

# SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA CLASIFICACIÓN, EMPAQUE Y MONITOREO EN POSTCOSECHA DE HORTENSIAS

Modalidad: Exploratorio

Carlos Andrés G ez Aguirre  
Juan Pablo Baena Martínez

Trabajo de grado para optar al título de:  
INGENIERO MECATRÓNICO

MSc. Edgar Virgilio Rincón Gil



Universidad EIA  
Ingeniería Mecatrónica  
Envigado, 2020



# Índice

<b>1 Preliminares</b>	<b>3</b>
1.1 Planteamiento del problema . . . . .	3
1.2 Objetivos . . . . .	5
1.2.1 Objetivo General . . . . .	5
1.2.2 Objetivos Especificos . . . . .	5
1.3 Estado del arte . . . . .	5
1.3.1 Furora nova, sistema de procesamiento automático de todo tipo de flores .	5
1.3.2 Furora compact, sistema de procesamiento automático de tulipanes . . . .	6
1.3.3 Rosematic, sistema de procesamiento automático de rosas . . . . .	6
1.3.4 Máquina para la selección de esquejes en el Oriente Antioqueño . . . . .	6
1.3.5 CuttingTEC . . . . .	7
1.3.6 Conclusiones etapa antecedentes: . . . . .	7
<b>2 Metodología</b>	<b>9</b>
2.1 Planeación . . . . .	9
2.2 Desarrollo del concepto . . . . .	9
2.3 Diseño a nivel sistema . . . . .	10
2.4 Diseño de detalle . . . . .	10
2.5 Pruebas y refinamiento . . . . .	10
<b>3 Desarrollo</b>	<b>11</b>
3.1 Identificación de necesidades . . . . .	12
3.2 Diseño de concepto . . . . .	13
3.2.1 Matriz morfológica . . . . .	14
3.2.2 Selección de concepto . . . . .	22
3.3 Diagrama de bloques del sistema . . . . .	25
<b>4 Título del capítulo</b>	<b>31</b>

4.1	Título de la sección . . . . .	31
4.2	Título de la sección . . . . .	31
<b>Conclusiones y líneas futuras</b>		<b>33</b>
<b>A ANEXOS</b>		<b>35</b>
A.1	ANEXO . . . . .	35
<b>Bibliografía</b>		<b>37</b>

# Índice de figuras

3.1	Digrama general . . . . .	12
3.2	Digrama general del sistema . . . . .	14
3.3	Matriz morfologica de subsistemas de empaque tallo y botón . . . . .	15
3.4	Matriz morfologica de subsistemas de clasificación y monitoreo . . . . .	16
3.5	Matriz morfologica de subsistema de preparación capuchon . . . . .	18
3.6	Matriz morfologica de subsistema de separación por clasificación . . . . .	21
3.7	Diagrama de bloques alimentación . . . . .	26
3.8	Diagrama de bloques empacador de tallo . . . . .	26
3.9	Diagrama de bloques empacador botón . . . . .	27
3.10	Diagrama de bloques preparador capuchón . . . . .	27
3.11	Diagrama de bloques alimentación . . . . .	28
3.12	Diagrama de bloques alimentación . . . . .	28
3.13	Diagrama de bloques alimentación . . . . .	29



# Índice de Tablas

3.1	Matriz Necesidades . . . . .	13
3.2	Matriz de desición Empacador Flor . . . . .	23
3.3	Matriz de decisión Clasificador y Monitoreador . . . . .	24
3.4	Matriz de decisión Preparador de capuchón . . . . .	24
3.5	Matriz de desición Separador por clasificación . . . . .	25





## **Introducción**

Actualmente en Colombia hay 8004 hectáreas de flores sembradas, donde 1500 hectáreas corresponden al género *Hydrangea* también conocidas como hortensias, las cuales el 99 % de estas se encuentran en el oriente en donde se encuentran registrados 1381 predios productores de este tipo de flor.

La producción de hortensias en el Oriente Antioqueño se caracteriza por hacer un uso intensivo de mano de obra, aplicando poca o nula automatización en sus procesos, en donde los trabajadores de campo de los predios floricultores sufren desgates físicos por las condiciones de trabajo poco ergonómicas y repetitivas que tienen en su jornada laboral. La automatización podría ayudar a reducir este desgaste de los trabajadores implementándola en algunos procesos, además, podría traer otros beneficios como reducir el costo de mano de obra, mejorar la calidad en el producto, reducir el tiempo de manufactura, entre otros. Sin embargo, el bajo poder adquisitivo, la flexibilidad que se debe tener en la producción de este tipo de flor y el componente social relacionado con el reemplazo de la mano de obra debido a la automatización se presentan como una barrera a su implementación, por lo que sistemas semiautomáticos pueden ser una opción más viable.

El Oriente antioqueño posee una topografía en su mayoría montañosa, por lo que implementar la automatización en áreas como la siembra y la cosecha presentan mayor grado de dificultad; además, no se encuentran estandarizados estos procesos en todas las floricultoras, sin embargo, post cosecha cuenta con procesos más unificados y estándares en los cultivos de hortensias del Oriente Antioqueño.

En el presente trabajo se prototipa un sistema semiautomático post cosecha de Hortensias que cumpla con las funciones de clasificación, empaque individual en capuchón y monitoreo.



