



TEMA: ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA LA DETECCIÓN DE CONTAMINANTES SUPERFICIALES DE DIFERENTES TIPOS DE FRUTAS USANDO VISIÓN ARTIFICIAL

AUTORES:

LUIS MIGUEL MOLINA LLUMITASIG

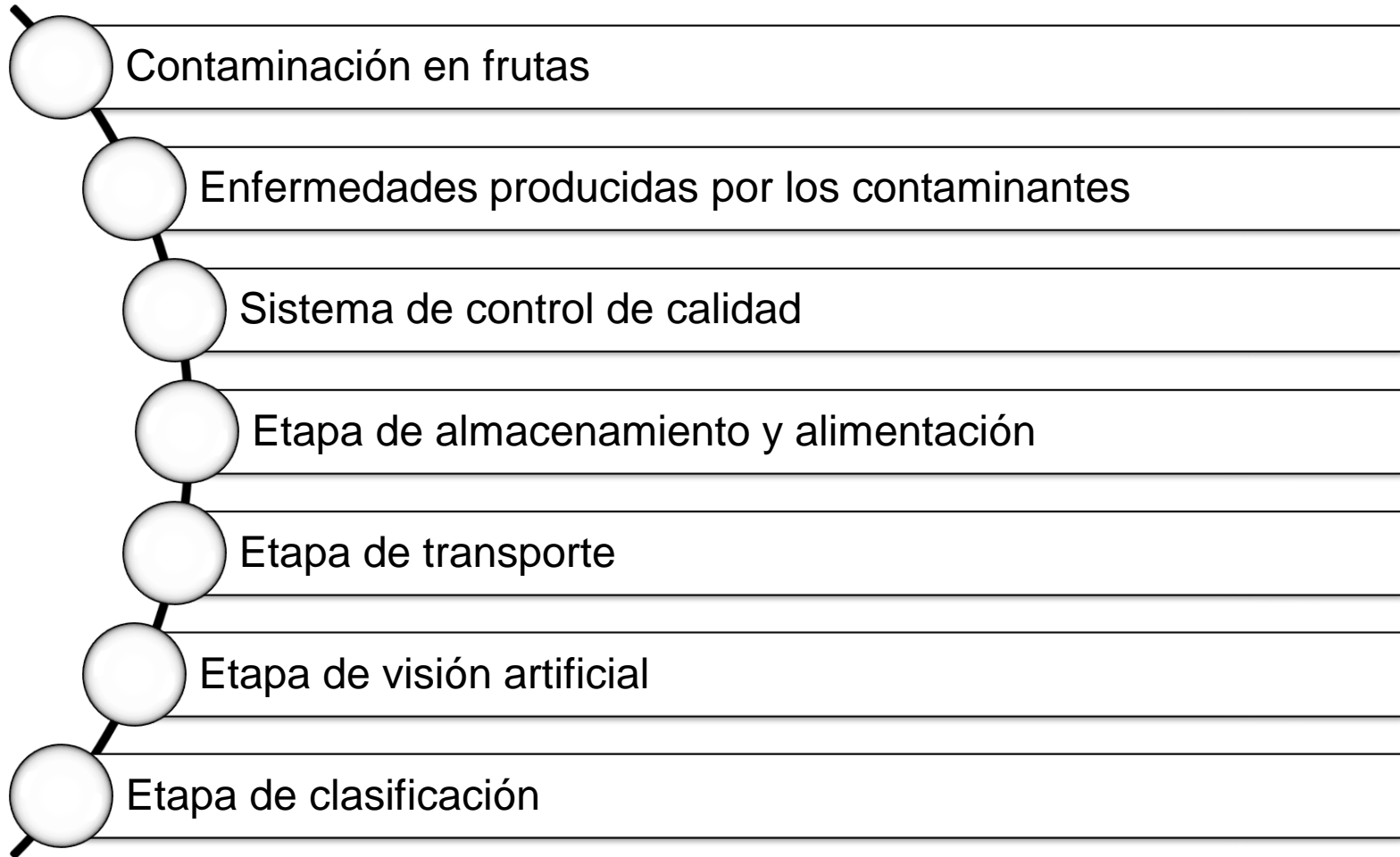
CARLOS EDUARDO VARGAS CORRALES

DIRECTOR:

