



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y EMPAQUETADO AUTOMÁTICO DE HELADOS PARA UNA MICRO EMPRESA MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL”.

AUTORES:

EDISON GEOVANNY PRUNA JÁCOME

JAIRO ISRAEL VÁSQUEZ SOLÍS



Orden del día

- Objetivos
- Resumen
- Alternativas Seleccionadas
- Diseño mecánico
- Diseño eléctrico
- Sistema de clasificación
- Pruebas y funcionamiento
- Conclusiones y recomendaciones



Objetivo general

- Diseñar e implementar un sistema de clasificación y empaquetado automático de helados para una microempresa mediante inteligencia artificial.



Objetivos específicos

- Investigar en fuentes bibliográficas y páginas web certificadas acerca de sistemas automatizados para el empaquetado de helados e inteligencia artificial.
- Modelar mediante un software especializado el sistema automático de clasificación y empaquetado de helados.
- Seleccionar los componentes idóneos para automatizar el sistema de clasificación y empaquetado de helados en base a los parámetros establecidos en la investigación.
- Implementar el sistema automático de clasificación y empaquetado de helados con los componentes seleccionados.
- Calibrar, ajustar y efectuar pruebas de funcionamiento al sistema implementado y de ser necesario corregir las posibles fallas.

Resumen

- La producción de helados es más conocido en el cantón salcedo, debido a la gran demanda de este producto se ha expandido a nivel nacional e internacional, es por ello que la industria busca mejorar sus procesos, mediante la integración de máquinas autónomas, razón por la cual el presente proyecto propone implementar un sistema de clasificación y empaquetado de helados, el sistema constará de cuatro partes: parte mecánica, control , sistema inteligente de clasificación y una interface con el usuario. En la parte mecánica estará incluida la estructura, el mecanismo formador de empaque, mecanismo de sellado, mecanismo de arrastre de la película de polipropileno, sistema de clasificación. El control empleará un conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar y dirigir el comportamiento del sistema. El sistema inteligente de clasificación permitirá clasificar cuatro posibles sabores de helados y enfundado de cada uno de ellos, el helado será depositado por un operador, la clasificación la realizará mediante redes neuronales y visión artificial con aprendizaje supervisado. Además constará de una interface que permita visualizar las operaciones que están ejecutando a la hora de empaquetar y clasificar los helados.

Alternativas seleccionadas

Para la selección de los componentes se realiza un análisis comparativo entre las alternativas de componentes posibles a utilizar, la selección de la mejor alternativa se obtiene mediante un proceso de calificación de parámetros, esto mediante escalas de ponderación acorde al nivel de satisfacción de los parámetros establecidos.

Escala de calificación

| Calificación | Porcentaje (%) | Desempeño Relativo |
|--------------|----------------|--------------------|
| 1 | < 20 | Pésimo |
| 2 | 20 – 40 | Malo |
| 3 | 40 – 60 | Igual |
| 4 | 60 – 80 | Mejor |
| 5 | 80 -100 | Óptimo |

Alternativas seleccionados

| Sistema | Componente y Descripción | Esquema Gráfico |
|------------------|---|---|
| Sistema Mecánico | Acero inoxidable AISI-304 Servirá como material para la construcción de las partes que estarán en contacto con el producto. |  |
| | Plástico Polipropileno Material de envoltura para los helados. |  |

Alternativas seleccionadas

| | | |
|--------------------------|---|--|
| Sistema Neumático | <p>Compresor de Tornillo</p> <p>Encargado de proporcionar el aire comprimido requerido.</p> |  |
| | <p>Actuador Lineal de doble efecto</p> <p>Cumplen la función de mover los diferentes mecanismos de sellado, empujar el helado y arrastre de rollo.</p> |  |
| | <p>Electroválvulas 5/2</p> <p>Permite controlar y distribuir el flujo de aire comprimido</p> |  |

Alternativas seleccionadas

| | | |
|----------------|---|--|
| Control | <p>PLC Siemens S7-1200</p> <p>Dispositivo encargado de administrar, ordenar y dirigir el comportamiento del sistema.</p> |  |
| | <p>Sensor de temperatura RTD</p> <p>Utilizado para medir la temperatura del entorno de trabajo.</p> |  |
| | <p>Controlador de Temperatura <u>Ibest</u></p> <p>Permite mantener la temperatura en un valor determinado.</p> |  |

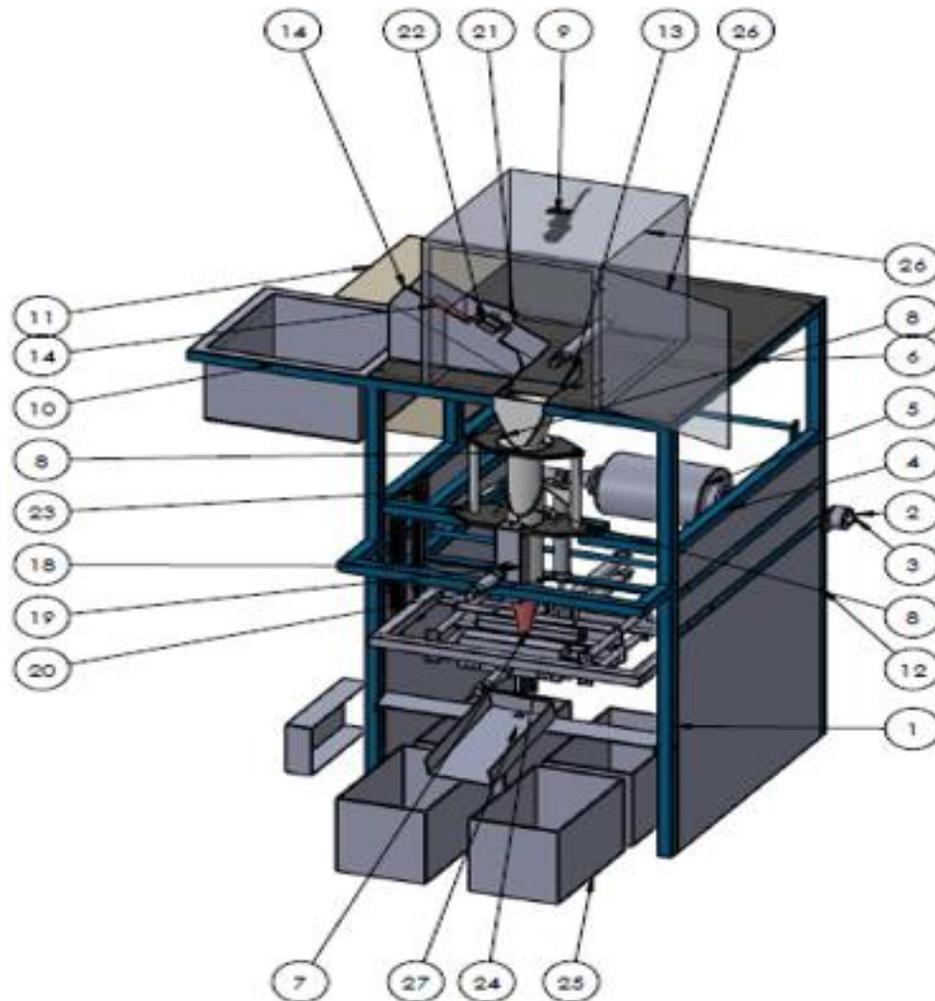
Alternativas seleccionadas

| | | |
|---|---|---|
| Sistema Inteligente de Clasificación | Pc i5 Controla la parte de clasificación |  |
| | Motor paso a paso Actuador para clasificación de los helados. |  |



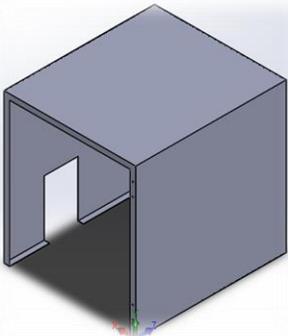
Diseño y Modelado CAD 3D

Para desarrollar la máquina se procede a diseñar sus elementos, estructura y mecanismos que permitirán realizar el proceso de empaquetado y clasificado, de acuerdo a los requerimientos del cliente, con ayuda del Software SOLIDWORKS se diseñarán los mecanismos, tratando siempre de utilizar la menor cantidad de recursos para evitar gastos excesivos en mantenimiento mecánico de la máquina.