# Capítulo 1

## Preliminares

### Contenido

<b>1.1 Planteamiento del problema</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Objetivos</b>	<b>5</b>
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Especificos	5
<b>1.3 Estado del arte</b>	<b>5</b>
1.3.1 Furora nova, sistema de procesamiento automático de todo tipo de flores	5
1.3.2 Furora compact, sistema de procesamiento automático de tulipanes	6
1.3.3 Rosematic, sistema de procesamiento automático de rosas	6
1.3.4 Máquina para la selección de esquejes en el Oriente Antioqueño	6
1.3.5 CuttingTEC	7
1.3.6 Conclusiones etapa antecedentes:	7

### 1.1. Planteamiento del problema

La posición geográfica y las condiciones climáticas le dan a Colombia una condición privilegiada que le permite ser competitiva en el mercado floricultor. No en vano, se ubica como uno de los líderes en producción y cultivo de flores, ocupando el segundo lugar a nivel mundial. La floricultura representa, después del café, la principal actividad agropecuaria no tradicional del país. En menos de 35 años Colombia ha logrado ser el segundo país exportador de flores, con una participación del 15 % en el comercio total siguiendo a Holanda cuya participación total es del 47 %. Este sector genera un importante ingreso de divisas al país con alrededor de 1.400

millones de dólares en 2017, aporta el 17 % del impuesto de renta del agro colombiano y representa el 75 % de la carga aérea nacional exportada. (Ministerio de agricultura de Colombia, 2017) (ASO-COLFLORES, 2009) El sector floricultor colombiano se encuentra en capacidad de exportar el 95 % de la producción total de flores, sin embargo, esto hace al sector altamente dependiente de las fluctuaciones de divisas. Es tal la vulnerabilidad, que la rentabilidad del sector se ha visto seriamente perjudicada por prolongadas devaluaciones del peso frente al dólar; situación que lleva a los floricultores a adquirir mayores créditos en el sector financiero para cubrir los costos generados principalmente en los procesos productivos y logísticos. Esta situación se agravó con la devaluación presentada entre los años 2003 y mediados del 2011, la cual condujo a que muchas empresas del sector se vieran obligadas a reestructurarse, reorganizarse o en casos extremos, a liquidarse. (FENALCO, 2017) Otras desventajas destacadas que posee el sector floricultor en Colombia son:

- Baja utilización de cambio técnico y poca investigación y desarrollo de nuevas variedades y técnicas de producción a nivel nacional.
- Lo anterior lleva a que los requerimientos de innovación de la producción nacional dependan de las importaciones de esquejes, que son desarrollados por competidores tales como Holanda e Israel, que realizan grandes inversiones en investigación y desarrollo.
- Descalce entre los ingresos y gastos de las empresas del sector; en tanto que los ingresos dependen del comportamiento de los precios internacionales de las flores y de la tasa de cambio, los principales gastos están sujetos a la variación de los precios internos en el caso de los gastos en mano de obra.
- El fortalecimiento de competidores como Kenia y Etiopía, que cuentan con mano de obra de hasta cinco (5) veces más barata

afectan la competitividad del sector frente a otros exportadores de flores en el mundo. (Arroyave, 2012)

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Prototipar un sistema semiautomático para la clasificación, empaque y monitoreo en postcosecha de hortensias.

### **1.2.2. Objetivos Especificos**

- Desarrollar un sistema mecatrónico para el empaque individual en capuchón de Hortensias.
- Desarrollar un sistema mecatrónico para la clasificación individual de Hortensias según color y apertura del botón.
- Desarrollar un sistema mecatrónico que permita monitorear visualmente las Hortensias en postcosecha y almacenar esta información.
- Diseñar el proceso de empaque, clasificación y monitoreo de acuerdo con las necesidades en post cosecha de hortensias de los floricultores del Oriente Antioqueño.
- Evaluar el desempeño del prototipo en campo mediante las variables de tiempo gastado en procesar una Hortensia individual y porcentaje de fiabilidad.

## **1.3. Estado del arte**

### **1.3.1. Furora nova, sistema de procesamiento automático de todo tipo de flores**

Es una máquina producida por la empresa holandesa Bercomex que agrupa, encapucha y clasifica varios tipos de flores de forma automática. Cuenta con 5 cámaras de clasificación que con visión

artificial miden longitud, grosor del tallo, el tamaño y el color de la umbela. Puede clasificar diferentes tipos de flor, tales como Crisantemos, Claveles, Tulipanes, Lirios y otros. Trabaja a partir de una banda recoge los tallos a granel y los entrega automáticamente al carrusel de clasificación, corte y agrupación. La máquina entrega los ramos clasificados sobre una banda de procesamiento para su atado y encapuchado automático con rendimiento de hasta 11000 tallos por hora. (ipack, 2019)

#### **1.3.2. Furora compact, sistema de procesamiento automático de tulipanes**

Es una máquina producida por la empresa holandesa Bercomex similar a la furora nova, que se diferencia por especializarse en tulipanes y en usar cámaras de rayos x para un mejor detalle (Bercomex, 2020).

#### **1.3.3. Rosematic, sistema de procesamiento automático de rosas**

Es una máquina producida por la empresa holandesa Bercomex que posee 2 cámaras infrarrojas y 2 de color que con visión artificial las de color miden longitud, grosor del tallo, el tamaño del botón, las infrarrojas escanean el color del botón, la máquina deshoja la rosa y la clasifica ubicándola en unas bases metálicas donde un operario después puede acceder a ellas fácilmente, procesa 9000 tallos por hora. Cuenta además con un módulo de luz UV que previene y detecta patologías como botrytis (Bercomex, 2020).

#### **1.3.4. Máquina para la selección de esquejes en el Oriente Antioqueño**

Este proyecto se realizó en el 2018 y está centrado en la creación de un sistema de visión artificial que examina los esquejes en una banda transportadora, el sistema procesa los datos seleccionando los esquejes para las características de flor que buscan (Cifuentes, 2018).

### **1.3.5. CuttingTEC**

Es una máquina para el corte asistido de flores incluidas hortensias de la empresa Tecondor, empresa dedicada a la solución tecnológica en el agro en Colombia, en esta máquina las flores son ubicadas en una canaleta con movimiento lineal la cual cuenta con un sistema de medida para obtener el largo deseado en las flores. La canaleta es deslizada hasta que un disco realiza el corte de los tallos (Tecondor, 2019).