ING. SYLVIA NATHALY REA MINANGO



INTRODUCCIÓN



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un prototipo de sistema de control de calidad para la detección de contaminantes superficiales de diferentes tipos de frutas usando visión artificial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los diferentes tipos de contaminantes, sistemas de transporte, sistemas de alimentación y sistemas de clasificación.
- Seleccionar los componentes de la etapa de almacenamiento y alimentación, transporte, visión artificial y clasificación del sistema de control de calidad.
- Diseñar las diferentes etapas del sistema de control de calidad
- Implementar un panel de control para monitorear y controlar las variables del sistema.
- Realizar pruebas de funcionamiento para validar la hipótesis y prototipo diseñado



CONTAMINANTES EN LAS FRUTAS



Podredumbre
gris



Antracnosis



Deficiencia de
calcio

TOMATE



Podredumbre
morena



Podredumbre
blanda



Bacteriosis

DURAZNOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

SELECCIÓN DE COMPONENTES

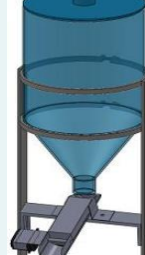
ETAPA DE ALMACENAMIENTO Y ALIMENTACIÓN



Tolva en espiral



Tolva cuadrada



Tolva cilíndrica

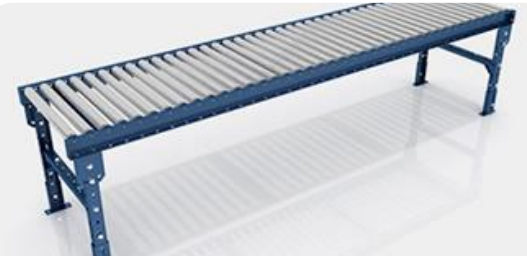
- Cuidado del estado de la fruta
- Almacenamiento ordenado
- Adaptabilidad al área de trabajo.

- Velocidad de transporte
- Fácil adaptabilidad
- Facilidad de mantenimiento

ETAPA DE TRANSPORTE



Banda lisa



Banda de rodillos



SELECCIÓN DE COMPONENTES

ETAPA DE VISIÓN ARTIFICIAL



Cámara web



Cámara térmica



Cámara matricial

- Buena resolución
- Facilidad de implementación
- Costos
- Independencia de accesorios

ETAPA DE CLASIFICACIÓN

- Fuerza de empuje
- Facilidad de implementación
- Independencia de funcionamiento
- Costos



Actuador neumático



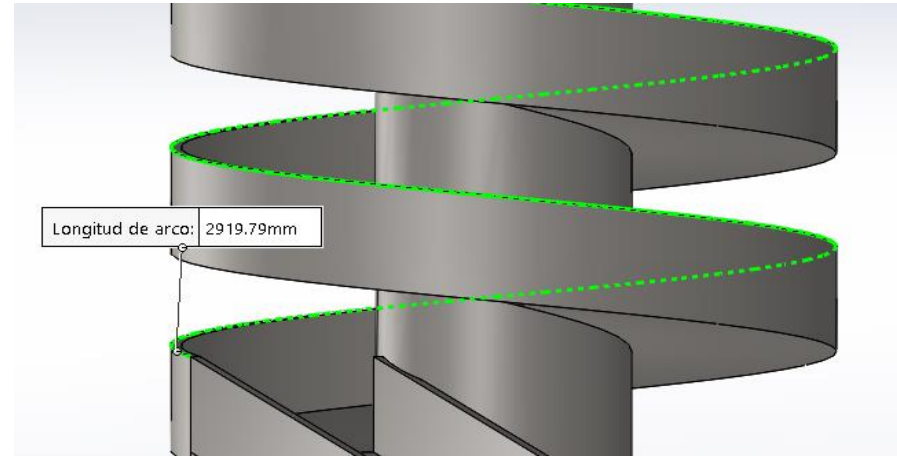
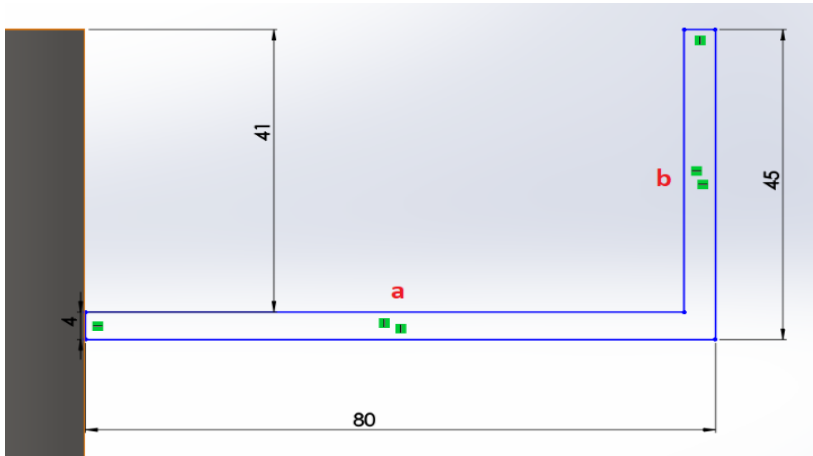
Actuador eléctrico /
Actuador de giro