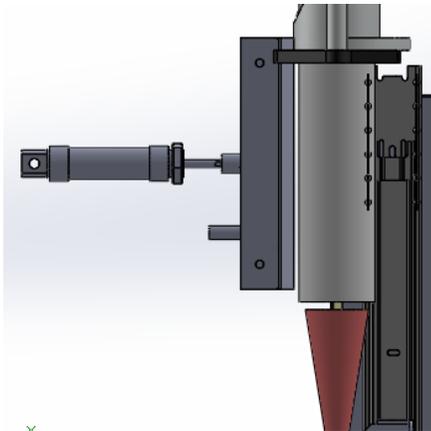


| N.º DE ELEMENTO | N.º DE PIEZA | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD |
|-----------------|------------------------------------|-------------|----------|
| 1 | Estructura principal | | 1 |
| 2 | Base soporte del rodillo | | 2 |
| 3 | Eje del rodillo | | 1 |
| 4 | Acople ajuste rodillo | | 2 |
| 5 | rollo_Polipropileno | | 1 |
| 6 | Placa superior | | 1 |
| 7 | helado | | 2 |
| 8 | Ensamble del formador | | 1 |
| 9 | Asieme LifeCam Cinema Microsoft | | 1 |
| 10 | Bandeja | | 1 |
| 11 | Caja de control | | 1 |
| 12 | Tapa_1 | | 2 |
| 13 | Tope helados | | 1 |
| 14 | Deposito inclinado de helados | | 1 |
| 15 | Ensamblaje actuador_RAL_20X3P3 | | 1 |
| 16 | Ensamblaje actuador_RAL_20X2P3 | | 1 |
| 17 | tuerca_actuador | | 1 |
| 18 | Mordazas termosellado vertical | | 1 |
| 19 | soporte_mordaza | | 1 |
| 20 | Ensamblaje actuador_RAL_20X1.50-5 | | 1 |
| 21 | Mecanismo dosificador de helados | | 1 |
| 22 | Servomotor | | 1 |
| 23 | Drawer Side-Sliding | | 4 |
| 24 | Ensamblaje termosellado horizontal | | 1 |
| 25 | Caja de helados | | 4 |
| 26 | Cubierta de cámara | | 1 |
| 27 | Mecanismo de clasificación | | 1 |
| 28 | Resbaladilla clasificador. | | 1 |

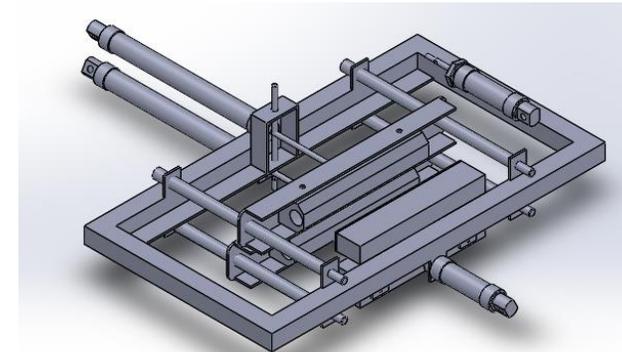
Partes Principales



Cubierta para la etapa de clasificación



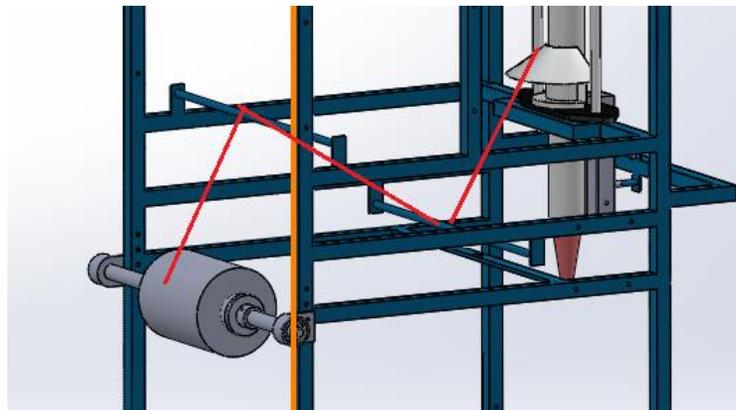
Sellado vertical



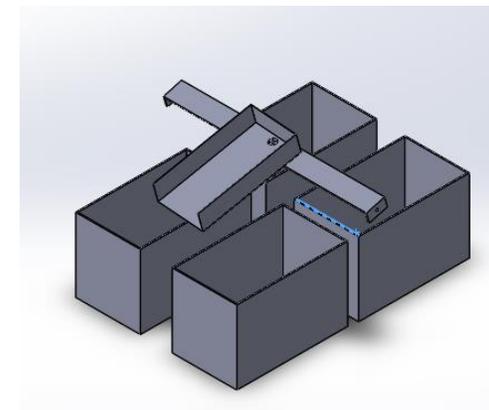
Sellado Horizontal, Corte.



Hombro formador

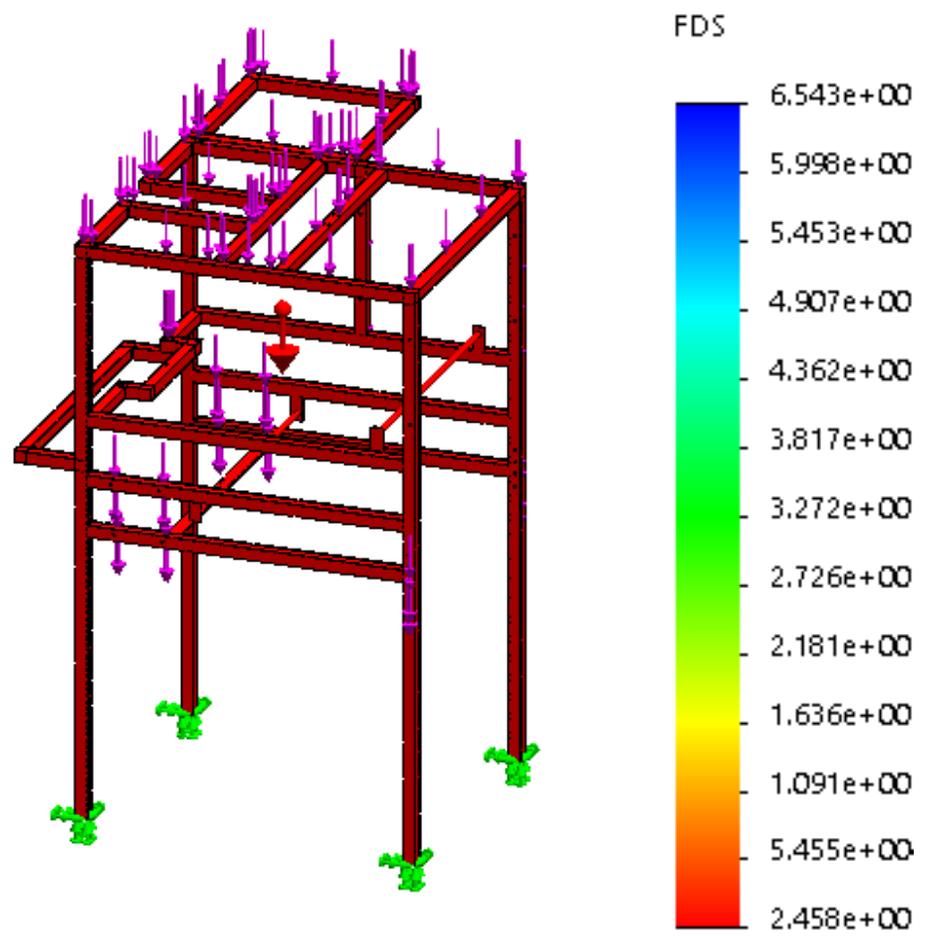


Arrastre de la lámina de polipropileno



Clasificación

Análisis estático de la estructura.



$$\sigma_d \geq \sigma'$$

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

Donde:

S_y : Resistencia a la flexión.

N : Factor de seguridad

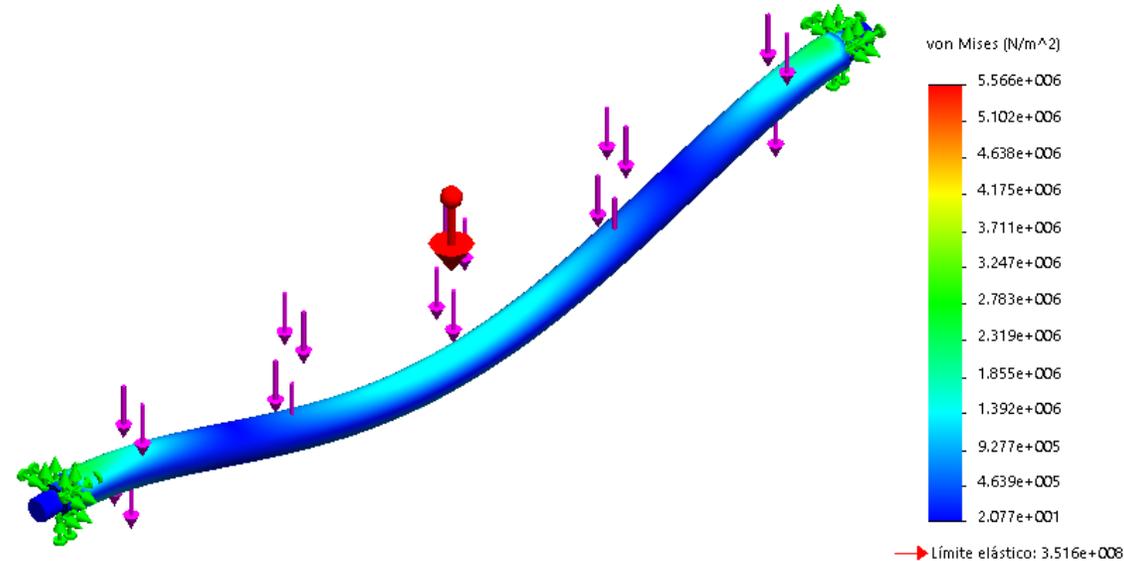
$$\frac{S_y}{N} = \sigma_d$$

$$\frac{170 \text{ [MPa]}}{1.5} = 85 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_d \geq \sigma'$$

$$85 \text{ [MPa]} \geq 6.917 \text{ [MPa]}$$

Eje de soporte del rollo de polipropileno



$$\frac{S_y}{N} = \sigma_d$$

$$\frac{351 \text{ [MPa]}}{1.5} = 234 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_d \geq \sigma'$$