### **1.3.6. Conclusiones etapa antecedentes:**

En Colombia hay poco desarrollo local de sistemas automáticos o semiautomáticos para el procesamiento de flores en general, los cultivos que implementan tecnologías de este tipo tienden a importarlas debido a que es escasa la oferta de equipos profesionales y comerciales locales. Esta situación es mucho más notoria en el cultivo de Hortensias, lo evidencian que hasta la fecha y hasta nuestra búsqueda no se encontraron en el exterior ni a nivel local máquinas especializadas en la post cosecha de hortensias. Esta situación es crítica para el Oriente Antioqueño debido a que es la principal flor que se cultiva en esta región del país y a sus necesidades específicas que generan su topografía. Esto también evidencia la gran oportunidad de nuevos desarrollos en este sector.





## Capítulo 2

# Metodología

### Contenido

2.1 Planeación . . . . .	9
2.2 Desarrollo del concepto . . . . .	9
2.3 Diseño a nivel sistema . . . . .	10
2.4 Diseño de detalle . . . . .	10
2.5 Pruebas y refinamiento . . . . .	10

Para el desarrollo del proyecto se utiliza la metodología de Karl Ulrich y Steven Eppinger expuesta en su libro "Diseño y desarrollo de productos", esta metodología se divide en cinco etapas las cuales van desde la planeación y primeras ideas de los productos hasta producción.

### 2.1. Planeación

Se plantean las ideas iniciales sobre el proyecto, se plantean los objetivos a alcanzar con el proyecto, además se declaran los supuestos y restricciones que tendrá el proyecto.

### 2.2. Desarrollo del concepto

Se realiza una recolección de datos en diferentes cultivos de hortensias con el fin, conocer los procesos más críticos y más viables a automatizar dentro del cultivo de hortensias, además se definen

las especificaciones generales del producto. A partir las especificaciones se plantean, subsistemas para cada proceso a automatizar. Previo a esto se realiza una generación de conceptos a partir de las funcionalidades que debe tener cada subsistema y se selecciona el concepto que mejor cumpla con los requerimientos antes obtenidos.

### **2.3. Diseño a nivel sistema**

A partir de los conceptos obtenidos se realiza una prueba de concepto mediante un diagrama de bloques donde se detallan los componentes a utilizar, con este diagrama se puede observar con facilidad las falencias del concepto evaluado. A partir de este diagrama de bloque se establece la arquitectura del proyecto y un diseño geométrico del producto.

### **2.4. Diseño de detalle**

Teniendo la arquitectura del sistema, se realiza el diseño para manufactura de sistemas los sistemas electrónicos, mecánicos y software donde se especifican medidas, tolerancias y materiales. A partir de los diseños se realizarán simulaciones para verificar su funcionamiento, después de realizar estas pruebas se obtendrán los planos de ensamble del sistema y especificaciones técnicas.

### **2.5. Pruebas y refinamiento**

A partir de los planos y especificaciones técnicas, se realiza el prototipado de la máquina donde se integran cada uno de los subsistemas. Teniendo este prototipo se plantea un esquema de pruebas donde se evalúan las especificaciones de la máquina y cumplimiento de los objetivos planteados.

## Capítulo 3

# Desarrollo

### Contenido

3.1	Identificación de necesidades	12
3.2	Diseño de concepto	13
3.2.1	Matriz morfológica	14
3.2.2	Selección de concepto	22
3.3	Diagrama de bloques del sistema	25

Con el objetivo de simplificar el desarrollo de la máquina esta se dividió en subsistemas para que cada uno de estos cumpla una tarea simple. Los subsistemas en los que se dividió el sistema son:

- **Empacar tallo** Ubica el tallo de la flor dentro del capuchon, hasta alcanzar el extremo del capuchon.
- **Empacar botón** Situa la porción faltante de la flor dentro del capuchon
- **Preparar Capuchon** Posiciona el capucho de la flor para que esta sea empacada.
- **Separador por clasificación** Ubica las flores en una diferente salida dependiendo de la clasificación de la misma
- **Clasificación** A partir de un algoritmo de procesamiento digital de imágenes clasifica las flores según sea su categoría.
- **Monitorear** Almacena los datos de la flor y verifica que no posea cuerpos extraños o enfermedades.

### 3.1. Identificación de necesidades

Como parte del diseño preliminar del proyecto se realizó un matriz de necesidades enfocada en clasificar las necesidades identificadas en la vigilancia tecnológica y la documentación recolectada para realizar el planteamiento del problema y la justificación del proyecto. En esta matriz se pondera cada necesidad por nivel de importancia, se le asignan características generales y se da un estándar de medida.