Actuador eléctrico /
Actuador lineal



DISEÑO DE LA ETAPA DE ALIMENTACIÓN



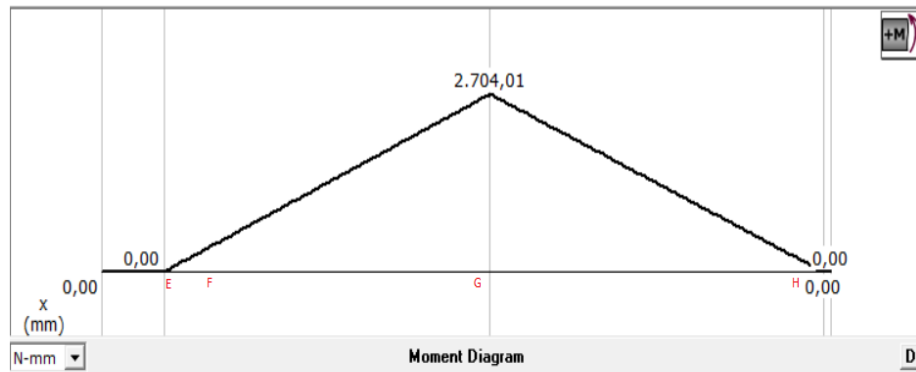
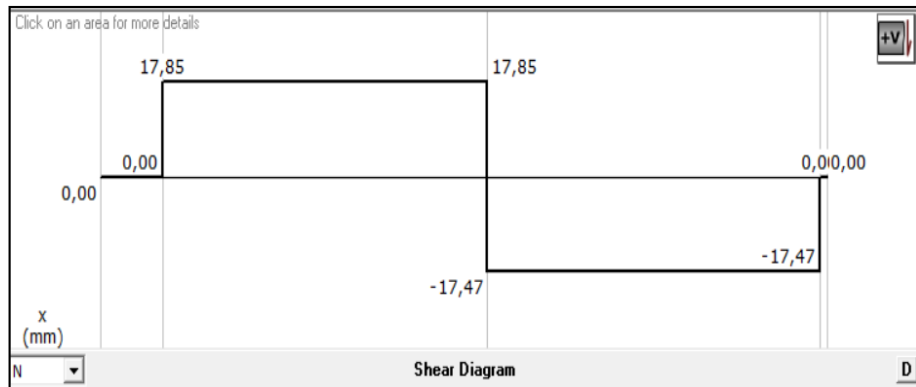
- Capacidad de frutas
- Material
- Tamaño promedio de la fruta



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DISEÑO DE LA ETAPA DE TRANSPORTE

