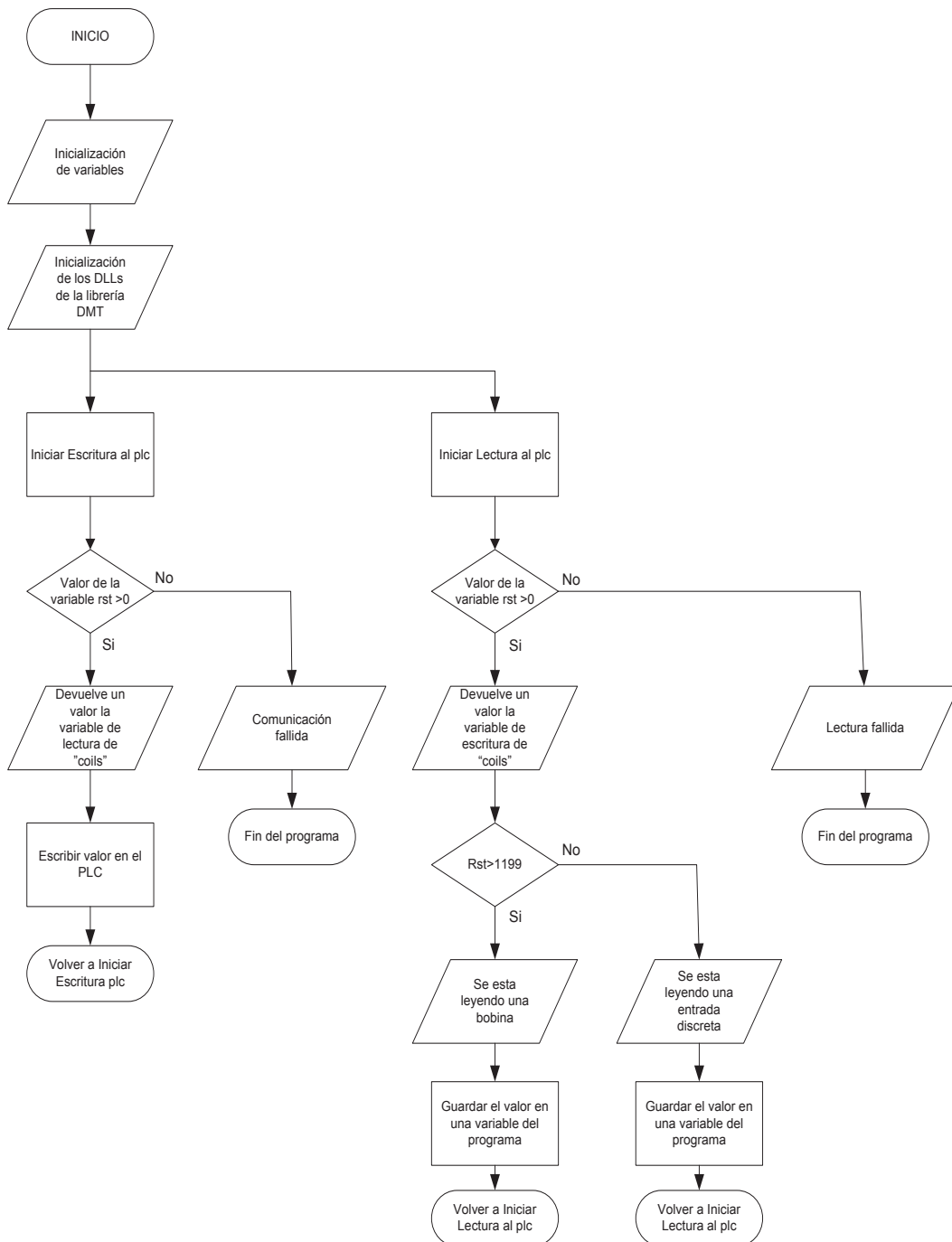
Se inicializan las variables en el programa desarrollado.

Con los parámetros iniciados se puede iniciar la comunicación y hacer peticiones y recibir respuestas del PLC.

Constantemente se lee tanto las entradas como las salidas del PLC, debido a que si algún estado cambia se lo pueda observar en la pantalla de comunicación. En la figura 3.6 se representa el diagrama de flujo de comunicación, es decir, las funciones de lectura y escritura.

En la figura 3.7 se puede observar el procedimiento (diagrama de flujo) que se sigue para indicar el estado de cada uno de los elementos de la forma de control del PLC (figura 3.5).





**Figura 3.6** Diagrama de Flujo lectura/escritura Visual C#

Se puede apreciar que el programa se ejecuta continuamente mientras exista comunicación y se finaliza cuando ésta no existe o se sale por el programa principal.

Una vez que exista comunicación, primero se verifica en qué posición se encuentra el selector para que se habiliten los controles, dado que si está en apagado o local no se puede manipular el PLC, es decir, encenderlo o apagarlo.

Como los indicadores de los sensores infrarrojos y de las luces piloto son de lectura no se puede manipularlos solo observar su comportamiento.

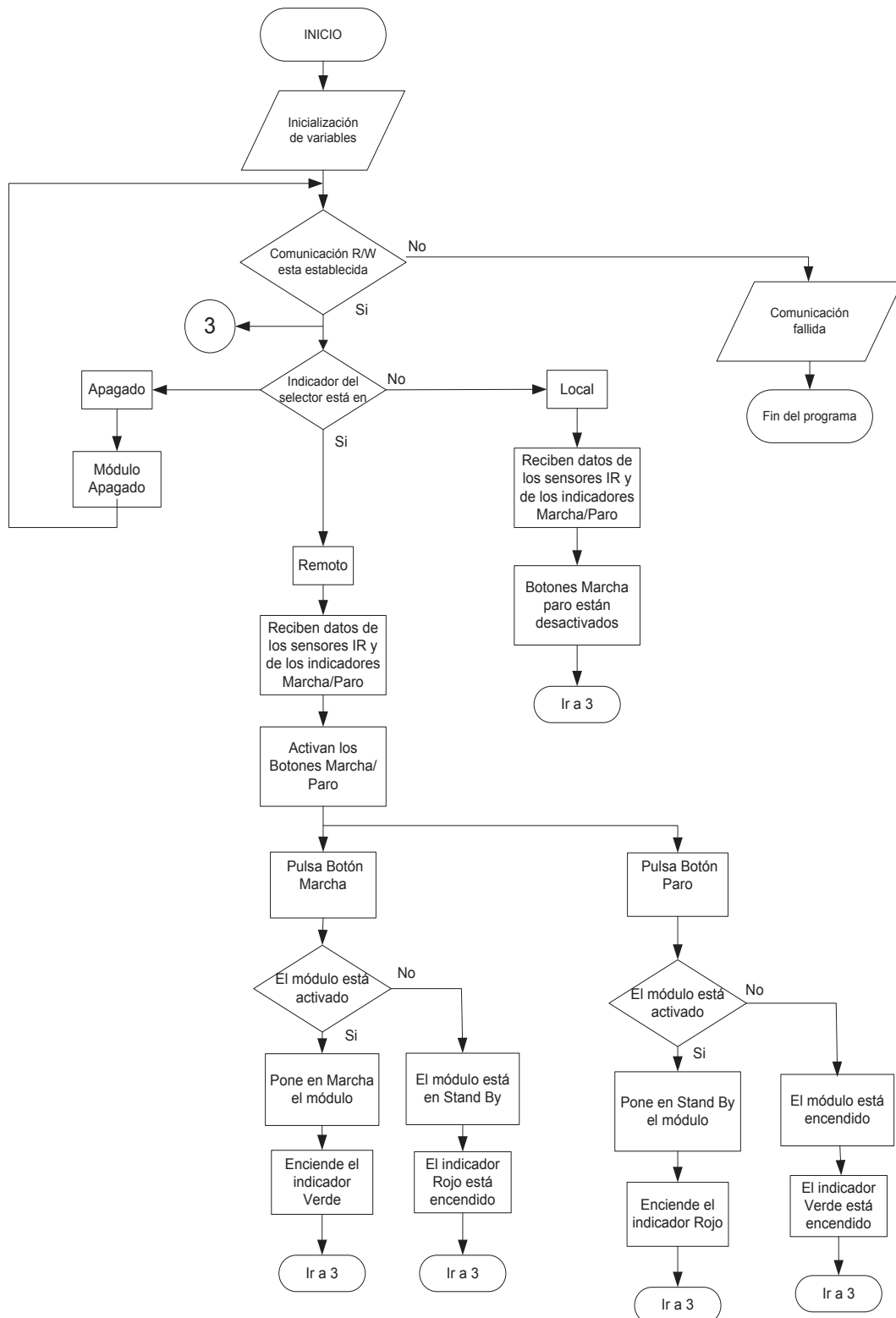


Figura 3.7 Diagrama de Flujo control remoto

### 3.2.3 PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

La ficha procesamiento consta de 5 diferentes subprogramas contenidos en una sola forma llamada “Contenedora” que es una pantalla netamente visual, que permite observar varios parámetros, como se puede apreciar en la figura 3.8. A continuación se enlista y se detallan estos.

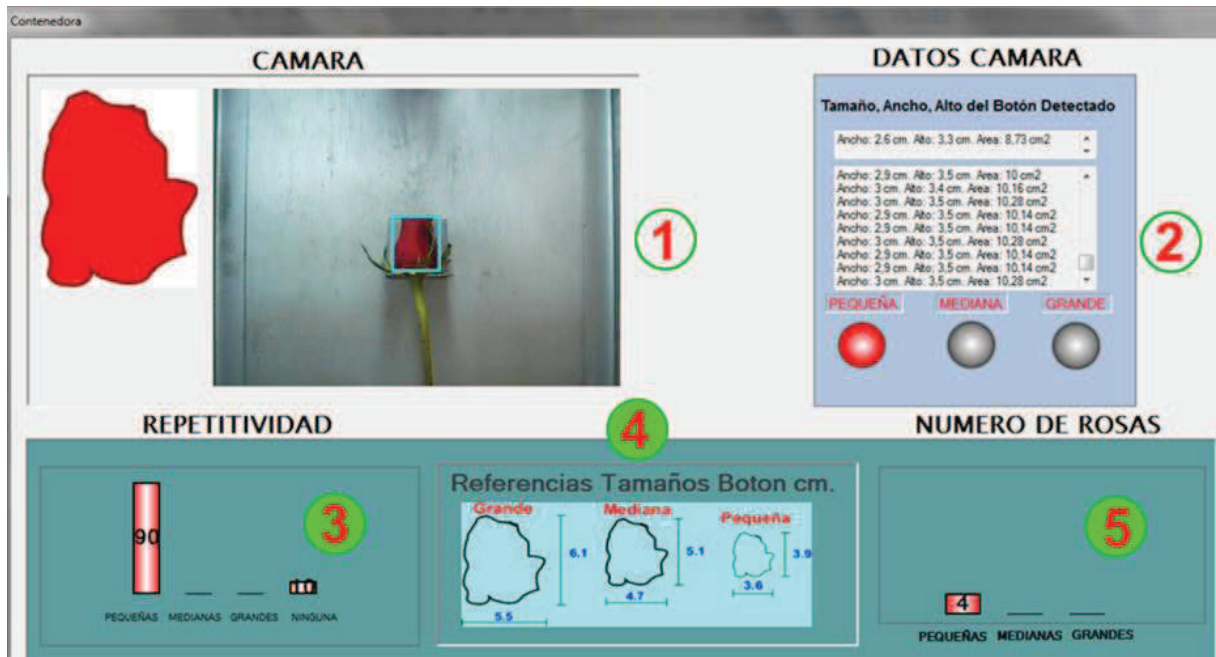


Figura 3.8 Composición de la pestaña Contenedora

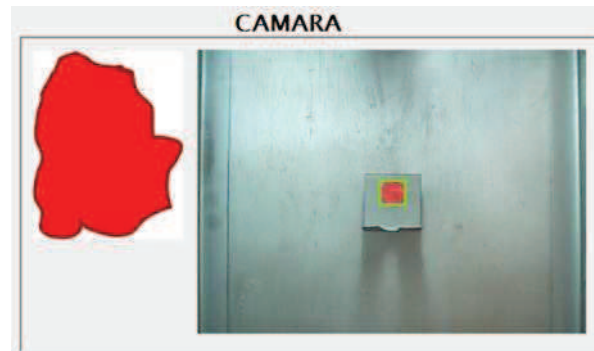
Donde:

#### 1.- CAMARA

La cámara capta la imagen de la rosa al momento que esta pasa por el área en donde se encuentra montada ésta. El programa hace una discriminación de la imagen patrón con respecto a la observada por la cámara, aparece un recuadro que indica que una flor pasó por la zona de detección. Como se observa en la figura 3.8 se crean unos recuadros al contorno de la rosa lo cual genera una señal que es enviada al programa del PLC mediante el programa de comunicación antes descrito y se procede a la clasificación. Este proceso se repite continuamente hasta que se pulse el botón de paro.

Además el programa cuenta con el reconocimiento de un punto fijo en el sector del gancho, como se puede apreciar en la figura 3.9. Este

reconocimiento permite saber si existe flor o no en un momento determinado, ya que si el punto rojo se encuentra visible y es detectado por la cámara y da la pauta de que no hay una flor puesta en el gancho, por el contrario, si el punto rojo está invisible entonces se encuentra oculto detrás de una flor. Para hacer el reconocimiento del punto fijo se lo realiza utilizando el mismo algoritmo que de las rosas.



**Figura 3.9** Imagen programa Cámara

## 2.-DATOS CAMARA

Datos Cámara muestra el alto, ancho y el área del recuadro que se forma al detectar un botón de una rosa. El programa lo hace de dos maneras: la primera adquiriendo una sola vez los datos, manteniéndolos hasta que exista un cambio de rosa y la otra de manera continua. Además en la parte inferior consta de un indicador del tamaño del botón, el cual dependiendo del alto, ancho y el área, puede ubicarse en grande, mediano y pequeño, como se puede observar en la figura 3.8.

## 3.- REPETITIVIDAD

Gráfica estadística de barras que indica la cantidad de datos verdaderos de las dimensiones: alto, ancho y el área que detecta la cámara en tiempo real en función de los datos erróneos que aparecen al momento de filtrar los tres tamaños: grande, mediano y pequeño como se puede apreciar en la figura 3.8. Cuanto más tiempo se detecta el botón el porcentaje de los datos verdaderos se incrementan mientras que los datos erróneos decrecen. Esto se debe a que al principio al colocar la flor por un mínimo balanceo de esta, o por el inicio del algoritmo de detección, el filtro de tamaño se puede confundir y los datos falsos son significantes, pero en

otro instante de tiempo estos se vuelven insignificantes en función de los verdaderos.

#### **4.- REFERENCIAS TAMAÑO**

Imagen que nos da una referencia de los tamaños del botón en alto y ancho en centímetros ya sea este grande mediano o pequeño.