A continuación se presenta el diagrama general de la solución

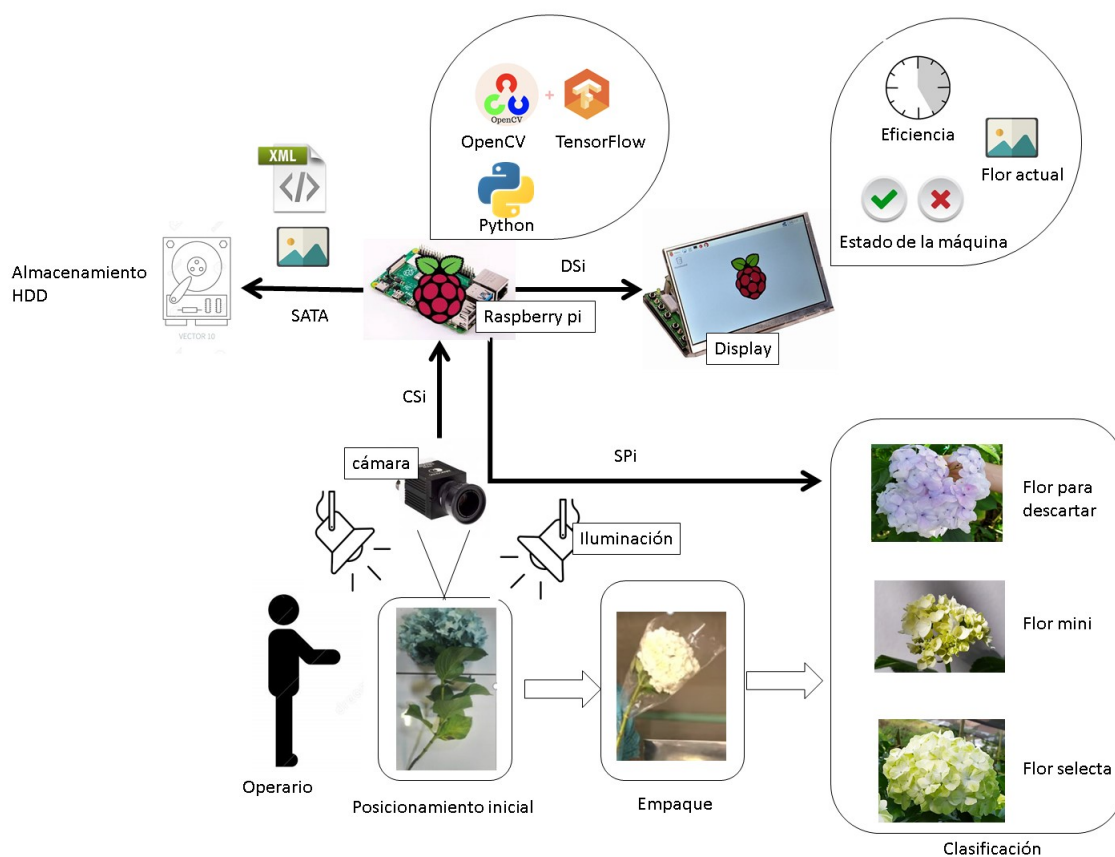


Figura 3.1: Diagrama general

Tabla 3.1: Matriz Necesidades

#	Necesidad	Importancia	Característica	Medida
1	Reducir tiempos de la postcosecha	5	Velocidad de operaciones de clasificación empaque y monitoreo	Unidades min
2	Reducir costo de operación	4	Costo de postcosecha	COP
3	Capacidad de los operarios de interactuar con la máquina	3	Facilidad de operación	Subjetivo
4	Procesamiento de imágenes	4	Confiabilidad	%
5	Vida Util	3	Duración del equipo en funcionamiento	Años

Como resultado de la matriz de necesidades se concluye que reducir los tiempos de la postcosecha es el punto más importante solucionar, esto conlleva consigo también una reducción de costos en la operación y que el sistema sea lo suficiente mente confiable para las operaciones que realiza.

### 3.2. Diseño de concepto

Luego de tener claridad sobre las diferentes necesidades que pretende desarrollar el proyecto y de haber caracterizado las tareas que realizara la máquina, se procedió a realizar una diagrama general del sistema, este método permite visualizar el sistema a desarrollar de una manera sencilla, contemplando únicamente entradas y salidas del sistema.

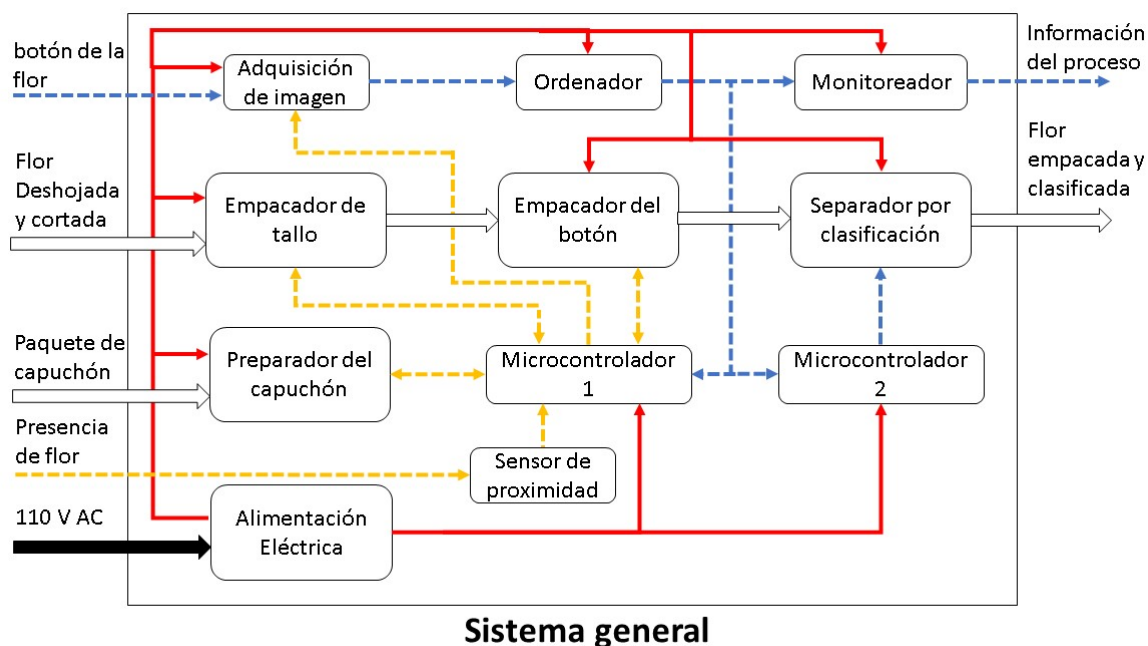


Figura 3.2: Digrama general del sistema

### 3.2.1. Matriz morfológica

Para continuar con el diseño de concepto se construye una matriz con las tecnologías reportadas en cada registro de soluciones, para las diferentes funciones del dispositivo, y se trazan rutas que definen los componentes que conforman los conceptos preliminares.