ANÁLISIS ESTÁTICO

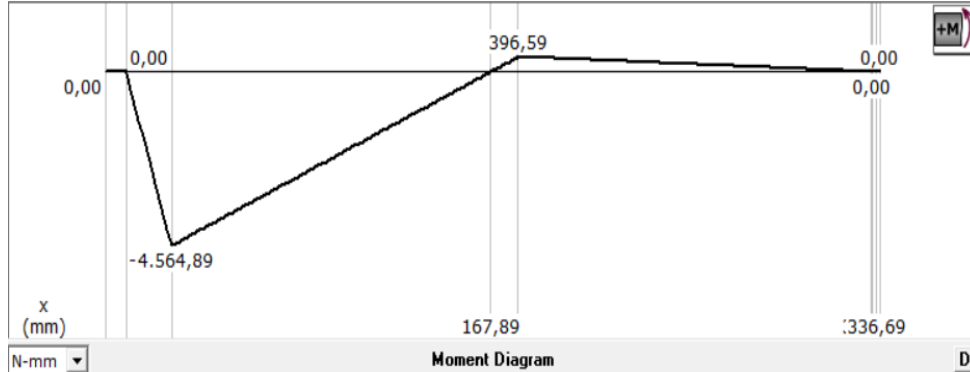
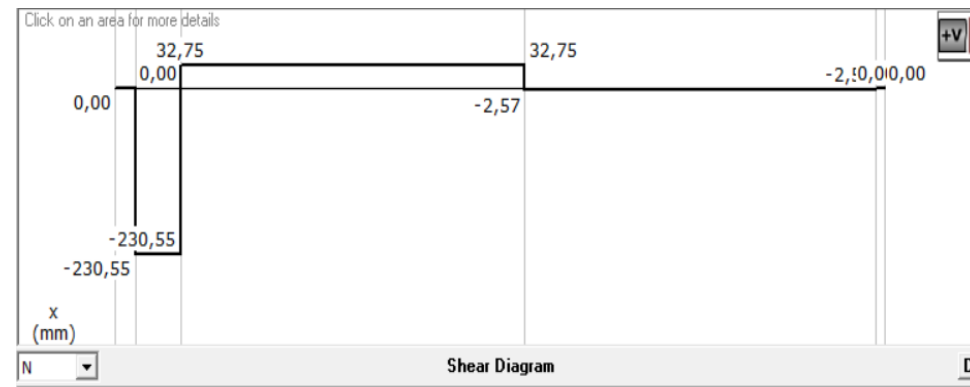


$$W_{FRUTAS} = 35.316 \text{ N}$$

$$\gamma_{Calculado} < \gamma_{Recomendado}$$

$$0.00263 \text{ mm} < 0.85 \text{ mm}$$

ANÁLISIS DINÁMICO



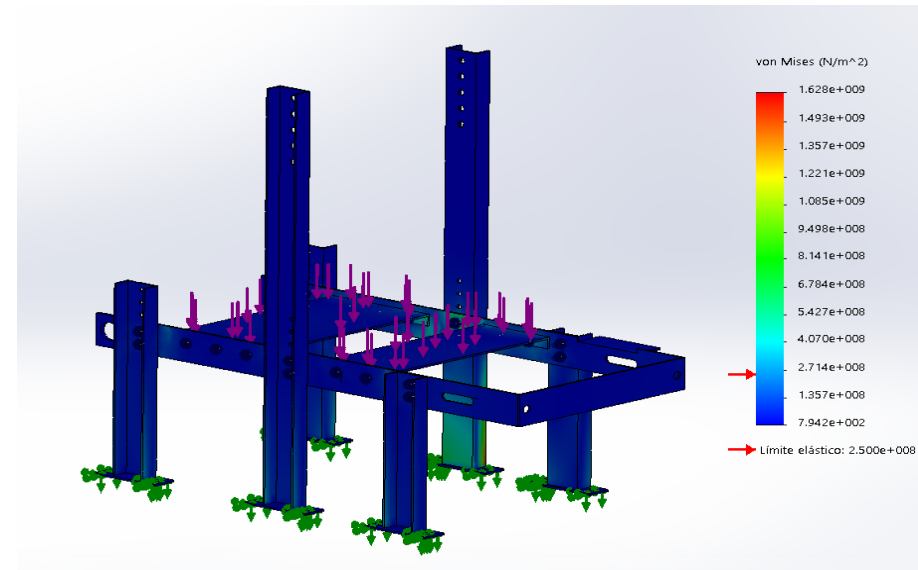
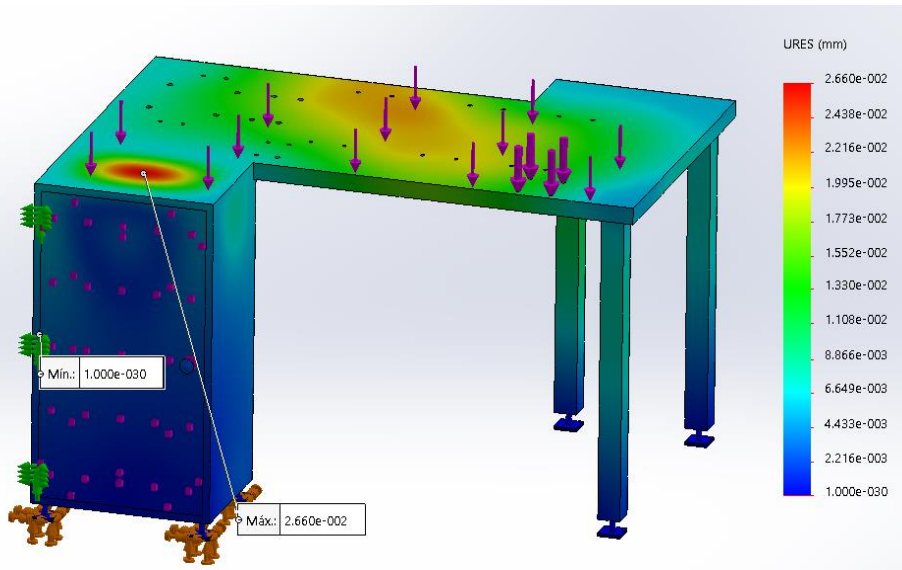
$$n_{Calculado} > n_{Recomendado}$$