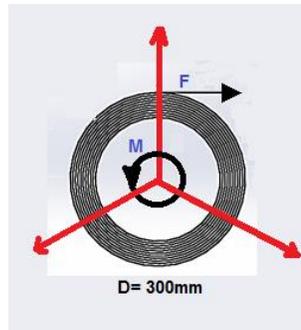
$$234 \text{ [MPa]} \geq 5.56 \text{ [MPa]}$$

Diseño del actuador de arrastre de funda

Teniendo en cuenta que la longitud de los helados es de 150mm y que se necesita de 10mm en la parte superior e inferior de la funda para el sellado se da un total de 170mm, como se muestra en la figura, por lo que se requiere un cilindro neumático de 170mm de carrera.



Fuerza necesaria para el desenrollado del polipropileno.



$$I_M = m \cdot r_g^2$$

$$I_M = 135000 \text{ Kg} \cdot \text{mm}^2$$

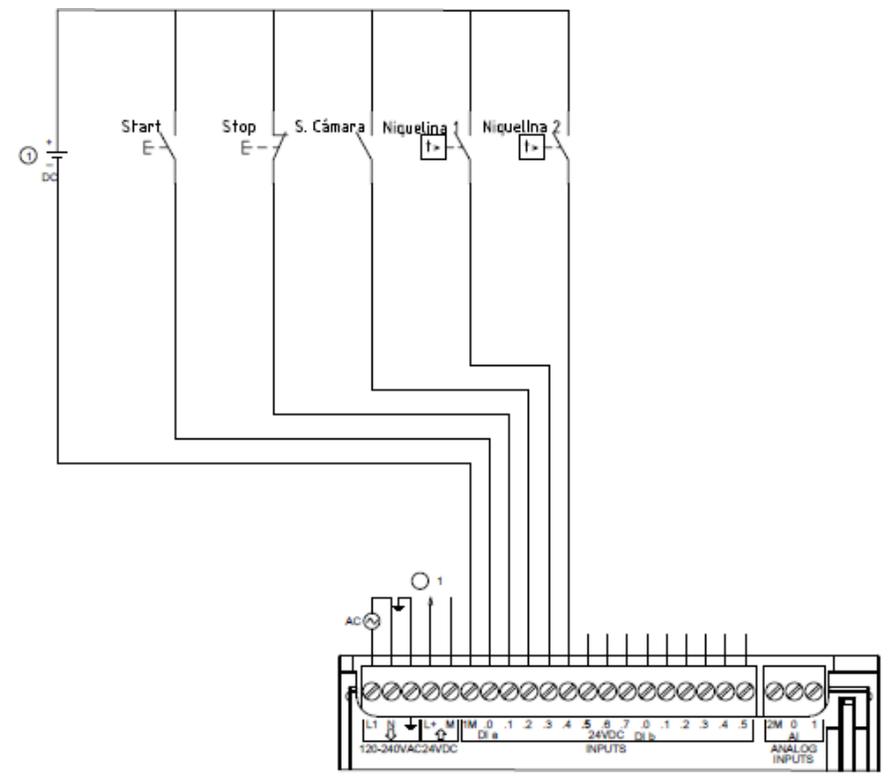
$$F_r = \frac{2I_M \cdot \alpha}{D} * 2.6$$

$$F_r = 4.68 \text{ N}$$

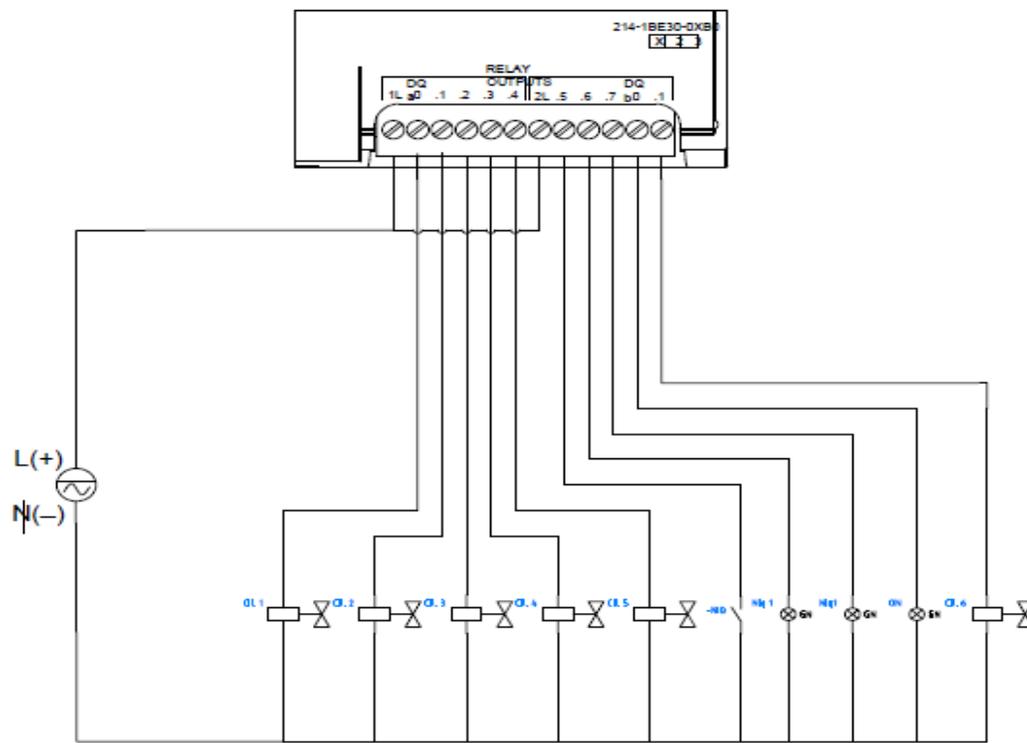


Diseño Electrónico.

Entradas del PLC.



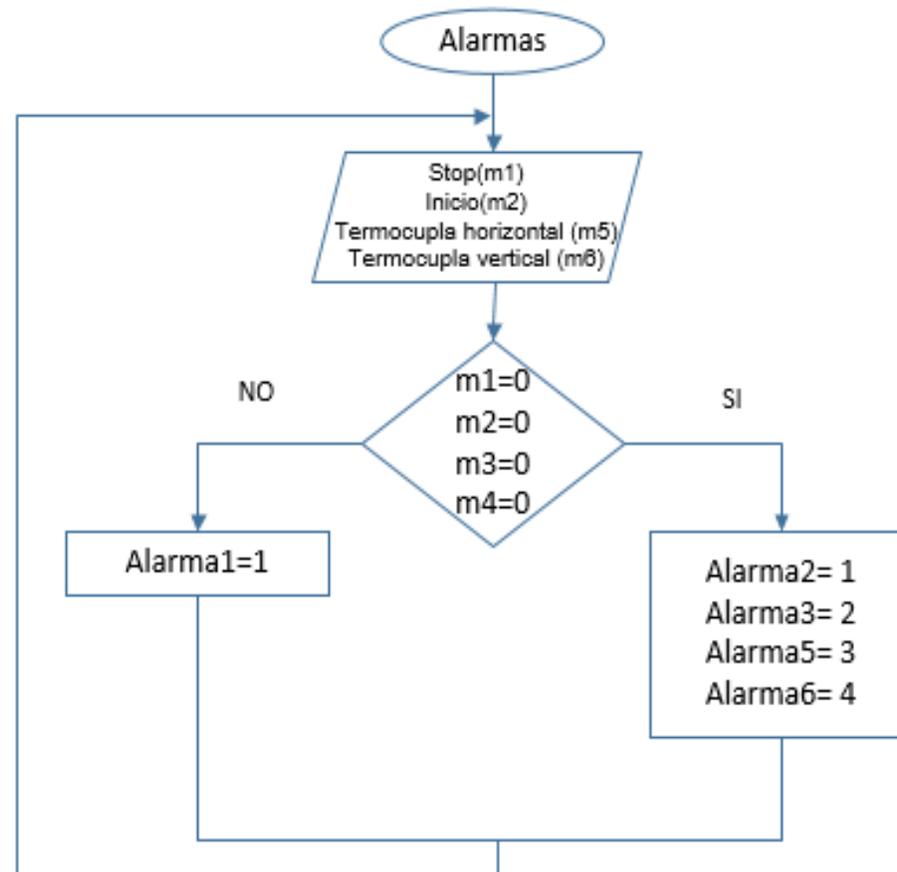
Salidas del PLC.