Concepto A B C	Empacador Tallo		
	Empacador Botón		
Pinzas	 Pinzas radiales	 Pinzas paralelas	
Controlador de Motor ejes	 DRV8825	 TB6600	
Actuación y control pinzas	 Nema 17 y DRV8825	 ServoMotor MG 996R	
Transformación Movimiento Rotacional a Lineal	 Correa de Distribución GT2-6mm con poleas	 Varilla roscada	 Sistema piñon-cremallera fija
Finales de carrera	 Infrarrojo	 Mecánico	

Figura 3.3: Matriz morfológica de subsistemas de empaque tallo y botón

Esta etapas dos etapas se encargan de realizar el empaque de la flor en el capuchón, la primera de ellas el empacador de tallo introduce la flor parcialmente hasta alcanzar el otro extremo del capuchón, donde la segunda etapa el empacador de botón se encarga de finalizar el empackado de la flor introduciendo el botón dentro del

## capuchón

### ■ **Concepto A**

Contempla el uso de servo motores, pinzas paralelas, finales de carrera de accionamiento mecánico y un tornillo de bolas para el desplazamiento longitudinal, esta opción es la mejor si se busca suavidad en los movimientos, también requiere poco mantenimiento, pero es la como desventaja tiene que es la más cara, también la integración entre sus componente no es la mejor de las opciones.

### ■ **Concepto B**

Esta opción utiliza motore paso a paso, con pinzas radiales y desplazamiento por medio de una correa de distribución, destaca por su bajo precio, poco mantenimiento y disponibilidad de las piezas, como desventaja tienen que algunas de sus piezas nos son duraderas por lo que se deben cambiar con regularidad

### ■ **Concepto C**

Esta opción es una combinación de las dos anteriores con la diferencia del desplazamiento que se realiza con un piñon cremallera, se caracteriza por su poco mantenimiento y confiabilidad pero su precio es su principal desventaja















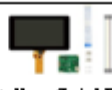






Concepto	Clasificación y Monitoreo		
 A  B  C			
Sensor de Imagen	 Módulo Pi Camera V2, 8 MP	 Cámara web, 8 MP	
Ordenador	 Raspberry pi 3 B+	 Computador de Mesa	 ODroid XU4
Lenguaje y librerías de programación	 TensorFlow	 PyTorch	
HMI	 Pantalla táctil LCD 7 pulgadas	 Monitor	 Pantalla oficial Raspberry pi 7 pulgadas
Sensor de proximidad	 Sensor capacitivo	 Sensor reflex infrarrojo	 Sensor ultrasónico
Iluminación	 Barra de LED	 Panel LED	 Bombilla LED

Figura 3.4: Matriz morfológica de subsistemas de clasificación y monitoreo

Esta etapas se hacen cargo de la clasificación y monitoreo de la flor, para realizar utilizan ordenadores camaras y un sistema de iluminación para garantizar

### ■ Concepto A

Esta opcion se caracteriza por su portabilidad y integración entre componentes ya que tanto ordenador, como camara y pantalla son de la plataforma Pi, encunto a software cuenta como

desventaja tiene su limitado poder de procesamiento

■ **Concepto B**

Utiliza un ordenador de mesa os cual le otorga un poder de procesamiento superior a los otros conceptos, como desventaja tiene su baja portabilidad y la calidad de imagenes que puede capturar.

■ **Concepto C**

Esta opcion es muy economia debido a su uso de componentes de bajo costo como su ordenador Droid pero tambien la integración entre sus componentes es complicada y la calidad de sus imagenes tambien es inferior a los otros conceptos.

Concepto A B C	Preparador de capuchón		
Motores paso a paso del elevador de paquetes de capuchón y del actuador lineal	 Nema 17	 Nema 23	
Controlador de Motor	 DRV8825	 TB6600	
Sensor de Distancia	 HY-SRF05	 GY-US42	 GP2Y0A21
Bomba de vacío	 Bomba de vacío de Diafragma 8w 12v	 Bomba de vacío de Diafragma 70w 12v	
Ventosa	 ZPR25BS -08-A8	 PFYK-80	
Optoacopladores y Relevos	 Tarjeta con 2 relevos optoacoplada 5V		
Transformación Movimiento Rotacional a Lineal	 Correa de Distribución GT2-6mm con poleas	 Varilla roscada	 Sistema piñon-cremallera fija
Finales de carrera	 Infrarrojo	 Mecánico	

Figura 3.5: Matriz morfológica de subsistema de preparación capuchón

Esta es la primera etapa que controla que microcontrolador 1 y la primera también del ciclo de tareas de todo el sistema. Este subsistema se encarga de preparar/abrir el capuchón en el cual se insertará posteriormente la flor. Esta función la cumple por medio de

un actuador lineal accionado por un motor paso a paso que en su punta posee una ventosa que recibe presión negativa de una bomba de vacío para sujetar un lado del capuchón que finalmente se abre completamente por la fuerza gravitatoria. Estos capuchones son a su vez posicionados para su sujeción a través de un elevador de los paquetes de capuchón que compensa la altura respecto al punto de sujeción a medida que los capuchones individuales van siendo utilizados, este proceso se efectúa mediante un motor paso a paso que su actuación depende de la altura medida por un sensor de distancia.

#### ■ **Concepto A**

Contempla el uso del motor NEMA 17 para el actuador lineal y del elevador junto con un controlador de corriente pico máxima 2.5 A, un sensor de distancia análogo tipo SHARP con el rango justo para la aplicación, bomba de vacío de 8w, ventosa de fuelle de 25mm, movimiento lineal efectuado por correas de distribución y finales de carrera mecánicos. Esta opción tiene como ventaja más notoria la reducción de precios frente a las otras opciones debido a que se utilizan los elementos más ajustados posibles con elementos comerciales a las especificaciones requeridas pero sacrificando velocidad de actuación debido al motor de menor capacidad.

#### ■ **Concepto B**

Contempla el uso del motor NEMA 23 para el actuador lineal y del elevador junto con un controlador de corriente pico máxima 5 A, un sensor de distancia ultrasónico con rango 20 a 720 cm, bomba de vacío de 8w, ventosa de fuelle de 25mm, movimiento lineal efectuado por Varillas roscadas y finales de carrera reflex infrarojo. Esta opción tiene como ventaja una actuación más rápida respecto a la primera opción, sin embargo, con elementos más costos y con menos precisión en la medición de la altura respecto a la opción anterior, ya que el sensor ultrasónico tiene

una resolución de 1cm.