$$2.89 > 2$$



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

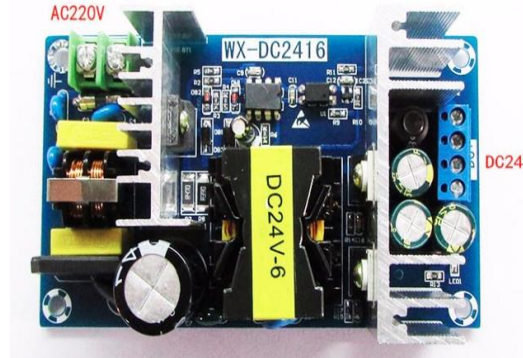
DISEÑO CAE



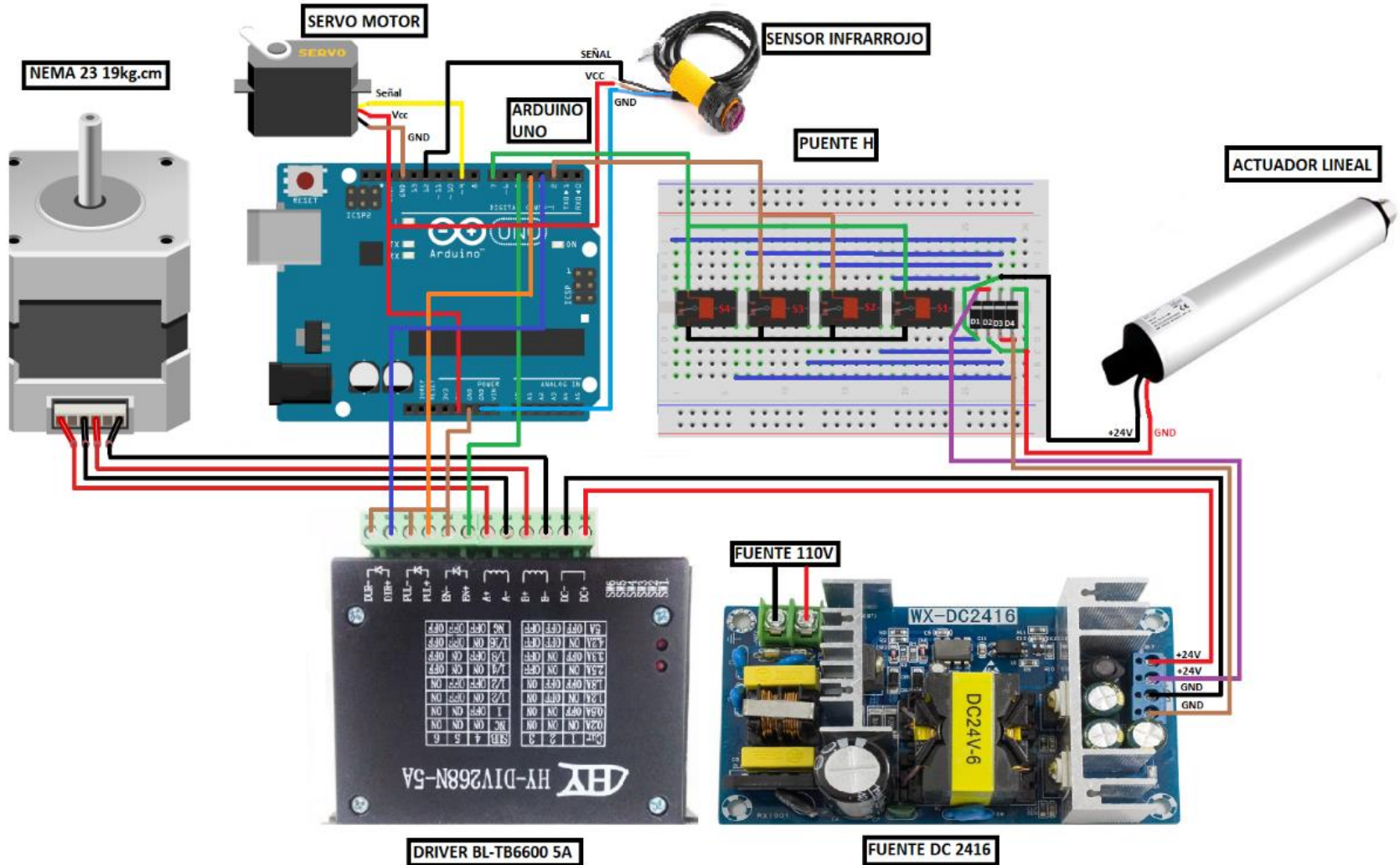
- Esfuerzo de Von Mises máximo = 11.53MPa
- Deformación máxima 2 mm
- Límite elástico = 351MPa
- Deformación máxima 0.00266 mm



SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS



CIRCUITO ELECTRÓNICO IMPLEMENTADO



PANEL DE CONTROL

The control panel is divided into two main sections: **ETAPA DE VERIFICACIÓN** (Verification Stage) and **ETAPA DE OPERACIÓN** (Operation Stage).

ETAPA DE VERIFICACIÓN:

- PASO 1:** Verification of the control card connection. Includes a 'VERIFICAR' button and a text field showing 'Puerto Activado'. A blue arrow labeled '1' points to the 'VERIFICAR' button.
- PASO 2:** Verification of the camera connection. Includes a 'VERIFICAR' button and a text field showing 'Cámara conectada'. A blue arrow labeled '2' points to the 'VERIFICAR' button.
- PASO 3:** Verification of the proximity sensor status. Includes a 'Sensor' label and an 'OK' button.
- PASO 4:** Connection of the lighting source. Includes 'ENCENDER' and 'APAGAR' buttons, and a 'ON' indicator. A blue arrow labeled '3' points to the 'ENCENDER' button, and another labeled '4' points to the 'ON' indicator.

ETAPA DE OPERACIÓN:

- Selection of fruit type: 'Seleccione el tipo de fruta que desee analizar:'. Options include 'MELÓN' (with a radio button) and 'TOMATE' (with a checked radio button). A blue arrow labeled '6' points to the 'MELÓN' button.
- Selection of operation mode: 'Seleccione el modo de operación, continuamente presione el botón INICIO:'. Options include 'CICLO CONTINUO' (with a checked radio button) and 'CICLO PROGRAMADO' (with an unchecked radio button). A blue arrow labeled '7' points to the 'CICLO CONTINUO' button.
- A text field for '# de frutas' is present.
- Control buttons on the right: 'REGRESAR A SELECCIÓN', 'OPERAR SIN SELECCIÓN', 'INICIO', and 'STOP'. Blue arrows labeled '8', '9', '10', and '11' point to these buttons respectively.
- Real-time video and captured image: 'VIDEO EN TIEMPO REAL' and 'IMÁGEN CAPTADA' sections show a tomato being analyzed.
- General information: 'INFORMACIÓN GENERAL' section displays various metrics:
 - Acertación del: 99.67576 %
 - Estado de la fruta: Tomates en mal estado
 - Tiempo de identificación: 0.223477 segundos
 - Cantidad de frutas en buen estado: 0
 - Cantidad de frutas en mal estado: 1
 - Cantidad total de frutas analizadas: 1
- A 'REGRESAR' button is located at the bottom right. A blue arrow labeled '12' points to it.