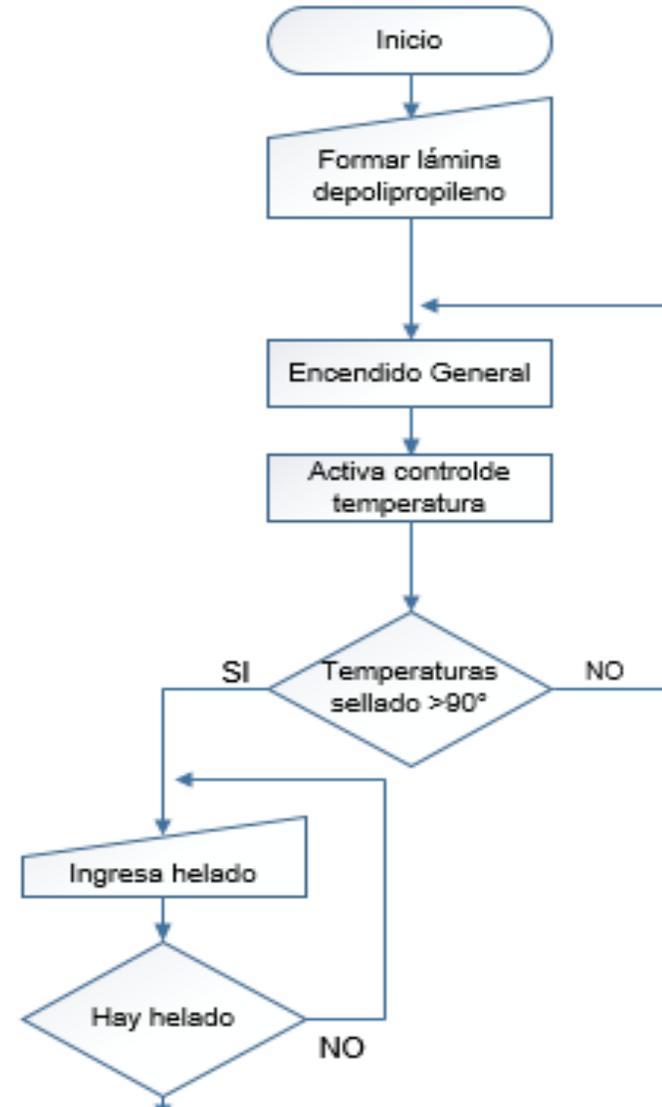


DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROCESO DE EMPAQUETADO

Alarmas y sensores.



Ciclo de trabajo.



Proceso de sellado





SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE HELADOS CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

El sistema permitirá separar cuatro sabores de helados la clasificación se realizará mediante redes neuronales y visión artificial con aprendizaje supervisado, las cuales decidirán a que sabor corresponde cada tipo de helado, además se activará una alarma sonora, para los helados que no cumplan con los parámetros de calidad, cabe recalcar que los helados con fallas son los que no tienen palo o están cubiertos por excesiva escarcha.



Pasos

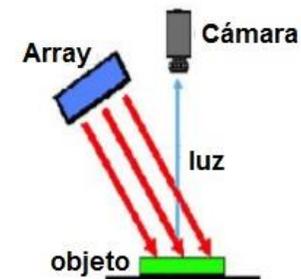
- Adquisición de la imagen
- Segmentación
- Procesamiento
- Clasificación
- Agente inteligente

Adquisición de la imagen

Como primera parte de un sistema de visión artificial es la captura o adquisición de la imagen digital, por lo tanto, se requiere digitalizar las muestras de helados.

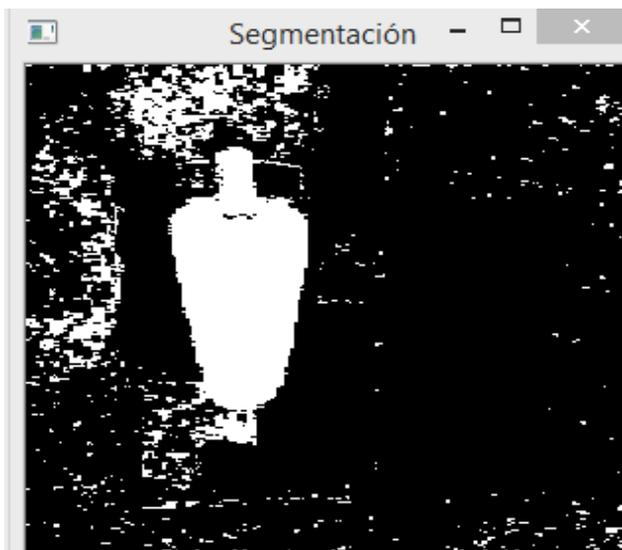


La iluminación es un elemento fundamental a considerar en un sistema de visión artificial, si es la adecuada permitirá el funcionamiento caso contrario presentará errores, para este caso se ha optado por la técnica de iluminación conocida como array de luces



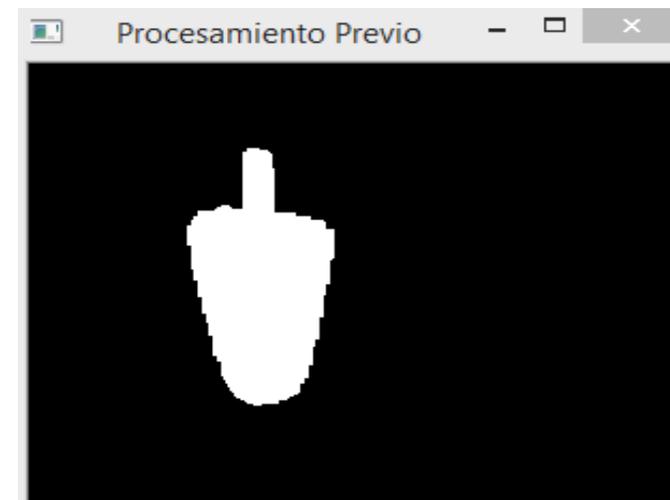
Segmentación Procesamiento

Una vez capturada la imagen, se realiza una segmentación basada en umbralización, la cual es una técnica rápida de bajo costo computacional que permite convertir la imagen inicial a binaria, es decir separar adecuadamente el fondo y el objeto.



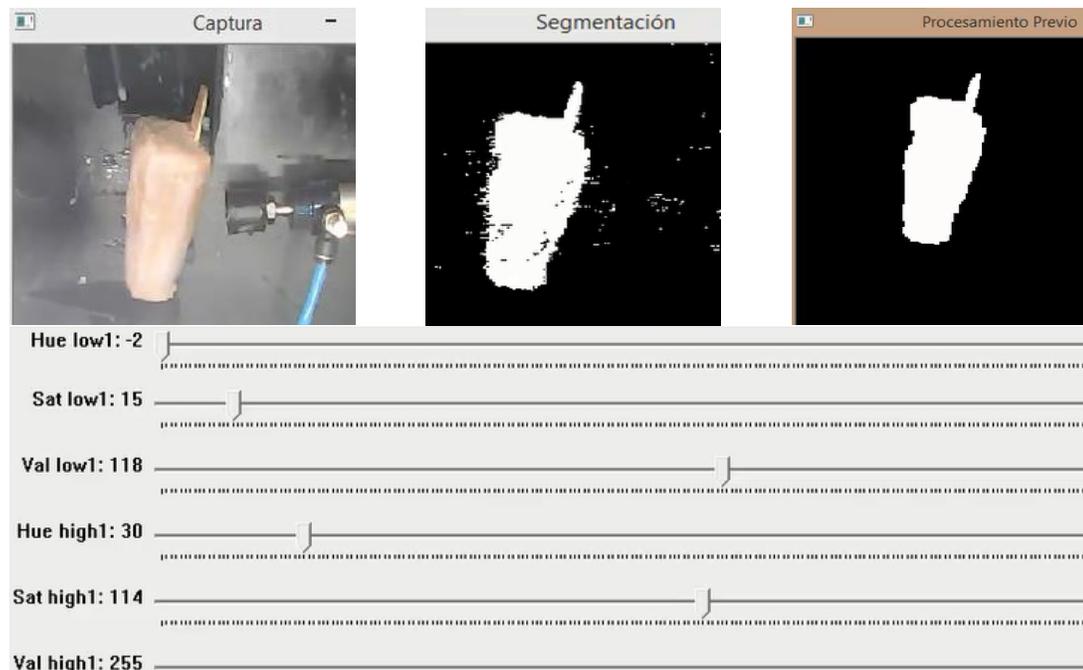
Una vez que se ha segmentado la imagen se procesa mediante los algoritmos para transformarla en información libre de ruido.