### ■ **Concepto C**

Contempla el uso del motor NEMA 23 para el actuador lineal y del elevador junto con un controlador de corriente pico máxima 5 A, un sensor de distancia ultrasónico con rango 2 a 450 cm, bomba de vacío de 70w, ventosa de fuelle de 80mm, movimiento lineal efectuado por un sistema piñon-cremallera y finales de carrera reflex infrarojo. Esta opción tiene como ventaja la actuación más rápida respecto a las otras opciones, sin embargo, con los elementos más costosos de las opciones en la actuación, además, con la desventaja de que el sistema piñon-cremallera se debería fabricar. En la medición de la altura se contempla uno de los sensores más económicos del mercado y con una resolución de 0.3cm que se encuentra dentro del rango de tolerancia en la medición de distancia.













Concepto A B C	Separador por clasificación		
	Máquina cartesiana		
Motores paso a paso ejes X y Y	 Nema 17	 Nema 23	
Controlador de Motor ejes	 DRV8825	 TB6600	
Pinzas	 Pinzas radiales	 Pinzas paralelas	
Actuación y control pinzas	 Nema 17 y DRV8825	 ServoMotor MG 996R	
Transformación Movimiento Rotacional a Lineal	 Correa de Distribución GT2-6mm con poleas	 Varilla roscada	 Sistema piñon-cremallera fija
Finales de carrera	 Infrarrojo	 Mecánico	

Figura 3.6: Matriz morfológica de subsistema de separación por clasificación

Esta subsistema la controla el microcontrolador 2 y es la última del ciclo de tareas de todo el sistema. Este subsistema se encarga de clasificar físicamente las flores ingresadas al sistema mediante una máquina cartesiana 2 ejes que sujeta la flor por medio pinzas y las ubica en la base deslizante correspondiente según la clasificación recibida por el ordenador principal.

### ■ Concepto A

Contempla el uso del motor NEMA 23 para los dos ejes de movimiento de la máquina cartesiana con movimiento lineal por correas de distribución y poleas. Pinzas paralelas actuadas por un NEMA 17 y su controlador de 2.5 A pico junto con finales de carrera mecánicos. Destaca esta opción por ser la mejor en precio-calidad, con la mayor velocidad de actuación de las opciones consideradas, además del mejor agarre en las pinzas por ser de tipo paralelas y con el NEMA 17.

#### ■ **Concepto B**

Contempla el uso del motor NEMA 17 para los dos ejes de movimiento de la máquina cartesiana con movimiento lineal por varilla roscada. Pinzas radiales actuadas por el ServoMotor MG 996R junto con finales de carrera réflex infrarrojos. Es la opción con menor costo, sin embargo, con una actuación lenta debido a la menor capacidad del motor de los ejes respecto las demás.

#### ■ **Concepto C**

Contempla el uso del motor NEMA 23 para los dos ejes de movimiento de la máquina cartesiana con movimiento lineal por un sistema piñon-cremallera. Pinzas paralelas actuadas por el ServoMotor MG 996R junto con finales de carrera réflex infrarrojos. Es una opción con la desventaja de que el sistema piñon-cremallera se debería fabricar, sin embargo, posee una buena velocidad de actuación.

### 3.2.2. Selección de concepto

Con el objetivo de seleccionar el concepto que permita desarrollar el proyecto de la mejor manera y obtener los mejores resultados, se utiliza una matriz de decisión, en la que se especifican diferentes criterios de decisión y su peso, se le da una calificación a cada La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA. concepto sobre el criterio y se saca un ponderado, al final, el criterio con mayor pun-

taje en la suma de los ponderados será el elegido para desarrollar el proyecto.

Tabla 3.2: Matriz de desición Empacador Flor

Empacador Flor		Concepto A		Concepto B		Concepto C	
Criterio de decisión	Peso	C	P	C	P	C	P
Costos	30 %	3	0,9	4	1,2	2	0,6
Integración entre componentes	20 %	4	0,8	4	0,8	3	0,6
Presición en Posicionamiento	10 %	5	0,5	4	0,4	3	0,3
Suavidad de movimiento	5 %	4	0,2	4	0,2	3	0,15
Disponibilidad	15 %	3	0,45	4	0,6	3	0,45
Facilidad de instalación	10 %	3	0,3	4	0,4	3	0,3
Mantenimiento	10 %	3	0,3	4	0,4	4	0,4
Total			3,45		4		2,8
Posición			1		2		3
<b>Desarrollar</b>		<b>SI</b>		<b>NO</b>		<b>NO</b>	



Tabla 3.3: Matriz de decisión Clasificador y Monitoreador

<b>Clasificador y Monitoreador</b>								
<b>Criterio de decisión</b>	<b>Peso</b>	<b>Concepto A</b>		<b>Concepto B</b>		<b>Concepto C</b>		
		<b>C</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	
Costos	30 %	5	2	3	1	4		1,2
Integración entre componentes	10 %	4	0,4	4	0,4	3		0,3
Capacidad de procesamiento	20 %	3	0,6	4	0,8	3		0,6
Capacidad de adaptación en clasificación	10 %	4	0,4	4	0,4	3		0,3
Calidad Imágenes	10 %	3	0,3	2	0,2	2		0,2
Disponibilidad	10 %	5	0,5	4	0,4	3		0,3
Facilidad de utilización	5 %	4	0,2	4	0,2	3		0,15
Facilidad de visualización	5 %	4	0,2	4	0,2	4		0,2
Total		4,6		3,6		3,25		
Posición		1		2		3		
<b>Desarrollar</b>		<b>SI</b>		<b>NO</b>		<b>NO</b>		