#### **5.- NÚMERO DE ROSAS**

Cuenta el número de rosas que pueden ser: grandes, medianas o pequeñas que son detectadas por la cámara durante el proceso. Con la ayuda de la detección del punto fijo explicado anteriormente (figura 3.9), mientras esta visible el punto fijo el programa mantiene la cuenta anterior cuando este se oculta se obtiene una cuenta ascendente mostrada en una gráfica estadística de barras como se puede observar en la figura 3.8 la cual mantiene la cuenta hasta que se reinicie el proceso reiniciando el programa o cambiando de color de flor.

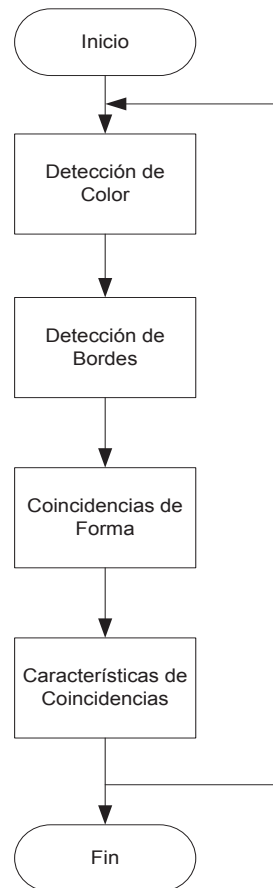
##### **3.2.3.1 Método usado**

Existen dos etapas principales en la identificación de la rosa, la detección y el reconocimiento. El código desarrollado se encuentra encapsulado en una librería de clases denominada Rose\_Detect.dll. La creación de una librería no es más que la compilación por separado de un código de programa y anexarlo al programa principal para un mejor rendimiento del CPU y ahorro de recursos de la memoria RAM de la PC. Esta librería a más de contener los datos para trabajar con el color rojo, también contiene datos para las tonalidades amarillas y azules. Por ese motivo se hace un análisis para el color rojo. Para los otros colores se utiliza el mismo algoritmo, con la variación de la matriz de la tonalidad como se explica posteriormente.

**Etapas de detección.-** Las imágenes de las rosas son pre-procesadas, filtradas y segmentadas utilizando propiedades como el color. Las imágenes resultantes contienen regiones potenciales que se ponen a prueba.

**Etapas de reconocimiento.-** Se comparan con ciertos parámetros como forma y color para ser capaz de determinar si existe o no coincidencias en las imágenes.

**Algoritmo utilizado en la identificación y reconocimiento.-** El diagrama de la figura 3.10 se resume los pasos a seguir en el proceso de la detección.



**Figura 3.10** Proceso de detección de rosas

### 1.- Inicio

La figura 3.11a representa la imagen obtenida por la cámara, sin utilizar ningún filtro, la distancia cámara-rosa es 22cm, a esa distancia la flor se la aprecia bien, además permanece a la vista de la cámara el tiempo suficiente para su procesamiento.

### 2.- Detección de Color

Para la segmentación de color se utiliza una técnica de división simple basado en modelo de color HSV de la librería OPENCV. Primero se filtra la imagen a comparar mediante la Técnica de Suavizado o alisado Gaussiano (explicado en el primer capítulo página 20) como se puede observar en la figura 3.11b.



**Figura 3.11a)** Imagen original

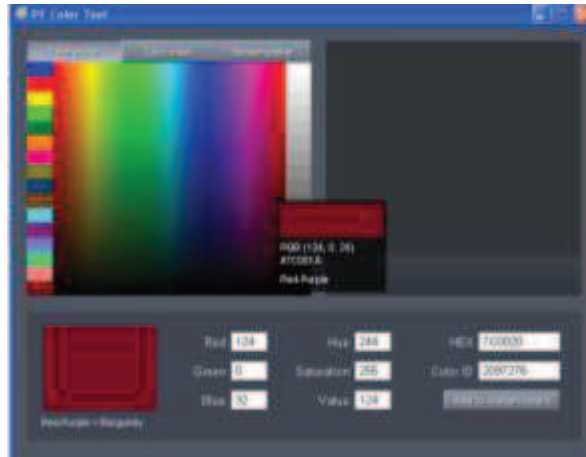


**Figura 3.11b)** Imagen aplicada el filtro gaussiano de alisado

La imagen alisada se convierte primero en el espacio de color HSV, usando la función incorporada de convertir EmguCV, y luego se divide en una matriz de tono, saturación y un valor de propiedad, imágenes grises llamadas canales.

En la matriz de tono (canal [0]) se utiliza una función que permite escoger un rango de valores en los cuales está definido el color rojo. Para encontrar la región dominante de color necesario aplicado a la rosa (en este caso rojo), se utiliza una tabla de colores definida en el espacio de colores HSV, se le puede obtener de un programa que contenga la paleta de colores, en este caso se utiliza PF color Tool que tiene licencia libre. [33]

De acuerdo a la paleta, los valores de tono (Value) utilizados para el color rojo, van de: menor a 20 y mayor a 160, el verde entre 40 y 100, el azul entre 120 y 180 aproximadamente, como se observa en la figura 3.12.



**Figura 3.12** Espacio de colores en HSV [33]

En la matriz de saturación (canal [1]) se utiliza el método de umbralización también llamado detección de bordes binario (el cual se explicó en el primer capítulo páginas 28-29). Este se utiliza principalmente para filtrar los píxeles blancos. El resultado al aplicar a una imagen se puede observar en la figura 3.13



**Figura 3.13** Imagen aplicada el filtro de detección de bordes binario

El enmascaramiento se logra mediante la utilización de la función lógica “and”, la función de las imágenes grises generadas a partir de las imágenes de 'canales' iniciales. El canal [0] se enmascara para el matiz de color rojo y es añadido con el canal [1], que contiene la saturación con píxeles blancos filtrados. El canal [2] contiene la propiedad de valor no usada.



A continuación se muestra el código: [34]

```
private static Image<Gray, Byte>GetPixelMask(Image<Bgr, byte> image)
{
    using (Image<Hsv, Byte>hsv = image.Convert<Hsv, Byte>())
    {
        Image<Gray, Byte>[] channels = hsv.Split();
    try
        {
            CvInvoke.cvInRangeS(channels[0], new MCvScalar(20), new
                MCvScalar(160), channels[0]);
            channels[0]._Not();
            channels[1]._ThresholdBinary(new Gray(50.0), new Gray(100.0));
            CvInvoke.cvAnd(channels[0], channels[1], channels[0], IntPtr.Zero);
        }
    finally
        {

            channels[1].Dispose();
            channels[2].Dispose();
        }
    returnchannels[0];

    }
}
```

Se devuelve el valor de un arreglo (channels [0]) para su posterior procesamiento, utilizando las técnicas de detección de bordes. Se explica a continuación.

### 3.- Detección de bordes

Los bordes se utilizan para caracterizar los límites. La detección de bordes reduce significativamente la cantidad de datos y filtra la información inútil preservando al mismo tiempo importantes propiedades estructurales de una imagen. Cuando la imagen gris que se genera con las regiones dominantes rojos es blanca, se procesa mediante dos funciones morfológicas matemáticas, dilatar y erosionar (funciones explicadas en el primer capítulo página 28). Luego de utilizar las funciones de procesamiento de imágenes de suavizado, dilatación y erosión, la imagen se transmite a través de un proceso de búsqueda de aristas (figura 3.14), llamado el detector de bordes de Canny (primer capítulo página 29).



**Figura 3.14** (a) Imagen original; (b) imagen aplicada el filtro de canny

La imagen es segmenta utilizando la detección de bordes de Canny, luego la función 'FindContours' se utiliza para obtener las líneas de los contornos de la imagen Canny. Dicha función se muestra a continuación: [34]

```
public void Detect_Rose(Image<Bgr, byte>img, List<Image<Gray,
Byte>>stopSignList, List<Rectangle>boxList,outint match)
{
    Image<Bgr, Byte>smoothImg = img.SmoothGaussian(5, 5, 1.5, 1.5);
    Image<Gray, Byte>smoothedMask = GetPixelMask(smoothImg);
    smoothedMask._Dilate(1);
    smoothedMask._Erode(1);

    using (Image<Gray, Byte> canny = smoothedMask.Canny(100, 50))
    using (MemStoragestor = new MemStorage())
    {
        Contour<Point> contours = canny.FindContours(
            Emgu.CV.CvEnum.CHAIN_APPROX_METHOD.CV_CHAIN_APPROX_SI
            MPLE,
            Emgu.CV.CvEnum.RETR_TYPE.CV_RETR_TREE,
            stor);
        int matches1 = 0;
        matches1=Find_Rose(img, stopSignList, boxList, contours);
    }
}
```

#### 4.- Coincidencias de Forma

En el programa desarrollado, la forma de la imagen de base (cuadrado) es primero almacenada en la memoria como un contorno y luego se compara con los contornos de la imagen del objeto en una función que encuentra coincidencias.

```

_octagonStorage = new MemStorage();
_octagon = new Contour<Point>(_octagonStorage);
_octagon.PushMulti(new Point[] {
    new Point(0, 0),
    new Point(1, 0),
    new Point(1, 1),
    new Point(0, 1),
})

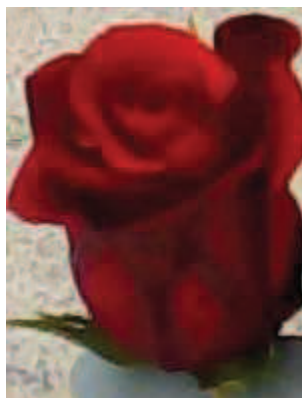
```

## 5.- Características de las Coincidencias

La función que encuentra las coincidencias contiene métodos necesarios para construir en memoria un rectángulo que se lo invocará en otro programa. Este aparece cada vez que existen las coincidencias mínimas necesarias entre la imagen patrón y la imagen objeto. Además retorna un valor entero que contiene la cantidad de coincidencias encontradas luego de comparar la imagen patrón con la imagen objeto para poder realizar la discriminación en el programa de comunicación entre la PC y el PLC.

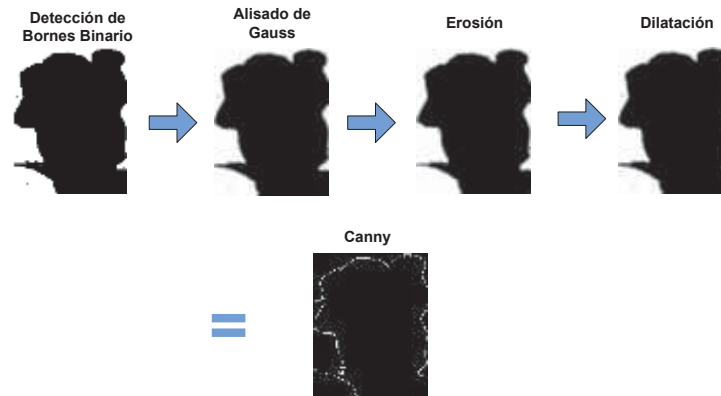
### 3.2.3.2 Selección de la imagen patrón

Una vez explicado el proceso de detección, se procede a seleccionar la imagen patrón más adecuada. Lo primero es trabajar con una imagen tomada de la cámara y recortar la parte de interés. Como se observa en la figura 3.15.



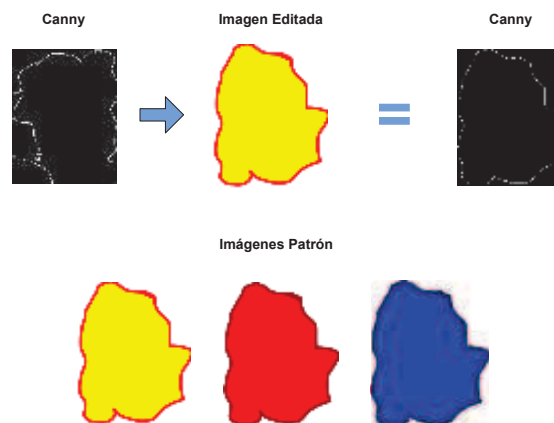
**Figura 3.15** Imagen candidata a patrón

A esta imagen se le aplica los filtros explicados anteriormente como son, alisado de gauss, binarización de bordes, dilatación, erosión y canny como se muestra en la figura 3.16.



**Figura 3.16** Aplicación de filtros

A la imagen final obtenida se la editó para obtener solamente los bordes requeridos y se la rellenó con el color a detectar (rojo, azul y amarillo). A la imagen editada se la aplica los mismos filtros de la imagen candidata a patrón dando un resultado parecido. Después de todo el proceso de la imagen que se selecciona como patrón es la editada como se muestra en la figura 3.17.



**Figura 3.17** Selección imagen patrón

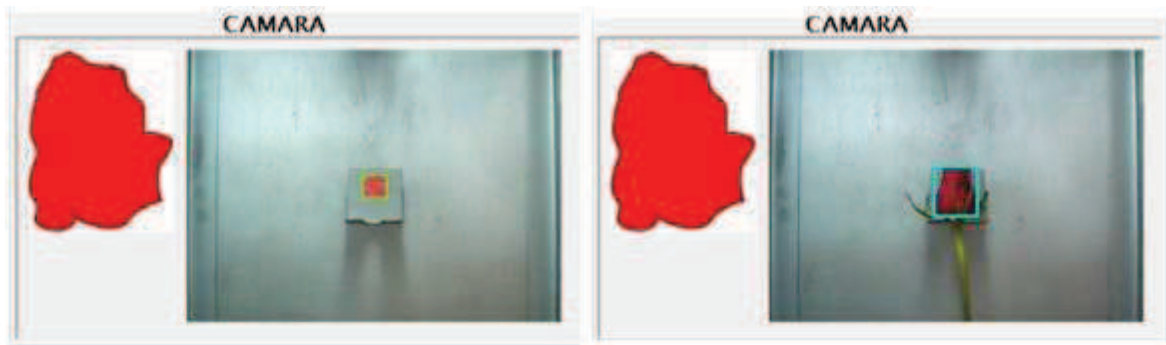
El mismo procedimiento se usa tanto para el reconocimiento de las flores como para la detección del punto fijo, su patrón de reconocimiento lo tiene internamente, razón por la cual no se lo puede observar al momento de compilar el programa.

### 3.2.3.3 Invocación de la librería de detección

La invocación de una librería es el proceso en el cual se llama a esa librería en otro programa en el cual se pueden acceder a sus propiedades y funciones.

En este caso se invoca la librería `Rose_Detect` en una Forma de Visual C# para poder visualizar la imagen patrón y la imagen objeto que en este caso no va a ser una imagen estática sino imágenes adquiridas por una cámara a una velocidad

máxima de 30 fotos por segundo (fps). La comparación de dichas imágenes se las realiza en tiempo real como se puede observar en la figura 3.18.



**Figura 3.18** (a) Cámara antes del ingreso de la rosa; (b) Cámara con la rosa detectada

El cuadro de detección de coincidencias (figura 3.18b) se lo puede observar en la imagen objeto en tiempo real. Mientras la cámara capta el paso de la rosa que tiene una duración de 3 segundos pueden existir más de una detección de coincidencias, pero el programa solo escoge a la primera. Puede darse el caso que en los 3 segundos mientras avanza la rosa exista una, dos o tres detecciones. Por seguridad de reconocimiento se permiten más de una detección durante este tiempo.