En el caso de tener presencia de ruido o se desea afinar la imagen se puede utilizar operaciones morfológicas, las cuales son técnicas matemáticas que tratan directamente con las formas de la imagen



Clasificación

- Para la etapa de clasificación se ha optado por encontrar el umbral correcto para cada helado, esto quiere decir que se varía los parámetros HSV, sin perder la forma del helado incluido el palo, dando como resultado un número de puntos blancos dentro del área de interés



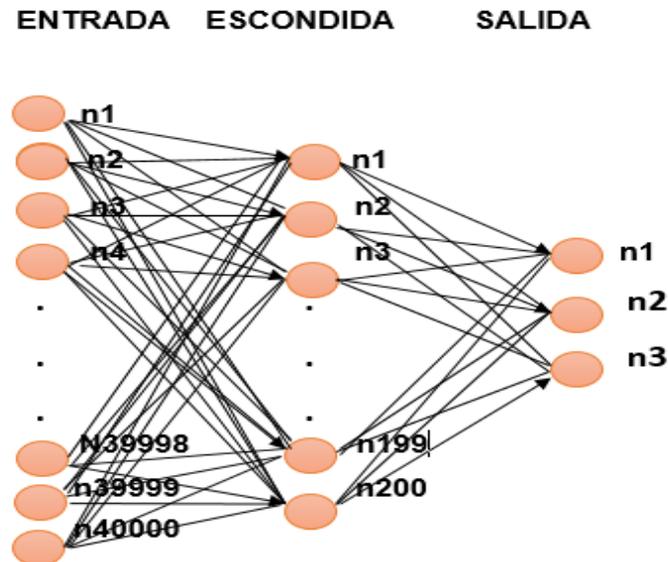
- Cada uno de los rangos de umbral posee valores únicos, que al ser comparados entre sí, mediante condiciones establecidas en la etapa de experimentación, luego de varias pruebas, se pueden encontrar un patrón que relaciona la cantidad de puntos blancos con el sabor de helado, permitiendo la clasificación.

| | | | | |
|----------|---------|---------|---------|----------|
| 1: 9955 | 2: 909 | 3: 1804 | 4: 488 | 0: 21930 |
| 1: 10162 | 2: 961 | 3: 1921 | 4: 513 | 0: 21804 |
| 1: 10180 | 2: 935 | 3: 1930 | 4: 490 | 0: 21689 |
| 1: 10137 | 2: 985 | 3: 2050 | 4: 516 | 0: 21905 |
| 1: 9977 | 2: 1031 | 3: 1978 | 4: 515 | 0: 21665 |
| 1: 10047 | 2: 903 | 3: 2051 | 4: 520 | 0: 21599 |
| 1: 10026 | 2: 963 | 3: 2003 | 4: 470 | 0: 21913 |
| 1: 9823 | 2: 978 | 3: 1829 | 4: 523 | 0: 21673 |
| 1: 9711 | 2: 927 | 3: 1949 | 4: 510 | 0: 21835 |
| 1: 9694 | 2: 989 | 3: 2075 | 4: 531 | 0: 21940 |
| 1: 9841 | 2: 870 | 3: 1868 | 4: 497 | 0: 21787 |
| 1: 9811 | 2: 847 | 3: 1923 | 4: 470 | 0: 21952 |
| 1: 9660 | 2: 805 | 3: 1888 | 4: 438 | 0: 21841 |
| 1: 9696 | 2: 874 | 3: 1910 | 4: 458 | 0: 22010 |
| 1: 9670 | 2: 838 | 3: 1951 | 4: 492 | 0: 22183 |
| 1: 9624 | 2: 842 | 3: 1884 | 4: 478 | 0: 22328 |
| 1: 9816 | 2: 910 | 3: 1980 | 4: 519 | 0: 22170 |
| 1: 9832 | 2: 872 | 3: 1932 | 4: 509 | 0: 22052 |
| 1: 10096 | 2: 951 | 3: 1921 | 4: 510 | 0: 22114 |
| 1: 9999 | 2: 1004 | 3: 1892 | 4: 523 | 0: 22100 |
| 1: 10079 | 2: 932 | 3: 1893 | 4: 510 | 0: 22165 |
| 1: 10101 | 2: 985 | 3: 2068 | 4: 525 | 0: 21492 |
| 1: 9767 | 2: 953 | 3: 2006 | 4: 491 | 0: 21961 |
| 1: 10092 | 2: 876 | 3: 2029 | 4: 496 | 0: 22150 |
| 1: 9582 | 2: 8355 | 3: 8381 | 4: 7344 | 0: 25075 |
| 1: 9480 | 2: 8368 | 3: 8253 | 4: 7306 | 0: 24987 |
| 1: 9459 | 2: 8366 | 3: 8191 | 4: 7351 | 0: 24983 |
| 1: 9879 | 2: 8357 | 3: 8215 | 4: 7297 | 0: 24969 |
| 1: 9579 | 2: 8369 | 3: 8175 | 4: 7326 | 0: 25173 |
| 1: 9851 | 2: 8381 | 3: 8194 | 4: 7325 | 0: 24819 |
| 1: 9846 | 2: 8376 | 3: 8257 | 4: 7357 | 0: 24596 |
| 1: 10092 | 2: 8382 | 3: 8386 | 4: 7322 | 0: 24746 |
| 1: 9993 | 2: 8380 | 3: 8515 | 4: 7440 | 0: 24734 |
| 1: 9788 | 2: 8372 | 3: 8518 | 4: 7369 | 0: 24449 |
| 1: 10024 | 2: 8445 | 3: 8717 | 4: 7372 | 0: 24500 |
| 1: 9985 | 2: 8375 | 3: 8733 | 4: 7389 | 0: 24247 |
| 1: 9931 | 2: 8430 | 3: 8761 | 4: 7360 | 0: 24403 |
| 1: 10081 | 2: 8405 | 3: 8709 | 4: 7466 | 0: 24380 |
| 1: 9724 | 2: 8444 | 3: 8581 | 4: 7430 | 0: 24693 |
| 1: 9598 | 2: 8398 | 3: 8419 | 4: 7316 | 0: 24671 |
| 1: 9687 | 2: 8404 | 3: 8368 | 4: 7406 | 0: 24715 |
| 1: 9599 | 2: 8428 | 3: 8372 | 4: 7451 | 0: 24966 |
| 1: 9486 | 2: 8369 | 3: 8266 | 4: 7318 | 0: 24994 |
| 1: 9433 | 2: 8351 | 3: 8243 | 4: 7398 | 0: 25188 |
| 1: 9701 | 2: 8383 | 3: 8243 | 4: 7307 | 0: 25308 |
| 1: 9777 | 2: 8385 | 3: 8223 | 4: 7444 | 0: 25191 |
| 1: 9931 | 2: 8401 | 3: 8245 | 4: 7347 | 0: 24965 |
| 1: 10031 | 2: 8398 | 3: 8320 | 4: 7354 | 0: 24764 |

Agente inteligente

En este caso se implementará una red neuronal artificial con aprendizaje supervisado la cual será la encargada de realizar el reconocimiento del helado.

El agente inteligente está compuesto por una red neuronal artificial de 3 capas: 40000 neuronas en la capa de entrada, 200 en la capa escondida y 3 en la capa de salida.



Entrenamiento del agente inteligente

A una red neuronal se suele entrenar por etapas:

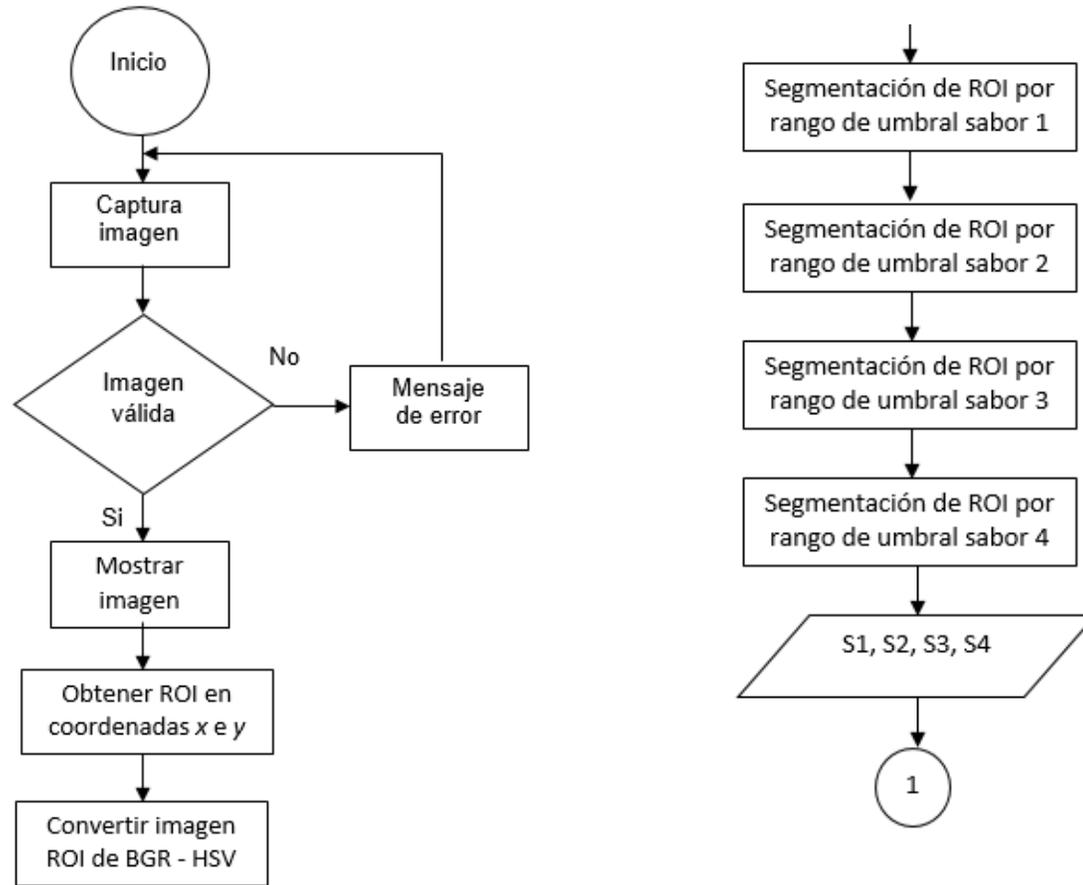
En la primera etapa se enseña a la red un helado como tal, es decir la forma que tiene el mismo.

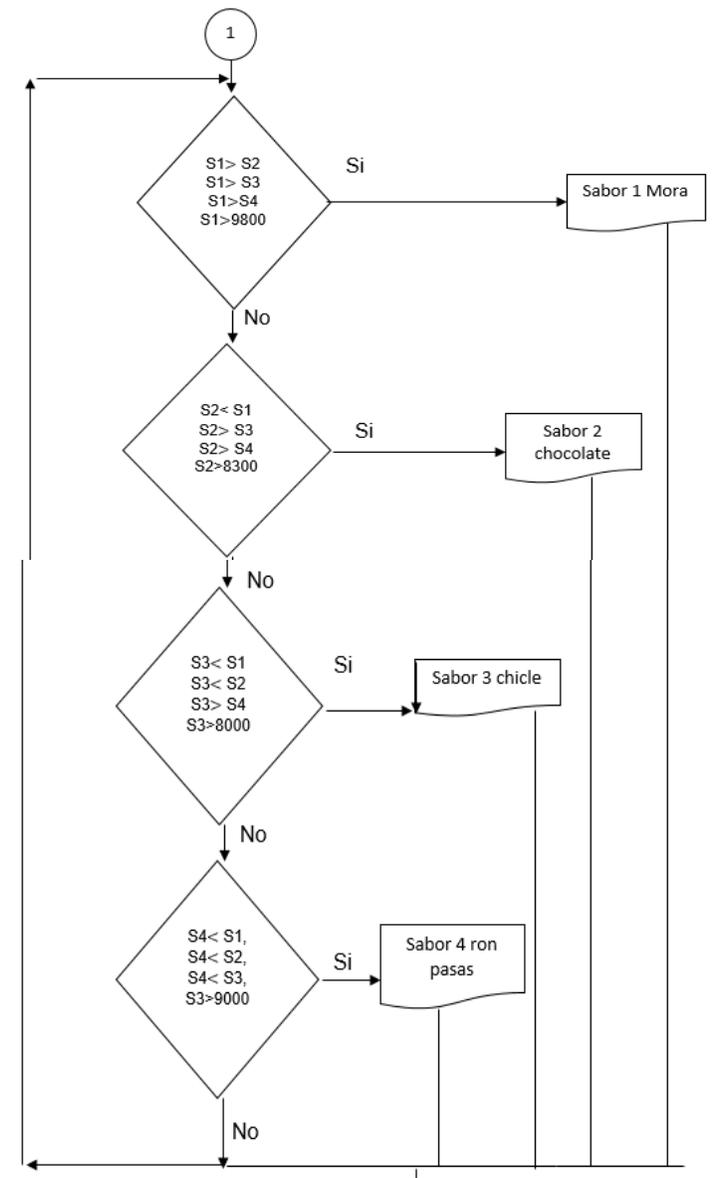
En la siguiente se la enseña con giro, para reconocer en diferentes ángulos, para determinar el ángulo se lo realizo mediante experimentación.

ROI giro 1° por ciclo $\langle\langle 0^\circ-60^\circ \rangle\rangle$



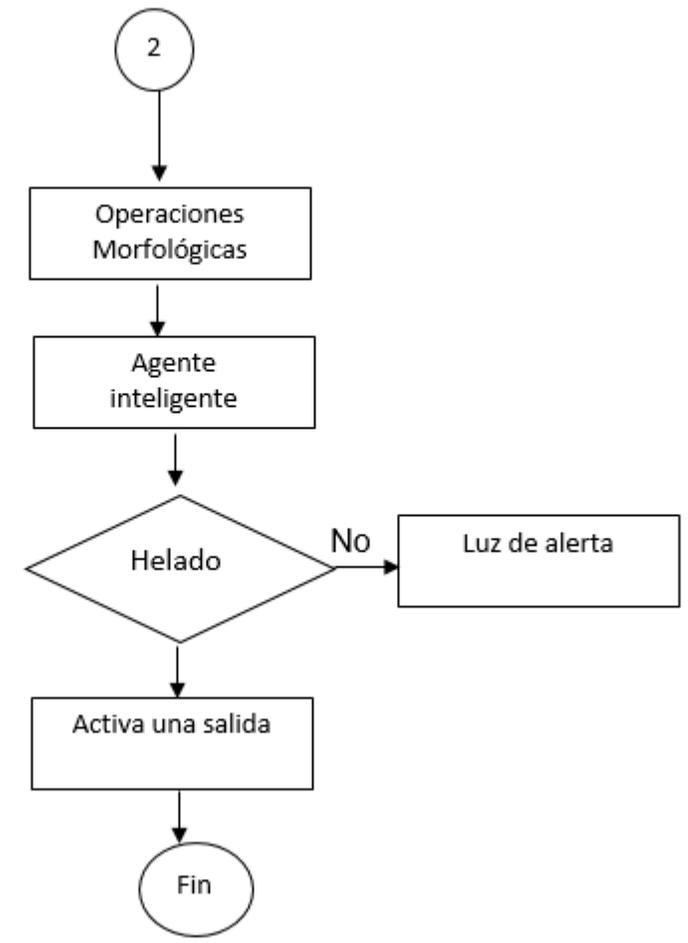
Diagrama de flujo del proceso de clasificación





Donde,

- S1: Sabor 1
- S2: Sabor 2
- S3: Sabor 3
- S4: Sabor 4

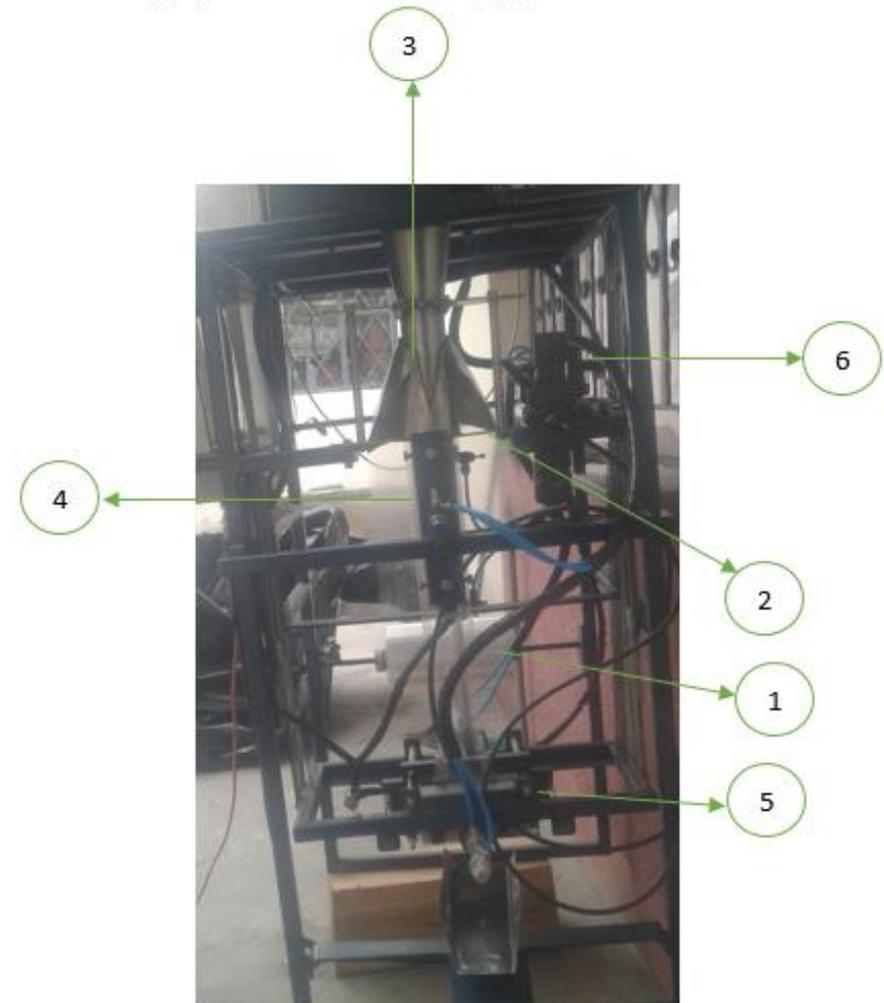




ENSAMBLE, IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

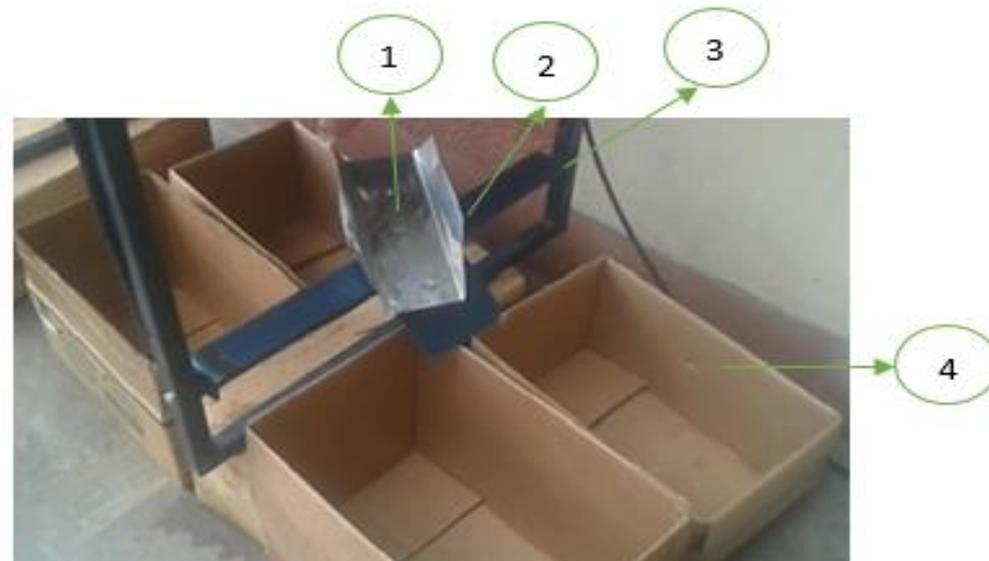
Ensamble del sistema de empaquetado

- Esta sección consta de todos los elementos necesarios para la etapa de empaquetado del producto, misma que está compuesto por: (1) rollo de polipropileno, (2) rodillo tensor de funda, (3) hombro formador, (4) sellado vertical, (5) sellado horizontal, (6) sistema neumático.



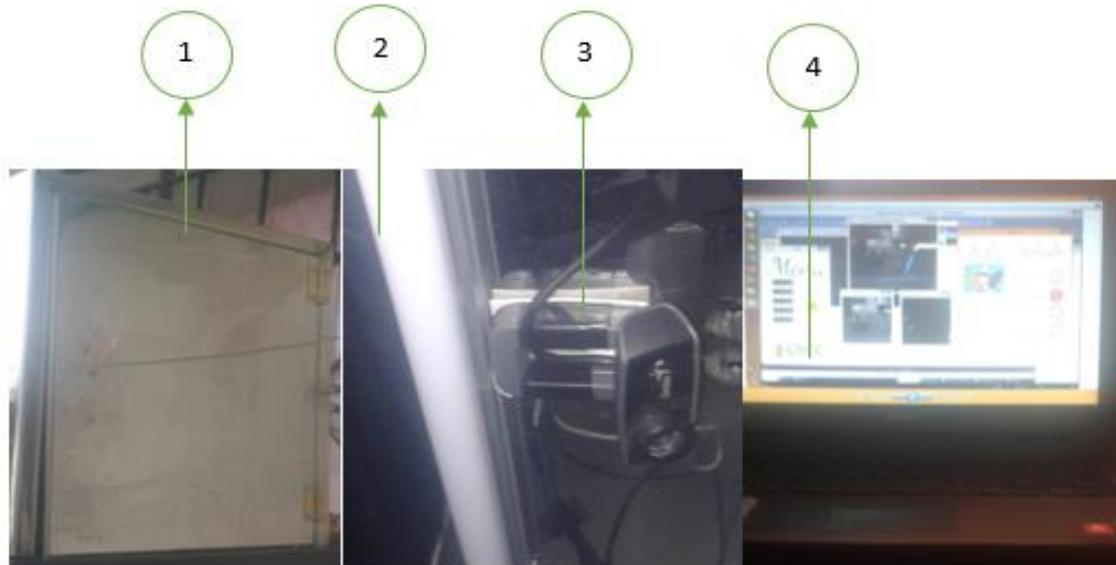
Ensamble sistema de clasificación

El sistema de clasificación es el encargado de distribuir cada uno de los helados empaquetados a sus diferentes cajas de acuerdo a cada sabor, consta de: (1) motor a pasos, (2) resbaladilla, (3) base del motor, (4) cajas para helados.



Sistema de inteligencia artificial

El sistema de visión artificial es el encargado de dar la señal de inicio al verificar la presencia de un helado, una vez que se ha cumplido con las características que fue programado, caso contrario se activa una alarma para retirar el producto con falla, consta de: (1) cubierta, (2) sistema de iluminación, (3) cámara, (4) procesador



Tablero de control

Es la unidad que contiene los componentes eléctricos y electrónicos utilizados para el control de la máquina



Máquina vista frontal, posterior y lateral



Especificaciones de la máquina

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| Ancho del rollo del empaque | 250-300 mm |
| Peso del rollo del empaque | 50 kg |
| Espesor de la película | 0.02 – 0.15 mm |
| Operación de presión de aire | 7 <u>Kgf/cm²</u> |
| Dimensiones | 1000(L) x 800(A) x 1800(H) mm |
| Fuente de alimentación | 110V /60Hz |
| Peso total | 200 Kg |
| Ambiente operativo | 0-45 °C |
| Clasificación | 4 sabores |
| Velocidad de trabajo | 6 helados por minuto. |

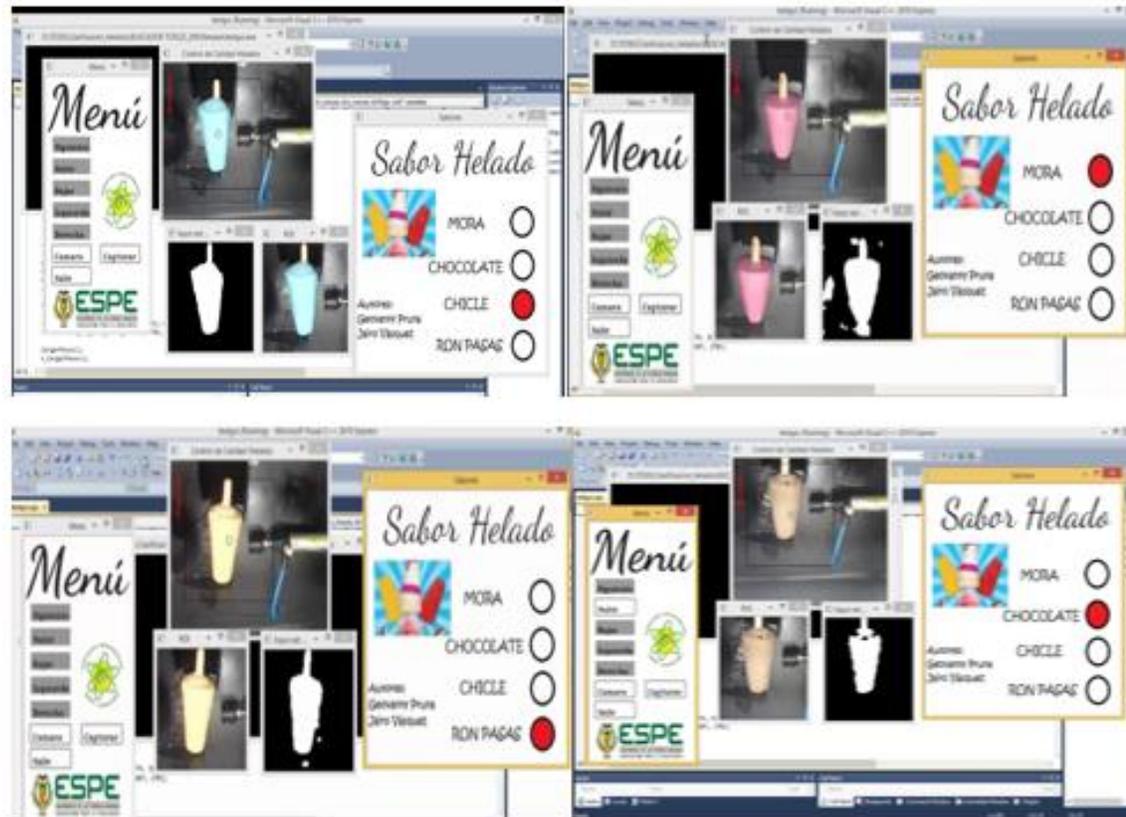
Prueba de sellado vertical y horizontal

Una vez que el rollo ha pasado por el hombro formador de la empaque viene el sellado, el cual consta de una niquelina controlada por un control PID que permite mantener la temperatura a 90°C , que es el punto de fusión de la película de polipropileno provocando así la unión de las dos partes, este proceso se lo realiza tanto para sellar verticalmente, así como horizontalmente.



Pruebas de la etapa de reconocimiento de helados

Una vez que el sistema detectado cada uno de los sabores se procede a mostrar la imagen con su respectivo sabor



Validación de la hipótesis

Hipótesis

¿El sistema automático de clasificación y empaquetado de helados permitirá disminuir tareas repetitivas para el operador, además ayudará a la empresa a cumplir con normas de calidad, salubridad y un óptimo desempeño, evitando una sobre agrupación del producto en el área de empaquetado y pérdida de tiempo en el proceso?

- **Variable Independiente**

Sistema de clasificación y empaquetado.

- **Variable Dependiente**

Optimizar tiempos de empaquetado para mayor productividad, calidad e higiene.

Técnica chi-cuadrado

Es un método estadístico, el cual es utilizado para comprobar si existe relación entre las variables dependientes e independientes de una hipótesis, relacionando la diferencia entre el conjunto de frecuencias observadas (f_0) en una muestra y el conjunto de frecuencias teóricas (f_e) en la misma.

Tiempo para el empaquetado

| | Control calidad | Formar empaquetado | Introducir helado | Sellado horizontal | Clasificación | Total (seg) |
|------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------|----------------|
| Máquina | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 10 |
| Método manual | 2 | 3 | 7 | 8 | 5 | 25 |
| Total | 3 | 6 | 8 | 11 | 7 | 35 |

Para este caso se trabaja con un nivel de confianza del 90 %, es decir un error del 0.1, para ello se busca el número de grados de libertad

$$n = (\#c - 1) * (\#f - 1)$$

Dónde:

#c: número de columnas

#f: número de filas

$$n = (5 - 1) * (2 - 1)$$

$$n = 4$$

DISTRIBUCION DE χ^2

| Grados de libertad | Probabilidad | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|--|
| | 0,95 | 0,90 | 0,80 | 0,70 | 0,50 | 0,30 | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,01 | 0,001 | |
| 1 | 0,004 | 0,02 | 0,06 | 0,15 | 0,46 | 1,07 | 1,64 | 2,71 | 3,84 | 6,64 | 10,83 | |
| 2 | 0,10 | 0,21 | 0,45 | 0,71 | 1,39 | 2,41 | 3,22 | 4,60 | 5,99 | 9,21 | 13,82 | |
| 3 | 0,35 | 0,58 | 1,01 | 1,42 | 2,37 | 3,66 | 4,64 | 6,25 | 7,82 | 11,34 | 16,27 | |
| 4 | 0,71 | 1,06 | 1,65 | 2,20 | 3,36 | 4,88 | 5,99 | 7,78 | 9,49 | 13,28 | 18,47 | |
| 5 | 1,14 | 1,61 | 2,34 | 3,00 | 4,35 | 6,06 | 7,29 | 9,24 | 11,07 | 15,09 | 20,52 | |
| 6 | 1,63 | 2,20 | 3,07 | 3,83 | 5,35 | 7,23 | 8,56 | 10,64 | 12,59 | 16,81 | 22,46 | |
| 7 | 2,17 | 2,83 | 3,82 | 4,67 | 6,35 | 8,38 | 9,80 | 12,02 | 14,07 | 18,48 | 24,32 | |
| 8 | 2,73 | 3,49 | 4,59 | 5,53 | 7,34 | 9,52 | 11,03 | 13,36 | 15,51 | 20,09 | 26,12 | |
| 9 | 3,32 | 4,17 | 5,38 | 6,39 | 8,34 | 10,66 | 12,24 | 14,68 | 16,92 | 21,67 | 27,88 | |
| 10 | 3,94 | 4,86 | 6,18 | 7,27 | 9,34 | 11,78 | 13,44 | 15,99 | 18,31 | 23,21 | 29,59 | |
| | No significativo | | | | | | | | Significativo | | | |

Una vez obtenido el valor por tabla del chi-cuadrado por tabla se procede a formular la hipótesis (H_0) y la hipótesis de trabajo (H_1).

Donde:

H_0 : El sistema automatizado para el empaquetado y clasificación de helados no mejora el tiempo de empaquetado.

H_1 El sistema automatizado para el empaquetado y clasificación de helados mejora el tiempo de empaquetado, de esta manera ayuda a evitar la sobre agrupación del producto en el área de empaquetado.

$$x^2 = \sum \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e}$$

Donde el valor calculado es mayor que el valor crítico.

$$8,058 > 7,79$$

Por lo tanto se elimina la hipótesis H_0 , dando validez a H_1 , y demostrando que el proyecto fue positivo al implementarlo, ya que ayuda a mejorar los tiempos de producción. Validando así la hipótesis planteada.

Análisis de costos

Para dimensionar la magnitud de la inversión que representa la máquina empaquetadora de helados, se muestra a continuación el valor en base a costos directos e indirectos.

Costos Directos Totales

| N° | Descripción | Precio [USD] |
|--------------|--|----------------|
| 1 | Costos Mecánicos | 342,00 |
| 2 | Costos Eléctricos | 1537.50 |
| 3 | Costos Neumáticos | 583.00 |
| 3 | Costo de Maquinaria, Mano de Obra y Transporte | 1000,00 |
| Total | | 3462.50 |

Costos Indirectos

| N° | Descripción | Precio [USD] |
|----|-------------------|--------------|
| 1 | Gastos logísticos | 500 |
| | Total | 500 |

CONCLUSIONES

- La implementación de la máquina empaquetadora incrementó la capacidad de producción de helados, mediante la reducción de tiempo en el proceso de enfundado, permitiendo superar el cuello de botella producido por realizar el empaquetado de forma artesanal.
- El uso del acero inoxidable en la máquina, hace que la máquina presente excelente resistencia a la corrosión, excelente factor de higiene, cumpliendo con la normativa RTE INEN 100.
- Se diseñó una máquina empaquetadora vertical, puesto que requiere de menos componentes ya que utiliza la gravedad para el proceso de alimentación y clasificación del helado.
- El sistema desarrollado es una herramienta para el control de calidad, y requiere de la intervención del operador para descartar los helados que el sistema considera inválidos.
- La máquina empaquetadora es segura ya que cada uno de los mecanismos que conforman la empaquetadora utilizan factores de seguridad confiables de acuerdo a las diferentes cargas.
-
- El sistema de clasificación inteligente permitió realizar, el control de calidad y clasificación a un bajo costo reduciendo la intervención humana en este proceso.
- Los controladores de temperatura para el sellado vertical y horizontal permitieron mantener estable el set point, detectando cualquier variación y compensándola.
- Se ha logrado entrenar un agente inteligente conformado por una red neuronal artificial de 3 capas con 40000 neuronas en la capa de entrada, 200 en la capa escondida y 3 en la capa de salida.
- El uso de Visión Artificial y redes neuronales permitieron desarrollar un sistema de control de calidad y clasificación automático y a bajo costo.
- Se estableció un porcentaje de confiabilidad de 90% tanto para comprobar la calidad de helados como para verificar el tiempo empleado en el empaquetado de los mismos.

Recomendaciones

- Emplear acero inoxidable exclusivamente en las partes que están en contacto con los alimentos más no en la estructura como tal, ya que esto conlleva costos de fabricación elevados.
- Emplear programas de cómputo para el análisis del diseño mecánico y eléctrico para comprobar que los factores de seguridad, sean correctos, de igual manera para la parte eléctrica impedir caídas de tensión y sobredimensionamiento de protecciones.
- Utilizar una unidad de mantenimiento para el compresor y cumplir con el plan de mantenimiento para evitar daños en los elementos que constituyen la máquina.
- En caso que la máquina sea utilizada para enfundar helados de menor tamaño se recomienda el desarrollo de un nuevo sistema de arrastre, para evitar desperdicios del rollo de polipropileno.
- Se sugiere limpiar el lente de la cámara con alcohol industrial y algodón, previa la utilización de la máquina.



**GRACIAS POR SU
ATENCIÓN**