Tabla 3.4: Matriz de decisión Preparador de capuchón

<b>Preparador de capuchón</b>								
<b>Criterio de decisión</b>	<b>Peso</b>	<b>Concepto A</b>		<b>Concepto B</b>		<b>Concepto C</b>		
		<b>C</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	
Costos	40 %	5	2	3	1,2	2		0,8
Integración entre componentes	10 %	4	0,4	4	0,4	3		0,3
Velocidad de actuación	30 %	3	0,9	5	1,5	5		1,5
Disponibilidad	10 %	5	0,5	5	0,5	3		0,3
Facilidad de montaje	5 %	4	0,2	4	0,2	3		0,15
Facilidad de detección de fallas	5 %	4	0,2	3	0,15	4		0,2
Total	100 %		4,2		3,95		3,25	
Posición			1		2		3	
<b>Desarrollar</b>		<b>SI</b>		<b>NO</b>		<b>NO</b>		

Tabla 3.5: Matriz de decisión Separador por clasificación

<b>Separador por clasificación</b>								
		<b>Concepto A</b>		<b>Concepto B</b>		<b>Concepto C</b>		
<b>Criterio de decisión</b>	<b>Peso</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	
Costos	30 %	4	1,2	3	0,9	5	1,5	
Integración entre componentes	10 %	4	0,4	4	0,4	3	0,3	
Velocidad de actuación	40 %	5	2	3	1,2	4	1,6	
Disponibilidad	10 %	5	0,5	5	0,5	3	0,3	
Facilidad de montaje	5 %	4	0,2	4	0,2	3	0,15	
Facilidad de detección de fallas	5 %	4	0,2	3	0,15	3	0,15	
Total	100 %		4,5		3,35		4	
Posición			1		2		3	
<b>Desarrollar</b>		<b>SI</b>		<b>NO</b>		<b>NO</b>		

### 3.3. Diagrama de bloques del sistema

Los diagramas de bloques del sistema permiten ver en profundidad la interacción de cada uno de los componentes, realizar este diagrama permite evaluar los conceptos seleccionados por que en este se observan las integraciones entre componentes por lo que es muy sencillo observar posibles fallos de la solución y dimensionar los componentes a obtener.