PRUEBAS Y RESULTADOS

ENTRENAMIENTO DE LA RED NEURONAL

N° de pasos de entrenamiento	Porcentaje de acierto	Tiempo de análisis
100	98%	1.385 seg
500	100%	0.657 seg
1000	100%	0.261 seg
4000	100%	0.098 seg

N° de pasos de entrenamiento	Porcentaje de acierto	Tiempo de análisis
100	95%	2.312 seg
500	98%	1.52 seg
1000	100%	0.431 seg
4000	100%	0.192 seg

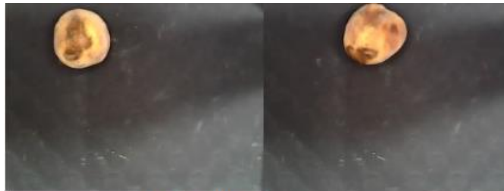
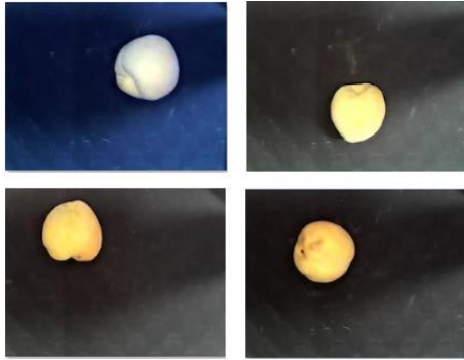
```
Evaluation time (1-image): 0.962s  
tomatesbuenos (score=0.99999)  
tomatesmalos (score=0.00001)  
notomates (score=0.00000)  
C:\Users\Dell\Desktop\Redtomates>
```



```
Evaluation time (1-image): 1.266s  
durazosbuenos (score=0.99974)  
durazosmalos (score=0.00025)  
nodurazos (score=0.00000)  
C:\Users\Dell\Desktop\Reddurazos>
```



DATASET PARA EL ENTRENAMIENTO



Podredumbre gris

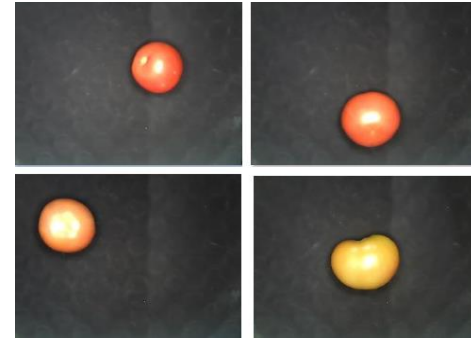


Podredumbre blanda



Bacteriosis

DURAZNOS



Antracnosis



Podredumbre Blanda



Deficiencia de calcio

TOMATES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBA DE ILUMINACIÓN PARA EL RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES

Estado de la fruta: tomatesbuenos
Tiempo de identificación: 0.238285 s
Acertación del: 99.590969 %






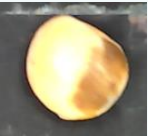
Estado de la fruta: tomatesbuenos
Tiempo de identificación: 0.228849 s
Acertación del: 99.999571 %



Estado de la fruta: tomatesbuenos
Tiempo de identificación: 0.218731 s
Acertación del: 99.968684 %



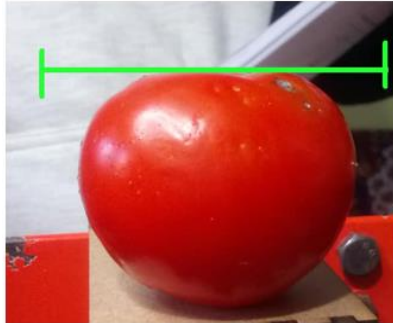
PRUEBA CLASIFICACIÓN DE LA RED NEURONAL EN FRUTAS

Fruta	%	Muestras correctas	Muestras incorrectas	Ejemplo
Tomate en buen estado	98.9924%	29	1	
Tomate en mal estado	97.0608%	23	7	
Durazno en buen estado	94.7422%	19	1	
Durazno en mal estado	94.2647%	15	5	

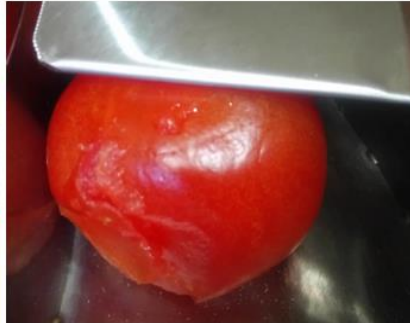


PRUEBA DE ALIMENTACIÓN Y CLASIFICACIÓN

EFFECTIVIDAD
60%



Zona plana del tomate



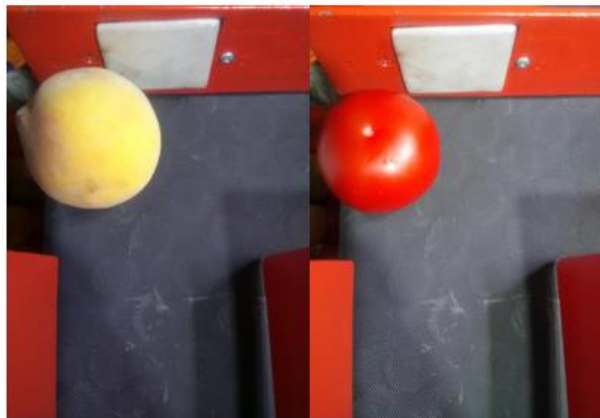
Tomate atrapado en la compuerta de salida