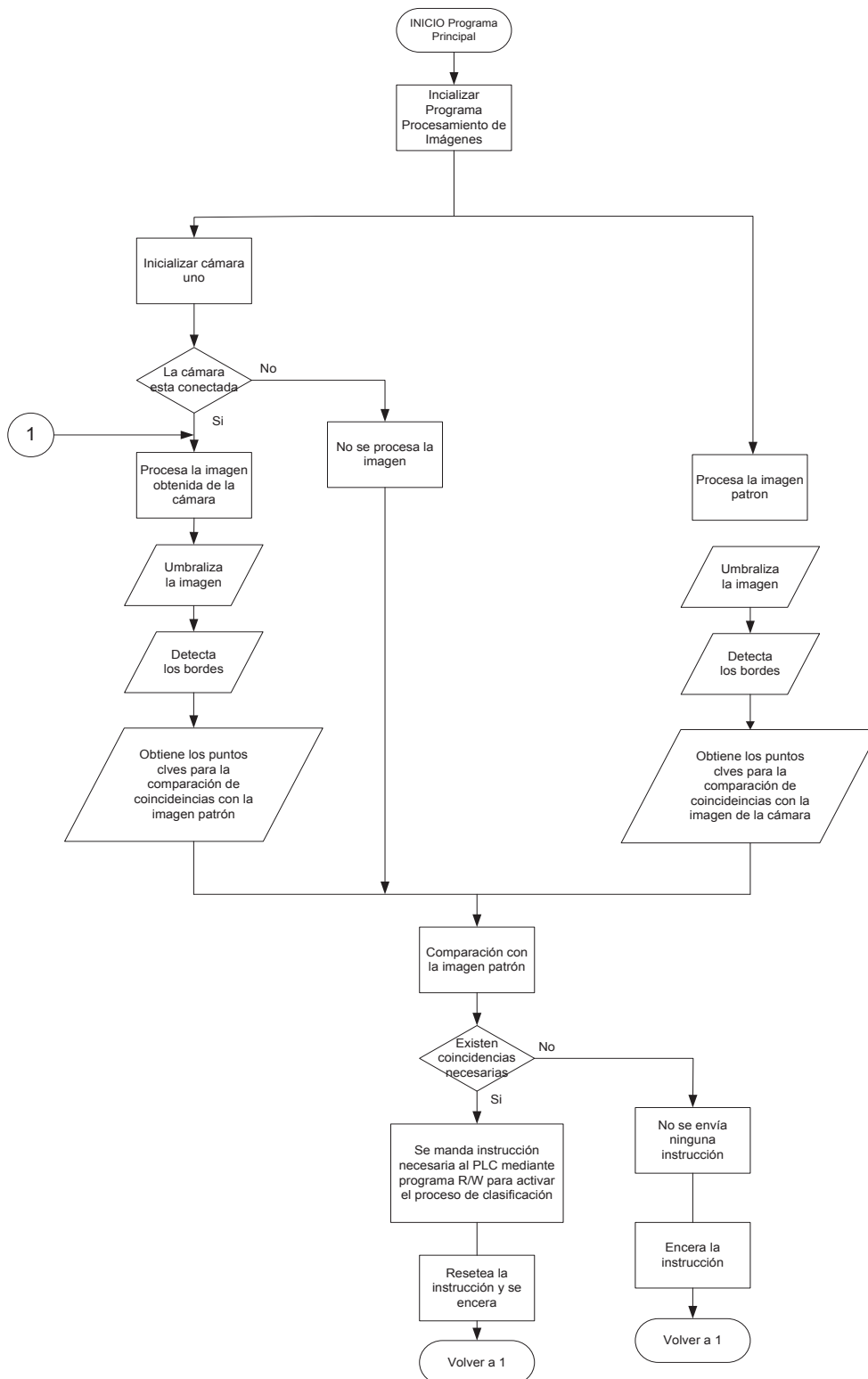
Todos los procesos que se describieron anteriormente se realizan en cada detección, aquellas imágenes son utilizadas internamente para finalmente brindar un resultado como son las imágenes 3.18b y 3.19.



**Figura 3.19** Cámara con rosa detectada

Cabe recalcar que si la cámara no está conectada el programa de procesamiento genera error, razón por la cual primero se verifica si la cámara está disponible. Una vez que ya se tienen las imágenes se procede a aplicar los métodos indicados en las secciones anteriores. En la figura 3.20 se tiene el diagrama de

flujo que se sigue con cada cámara para realizar el procesamiento de las imágenes, se expone todos los procesos que realiza.



**Figura 3.20** Diagrama de Flujo Procesamiento de imágenes

### 3.2.4 REGISTRO DE DATOS

El módulo está diseñado para tener el registro de tres variedades de rosas como son: *rojas*, *amarillas* y *azules*. Al presionar uno de los botones se presenta el registro de los últimos 7 días de cada variedad. Estos datos se encuentran registrados en una base de datos lo que implica que la información no se perderá una vez que se cierre el programa. En la figura 3.21 se observa el formulario de registro, éste cuenta con la opción de exportar a Excel los datos guardados.



Figura 3.21 Pantalla Registro

#### 3.2.4.1 Exportar a Excel

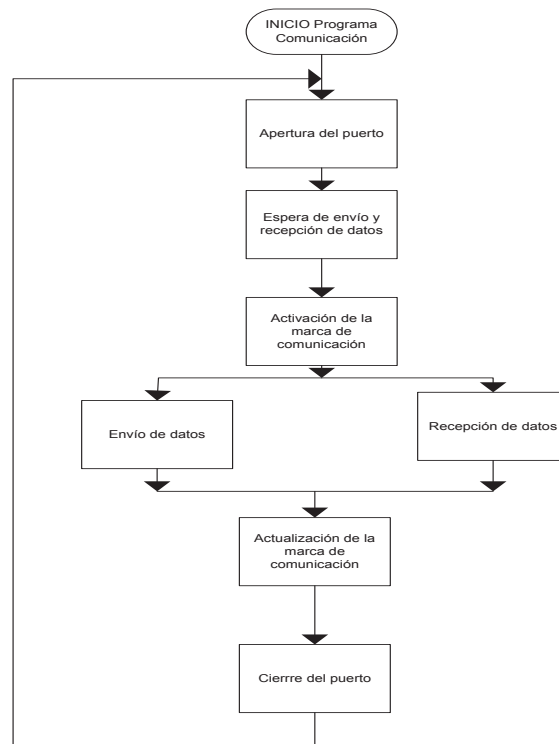
Los valores registrados se pueden observar en la pantalla del registro, pero también permite exportarlos a Excel.

### 3.3 PROGRAMA DESARROLLADO EN ISPSOFT

El programa desarrollado en ISPSOFT está dividido en secciones, las cuales se encargan de cada una de las etapas del proceso:

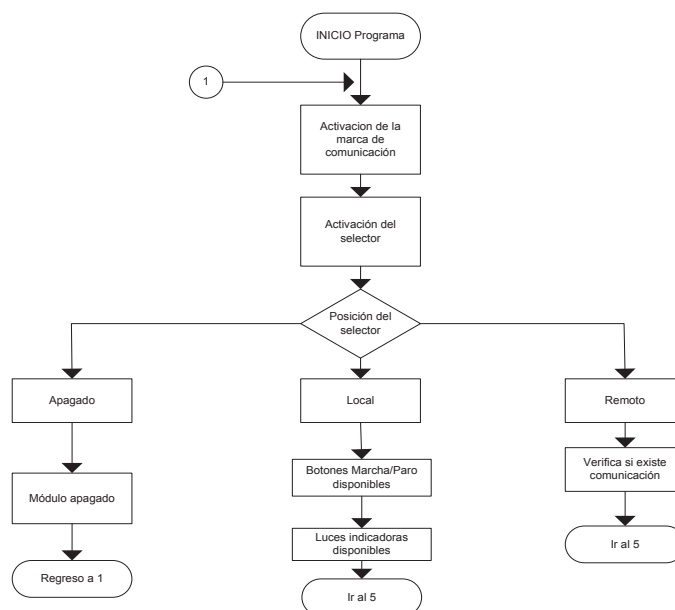
Se tiene la comunicación PC-PLC en la figura 3.22 se observa los pasos que se sigue para que la conexión sea satisfactoria, para que exista comunicación se abre el puerto y se procede a enviar y recibir datos.

En la figura 3.23a se observa que primero se chequea el estado de las entradas del selector para saber cómo encender el módulo si desde la botonera o desde la interfaz.



**Figura 3.22** Diagrama de Flujo comunicación PC-PLC

En modo local o remoto se debe seguir un proceso como se indica en la figura 3.23a. Una vez que se recibe la señal de marcha, se enciende la luz piloto verde y el variador empieza a mover la cadena con los ganchos, cada vez que un gancho se acerca a los sensores magnéticos se abren las puertas, este proceso esta descrito en los diagramas de las figura 3.23b y 3.23c.



**Figura 3.23 a)** Diagrama de Flujo programa principal PLC



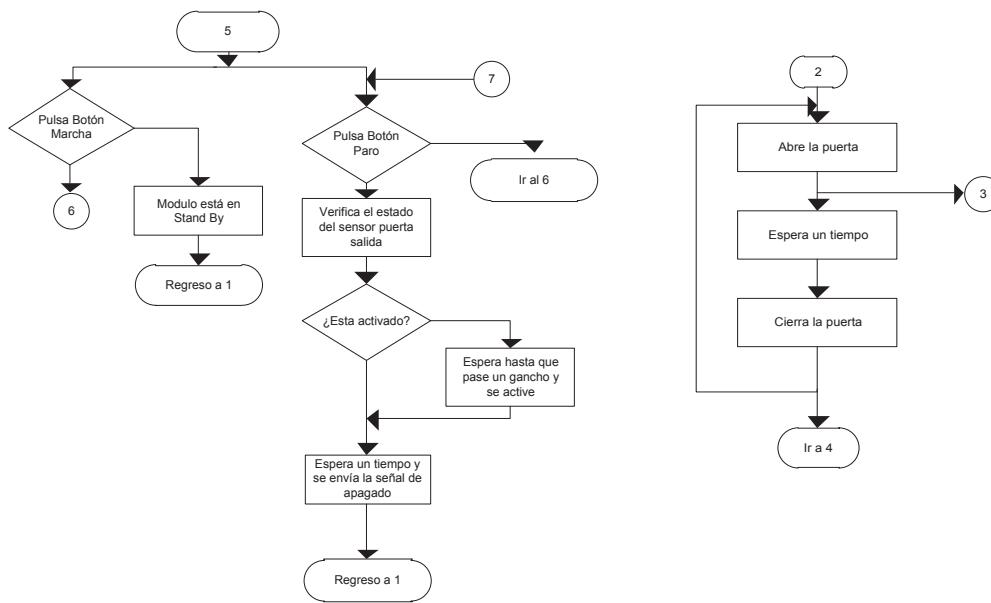


Figura 3.23 b) Diagrama de Flujo programa principal PLC

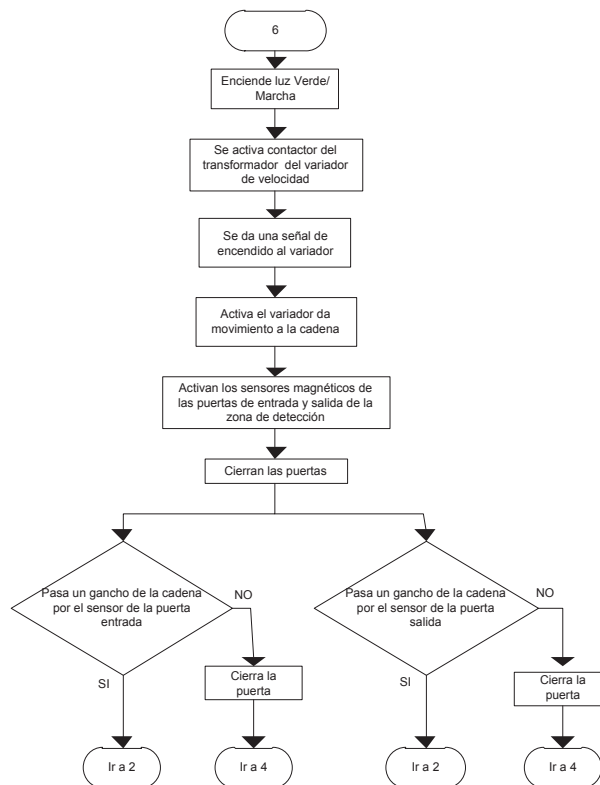
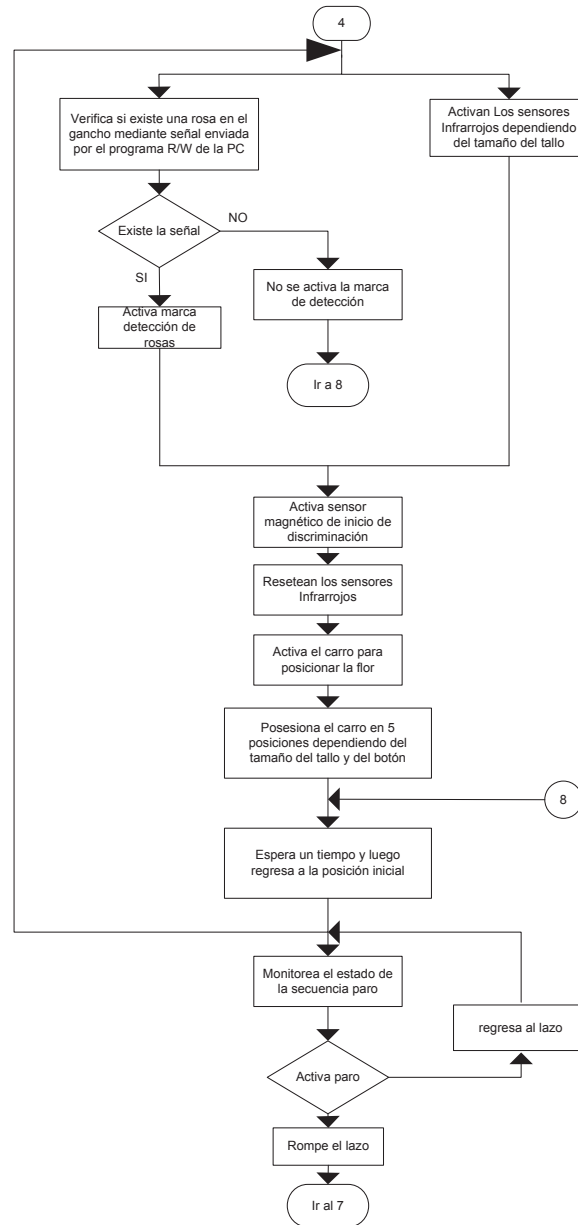


Figura 3.23 c) Diagrama de Flujo programa principal PLC

La figura 3.23e explica cómo se realiza la medición del largo del tallo y el proceso de clasificación, para que el brazo seleccionador empiece a moverse se verifica si el programa de procesamiento envió la señal de la existencia de la flor en el gancho, puesto que algún gancho puede pasar vacío, inicialmente el brazo se

encuentra en la posición cero, una vez que se lee los sensores infrarrojos el programa se encarga de dar la posición que el brazo debe tomar para que la flor llegue a la ranura que le corresponde según su longitud.



**Figura 3.23 e)** Diagrama de Flujo programa principal PLC

El siguiente capítulo describe los procedimientos necesarios para realizar las pruebas del módulo y su funcionamiento.

## **CAPÍTULO 4**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

En el presente capítulo se describe las pruebas que se realizaron para comprobar el correcto funcionamiento tanto del módulo y de sus diferentes etapas así como la interfaz. Las pruebas se las ha dividido por cada una de sus partes constitutivas. Dentro de las pruebas de procesamiento de imágenes se las realizaron con los cuatro colores que reconoce el sistema, es decir, rojo, tomate, rosado y amarillas con filos rojos.

#### **4.1 PRUEBA SISTEMA DE ENCENDIDO**

El motor principal proporciona el movimiento de la cadena por medio de ejes y catarinas, la caja reductora baja las revoluciones del motor con lo cual se obtiene una velocidad constante y hace que el movimiento sea más lento y de esta manera tener el tiempo necesario para que la cámara pueda obtener información del botón y del tallo.

La caja reductora brinda una velocidad menor y con el variador de frecuencia se regula tomando en cuenta todos los elementos que intervienen dentro de cada una de las etapas del módulo, es decir, para tomar datos de la longitud del tallo con los sensores infrarrojos, abrir y cerrar las puertas para el ingreso al área de adquisición de imágenes, procesamiento de las imágenes obtenidas y movimiento del motor en la clasificación.

#### **ACCIONAMIENTO LOCAL DEL MÓDULO**

Como se observa en la figura 4.1 el manejo local del módulo se realiza mediante un selector de tres posiciones y dos pulsadores, que se encuentran justo al lado del operador ya que es él quién manipulará el módulo, también se cuenta con el botón de paro de emergencia para seguridad tanto del operador como del módulo y una vez que se presione el pulsador se quitará totalmente la energía eléctrica al módulo.



Figura 4.1 Accionamiento local

## ACCIONAMIENTO REMOTO DEL MÓDULO

Mediante la figura 4.2 se puede observar el comportamiento del formulario PC-PLC-HMI. Este formulario monitorea constantemente el estado de los sensores infrarrojos, por medio de los indicadores de marcha y paro el estado del módulo, y la posición en la que está el selector de tres posiciones (local, apagado, remoto). Dependiendo de la posición del selector (local o remoto) se puede utilizar los botones de marcha y paro para activar o desactivar el módulo remotamente. Adicionalmente se observa el estado de la comunicación entre el PLC y la PC. Para que el proceso no se vuelva lento y no se pierdan datos la velocidad de transmisión de datos es 115200 bps.

4 sensores Infrarrojos encendidos, selector en modo remoto, estado del módulo en paro, comunicación exitosa



3 sensores Infrarrojos encendidos, selector en modo local, estado del módulo en marcha, comunicación fallida



4 sensores Infrarrojos encendidos, selector en modo remoto, estado del módulo en marcha, comunicación fallida



Figura 4.2 Accionamiento remoto

## REGULACIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Con el variador de velocidad se logra tener control sobre la velocidad de la cadena, ya que su velocidad dependerá del tiempo en que se demore la adquisición de imágenes, y después de comprobar que la cámara observa las flores durante 3 segundos, y se determinó que la frecuencia más óptima es de 55Hz, para obtener éstos valores se hizo pasar varias rosas por la sección de adquisición, también tomar el tiempo que permanece la flor dentro de los límites de las puertas, además verificar si el programa de procesamiento tiene el tiempo suficiente para realizar sus tareas y finalmente constatar que su señal llega al PLC; luego de todo lo descrito se adecuó el movimiento de las puertas y la posición de los sensores magnéticos para que los ganchos no se topen con dichas puertas y se puedan abrir y cerrar. En la figura 4.3 muestra el variador de frecuencia en funcionamiento.



Figura 4.3 Variador de Frecuencia

## ACOPLAMIENTO AC

Este acoplamiento sirve para accionar el contactor del motor AC y las luces piloto las cuales funcionan con corriente alterna, se utilizan opto transistores y triacs (figura 4.4). Una vez que el PLC acciona una de sus salidas, se envía un pulso al opto transistor lo cual provoca que el circuito de AC se cierre y hace que la luz piloto se encienda o el contactor energice su bobina.

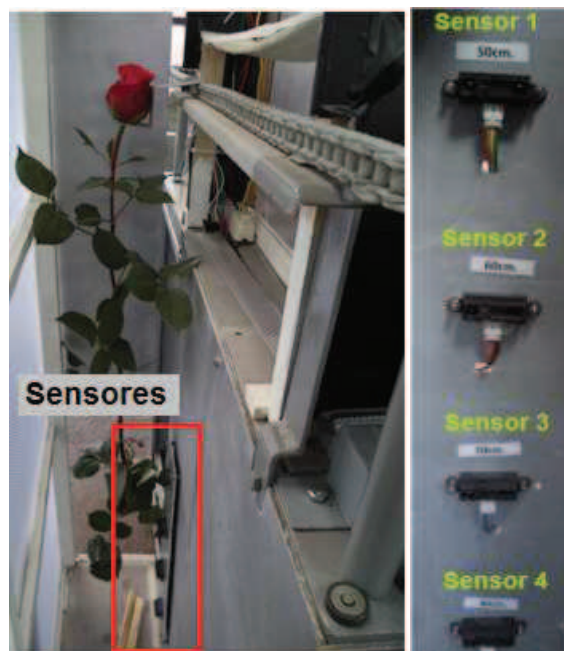
## 4.2 PRUEBA SISTEMA DE SENSADO

Antes de ubicar en la posición correcta los sensores se realizaron varias pruebas, primero se obtuvieron mediciones manuales del tallo para luego comprobar que los sensores si detectaban al tallo en la posición ubicada, esto se realizaron con cada una de las longitudes para las cuales el módulo está diseñado.



**Figura 4.4** Circuito de acoplamiento DC-AC

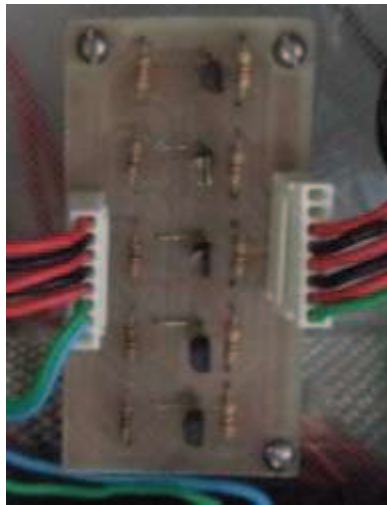
Los sensores se encuentran a 10cm de distancia entre ellos, se usaron retardos para tomar los datos puesto que el tallo y las hojas pasan en frente de los sensores y esto puede ser interpretado por el programa como si varias rosas pasarán por su frente lo cual no es cierto. Las rosas se encuentran separadas 80cm una de otra para no tener lecturas erróneas. En la figura 4.5 se aprecia la localización de los sensores infrarrojos dentro de la etapa de adquisición de imágenes.



**Figura 4.5** Flor en etapa de sensado

## ACOPLAMIENTO 5V – 24V

Al tener sensores con un voltaje de funcionamiento diferente al del PLC, se debe realizar un acoplamiento (figura 4.6), para que en una misma placa se pueda tener dos voltajes diferentes. La salida obtenida en este circuito es enviada a las entradas del PLC, esas señales también son enviadas a la interfaz y por medio del formulario PLC-PC indicar su estado, es decir, si se encuentra algún objeto delante de los sensores.



**Figura 4.6** Circuito acoplamiento 5Vdc a 24Vdc

## SENSORES INFRARROJOS

Dependiendo de la distancia que recorra la luz infrarroja dará como resultado un cierto voltaje comprendido entre 2.08V y 1.01V [33], el cual es comparado con un voltaje de referencia obtenido mediante un potenciómetro y según este resultado se enviará una señal al circuito de acoplamiento de los sensores. Cada vez que una rosa pase por el frente de los sensores estará a una distancia de 4cm más o menos, por lo tanto cada vez que se detecte una rosa, su voltaje cambia y se envía una señal a la interfaz lo cual cambia los registros. En la tabla 4.1 se observa los resultados obtenidos al pasar objetos delante de los sensores infrarrojos a diferentes distancias.

**Tabla 4.1** Prueba de sensores infrarrojos

<b>Distancia</b>	<b>Sensor 1</b>	<b>Sensor 2</b>	<b>Sensor 3</b>	<b>Sensor 4</b>
<b>2cm</b>	2.05	2.06	2.08	2.08
<b>4cm</b>	2.02	2.02	2.01	2.05

<b>6cm</b>	1.91	1.86	1.95	1.98
<b>10cm</b>	1.62	1.65	1.63	1.64
<b>12cm</b>	1.51	1.49	1.41	1.45
<b>14cm</b>	1.42	1.41	1.35	1.38
<b>16cm</b>	1.36	1.32	1.28	1.34
<b>18cm</b>	1.06	1.12	1.01	1.03

### 4.3 PRUEBA SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

Para que el mecanismo se posicione en la ranura adecuada se utilizó un motor DC, fines de carrera y sensores magnéticos los cuales envían señales al PLC y dan información sobre la ubicación del brazo seleccionador, al ser las rosas delicadas hay que procurar que su trato sea el más suave posible, por lo cual la ubicación de los sensores magnéticos tienen un papel muy importante en esta parte del proceso.

#### CIRCUITO DE INVERSIÓN DE GIRO

Al tener que moverse el brazo seleccionador a 5 posiciones diferentes, 4 de clasificación y la posición de rechazos (sirve para ubicar aquellas flores que no cumplen con la condición del tamaño del botón) también es la posición cero de donde partirá siempre el brazo, el motor DC tiene que cambiar su sentido de giro, el movimiento del motor está controlado por medio de un PWM que se programó en el PLC. En la figura 4.7 se observa el circuito implementado.



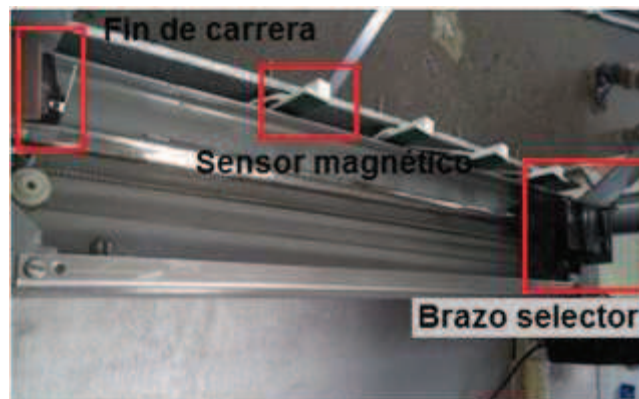
Figura 4.7 Circuito de inversión de giro

#### FINES DE CARRERA

Se encuentran ubicados en el punto cero y la posición máxima del recorrido del brazo selector, son los encargados de parar al motor y dar la señal del cambio de



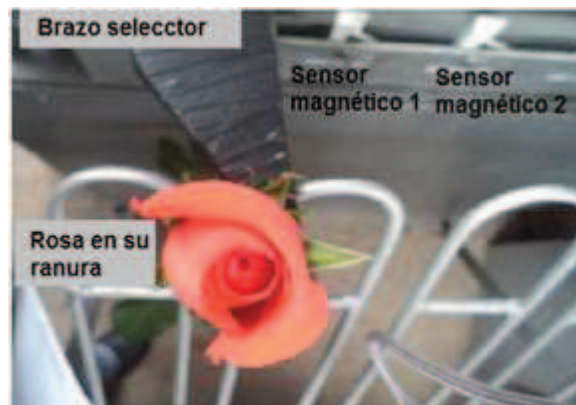
sentido de giro, aunque también los sensores magnéticos hacen que cambie de sentido de giro. La figura 4.8 se puede apreciar los fines de carrera ubicados.



**Figura 4.8** Fines de carrera con el brazo selector

### SENSORES MAGNÉTICOS

Los sensores magnéticos se encuentran dispuestos a una distancia de 7cm, dependiendo de la lectura de los sensores infrarrojos se posicionará el brazo, para encontrar la posición del brazo en cada ranura se pasaron varias flores con diferentes medidas. Luego de observar la posición donde el brazo se detiene con cada la señal de los sensores magnéticos, se encontró la ubicación correcta de cada uno de los sensores magnéticos para que la flor caiga por sí sola y sin estropearla en la ranura respectiva, como se observa en la figura 4.9.



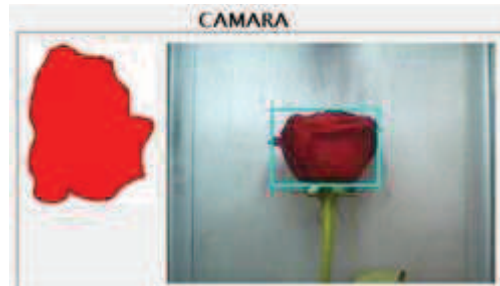
**Figura 4.9** Sensores magnéticos

## 4.4 PRUEBA PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

### 4.4.1 ADQUISICION DE IMÁGENES

La cámara representa a los ojos del sistema, este caso, el mejor enfoque que se encontró manualmente se dejó en la cámara, cabe recalcar que el enfoque no es muy importante dado que al aplicar el filtro gaussiano la imagen se desenfoca; la

cámara está dirigida hacia el centro de la caja donde se encuentran las flores. En la figura 4.10 se observa cuando una flor ingresa y es captada por la cámara, como la rosa se encuentra en constante movimiento aparece solo 3 segundos en cada cámara.

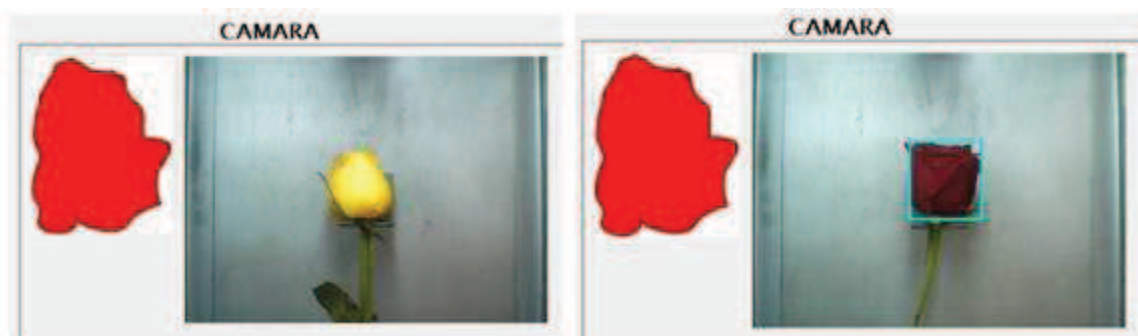


**Figura 4.10** Adquisición de imágenes

#### 4.4.2 PROCESAMIENTO

Como se explicó en el capítulo anterior una vez que la cámara capta las imágenes, empieza el proceso de reconocimiento y detección de la flor dentro de la escena, para cada color de rosa los valores de los filtros son diferentes, razón por la cual para cada color se realizó las pruebas.

Para obtener los valores de los filtros se ubicó uno de los ganchos en el centro de la caja de adquisición, luego de varios intentos se encontró los datos variando los valores de cada uno de los filtros utilizados y observando si reconoce o no a la flor, pero también hay que probar cuando la rosa está en movimiento y en ese momento es cuando se sabe si los valores son los correctos o de lo contrario hay que seguir cambiando los valores. Las pruebas realizadas en esta sección son las que más problemas presentaron. En la figura 4.11a se tiene una rosa amarilla con el filtro de la roja y como se espera no existe ninguna detección. Con rosas rojas y el filtro adecuado las pruebas fueron exitosas, como se puede observar en la figura 4.11b



**Figura 4.11 a)** Detección de rosa amarilla, **b)** Detección de rosa roja

Dependiendo del número de coincidencias se tiene las discriminaciones, en la tabla 4.2 se indica los rangos obtenidos al pasar varias rosas de diferentes tamaños.

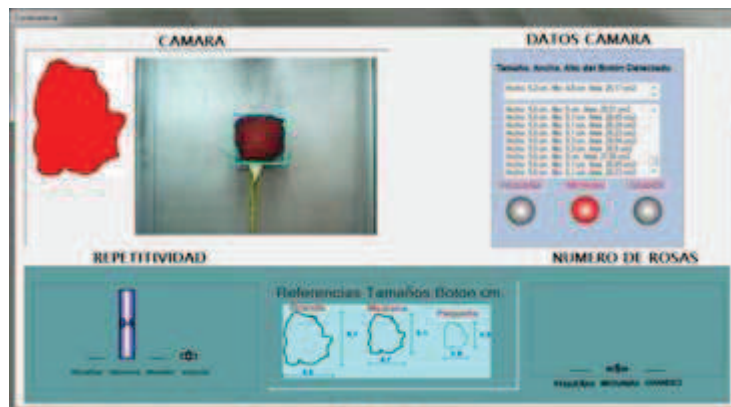
**Tabla 4.2** Número de coincidencias

Grandes			Medianas			Pequeñas		
35	36	38	20	22	24	14	15	13
38	50	42	27	26	23	17	13	15
30	31	32	27	28	22	15	15	16
35	38	34	26	25	25	15	17	14
45	40	47	25	28	28	19	12	15
35	58	60	29	26	24	16	13	14
36	45	50	27	20	28	13	16	14
38	32	39	25	28	22	15	14	13
60	51	33	23	20	30	12	16	15
54	34	41	25	21	25	15	14	17

De los datos obtenidos:

- Para las flores pequeñas se presentan un número de coincidencias alrededor de 15, es decir, solo el 30% supera ese límite.
- Para flores medianas el límite se encuentra de 20 a 30 coincidencias.
- Con flores grandes el límite es más arriba de 30, en ciertas ocasiones se tienen lecturas de más de 60 pero a esas lecturas se consideran erróneas, debido a que el programa también toma en cuenta vacíos, por ello no se las considera.

En las figuras 4.12, 4.13 y 4.14 se muestran el paso de rosas de tres colores que son detectadas por el programa.



**Figura 4.12** Detección de rosa roja

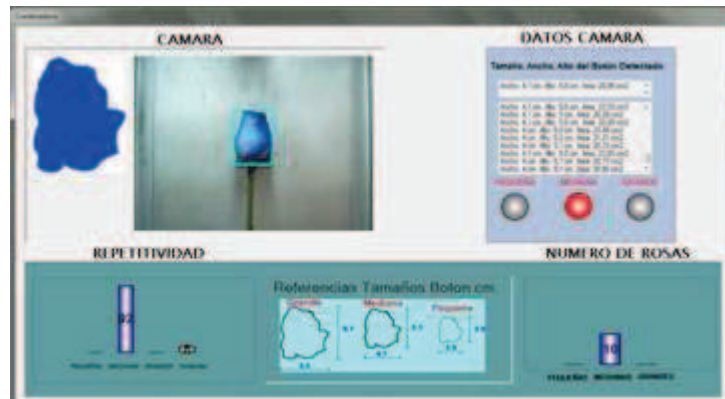


Figura 4.13 Detección de rosa azul

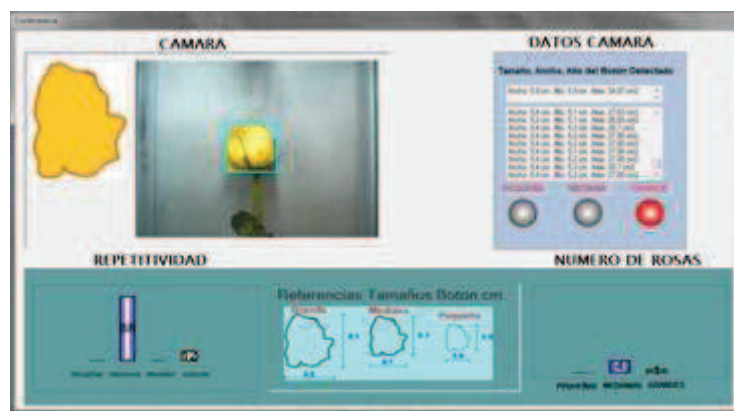


Figura 4.14 Detección de rosa amarilla

Como se puede observar la misma imagen patrón cambiada de color sirve para los casos para los cuales está diseñado el programa de procesamiento.

Para asegurarse que los filtros utilizados se encuentran bien, se hizo varias pruebas poniendo flores de diferentes colores a las imágenes patrón, se puede observar en las figuras 4.15, 4.16 y 4.17

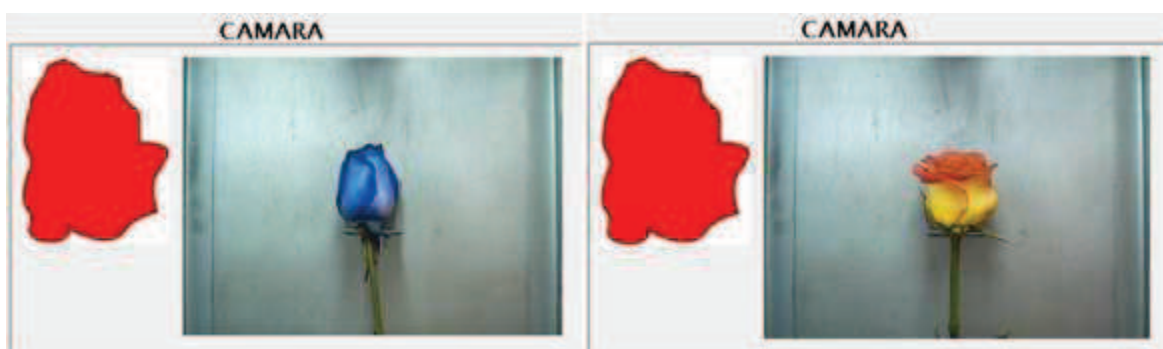


Figura 4.15 Detección de rosas con patrón rojo

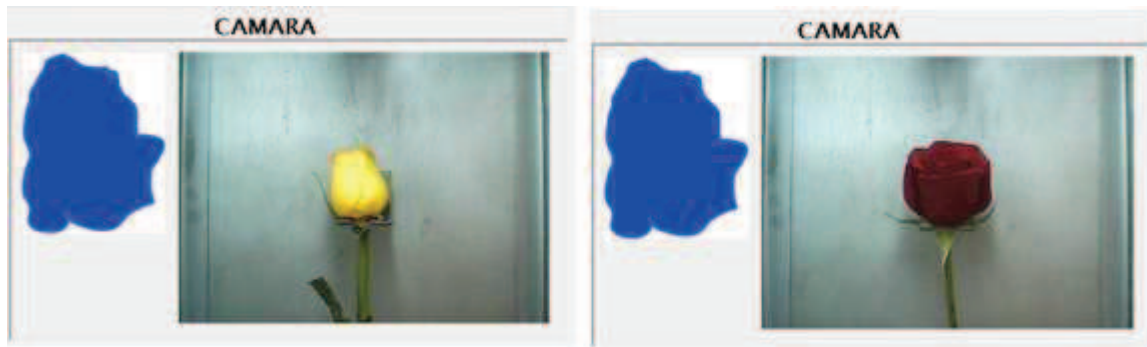


Figura 4.16 Detección de rosas con patrón azul

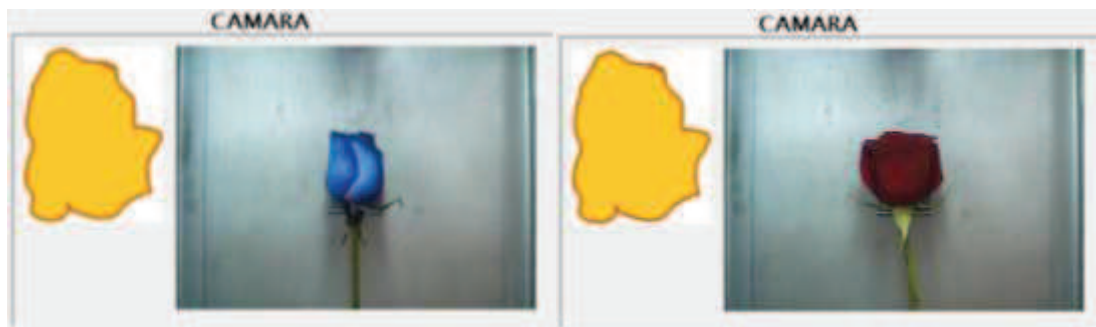


Figura 4.17 Detección de rosas con patrón amarillo

A continuación se presenta en la tabla 4.3 los resultados obtenidos después de hacer pasar 40 rosas de cada color, además las pruebas fueron realizadas con diferente iluminación del día.

Tabla 4.3 Resultados del procesamiento

Tipo de Rosa	Iluminación Ambiental														
	Alta					Media					Baja				
	C	I	F	T	%	C	I	F	T	%	C	I	F	T	%
<b>Rosas Rojas</b>	37	3	0	40	<b>92,5</b>	39	1	0	40	<b>97,5</b>	39	0	1	40	<b>97,5</b>
<b>Rosas Azules</b>	36	3	1	40	<b>90</b>	38	1	1	40	<b>95</b>	38	1	1	40	<b>95</b>
<b>Rosas Amarillas</b>	35	4	1	40	<b>87,5</b>	39	0	1	40	<b>97,5</b>	38	1	1	40	<b>95</b>

Donde:

C: Rosas Correctas

I: Rosas Incorrectas

F: Rosas Falsas

T: Total Rosas

#: Porcentaje de Rosas Correctas

**Análisis de Resultados:**

En la tabla 4.2 se puede apreciar que de los 12 resultados obtenidos de rosas detectadas correctamente 6 de estos superan el 95% siendo un buen nivel de confiabilidad, 3 de estos están bajo el 94% y sobre el 87 % lo cual implica que un tercio de los resultados obtenidos tienen un aceptable nivel de confiabilidad y dos tercios supera el nivel del 95% teniendo un excelente nivel de confiabilidad.

Cabe recalcar que de los resultados obtenidos se aprecia que la luz exterior del ambiente no influye mayormente en los resultados siendo un logro para el sistema de detección

El siguiente y último capítulo contiene las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron al realizar el presente proyecto.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- El campo de la visión artificial es uno de los más extensos, desarrollados y difundidos en los últimos años. Es extenso porque abarca innumerables funciones desarrolladas para distintas plataformas como: Windows, MAC, Android y para ser ejecutadas en diferentes programas como: Matlab, Visual Studio.NET, JAVA. Está en continuo desarrollo ya que los últimos siete años las funciones se han actualizado y siguen incrementando para poder dar soluciones a los desarrolladores de software. Se está difundiendo gracias al internet y se puede conseguir ejemplos de aplicación y basta información para poder desarrollar un software propio acorde a las necesidades requeridas.
- El uso de los PLC DELTA contiene ventajas y desventajas. La principal ventaja es su software libre, por lo que no se necesita licencia para poder programar en éste, además el programa que se utilizó ISPSoft es un programa amigable con el usuario de fácil uso. Otra ventaja son los bajos costos de los PLCs. La desventaja es su poca difusión, por lo que no existe mucha información de cómo realizar la comunicación entre el PLC y la PC. Para los programas desarrollados en el presente proyecto se necesitó varias horas de investigación y de varios ensayos para conseguir el objetivo.
- El control de calidad realizado por un sistema de visión artificial se obtiene a través de una cámara y una interfaz que posee varios subprogramas, entre ellos el procesamiento que realiza el análisis de las imágenes; el algoritmo que se utilice para el procesamiento será el encargado de discriminar según las opciones que se le asigne y dependiendo de la complejidad o simplicidad los filtros se obtendrá un resultado deseado.

- Para usar el método de segmentación de color se llevó a cabo varias pruebas con imágenes, en diferentes condiciones de iluminación pero no se pudo obtener la segmentación del color para imágenes claras. Específicamente el método basado en el espacio de estados HSV y los diferentes filtros aplicados a las imágenes no detectan tonalidades claras lo que se traduce a no reconocer flores completamente blancas o con tonalidades blanquecinas. A pesar de eso se pudo lograr que rosas con tonalidades mezcladas (colores claros y oscuros) puedan ser detectadas como es el caso de rosas amarillas con bordes rojos.
- Las librerías OPENCV y EMGUCV se usan como anexos al programa Visual Studio, con las cuales se puede realizar el análisis de las imágenes y dependiendo de la aplicación se debe elegir las herramientas necesarias.
- Uno de los problemas más difíciles relacionados con la detección de colores en imágenes al aire libre es la variación de la luz solar. La información de color es muy sensible a las variaciones en las condiciones de iluminación causadas por cambios en el clima. Debido a esta variación luminosa, el color aparente del objeto varía como cambios de luz.
- El desarrollo del HMI se realiza paso a paso, comprobando su correcto funcionamiento. Se efectúa pruebas con todos los elementos, es decir, sensores, pulsadores, variador de frecuencia, motores y su comunicación con la interfaz, primero por separado y luego en conjunto.
- En el procesamiento de imágenes se tiene control sobre varios tipos de operaciones por ejemplo convertir a escala de grises, aplicar binarizaciones, dilatación y erosión con las cuales el tratamiento de las mismas se vuelve más fácil y descarta aquellas zonas que no son de interés; y con los valores apropiados en los filtros de colores se logra un mejor resultado.



## 5.2 RECOMENDACIONES

- La velocidad con que se realice el procesamiento de imágenes dependerá del computador que se utilice, por lo cual para tener un análisis con mayor rapidez es mejor usar un computador con un mejor procesador, y de esta manera todos los procesos se realicen sean en tiempo real y no se pierdan datos los cuales pueden ser usados posteriormente para algún registro.
- Al momento de escoger el algoritmo de programación para la visión artificial, se debe tener en cuenta el ambiente en donde se va a desarrollar para que no existan errores, como por ejemplo no reconocer la imagen si no es exactamente igual o la iluminación no es la requerida.
- El uso de librerías dinámicas es una buena opción, puesto que cuando se necesite repetir un mismo proceso, solo se llama a la librería realiza su tarea y deja de funcionar hasta su nueva llamada, con lo cual se libera memoria y los demás procesos se realizan con rapidez, el presente proyecto utiliza librerías para el procesamiento y la comunicación con el PLC.
- Dimensionar lo mejor posible las variables de entrada y salida que van hacia el PLC, para elegir el PLC adecuado a los requerimientos del proyecto y evitar que falten entradas y/o salidas, es aconsejable dejar al menos dos o tres entradas libres.
- Realizar un análisis previo es muy importante antes de realizar cualquier tipo de proyecto, puesto que se exponen todos los criterios a seguir y cuáles son las mejores opciones para realizar en dicho proyecto.
- Asegurarse que los elementos que se usan no hagan contacto con partes metálicas, ya que esto puede generar voltajes indeseables y pueden afectar al correcto funcionamiento del módulo y su posterior deterioro.

- La separación de las rosas puede ser hasta un mínimo de 30 cm si la distancia es menor las rosas se entrecruzan y eso hace más difícil su análisis. En el módulo las rosas se encuentran separadas 80cm debido al mecanismo del brazo selector, ya que necesita tiempo 2 segundos para llegar a la ranura de clasificación y de ahí volver a la posición inicial para una nueva clasificación.
- Al tratarse de rosas, se debe considerar la longitud del tallo, asegurarse que no tenga contacto con elementos que forman parte del módulo, es decir en este caso, hacer el módulo más alto.
- Desarrollar el programa del módulo en un software licenciado por la universidad y utilizar solo los ejecutables permite incrementar las habilidades de programación y abaratar los costos del equipo ya que no se necesita pagar por el software desarrollado, lo que si sucede con otros softwares como Labview o Intouch, la utilización de software libre es una buena opción, pero hay que asegurarse que aquel software sirva para los propósitos del proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] El Telégrafo, Exportación de flores creció un 11% este año, [Online]  
<http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/exportacion-de-flores-crecio-11-este-ano.html>
- [2] PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2007 - 2010: “*Micro, Pequeña y Mediana Empresa*”, [Online]  
[http://plan.senplades.gob.ec/c/document\\_library/get\\_file?uuid=68d75caf-d3bd-4ef4-8180-b3f53418711a&groupId=10136](http://plan.senplades.gob.ec/c/document_library/get_file?uuid=68d75caf-d3bd-4ef4-8180-b3f53418711a&groupId=10136)
- [3] INEC, Producción de Flores en Ecuador, [Online]  
[http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=636%3Ase-destinaron-mas-6-mil-hectareas-a-la-plantacion-de-flores&catid=56%3Adestacados&Itemid=3&lang=es](http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?option=com_content&view=article&id=636%3Ase-destinaron-mas-6-mil-hectareas-a-la-plantacion-de-flores&catid=56%3Adestacados&Itemid=3&lang=es)
- [4] Pro Ecuador, “Análisis Sectorial Flores”, Dirección de Inteligencia Comercial e inversiones 2011, [Online]  
<http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/01/PROEC-AS2011-FLORES.pdf>
- [5] Metro; “Flores, cuarto negocio más rentable del país”; Julio, 11 2012, [Online]  
<http://www.metroecuador.com.ec/28809-flores-cuarto-negocio-mas-rentable-del-pais.html>
- [6] Flor Ecuador, Expoflores, Nuestras Flores, [Online]  
[http://www.expoflores.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=95&Itemid=125](http://www.expoflores.com/index.php?option=com_content&view=article&id=95&Itemid=125)
- [7] Indap, Calidad, [Online]  
<http://www.indap.gob.cl/Docs/Documentos/Horticultura/Varios/Calidad.pdf>
- [8] Características generales del cultivo de la rosa, [Online]  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/170/6/03%20AGP%2046%20CAPITULO%20II.pdf>

[9] Groover, Mikell P., *“Robótica industrial: tecnología, programación y aplicaciones”*, Editorial McGraw Hill. México. 1990, capítulo 7.

[10] Infaimon, Aplicaciones de la Visión Artificial, [Online].  
<http://www.infaimon.com/catalogo-industria/aplicaciones-vision-artificial-768.html>

[11] Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial, *“Aspectos de un Sistema de Visión Artificial”*, Cátedra Visión Artificial, Octubre, 2005.  
<http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/archivos/apuntes/Aspectos%20de%20un%20Proyecto%20de%20Visi%C3%B3n%20Artificial.pdf>

[12] JASVISIO, Componentes de un Sistema de Visión Artificial, [Online].  
<http://www.jasvisio.com/componentes-de-un-sistema-de-vision-artificial.html>

[13] Universidad Nacional de Quilmes – Ing. en Automatización y Control Industrial, *“Iluminación para las aplicaciones de Visión Artificial”*, Cátedra Visión Artificial, Agosto, 2005.  
<http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/archivos/apuntes/Tipos%20de%20Iluminaci%C3%B3n.pdf>

[14] Infaimon, Elementos de un sistema de Visión Artificial [Online]  
<http://www.infaimon.com/catalogo-industria/opticas-lentes-filtros-59.html>

[15] *“Visión Artificial una tecnología Industrial”*, XVI Jornadas de Conferencia, SICK, [Online]  
[http://www.jcee.upc.edu/JCEE2010/pdf\\_ponencies/PDFs/09\\_12\\_10/Vision%20Artificial%20UNI%20TERRASSA%202010.pdf](http://www.jcee.upc.edu/JCEE2010/pdf_ponencies/PDFs/09_12_10/Vision%20Artificial%20UNI%20TERRASSA%202010.pdf)

[16] Liarte Diego, “Sensores con tecnología CCD y CMOS”, Xatakafoto, Diciembre 2009 [Online]  
<http://www.xatakafoto.com/camaras/sensores-con-tecnologia-ccd-vs-cmos>

[17] Lacie, “Libro blanco de la gestión del color 3 espacios de color y conversión de colores”, [Online]  
[http://www.lacie.com/download/whitepaper/wp\\_colormangement\\_3\\_es.pdf](http://www.lacie.com/download/whitepaper/wp_colormangement_3_es.pdf)

[18] Microsoft Developer Network, Documentación de Visual Studio, Visual C#, [Online]. [http://msdn.microsoft.com/es-es/library/kx37x362\(v=vs.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/kx37x362(v=vs.80).aspx)

[19] “*Tutoriales OpenCV*”, Julio 2012, páginas: 153-156, 230-233, [Online] <http://docs.opencv.org/>

[20] EMGUCV, Página principal, [Online]. [http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main\\_Page](http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main_Page)

[21] “*Librería DMT*”, DMT Help <http://www.delta.com.tw/product/em/control/plc/download/software/DMT%20V2.2%20Setup.zip>

[22] Valverde Rebaza, Jorge; “*Detección de bordes mediante el algoritmo de Canny*”, Escuela Académico Profesional de Informática, Universidad Nacional de Trujillo.

[23] InfoPLC, “Introducción a ISPSOft”, [Online]. <http://www.infopl.net/descargas/19-delta/196-introduccion-a-ispssoft>

[24] “DVP-ES2/ EX2, Manual de Operación y Programación Delta”. [Online] <http://www.infopl.net/descargas/>

[25] USB Delta USBACAB230 DVP series PLC programming cable, [Online]. <http://www.chinaplccable.com/wholesale/usb-delta-usbacab230-dvp-series>

[26] VFD – M, Manual de Usuario, Delta Electronics.Inc, [Online] [http://www.delta.com.tw/product/em/drive/ac\\_motor/download/manual/VFD\\_M](http://www.delta.com.tw/product/em/drive/ac_motor/download/manual/VFD_M)

[27] Delta, DVP-SX, Hoja de Instrucciones, SX Instruction Sheet-English, [Online] <http://www.delta.com.tw/product/em/control/plc/download/manual>

[28] Fabelec, Delta Electronics: un nuevo concepto en PLC, [Online]. [http://www.fabelec.cl/formato.php?idp=delta\\_plc#tres](http://www.fabelec.cl/formato.php?idp=delta_plc#tres)

[29] Mecánica Moderna, “Sistema de conexionado múltiple de PLC’s Delta”, [Online].

[http://www.infoplc.net/files/descargas/delta/infoPLC Puesta en Marcha PLC Del  
ta.pdf](http://www.infoplc.net/files/descargas/delta/infoPLC_Puesta_en_Marcha_PLC_Delta.pdf)

[30] Sharp, Sensor de distancia de propósito general, GP2D12, [Online]

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/84019/SHARP/GP2D12.html>

[31] Elementos mecánicos Transformadores de movimiento, Piñon-cremallera, [Online]

<http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/>

[32] BLANK L., TARQUIN A.; *“Ingeniería Económica”*; Ed. McGraw Hill; 4ta edición; Colombia 1999; p. 356

[33] Pf Color Tool, [Online]

<http://en.kioskea.net/download/start/download-15270-pf-color-tool>

[34] EMGUCV, Traffic Sign Detection in CSharp, [Online]

[http://www.emgu.com/wiki/index.php/Traffic Sign Detection in CSharp](http://www.emgu.com/wiki/index.php/Traffic_Sign_Detection_in_CSharp)

# ANEXOS

## ANEXO A

### LIBRERIAS AUXILIARES UTILIZADAS

#### OPENCV

Es una librería de visión artificial, posee una licencia que puede ser usada libremente para propósitos comerciales y de investigación. Esta librería además de poder ser usada en Windows, soporta plataformas como Linux, Mac OS, Android.

Esta librería se divide en 8 módulos los cuales son:

#### **Módulo Core (MODULE CORE)**

La funcionalidad de este módulo se basa en la manipulación de imágenes a nivel de píxeles se puede.

- Crear, modificar, manipular matrices.
- Realizar operaciones de máscara con matrices.
- Sumar y Restar Dos imágenes.
- Cambiar los valores de contraste, brillo, saturación de una imagen
- Crear dibujos básicos.
- Utilizar la transformada de Fourier Discreta para transformar la imagen en un dominio espacial a un dominio de frecuencia.

#### **Módulo de Procesador de Imagen (IMCPROG.IMAGE PROCESING)**

Este módulo contiene las funciones de procesamiento y transformaciones morfológicas de imágenes tales como:

- Filtro de alisado de imágenes (smoothing).
- Erosionado y dilatado de imágenes.
- Obtener imagen piramidal.
- Umbralización de una imagen (thresholding).
- Obtener bordes de una imagen (edge detector).
- Capturar figuras geométricas como círculos, cuadrados, triángulos contenidos en una imagen.
- Obtener histogramas de una imagen.
- Obtener coincidencias entre una imagen patrón y una de entrada.

#### **Módulo OBJECT DETECT (OBJECT DETECTION)**

Contiene el método utilizado por OPENCV para detectar rostros.

### **Módulo HIGUI (HI LEVEL GUI AND MEDIA)**

Contiene guías de cómo utilizar la interfaz gráfica de usuario (GUI) para poder utilizar estas herramientas en los proyectos a realizar.

- Agregar controles deslizables a una imagen.
- Crear un video con OPENCV.
- Reproducir videos con OPENCV.

### **Módulo FEATURE2D (2D FEATURES FRAMEWORK)**

Con tiene una guía de los diferentes métodos utilizados por OPENCV para obtener los puntos claves (keipoints) para obtener los vectores coincidentes (matches) entre una imagen patrón y una imagen de entrada.

### **Módulo MACHINE LEARNING (ML Module)**

Utiliza las clases de máquina potentes para la clasificación estadística, la regresión y la agrupación de los datos.

### **Módulo GPU (GPU-ACCELERATED COMPUTER VISION)**

Este módulo contiene métodos que permiten desarrollar toda la capacidad de la tarjeta de video para ejecutar los algoritmos de OPENCV.



## ANEXO B

### LIBRERÍA DE FUNCIONES DMT

#### SETEAR COMUNICACIÓN

Ya que se usa la comunicación serial RS 232 se explica todo respecto a ésta:

##### MODBUS Serial:

###### *Función*

```
int OpenModbusSerial(int conn_num, int baud_rate, int data_len, char
parity, int stop_bits, int modbus_mode);
```

###### *Parámetros*

conn_num	Número del puerto Serial, ejemplo COM"1" (Soporta múltiples conexiones)
baud_rate	Velocidad de conexión en Baudios, ejemplo 9600
data_len	Data length, e.g. 7
parity	Bit de Paridad, ejemplo 'E'(Enabled)
stop_bits	Bit de parade ejemplo 1
modbus_mode	MODBUS mode, 1: ASCII, 2: RTU

###### *Descripción*

Crea la conexión serial MODBUS

Valores de Retorno

-1	Apertura del Puerto Serial Fallida
Non zero	Apertura del Puerto serial exitosa

##### Close Serial:

###### *Función*

```
void CloseSerial(int conn_num);
```

###### *Descripción*

Cierra la comunicación serial MODBUS

#### CÓDIGO DE LAS FUNCIONES ENVUELTAS MODBUS

Existen dos tipos de parámetros aceptados en la funciones envueltas MODBUS uno es el ANSI y el otro es el UNICODE, se utiliza el ANSI, ya que con estos parámetros se desarrolló el programa. A las funciones se le puede asignar cualquier nombre, pero los parámetros son intrínsecos de las funciones envueltas.

**Dirección MODBUS:*****Función***

int DevToAddrA(const char \*series, const char \*device, int qty);

***Parámetros***

series Nombre de la serie del producto Delta Electronics, Inc. Existen dos series "DVP" y "RTU"

device Delta Electronics, Inc. Nombre del Dispositivo, ejemplo "Y0", "M73", "D1367"

qty Cantidad, ayuda a comprobar si el dispositivo con tal cantidad está fuera de rango de dispositivo válido o no.

***Descripción***

Para calcular la dirección MODBUS del dispositivo Delta Electronics, Inc. Y verificar si la cantidad está fuera del rango válido.

**Valores de Retorno**

-2 El dispositivo con la cantidad asignada está fuera del rango válido.

-1 El nombre de la serie del producto del nombre del dispositivo es incorrecto.

Non zero Es la dirección MODBUS del dispositivo.

**Lectura de Datos de Bobina:*****Función***

int ReadCoilsA(int comm\_type, int conn\_num, int slave\_addr, int dev\_addr, int qty, unsigned int \*data\_r, char \*req, char \*res);

***Parámetros***

comm\_type Tipo de comunicación, 0:Serial, 1:Ethernet

conn\_num Número del Puerto Serial

slave\_addr Dirección de la Estación

dev\_addr Dirección MODBUS (puede ser calculada por la función DevToAddrA )

qty Cantidad, el rango válido es: 1~2000

data\_r Lectura de datos, 0:Coil Off, 1:Coil On

req Solicitud MODBUS de la cadena

res Respuesta MODBUS de la cadena

***Descripción***

Lee la cantidad designada de datos desde una dirección MODBUS designado (Coil).

**Valor de Retorno**

-1 Falló

qty Exitoso

**Lectura de Datos:*****Función***

```
int ReadInputsA(int comm_type, int conn_num, int slave_addr, int dev_addr,
int qty, unsigned int *data_r, char *req, char *res);
```

***Parámetros***

comm_type	Tipo de comunicación, 0:Serial, 1:Ethernet
conn_num	Número del Puerto Serial
slave_addr	Dirección de la Estación
dev_addr	Dirección MODBUS (puede ser calculada por la función DevToAddrA )
qty	Cantidad, el rango válido es: 1~2000
data_r	Lectura de datos, 0: Entrada Discreta Off, 1: Entrada discreta On
req	Solicitud MODBUS de la cadena
res	Respuesta MODBUS de la cadena

***Descripción***

Lee la cantidad designada de datos de una dirección de MODBUS designado (entrada discreta).

Valor de Retorno

-1	Falló
qty	Exitoso

**Escritura:*****Función***

```
int WriteSingleCoilA(int comm_type, int conn_num, int slave_addr, int
dev_addr, unsigned int data_w, char *req, char *res);
```

***Parámetros***

comm_type	Tipo de comunicación, 0: Serial, 1: Ethernet
conn_num	Número del Puerto Serial
slave_addr	Dirección de la Estación
dev_addr	Dirección MODBUS (puede ser calculada por la función DevToAddrA )
data_w	Dato a escribir, 0: Coil Off, Distinto de cero: Coil On
req	Solicitud MODBUS de la cadena
res	Respuesta MODBUS de la cadena

***Descripción***

Escribe los datos en una dirección MODBUS designada (Coil)

Valor de Retorno

-1	Falló
1	Exitoso

## Mensaje de Error

### **MODBUS Serial**

#### ***Función***

int GetLastSerialErr();

#### ***Descripción***

Adquiere el último mensaje de error de serie

Valores de retorno

- 0 No hay error serial
- 1 Inválido el Puerto Serial, error de código
- 2 Inválida la velocidad en Baudios
- 3 Error de desbordamiento de búfer
- 4 Tamaño de carácter no válido
- 5 Control de flujo no válido
- 6 No se puede inicializar el dispositivo serie
- 7 Parámetro de inicialización no válido
- 8 No se puede abrir el dispositivo serie
- 9 Paridad Inválida
- 10 Error en la recepción del dispositivo serial
- 11 Inválido bit de parada
- 12 Error en la transmisión del dispositivo serial

#### ***Función***

void ResetSerialErr();

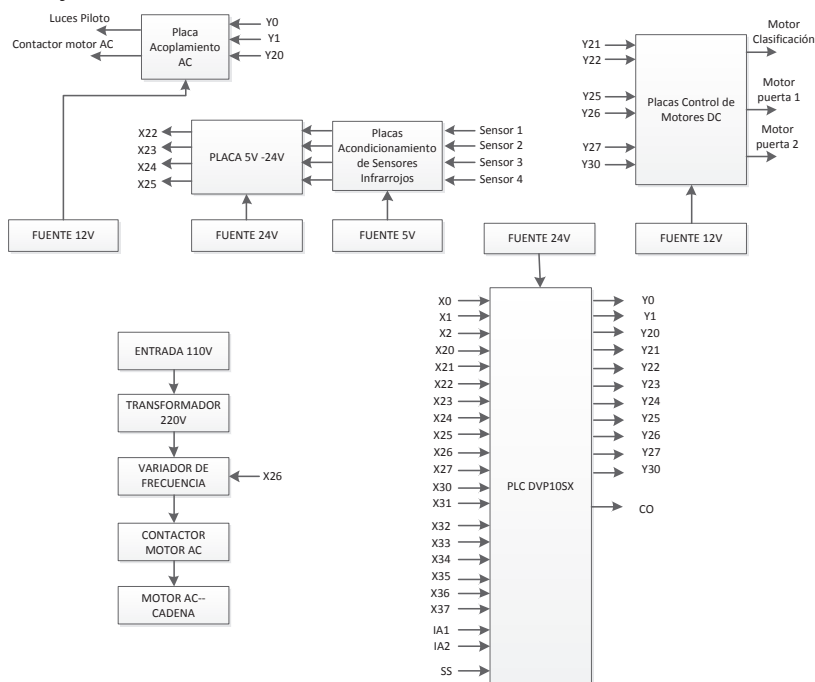
#### ***Description***

Resetea el mensaje de error en el Puerto serial

## ANEXO C

### DISEÑO DE PLACAS

En el presente anexo se describen la distribución y diseño de cada una de las placas dentro del módulo clasificador, la figura 1 se muestra la conexión de las placas con sus elementos, que valor de fuente usa cada una, y la nomenclatura de las entradas y salidas.



**Figura 1** Distribución de Placas en el tablero



**Figura 2** Conexiones PLC

Donde:

Entradas Digitales			
X0:	Pulsador marcha	X26:	Sensor magnético 4
X1:	Pulsador paro	X27:	Fin de carrera 1 clasificación
X2:	Sensor magnético 4	X30:	Fin de carrera 1 puertas
X20:	Selector local	X31:	Fin de carrera 2 puertas
X21:	Selector remoto	X32:	Fin de carrera 3 puertas
X22:	Sensor infrarrojo 1	X33:	Fin de carrera 4 puertas
X23:	Sensor infrarrojo 2	X34:	Sensor magnético 1
X24:	Sensor infrarrojo 3	X35:	Sensor magnético 2
X25:	Sensor infrarrojo 4	X36:	Sensor magnético 3
		X37:	Fin de carrera 2 clasificación
Entradas Analógicas			
IA1:	Sensor magnético 1 puertas	IA2:	Sensor magnético 2 puertas

Salidas			
Y0:	Luz de paro	Y23:	Relé funcionamiento del variador
Y1:	Luz de marcha	Y25:	Motor DC puerta 1 derecha
Y20:	Salida contactor motor AC	Y26:	Motor DC puerta 1 izquierda
Y21:	Motor DC clasificación derecha	Y27:	Motor DC puerta 2 derecha
Y22:	Motor DC clasificación izquierda	Y30:	Motor DC puerta 2 izquierda

## CIRCUITO DE ACOPLAMIENTO

### Diseño Circuito de acoplamiento de salida digital del PLC a un circuito AC

Se muestra un ejemplo de diseño del circuito de acoplamiento, al final de todos los cálculos se encuentra el diseño final en la figura 2 y la forma de conexión al PLC en la figura 3.

#### 1.1 DIODO EMISOR

De la hoja de datos para el elemento MOC3022 [35] se tiene que:

$$VR = 3V, PD = 100mW$$

Donde:

VR=Voltaje de caída del diodo emisor

PD= Potencia de disipación

Mientras que la fuente de acoplamiento utilizada es de 12V

$$V_{cc1} = 12V$$

Resolviendo

$$P_D = V_{cc1} \times I_1$$

$$I_1 = \frac{P_D}{V_{cc1}} = \frac{0.1}{12} = 0.0083A$$

$$R_1 = \frac{V_{cc1} - VR}{I} = \frac{12 - 3}{0.0083} = 1084\Omega$$

Como sale un poco más de 270Ω se elige un a superior, en este caso:

$$R_1 = 330\Omega$$

#### 1.2 TRIAC

De la hoja de datos el MOC 3022 se tiene que:

Para la salida del driver PD= 300mW

De la hoja de datos del BT137 [36] se tiene que:

Voltaje Pico de compuerta VG = 5V

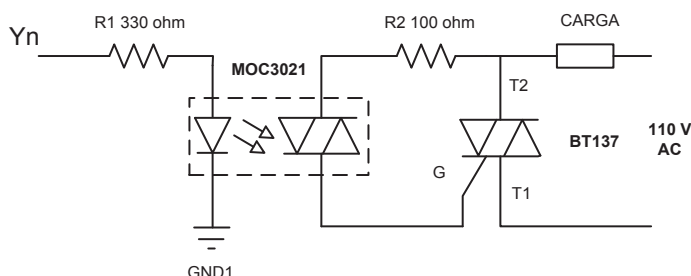
Resolviendo

$$P_D = V_G \times I_2$$

$$I_2 = \frac{P_D}{V_{cc1}} = \frac{0.3}{5} = 0.06A$$

$$R2 = \frac{VG}{I2} = \frac{5}{0.06} = 83.33\Omega$$

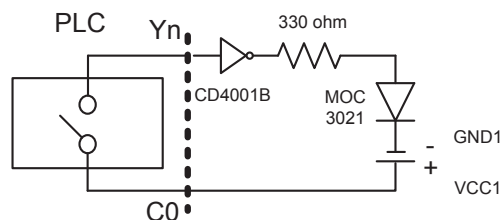
Aproximando  $R2=100\Omega$



**Figura 2** Circuito Acoplamiento Ac

Donde:

- VCC1 Fuente DC 12 Voltios para acoplamientos opto eléctricos
- GND1 Tierra referencia para fuente de alimentación VCC1
- Yn Salida tipo relé del PLC utilizado
- MOC3021 OptoTriac Utilizado
- BT137 Triac 600V 15A
- Co Punto común a las salidas Yn del PLC utilizado



**Figura 3** Esquema de conexión entre la salida del PLC y el acople AC

## CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO

### Diseño Circuito de Acoplamiento del sensor IR hacia la entrada digital del PLC

Esta etapa se divide en tres subetapas las cuales son:

**Adquisición de la señal del Sensor Infrarrojo.-** La cual consta de un regulador de voltaje de 5V que se utiliza para polarizar el sensor. En la figura 4a se observa la imagen del regulador.

**Digitalización de la señal del sensor.-** En esta etapa se utiliza un comparador (LM324) para digitalizar la señal adquirida del sensor a un valor de voltaje establecido con un potenciómetro de 10kohm, además se utiliza dos compuertas smith trigger (74ls14) para mejorar la señal. En la figura 4b se observa la imagen del circuito.

**Diseño del Circuito para el transistor 2N3904.-** Utilizado como interruptor para acoplamiento de entradas de los sensores IR.

De la hoja de datos del PLC [27] se obtiene que la corriente para las entradas digitales es de 5mA mínima y 50mA máxima.

Se realiza el diseño para 25mA:

$I_c = 25\text{mA}$  donde  $I_c$  es la corriente de colector

$V_{cc3}$  Fuente de alimentación para entradas del PLC 24V

$$V_{cc3} = I_c \times R_3$$

$$R_3 = \frac{V_{cc3}}{I_c} = \frac{24}{0.025} = 960\Omega$$

$R_3 = 1\text{ k}\Omega$

De la hoja de datos del transistor [37] se elige un Beta mínimo de 30

Se calcula la corriente de base

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{0.025}{30} = 0.0008\text{A}$$

$$V_{cc3\_a} = R_4 \times I_b - V_{be}$$

Donde:

$V_{cc3\_a}$  Voltaje de 5V para la alimentación de los sensores IR

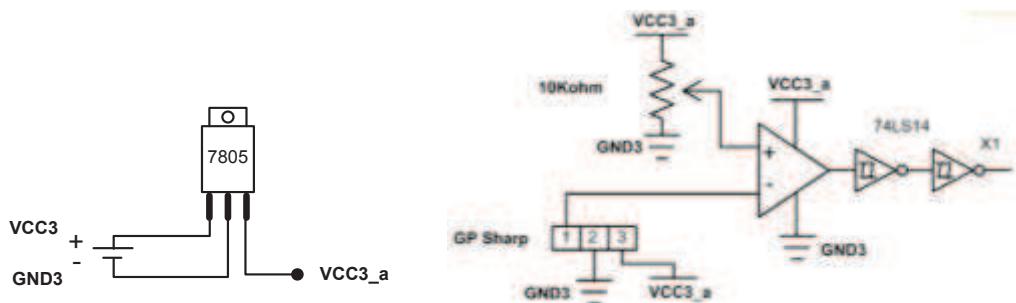
$V_{be}$  Voltaje base emisor aproximado de 0.7 V

Se calcula la resistencia de base  $R_4$

$$R_4 = \frac{V_{cc3\_a} - V_{be}}{I_b} = \frac{5 - 0.7}{0.0008} = 5.3\text{K}\Omega$$

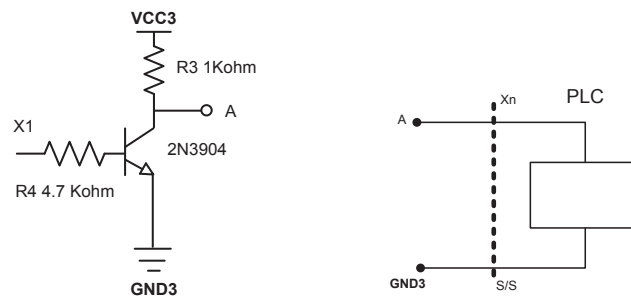
$R_4 = 4.7\text{ K}\Omega$

En la figura 4c se observa la figura de la etapa de acoplamiento a las entradas del PLC



**Figura 4a)** Regulador utilizado, **b)** Etapa de digitalización de la señal del sensor IR





**Figura 4c** Etapa de acoplamiento a la entrada digital del PLC

Donde:

Xn	Entrada PLC
S/S	Punto común a las entradas Xn del PLC
74LS14	Hex inversora con Smith Trigger
GP Sharp	Sensor Infrarrojo acondicionado
1	Terminal blanco de salida del sensor IR Sharp
2	Terminal negro tierra del sensor IR Sharp
3	Terminal café VCC del sensor IR Sharp
GND3	Tierra referencia para fuente de alimentación VCC3

## CIRCUITO DE MOTORES DC

### Diseño Circuito del transistor 2N3904 utilizado como interruptor para acoplamiento de la salida al motor DC

El circuito final se muestra en la figura 5

De la hoja de datos del Relé [38] utilizado se obtiene el dato de la potencia de la bobina

$$P=530\text{mW}$$

$$P = I_c V_{cc}$$

Donde:

Vcc Fuente DC 12V

Ic Corriente de colector del transistor

Se encuentra Ic

$$I_c = \frac{P}{V_{cc}} = \frac{0.53}{12} = 0.044\text{A}$$

Se calcula la corriente de base

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{0.044}{30} = 0.00147\text{A}$$

Se calcula la resistencia de base R5

$$R_5 = \frac{V_{cc} - V_{be}}{I_b} = \frac{12 - 0.7}{0.0025} = 4.5K\Omega$$

R5= 4.7KΩ

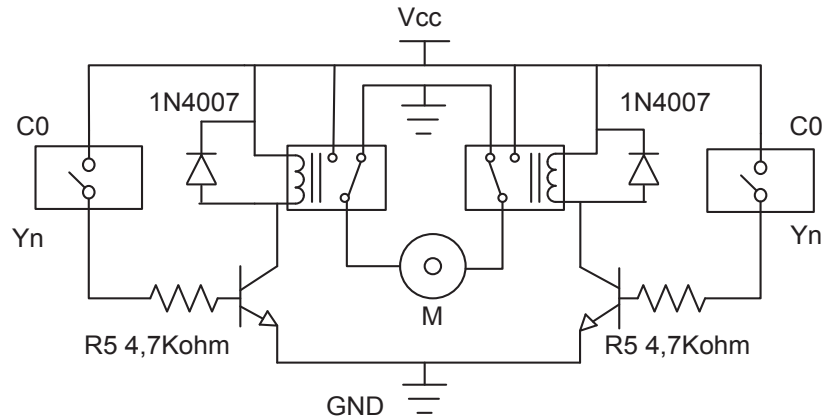


Figura 5 Circuito de acoplamiento con relé

Donde:

M motor 12 V DC utilizado

1N4007 Diodo rectificador utilizado como protección

## CIRCUITO DE FUERZA

En un circuito es indispensable tener protecciones eléctricas, por lo cual a la entrada del circuito se tienen breakers con fusible, el botón de paro de emergencia también es un elemento que proporciona seguridad, puesto que si se observa que el módulo o el operador están en peligro éste desconecta la corriente. En la figura 7 se observa las conexiones necesarias para que el módulo se energice en su totalidad.

Conexión del motor AC: se tiene un transformador de 110 Vac a 220 Vac por lo cual el motor funcionará con un voltaje monofásico a 220V. Se cuenta con protección de breakers, el variador se encarga de controlar la velocidad del movimiento de la cadena, como se observa en la figura 6.

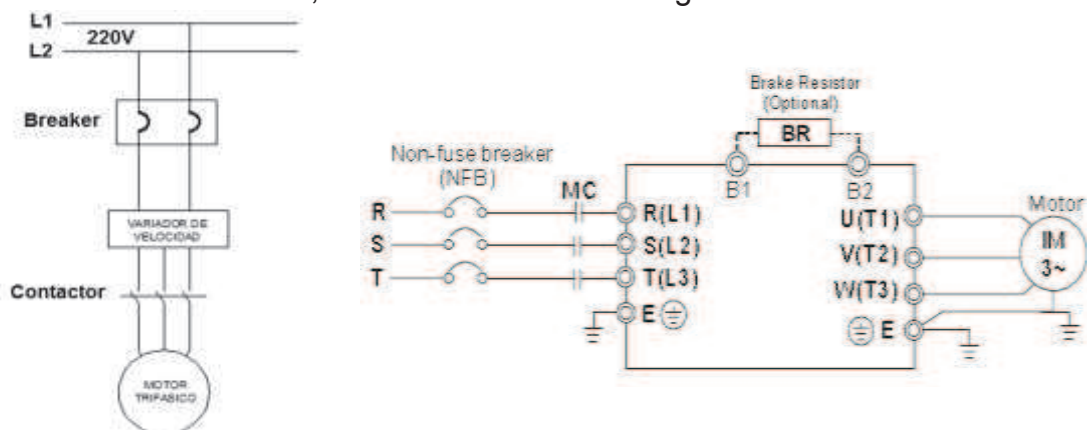
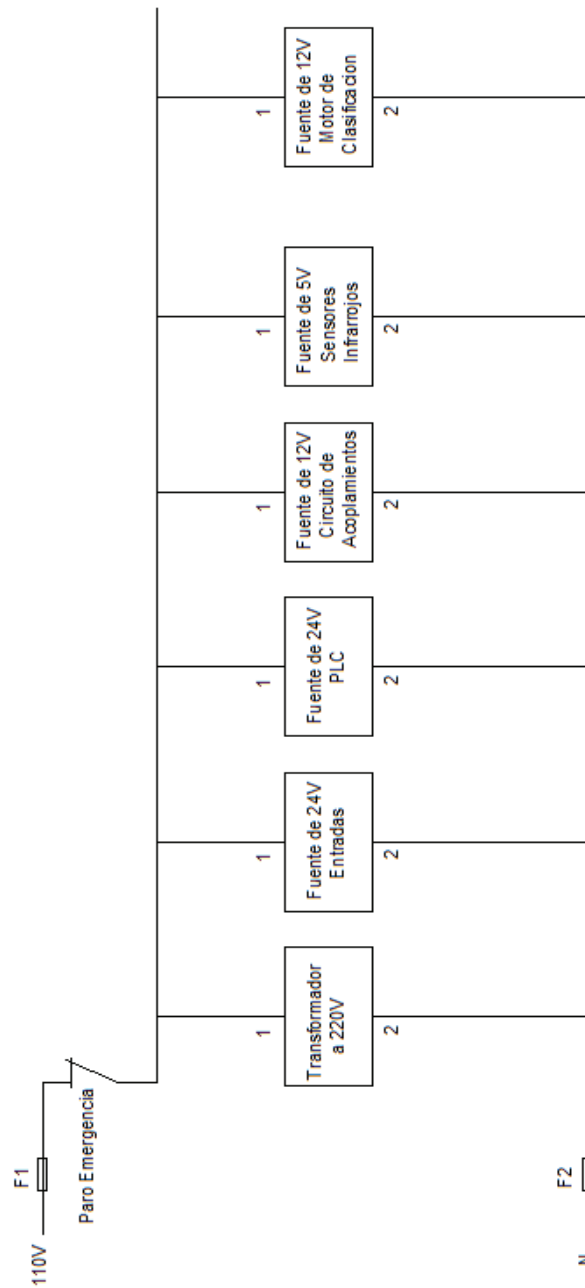
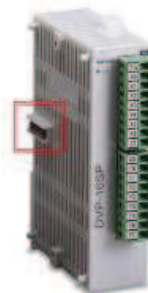


Figura 6 Conexión motor trifásico-variador de frecuencia



**Figura 7** Circuito de fuerza

A continuación en la figura 8 se presenta una imagen del módulo expansor utilizado:



**Figura 8** Modulo expansor

## Montaje de Elementos

En las figuras 8a y b se observa la distribución de los elementos que forman parte del sistema clasificador de rosas:

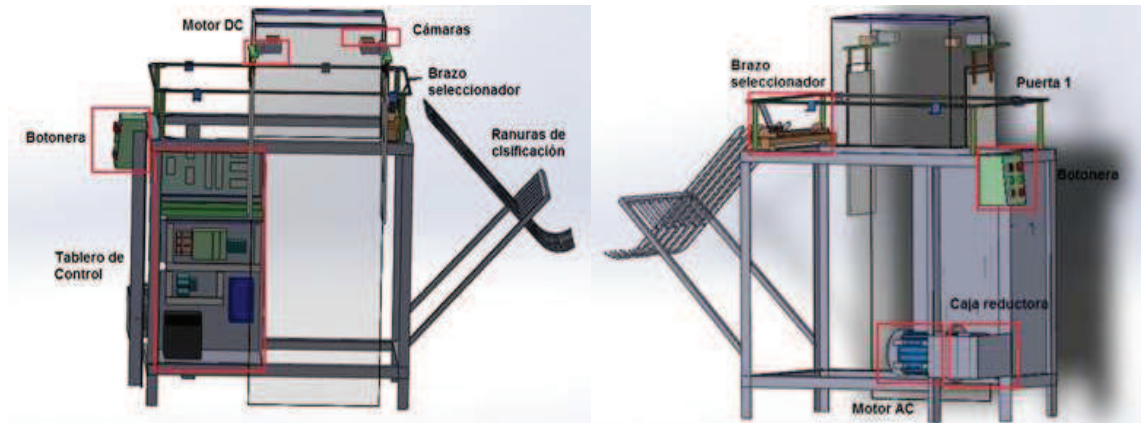


Figura 8a Módulo completo(vista lateral derecha), b) Módulo completo(vista lateral izquierda)

## TABLERO DE CONTROL

Es el lugar donde se encuentran los elementos que ayudan hacer el control del módulo, como son: PLC, variador, contactor, breakers, transformadores, borneras entre otros. En las figuras 9 a y b se representan los elementos implementados.

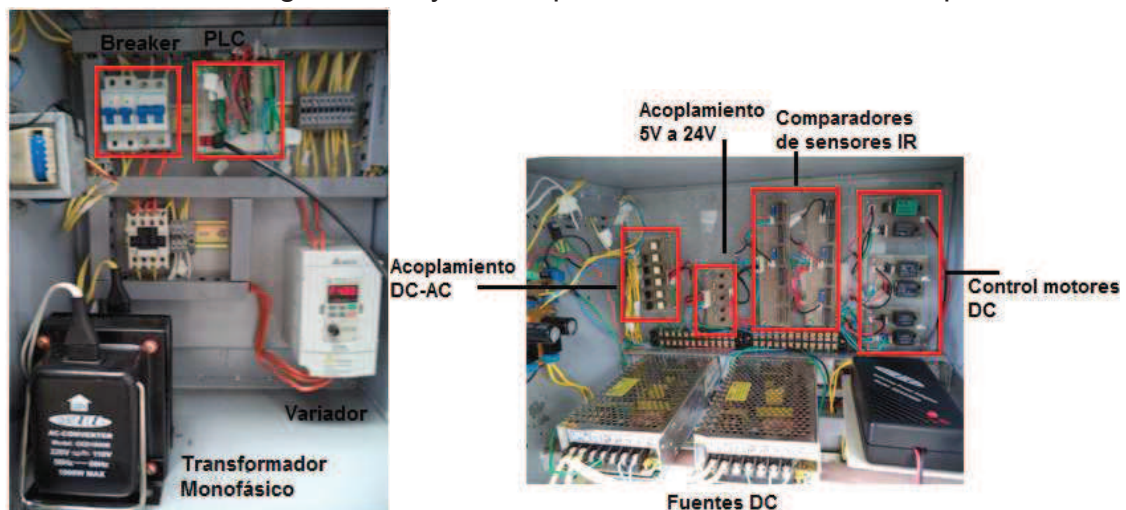


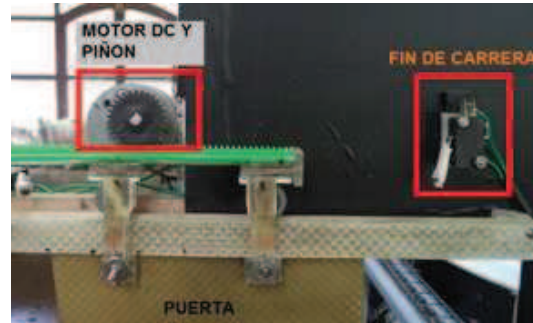
Figura 9 a) Tablero construido(vista inferior), b) Tablero construido(vista superior)

En la parte superior se tienen las placas de acondicionamiento de los sensores, acoplamientos tanto de AC y DC, las fuentes de los motores, y fuente del PLC.

## CIERRE Y APERTURA DE PUERTAS

El piñón se encuentra ubicado en el eje del motor DC y al energizar el motor se obtiene el cierre o apertura de la puerta de la sección de adquisición de imágenes,

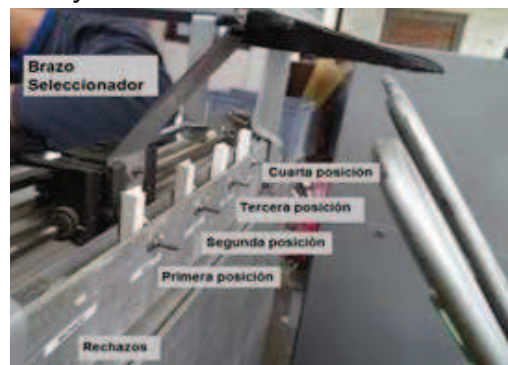
y a su vez sirve como fondo de la imagen que se está procesando. Se cuenta con dos puertas una a cada lado de la caja de adquisición, con esto también se evita que entre luz y se cambie la iluminación interior. Su montaje se puede observar en la figura 10.



**Figura 10** Mecanismo de las puertas

## BRAZO SELECCIONADOR

Su movimiento viene dado por un motor de 12Vdc con cambio de sentido de giro, encargado de seleccionar las rosas que ya fueron analizadas. Cada sensor infrarrojo indica una posición de la ranura de clasificación como se muestra en la figura 11, las cuales se encuentran separadas 7cm, la primera ranura es para las flores rechazadas, las siguientes ranuras están divididas según la longitud del tallo en 50cm, 60cm, 70cm y 80cm.



**Figura 11** Brazo seleccionador

[35] Hoja de datos de MOC3022

[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/M/O/C/3/MOC3022.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/M/O/C/3/MOC3022.shtml)

[36] Hoja de datos de triac BT137

[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/B/T/1/3/BT137.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/B/T/1/3/BT137.shtml)

[37] Hoja de datos del transistor 2N3904

<http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/2N3904.pdf>

[38] Hoja de datos del relé

<http://www.datasheetarchive.com/dl/Datasheet-07/DSA00121333.pdf>

## ANEXO D

### PROGRAMA DESARROLLADO PARA COMUNICACIÓN SERIAL INICIALIZACIÓN DE VARIABLES:

```

/////Parametros generales PLC
    public int conn_num = 1; //Serial port number, e.g. COM"1" (Support multiple
        connections)
    public int baud_rate = 9600; //Baud rate, e.g. 9600
    int data_len = 7; //Data length, e.g. 7
    public char parity = 'E'; // Parity bit, e.g. 'E'
    public int stop_bits = 1; // Stop bit, e.g. 1
    public int modbus_mode = 1; //MODBUS mode, 1:ASCII, 2:RTU
    public int comm_type = 0;
    public int slave_addr = 0x00;
    public StringBuilder req = new StringBuilder(1024);
    public StringBuilder res = new StringBuilder(1024);
    public UInt32[] data_from_dev = new UInt32[1];
    public UInt32[] data_to_dev = new UInt32[1];
    public string strProduct = "DVP";
    public int dev_qty = 1;

```

#### LECTURA:

```

public int lectura (int addr)
    {
    int respuesta;
    data_from_dev[0] = 0;
    int rst = OpenModbusSerial(conn_num, baud_rate, data_len, parity,
        stop_bits, modbus_mode);

    if (rst > 0)
    {
        if (addr > 1199)
        {
            rst = ReadCoilsW(comm_type, conn_num, slave_addr, addr, dev_qty,
                data_from_dev, req, res);
        }
        else
        {
            rst = ReadInputsW(comm_type, conn_num, slave_addr, addr, dev_qty,
                data_from_dev, req, res);
        }
        if (rst > 0)
        {

```

```

        textBox9.Text = Convert.ToString(data_from_dev[0]);
        CloseSerial(conn_num);
        respuesta = Convert.ToInt32(data_from_dev[0]);
        return respuesta;
    }
    else
    {
        MessageBox.Show("Lectura Fallida");
        respuesta = -1;
        return respuesta;
    }
}
else
{//communication fail
    consola.Text = "1.Comunicación fallida";
    respuesta = -1;
    return respuesta;
}
}
}

```

### ESCRITURA:

```

public int escritura (uint valor , int addr)
{
    int ret = 0;
    int rst = OpenModbusSerial(conn_num, baud_rate, data_len, parity,
    stop_bits, modbus_mode);//Funcion para abrir puerto serial

    textBox1.Text = Convert.ToString(rst);
    if (rst > 0)
    {
        data_to_dev[0] = valor;

        ret = WriteSingleCoilW(comm_type, conn_num, slave_addr, addr,
        data_to_dev[0], req, res);//Funcion para escribir Marca/Bobina
        textBox3.Text = Convert.ToString(ret);
        CloseSerial(conn_num);
    }
    return ret;
}
}

```

Si la comunicación se realiza las variables `data_from_dev[0]`, `data_to_dev[0]` y `rst` devuelven valores distintos a 0 y -1 dependiendo de las acciones realizadas y los dispositivos accionados.