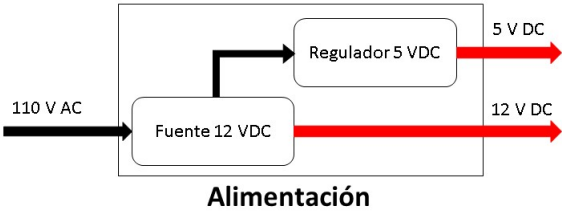


Figura 3.7: Diagrama de bloques alimentación

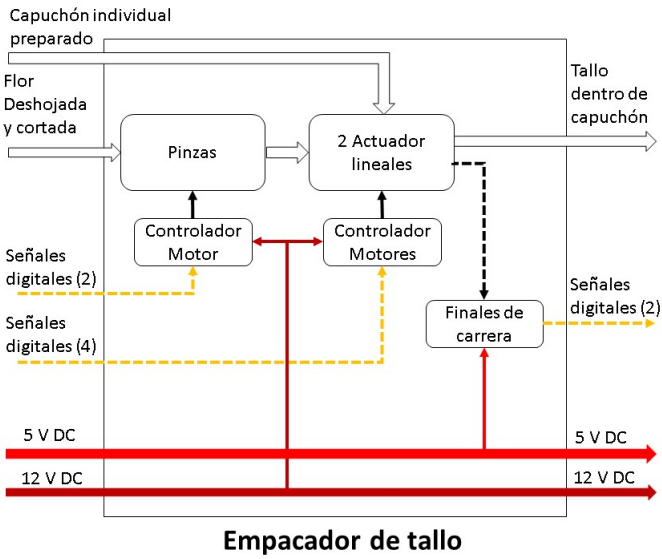


Figura 3.8: Diagrama de bloques empacador de tallo

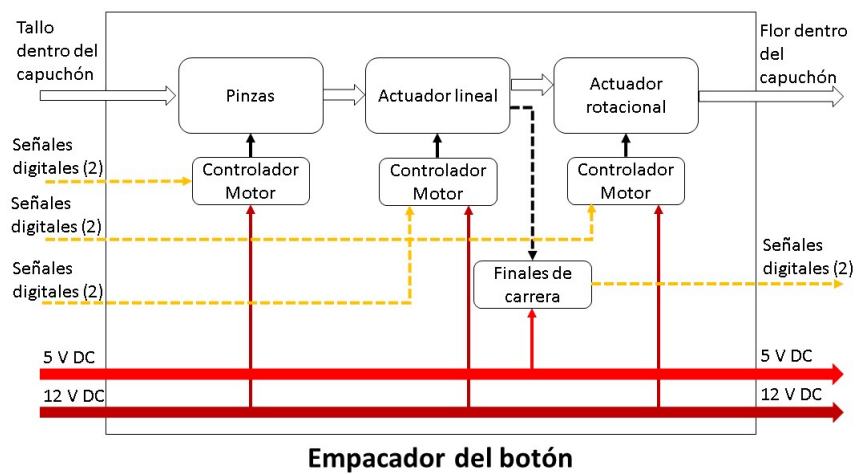


Figura 3.9: Diagrama de bloques empacador botón

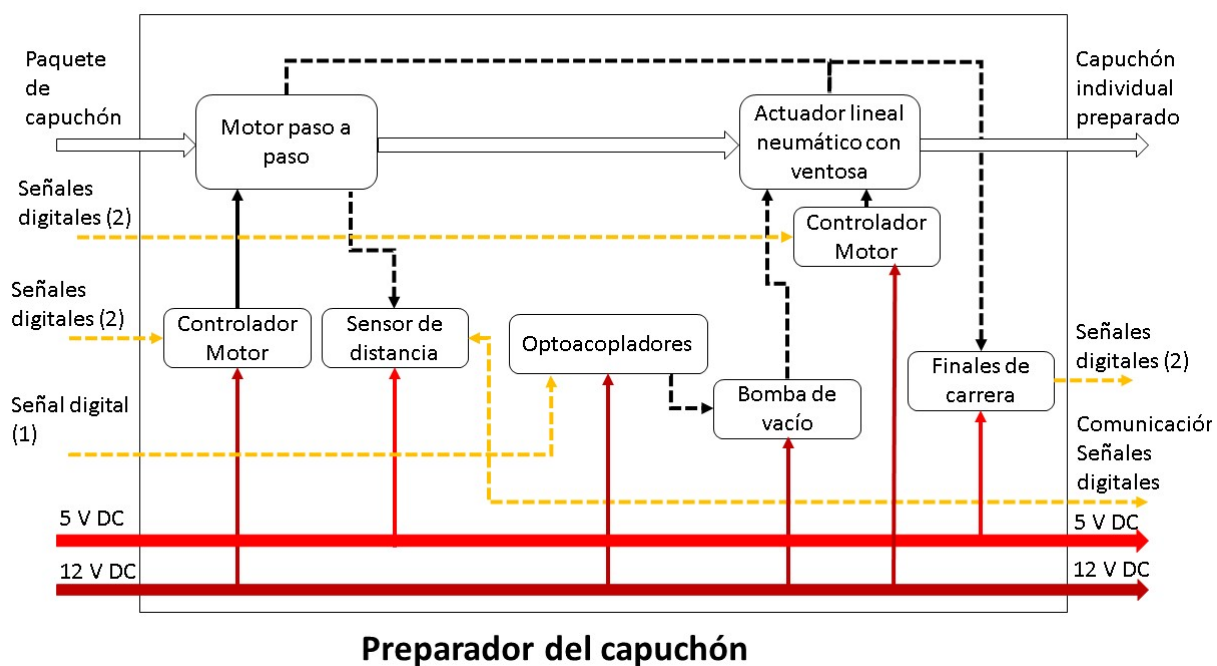


Figura 3.10: Diagrama de bloques preparador capuchón

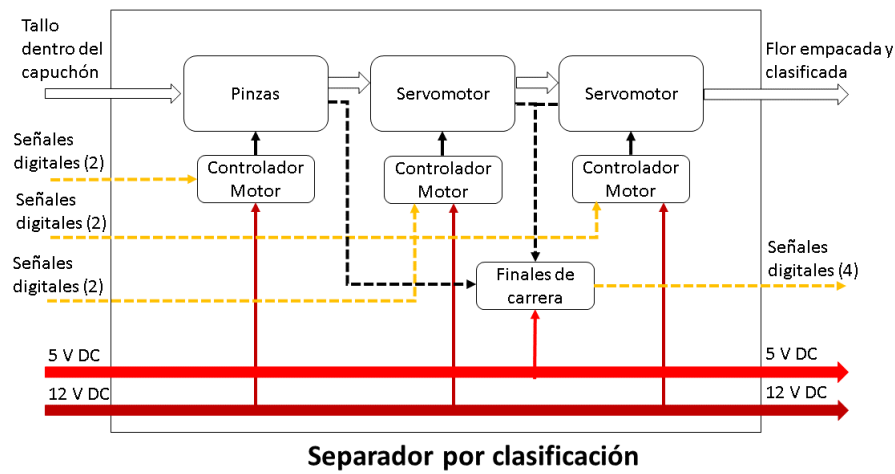


Figura 3.11: Diagrama de bloques alimentación

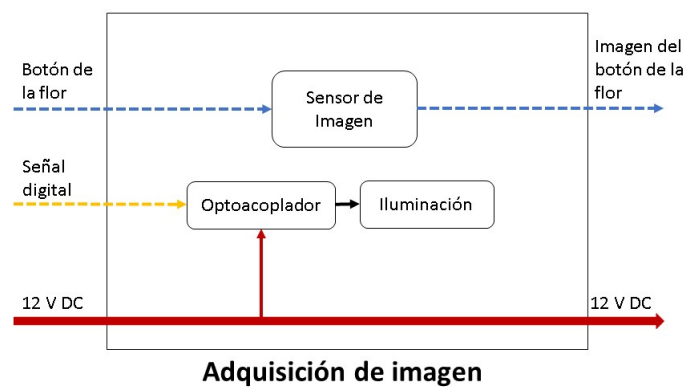


Figura 3.12: Diagrama de bloques alimentación

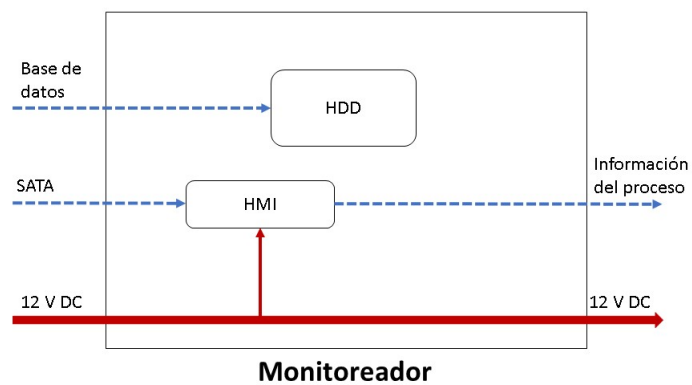


Figura 3.13: Diagrama de bloques alimentación

Capítulo 4

Título del capítulo

Contenido

4.1	Título de la sección . . . . .	31
4.2	Título de la sección . . . . .	31

4.1. Título de la sección

4.2. Título de la sección





## **Conclusiones y líneas futuras**

Después de todo el desarrollo del proyecto, es pertinente hacer una valoración final del mismo, respecto a los resultados obtenidos, las expectativas o el resultado de la experiencia acumulada.

Esta sección es indispensable y en ella se ha de reflejar, lo más claramente posible, las aportaciones del trabajo con unas conclusiones finales.

Además, considerando también el estado de la técnica, se deben indicar las posibles líneas futuras de trabajo, proponer otros puntos de vista o cualquier otra sugerencia como postámbulo del presente trabajo, para ser considerada por el lector o el tribunal evaluador.



**Apéndice A**

**ANEXOS**

**Contenido**

---

<b>A.1 ANEXO . . . . .</b>	<b>35</b>
----------------------------	-----------

---

**A.1. ANEXO**



# **Bibliografía**