Frutas sin resbalar



Fruta deformada



EFFECTIVIDAD
100%



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Método estadístico T-Student

$$\mu_0 > 95\%$$

$$T > t_\alpha$$

$$4.065 > 1.671$$

La red en tomates tiene una confiabilidad mayor al 95 %

$$\mu_0 > 90\%$$

$$T > t_\alpha$$

$$2.756 > 1.303$$

La red en duraznos tiene una confiabilidad mayor al 90 %

Método estadístico chi - cuadrado

$$X_{Calculado}^2 = 0.2366$$

$$X_{Tabla}^2 = 3.84$$

$$X_{Calculado}^2 < X_{Tabla}^2$$

La eficiencia del sistema de control de calidad no depende de la fruta que se esté analizando.



CONCLUSIONES

- El sistema de almacenamiento y alimentación consta de una tolva tipo espiral, la cual alimenta frutas en un rango de 6 a 8 cm de diámetro, el volumen total de la tolva es de 9098 cm^3 lo que representa una cantidad aproximada de 45 frutas dentro de la tolva, además se cuenta con una cubierta de acrílico que ayuda a la protección de las frutas de cualquier contaminante externo
- El sistema de transporte consta de un eje motriz con un factor de seguridad es de 2.89 el cual es mayor al recomendado de 2 para cargas estáticas, consta de una banda lisa con una superficie de trabajo de 28 cm de ancho por 60 cm de largo accionada por un motor a pasos Nema 19 y con una transmisión de 1:3.
- Las estructuras de soporte para el sistema fueron validadas mediante un software CAE, para la mesa soporte se obtuvo una tensión de Von Mises de 11.53 MPa, se obtuvo la deformación máxima de 0.00266 mm, en la estructura soporte de la banda transportadora se obtuvo una tensión de Von Mises de 271.4 Mpa y una deformación máxima de 0.2 mm.



CONCLUSIONES

- El sistema de visión artificial consta de una cámara web Genius FaceCam1000x, el sistema de iluminación ayuda a eliminar las sombras generadas en las frutas, generando un mayor grado de aceptabilidad y 0.2 segundos menos en el tiempo de análisis de la red neuronal.
- La red neuronal utilizada fue TensorFlow, para la red de tomates y duraznos se usaron 3 clases, en la red de tomates se utilizó un *dataset* de 560 imágenes, obteniendo una aceptabilidad en la red superior al 97%, mientras que en la red de duraznos se utilizó un *dataset* de 400 imágenes, obteniendo una aceptabilidad en la red superior al 94%.
- El procesamiento de imágenes y la creación de la interfaz gráfica fue realizada en OpenCV con la ayuda del entorno de desarrollo *Qt Creator*, los botones están programados para realizar acciones específicas y así evitar fallos en el monitoreo y utilización del panel de control, la comunicación se la realizó mediante el controlador Arduino Uno, permitiendo un control serial eficiente en todo el sistema.



CONCLUSIONES

- El sistema de clasificación está formado por un actuador lineal con accionamiento eléctrico con 150 mm de carrera y una velocidad de 230 mm/s, el porcentaje de eficacia del sistema es del 100% debido a que no existe errores en los mecanismos al momento de clasificar las frutas en buen o mal estado.
- El sistema de alimentación satisface la necesidad del 65% de la producción debido a la irregularidad en la forma, textura, y estado de las frutas, obteniendo un 60% de eficacia en la alimentación de tomates y un 50% en la alimentación de duraznos.
- El sistema de control de calidad tiene un grado de aceptabilidad en la red neuronal para tomates superior al 95%, mientras que en la aceptabilidad en la red neuronal para duraznos superior al 90%, se utilizaron 100 muestras, los porcentajes dependen de la cantidad de *dataset* con los que se entrenaron a la red. Además, se validó la independendencia del funcionamiento de la red con el tipo de fruta, mediante el método estadístico del chi-cuadrado.



¡Gracias!



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA