



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE

### DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

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

**Diseño y construcción de un prototipo de máquina clasificadora de papas por su tamaño, aplicable al centro de acopio “Santa Lucia” del Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi, para impulsar al sector agrícola.**

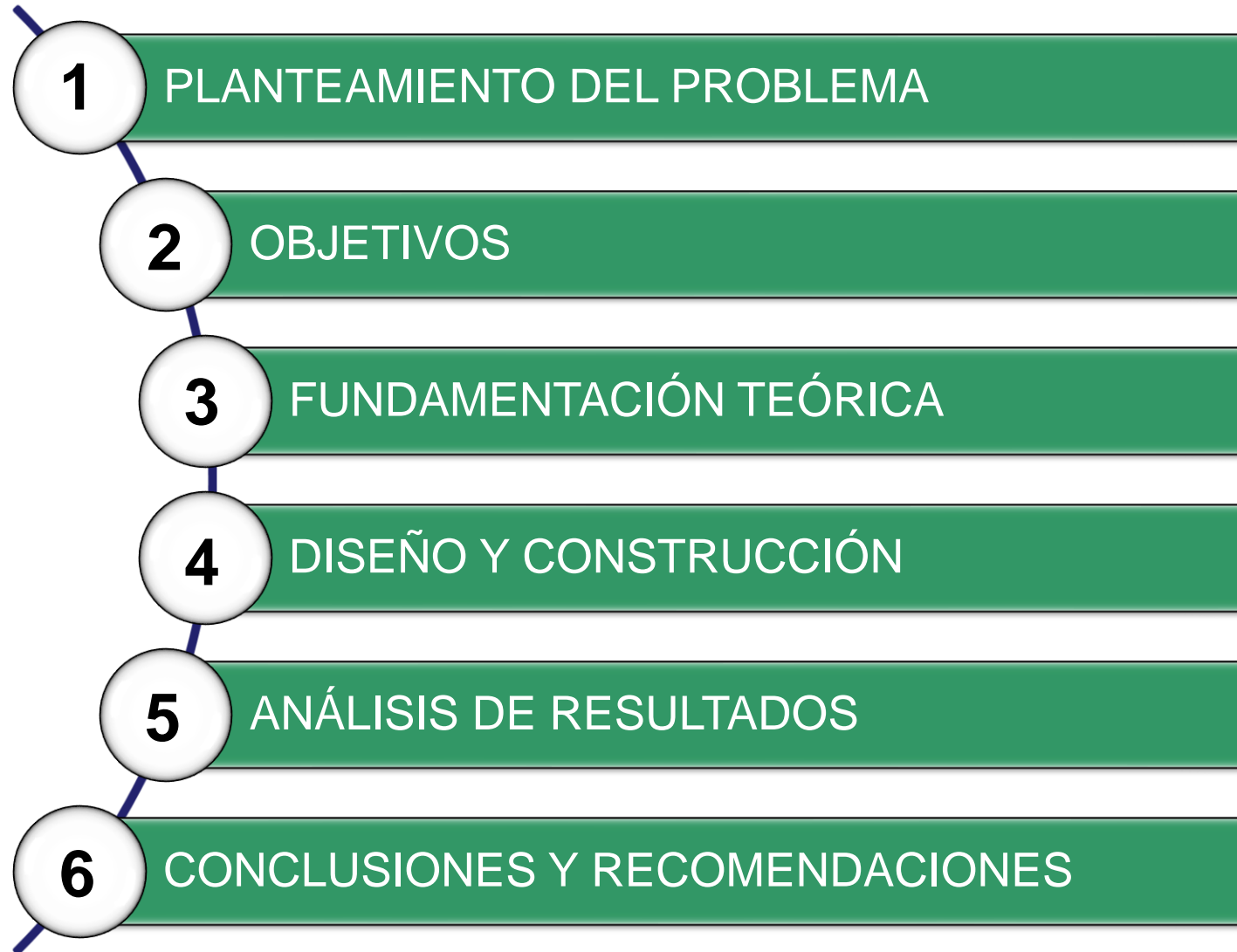
**Autor:**

Chuquiana Tonato, Edison Patricio

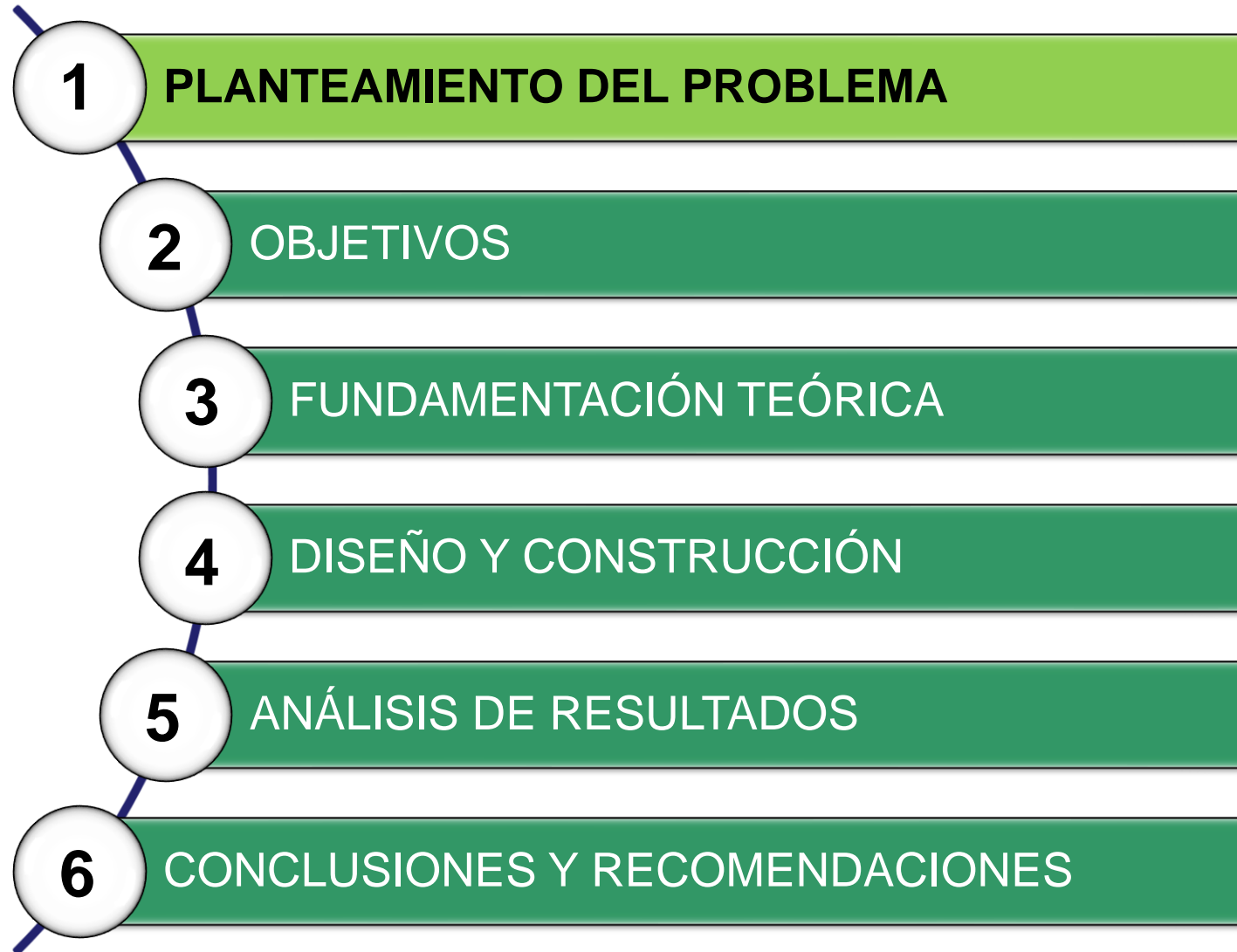
Ing. Freire Llerena, Washington Rodrigo, **Director**



# AGENDA



# AGENDA



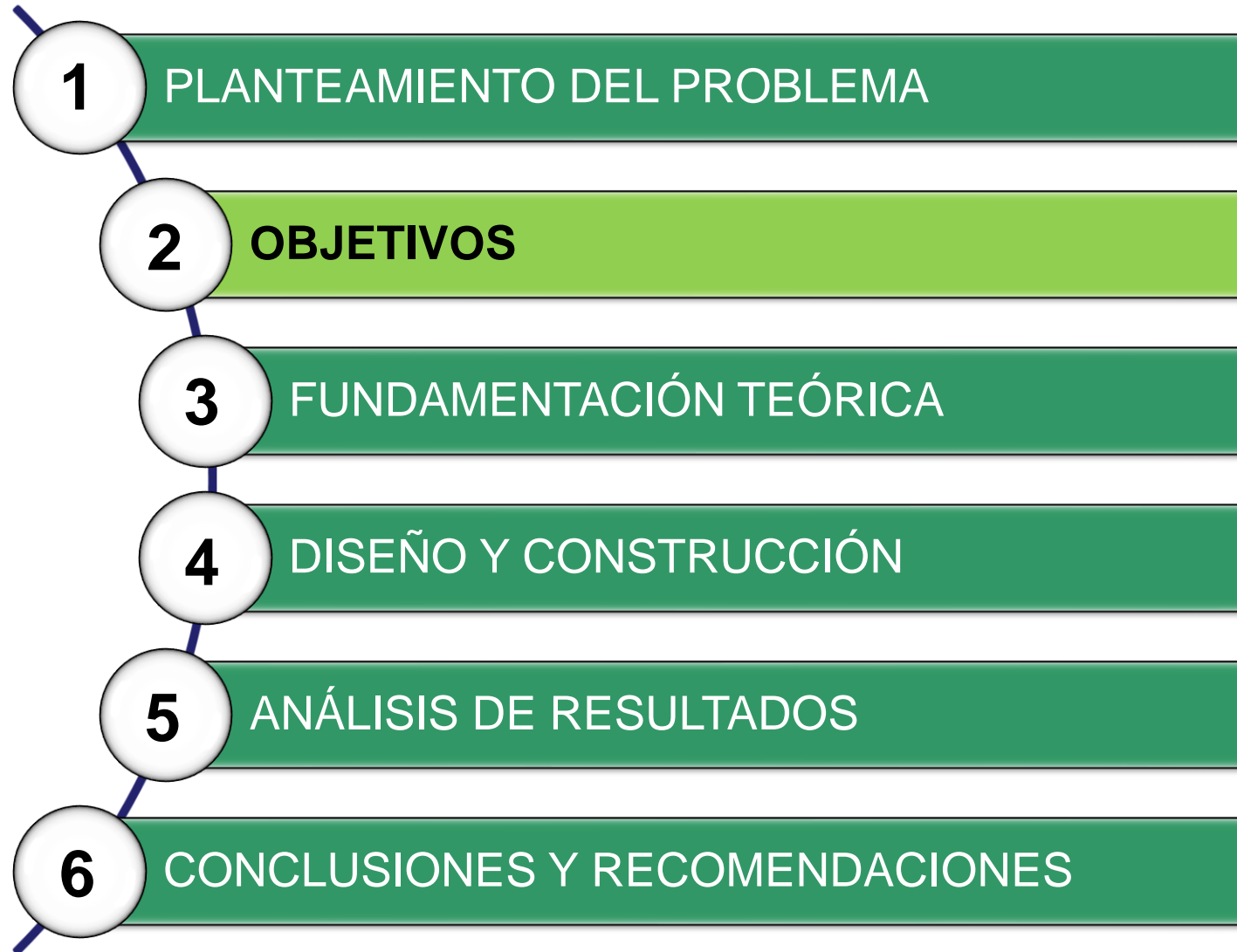
# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las diferentes etapas de producción dentro del sector agrícola, los trabajos se realizan de forma manual, la etapa de clasificación de las papas no es la excepción, ya que para lograr la clasificación de grandes cantidades es necesario contar con más personal, lo que implica un aumento en los costos de producción, o a su vez, para realizar este proceso de forma manual se emplea demasiado tiempo.



Por tal motivo se plantea el diseño y construcción de un prototipo de máquina clasificadora de papas de acuerdo a su tamaño, lo que permitirá aumentar la cantidad de unidades clasificadas en un menor tiempo, además, en un futuro se plantea promover la inserción de nueva tecnología que permita la industrialización del sector agrícola.

# AGENDA



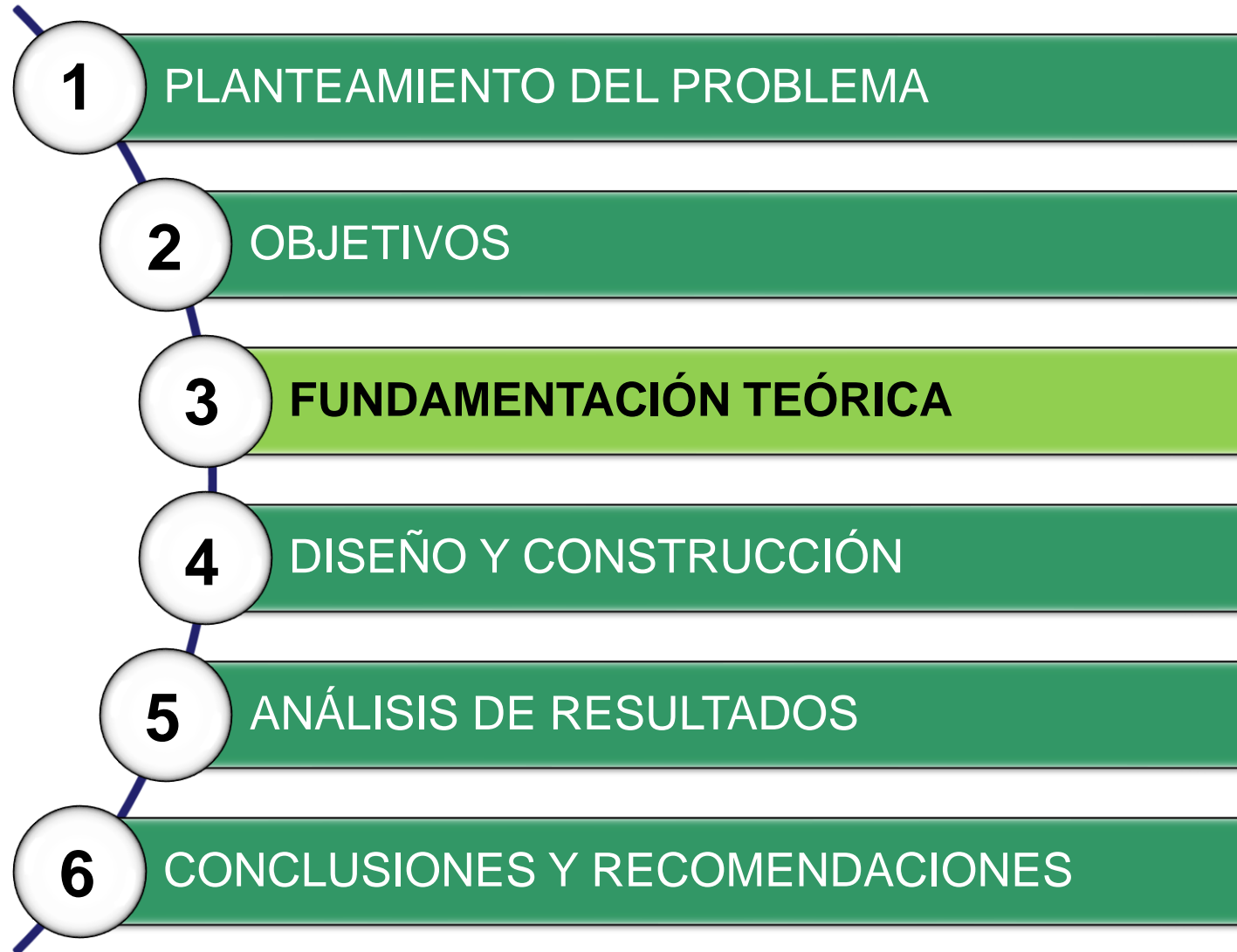
# OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un prototipo de máquina clasificadora de papas por su tamaño, aplicable al centro de acopio “Santa Lucia” del Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi para impulsar el sector agrícola.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

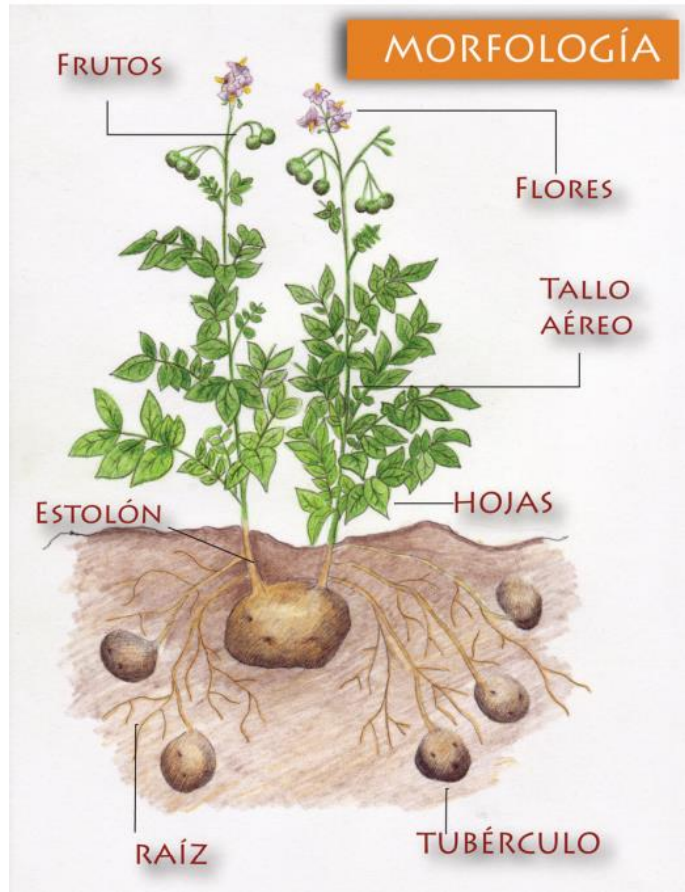
- ✓ Realizar una investigación de las diferentes máquinas existentes en el mercado que permitan la clasificación de las papas en base a su tamaño, para seleccionar un modelo que cumpla con los requerimientos del productor.
- ✓ Realizar el diseño mecánico de un prototipo de máquina clasificadora de papas de acuerdo a su tamaño, por medio del diseño asistido por computadora (CAD).
- ✓ Realizar el diseño eléctrico para la operación del motor, mediante la implementación de diagramas de control y de fuerza.
- ✓ Construir el prototipo de maquina clasificadora de papas en base a su tamaño, para su validación respectiva, una vez haya sido sometido a pruebas de funcionamiento y de esfuerzo mecánico.

# AGENDA





# CARACTERÍSTICAS DE LA PAPA



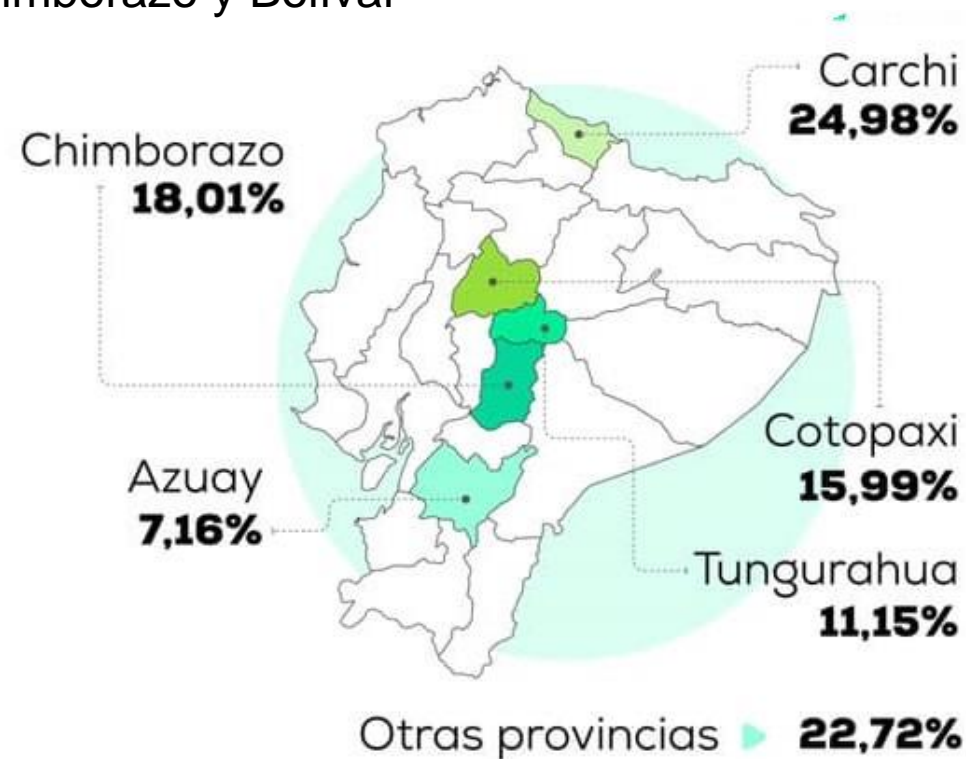
## Requerimientos climáticos y edáficos

<b>Altitud</b>	2600 – 3600 msnm
<b>Temperatura</b>	Desarrollo: 15 – 20 °C Inicio tuberización: < 15 °C Tuberización: 14 – 20 °C
<b>Precipitación</b>	600 a 1500 mm de agua por ciclo
<b>Suelo</b>	Francos, bien drenados, profundos (30 - 35 cm), con buen contenido de materia orgánica
<b>pH</b>	5 - 6

# ZONAS DE PRODUCCIÓN DE LA PAPA

- ✓ **Norte:** provincias de Carchi e Imbabura.
- ✓ **Centro:** provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar
- ✓ **Sur:** provincias de Azuay, Cañar y Loja.

Características	Norte	Centro	Sur
Altitud (m.s.n.m.)	2800 - 3200	2600 - 3600	2700 - 3400
Superficie cultivada (ha)	7323	13 079	1703
Producción (t)	217 522	258 254	41 878
Riesgo	Heladas	Granizadas, sequía	Sequía



# VARIETADES DE LA PAPA

## NATIVAS



CHOLA

BOLONA



CHAUCHA  
COLORADA

LEONA NEGRA



CALVACHE



## MEJORADAS



SUPERCHOLA

SUPREMA



CECILIA

FRIPAPA 99



ICA UNICA



# MÁQUINAS CLASIFICADORAS POR TAMAÑO

Esta compuesta por una bandeja de ingreso del producto, mecanismo de clasificación automático de acuerdo al tamaño y de bandejas de salida del producto clasificado.

**CILINDROS  
GIRATORIOS**



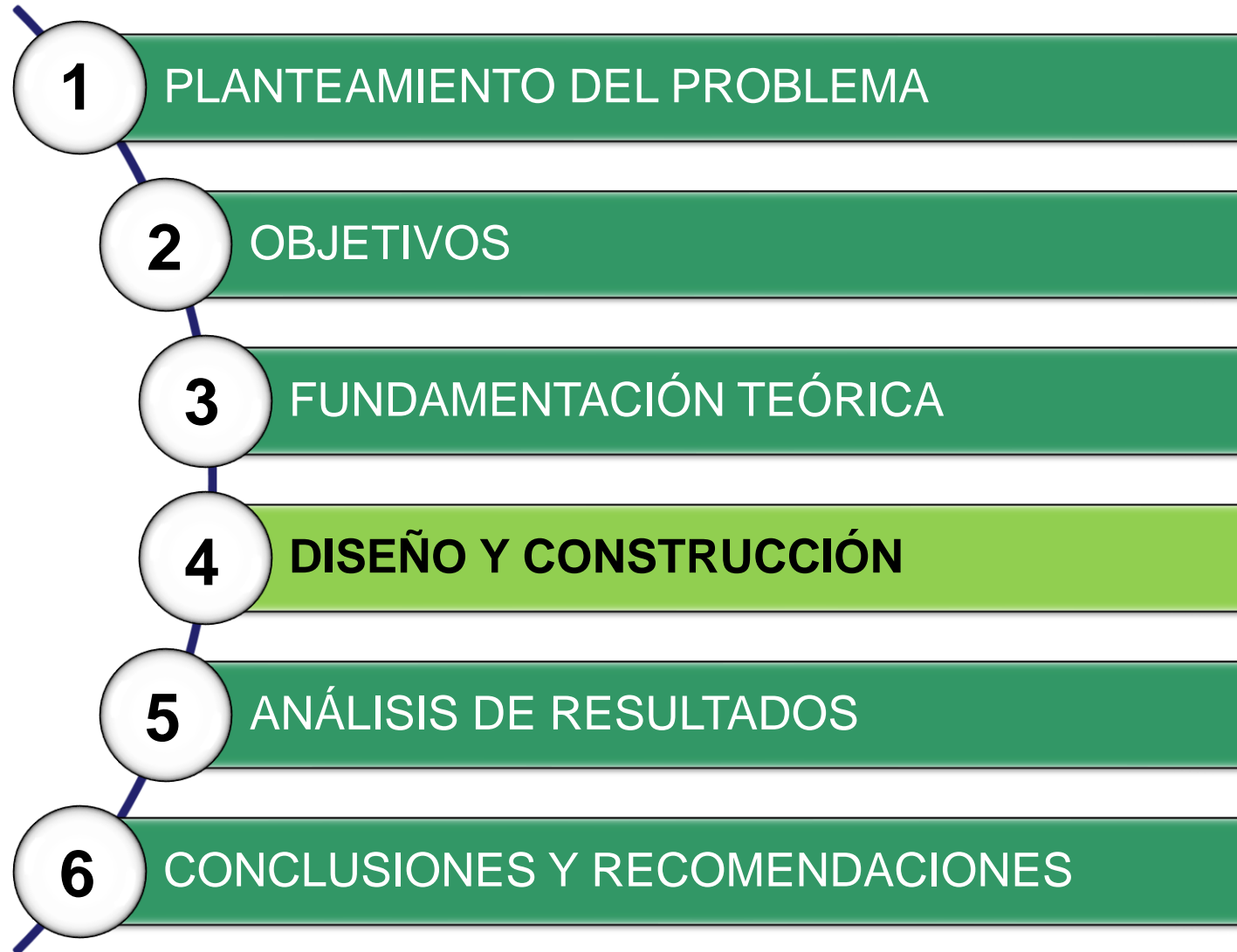
**TAMBOR  
GIRATORIO**



**RODILLOS  
TRANSPORTADORES**



# AGENDA



# CLASIFICACIÓN DE LAS PAPAS

Se pueden clasificar de acuerdo a su peso o su tamaño.

Denominación común	Denominación INIAP	Peso del tubérculo (g)	Diámetro mayor del tubérculo (cm)
Toda gruesa	Gruesa	Mayor a 90	Mayor a 8
Gruesa	Primera	60 a 90	7 a 8
Redroja	Segunda	40 a 60	6 a 7
Redrojilla	Tercera	20 a 40	5 a 6
Fina	Desecho	Menor a 20	Menor a 5

# RECOLECCIÓN DE DATOS

**Encuesta realizada a los representantes del centro de acopio “Santa Lucia” y a productores de la parroquia Antonio José Holguín.**

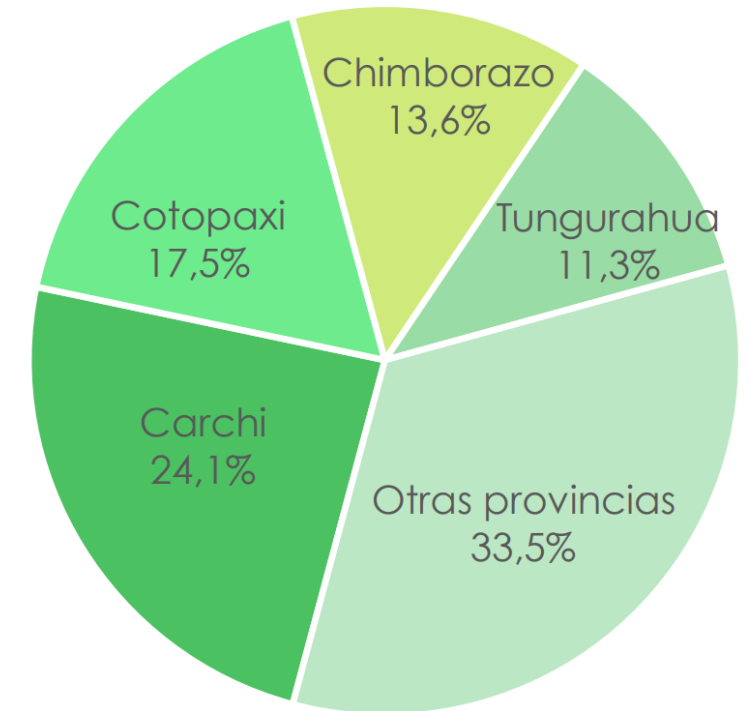
- ✓ La clasificación de las papas se realiza de forma manual.
- ✓ La clasificación se realiza de acuerdo a su tamaño.
- ✓ La clasificación se debe realizar en cuatro tamaños diferentes.
- ✓ La variedad que más se produce es la superchola y la suprema.
- ✓ Dispuestos a invertir una cantidad de \$1000 - \$1500.

# ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

## Superficie y producción de la papa

Año	Superficie (ha)		Producción (Tm)	Ventas (Tm)
	Plantada	Cosechada		
2020	25.926	24.884	408.341	374.030
2021	20.950	19.088	244.749	219.551
2022	19.390	17.926	251.433	232.513

## Superficie total sembrada





# ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

## Mercado

- ✓ Tercer cultivo más importante (arroz, trigo).

Clasificación	Costo máximo (USD)	Costo mínimo (USD)
Gruesa	40	15
Primera	35	10
Segunda	25	8
Tercera	15	6

## Empleo

- ✓ La producción concentra cerca de 80 mil pequeños agricultores distribuidos en 90 cantones.
- ✓ Se considera que aproximadamente 250 mil familias dependen del cultivo de la papa.
- ✓ El 50% de los agricultores han sido considerados pequeños, teniendo un promedio de 2 hectáreas de áreas cultivadas por productor, representando el 20% del área total de la siembra.

# DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD

## Voz del usuario

Clasificación rápida
Clasificación precisa
Económico
No dañe el producto
Transportable
Tamaño compacto
Fácil operación
Fácil mantenimiento
Bajo peso
Bajo ruido

## Voz del ingeniero

Capacidad de la máquina
Tipo de clasificador
Tipo de material
Velocidad del proceso
Diseño de una máquina móvil
Geometría de la máquina
Panel de control
Complejidad del mecanismo
Densidad del material
Ajustes y tolerancias



# RESÚMEN DE LA CASA DE LA CALIDAD

## Requerimientos de usuario

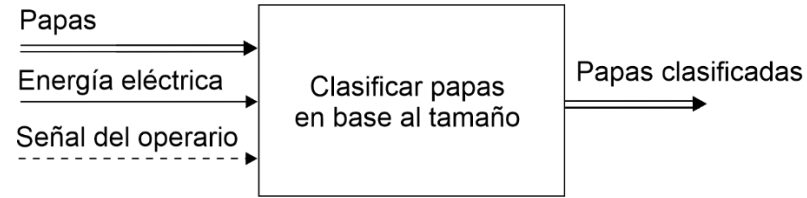
Requerimientos del usuario	Peso relativo (%)
Clasificación rápida	16
Clasificación precisa	15
Económico	15
No dañe el producto	14
Transportable	14
Tamaño compacto	8
Fácil operación	7
Fácil mantenimiento	4
Bajo peso	3
Bajo ruido	3

## Requerimientos funcionales

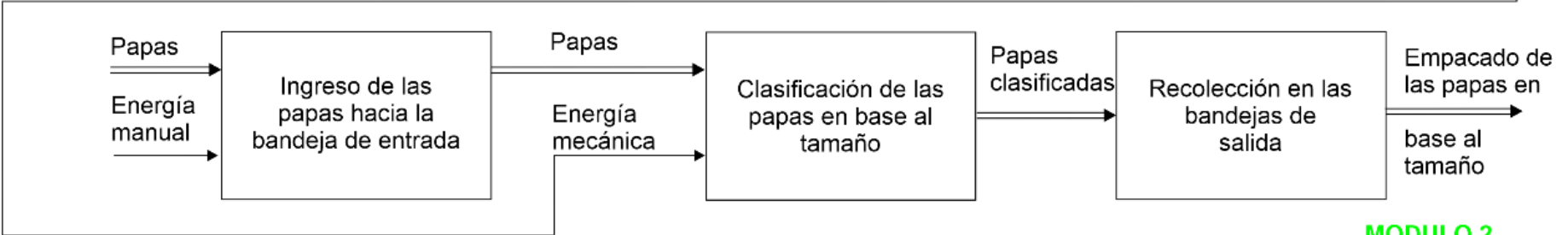
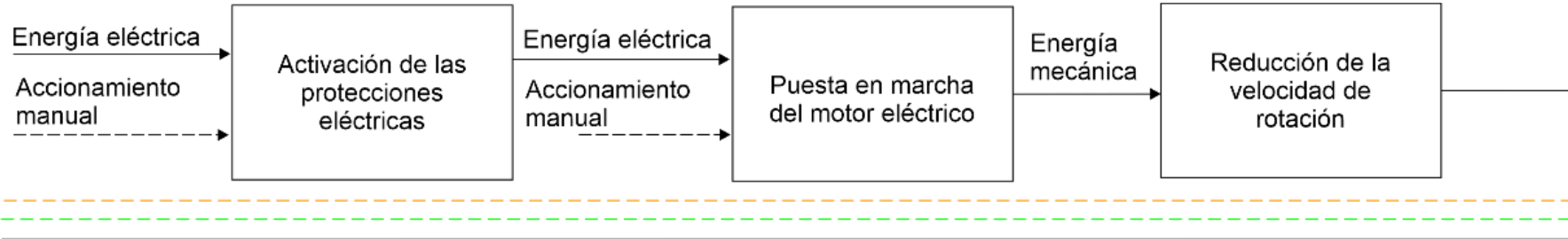
Requerimientos funcionales	Peso relativo (%)
Tipo de clasificador	16
Geometría de la máquina	14
Panel de control	12
Capacidad de la máquina	11
Tipo de material	11
Velocidad del proceso	11
Ajustes y tolerancias	9
Diseño de una máquina móvil	9
Complejidad del mecanismo	7



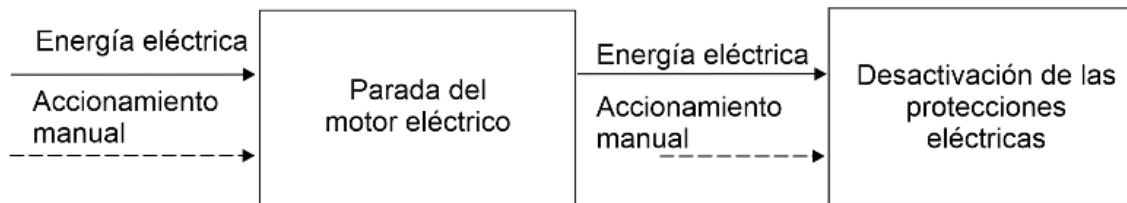
# DIAGRAMA FUNCIONAL



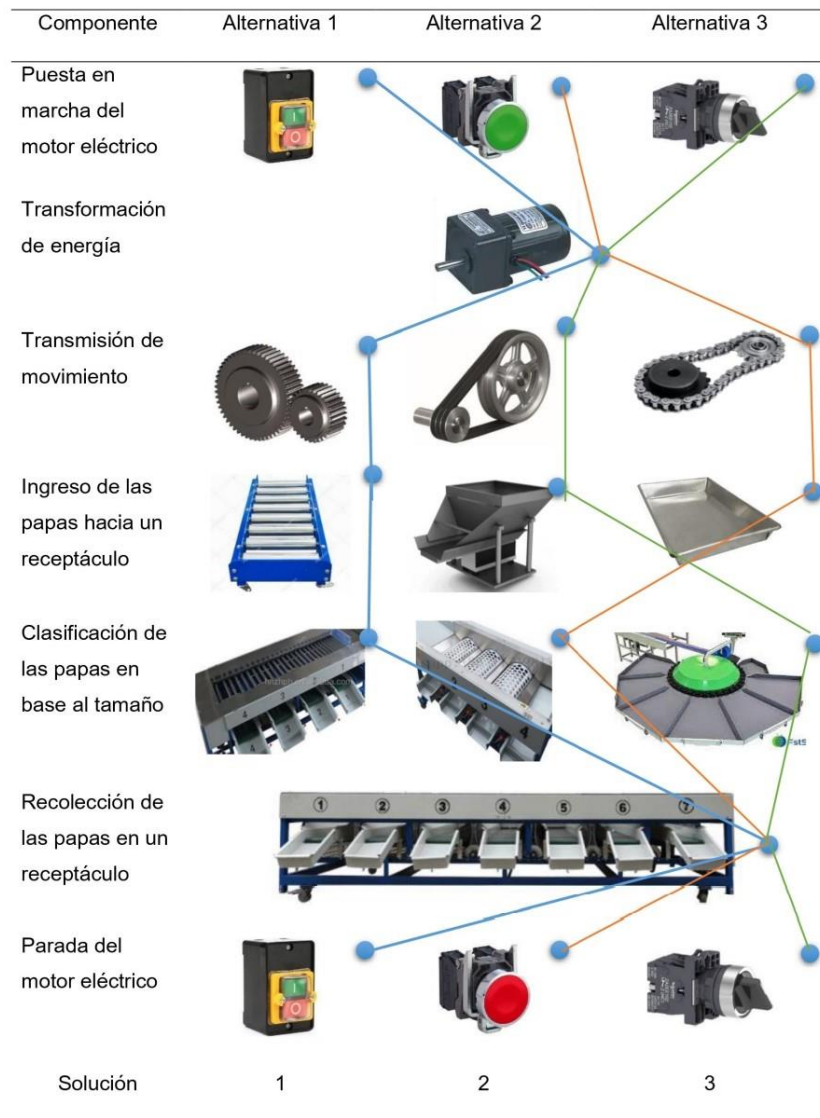
## MODULO 1



## MODULO 2



# MATRIZ MORFOLÓGICA



## Método Ordinal Corregido de criterios ponderados

Selección de la alternativa	Tipo de clasificador	Geometría de la máquina	Panel de control	Capacidad de la máquina	Tipo de material	Velocidad del proceso	Ajustes y tolerancias	Diseño de una máquina móvil	Complejidad del mecanismo	$\Sigma$	Prioridad
Solución 1	0.051	0.059	0.026	0.039	0.029	0.018	0.020	0.055	0.029	1.275	2
Solución 2	0.051	0.059	0.044	0.039	0.049	0.029	0.020	0.055	0.020	1.315	1
Solución 3	0.051	0.059	0.035	0.016	0.039	0.024	0.020	0.055	0.010	1.257	3

## Selección de la solución

En base a la utilización del “Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados” y los resultados presentados en la tabla, la solución que mejor prioridad presenta es la Solución 2.

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Análisis del entorno de cargas

### Capacidad requerida

- ✓ 3 Toneladas

$$\dot{C}_{requerida} = 3000 \frac{kg}{h} \left( \frac{1h}{60 min} \right)$$

$$\dot{C}_{requerida} = 50 \frac{kg}{min}$$

- ✓ Masa del quintal de papas: 45 kg.



- ✓ 1,1 Quintales de papas por minuto.
- ✓ 66,6 Quintales por hora.

### Masa de los cilindros giratorios

Para lograr la clasificación de las papas en 4 tamaños diferentes, es necesario contar con 3 cilindros giratorios.

- ✓ Acero galvanizado de 1,4 mm.

$$m_{c1} = 8,013 kg$$

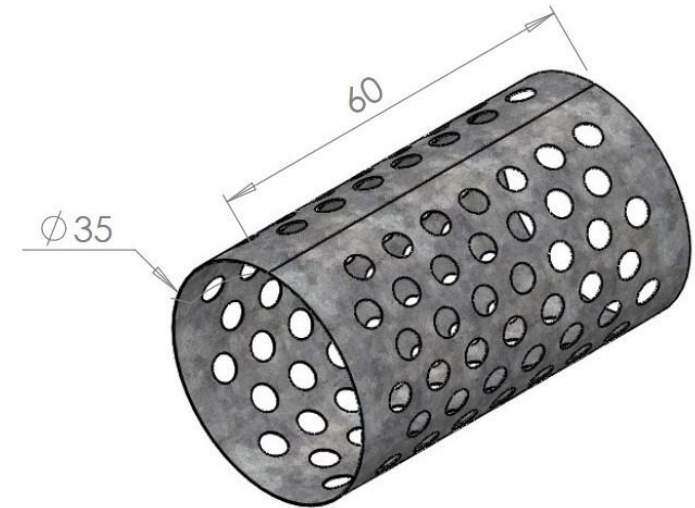
$$m_{c2} = 7,376 kg$$

$$m_{c3} = 7,406 kg$$

$$m_{tc} = m_{c1} + m_{c2} + m_{c3}$$

$$m_{tc} = 8,013 kg + 7,376 kg + 7,406 kg$$

$$m_{tc} = 22,795 kg$$



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Análisis del entorno de cargas

### Masa de los cilindros giratorios

Para establecer las cargas que soportan los ejes, se debe considerar el peso de las papas durante la clasificación.

- ✓ Se considera un 30% adicional.

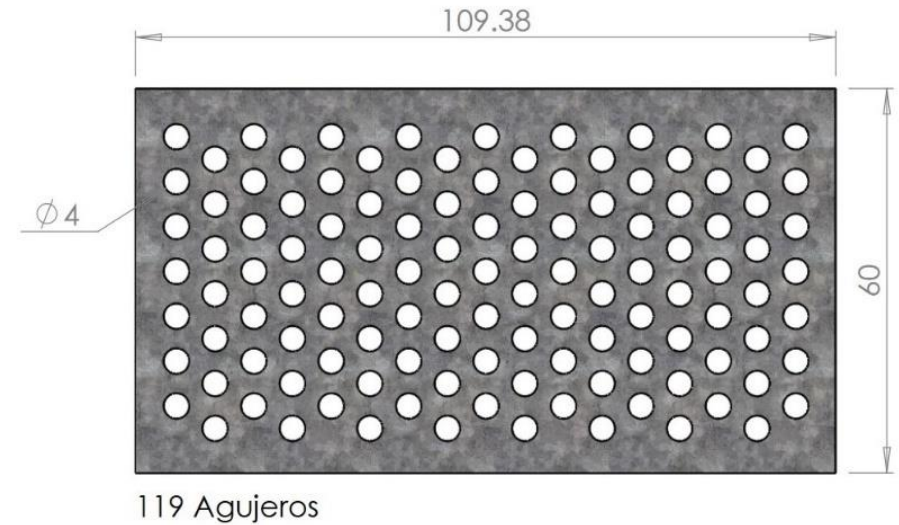
$$m_{\text{max\_papas}} = 50 \text{ kg} + (0.3 * 50 \text{ kg}) = 65 \text{ kg}$$

$$m_T = m_{tc} + m_{\text{max\_papas}}$$

$$m_T = 22,795 \text{ kg} + 65 \text{ kg}$$

$$m_T = 87,795 \text{ kg}$$

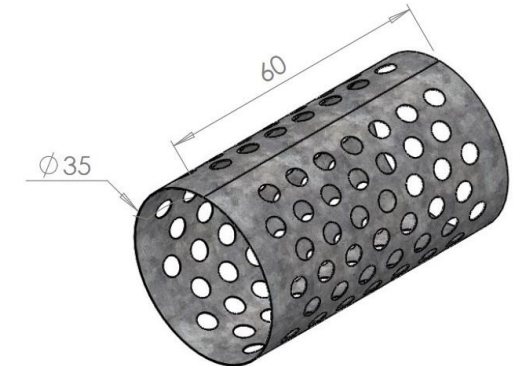
### Diseño de los cilindros giratorios



$$L = 2\pi * r = \pi * d$$

$$L = \pi * (0,35\text{m})$$

$$L = 1,09 \text{ m}$$



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Análisis del entorno de cargas

### Cargas radiales sobre el eje

Una vez establecido las masas de los cilindros y del producto (papas), se procede a determinar el peso que soportaría el eje ( $W_{eje}$ ).

$$W_{eje} = m_T * g$$

$$W_{eje} = 87,795 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

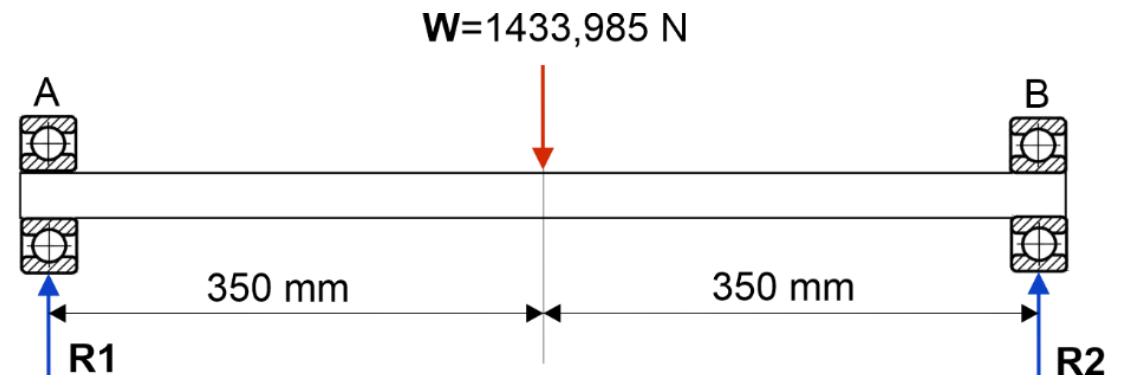
$$W_{eje} = 860,391 \text{ N}$$

Es necesario considerar un valor adicional del peso calculado anteriormente, esto por motivos de seguridad.

$$W_{eje\_seguro} = W_{eje} + \left(\frac{2}{3}\right) \cdot W_{eje}$$

$$W_{eje\_seguro} = 860,391 \text{ N} + \left(\frac{2}{3}\right) * 860,391 \text{ N}$$

$$W_{eje\_seguro} = 1433,985 \text{ N}$$





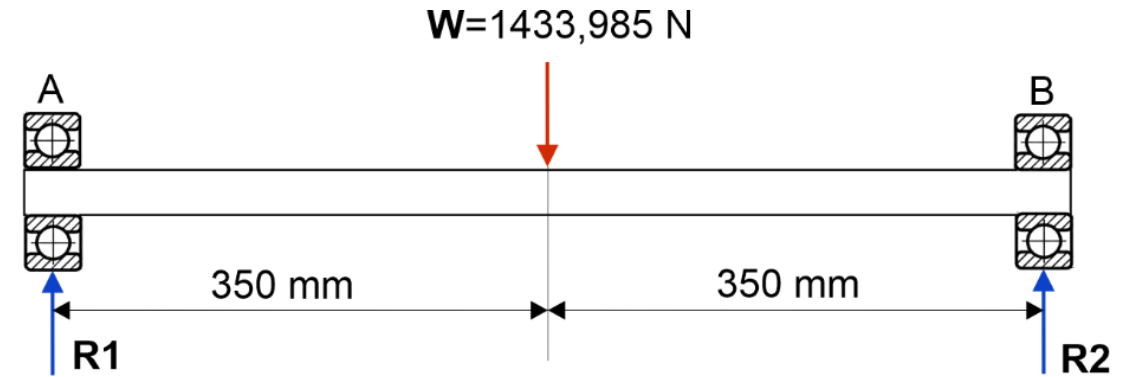
# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Análisis del entorno de cargas

### Cargas radiales sobre el eje

De acuerdo con el D.C.L., se realiza la sumatoria de fuerzas en el eje “y”, asumiendo valores positivos a las fuerzas verticales:

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \quad \uparrow + \\ R_1 + R_2 - W &= 0 \\ R_1 + R_2 &= W \\ R_1 + R_2 &= 1433,985 \text{ N} \quad (1)\end{aligned}$$



Sumatoria de momentos en el punto A

$$\begin{aligned}\sum M_A &= \text{Fuerza} * \text{distancia} = 0 \\ \sum M_A &= (W * d_1) - (R_2 * d_2) = 0 \\ (1433,985 \text{ N} * 0,35 \text{ m}) - (R_2 * 0,7 \text{ m}) &= 0 \\ 501,894 \text{ N.m} &= R_2 * 0,7 \text{ m} \\ \frac{501,894 \text{ N.m}}{0,7 \text{ m}} &= R_2 \\ R_2 &= 716,991 \text{ N}\end{aligned}$$

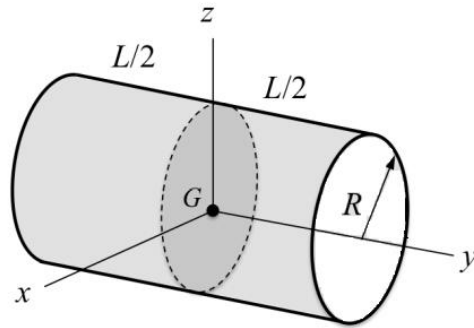


# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Momento de inercia de las masas

Permite determinar la resistencia del cuerpo a la aceleración angular.

### Inercia del cilindro clasificador

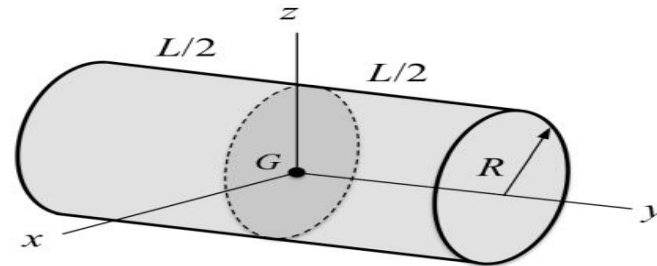


$$I_c = m * R \quad [kg.m^2]$$

$$I_c = (22,795 \text{ kg}) * (0,175 \text{ m})^2$$

$$I_c = 0,698 \text{ kg.m}^2$$

### Inercia del eje

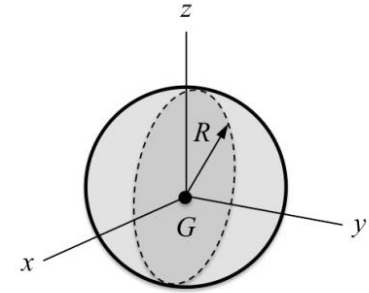


$$I_{eje} = \frac{1}{2} * m * R^2 \quad [kg.m^2]$$

$$I_{eje} = \frac{1}{2} * (22,414 \text{ kg}) * (0,0127 \text{ m})^2$$

$$I_{eje} = 0,0018075 \text{ kg.m}^2$$

### Inercia de las papas



$$I_p = \frac{2}{5} * m * R^2$$

$$I_p = \frac{2}{5} * (0,150 \text{ kg}) * (0,04 \text{ m})^2$$

$$I_p = 0,000096 \text{ kg.m}^2$$

$$I_{Tp} = I_p * \# \text{ papas}$$

$$I_{Tp} = (0,000096 \text{ kg.m}^2) * (333,3)$$

$$I_{Tp} = 0,03199 \text{ kg.m}^2$$



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Momento de inercia de las masas

### Momento de inercia total

- ✓ Inercia de los cilindros clasificadores ( $I_c$ )
- ✓ Inercia del eje ( $I_{eje}$ )
- ✓ Inercia de las papas ( $I_{Tp}$ )

$$I_T = I_c + I_{eje} + I_{Tp}$$

$$I_T = 0,698 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,0018075 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 + 0,03199 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_T = \mathbf{0,7317 \text{ kg/m}^2}$$

## Aceleración angular

Se determina para establecer el momento de torsión necesario que permitirá vencer la inercia total.

$$\alpha = \frac{w}{t}$$

$$w = 50 \frac{\text{rev.}}{\text{min.}} * \frac{2 * \pi \text{ rad.}}{1 \text{ rev.}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$w = 5,23 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = \frac{5,23 \text{ rad/s}}{0,5 \text{ s}}$$

$$\alpha = \mathbf{10,46 \text{ rad/s}^2}$$



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Dimensionamiento del motorreductor

### Momento de torsión (T)

Permite determinar el torque necesario para vencer la inercia total.

- ✓ Momento de inercia ( $I$ )
- ✓ Aceleración angular ( $\alpha$ )

$$T = I * \alpha$$

$$T = (0,7317 \text{ kg/m}^2) * (10,46 \text{ rad/s}^2)$$

$$T = 7,65 \text{ N.m}$$

### Potencia mínima del motor

$$P = T * \omega$$

$$P = (7,65 \text{ N.m}) * \left(5,23 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)$$

$$P = 40,01 \text{ W}$$

Transformación de unidades:

$$P = 40,01 \text{ W} * \frac{1 \text{ HP}}{745,7 \text{ W}}$$

$$P = 0,054 \text{ HP}$$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Dimensionamiento del motorreductor

### Par aplicado real

Es el par de salida que entrega el motorreductor seleccionado.

$$T_r = \frac{P_m \text{ [W]}}{\omega \text{ [rad/s]}} \quad [\text{N.m}]$$

$$T_r = \frac{120 \text{ W}}{50 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} \quad [\text{N.m}]$$

$$T_r = 22,92 \text{ N.m}$$

∴ Par aplicado real > Momento de torsión requerido

$$22,92 \text{ N.m} > 7,65 \text{ N.m}$$

### Características del motorreductor

Marca	HOULE
Modelo	5IK120W-C1F-GU-XG
Alimentación eléctrica	AC
Número de fases	1
Potencia	120 W
Voltaje	110 V
Corriente Nominal	1.53 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad de salida	50 RPM



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

Se considera un acero al carbono AISI 1018, el cual presenta las siguientes propiedades mecánicas:

- ✓ Resistencia Mecánica:  $S_u = 410 \frac{N}{mm^2} = 59,465 \text{ ksi}$
- ✓ Punto de fluencia:  $S_y = 235 \frac{N}{mm^2} = 235 \text{ MPa}$

Código ASME para el diseño de ejes:

El máximo esfuerzo al cual debe estar sometido, es el 30% del valor del punto de fluencia (límite elástico), sin sobrepasar el 18% del valor de la resistencia mecánica (esfuerzo último).



$$\sigma_{adm1} = 0,3 * S_y$$

$$\sigma_{adm1} = 0,3 * 235 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm1} = 70,5 \text{ MPa}$$



$$\sigma_{adm2} = 0,18 * S_u$$

$$\sigma_{adm2} = 0,18 * 410 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm2} = 73,8 \text{ MPa}$$

El esfuerzo permisible es de

$$\sigma_{adm} = 70,5 \text{ MPa}$$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

Se considera el criterio de fallas de Goodman modificado, esto debido a que, en el eje se presentan esfuerzos de flexión y esfuerzos de torsión.

- ✓ Punto crítico
- ✓ Factor de seguridad



Sistema de transmisión de potencia

*Coeficiente de seguridad, criterio de Goodman modificado ( $n$ ):*

$$\frac{1}{n} = \left[ \frac{\sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}}{S_e} + \frac{\sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}}{S_u} \right]$$

- ➡ Esfuerzos de flexión:  $\sigma_a, \sigma_m$
- ➡ Esfuerzos de torsión:  $\tau_a, \tau_m$
- ➡ Límite real de fatiga:  $S_e$
- ➡ Esfuerzo último:  $S_u$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

Fuerzas y momentos en el eje:

✓ Punto crítico de análisis es el D

$$M_E = 44,5 \text{ N.m} = 393,8582 \text{ lb/in}$$

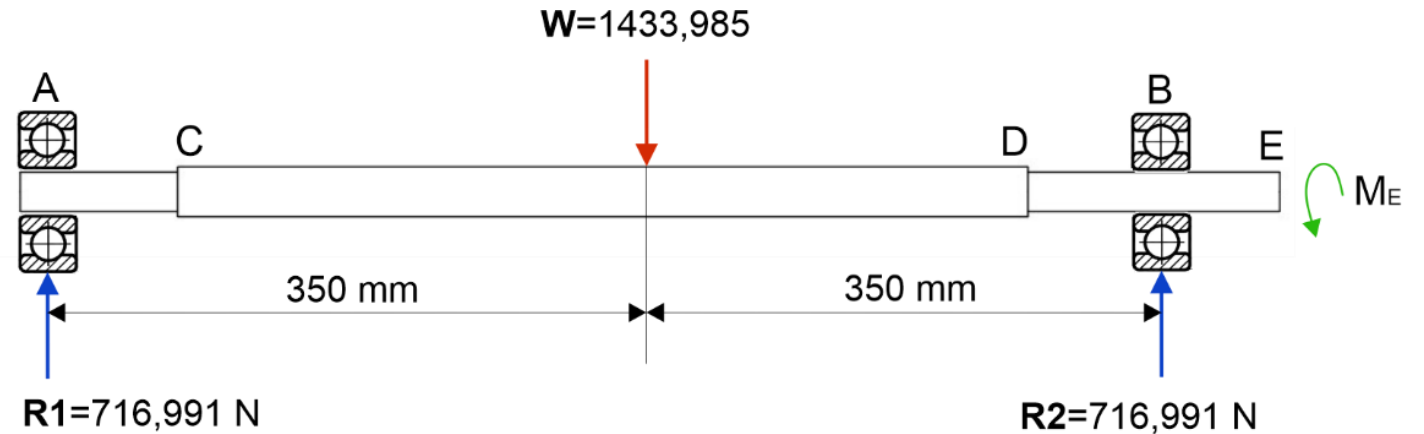
$$D_{BD} = 80 \text{ mm.}$$

$$M_D = R_2 * D_{BD}$$

$$M_D = (716,991 \text{ N}) * (0,080 \text{ m})$$

$$M_D = 57,35 \text{ N.m}$$

Diagrama de cuerpo libre en el eje



En el punto específico de estudio, el eje debe soportar infinitos ciclos de carga sin fracturarse, para ello se establece un límite real de fatiga.



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e$$

### Límite real de fatiga ( $S_e$ )

$K_a$ : Factor de superficie

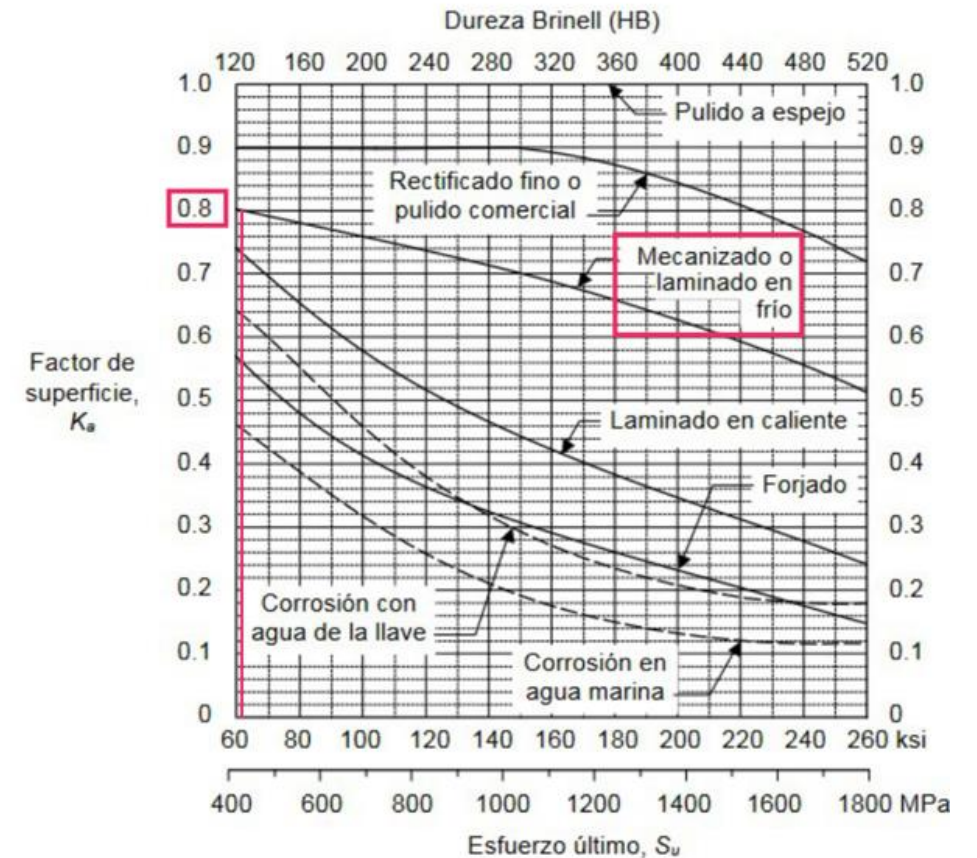
Si la superficie es rugosa, menor es su resistencia.

✓  $S_u = 410 \text{ MPa}$

✓ Mecanizado o laminado en frío

➔ Factor de superficie:

$$K_a = 0,8$$



Factores de superficie para el acero

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e$$

### Límite real de fatiga ( $S_e$ )

$K_b$ : Factor de tamaño

A un mayor tamaño del eje menor es su resistencia.

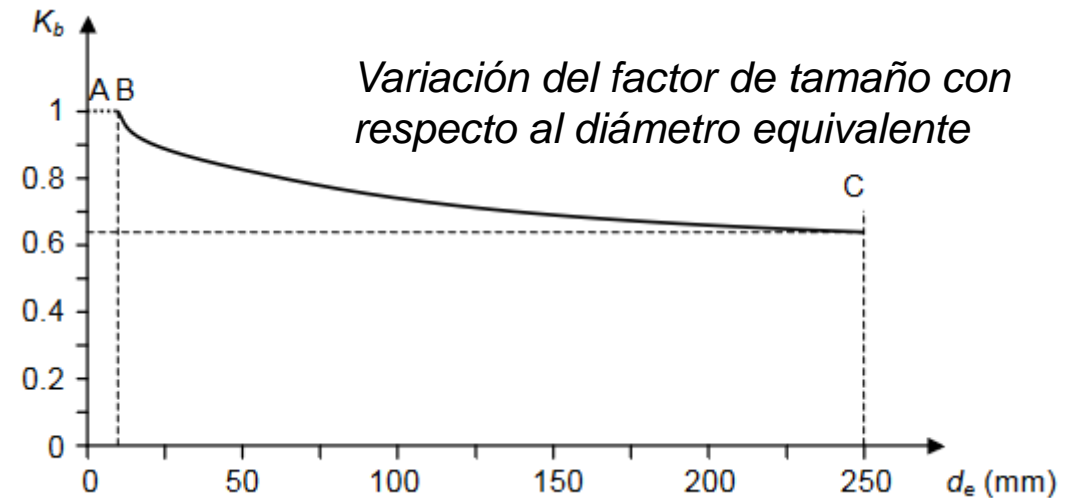
Para un diámetro de 31,75 mm, se obtiene el siguiente factor de tamaño:

$$\rightarrow K_b = 1,24 * (d_e)^{-0.107}$$

$$K_b = 1,24 * (31,75 \text{ mm})^{-0.107}$$

$$K_b = 0,86$$

$K_b = 1,$ si $d_e \leq 8 \text{ mm (0.3 in)}$	} Flexión o torsión
$K_b = 1.24d_e^{-0.107},$ si $8 \leq d_e \leq 51 \text{ mm}$	
$K_b = 1.51d_e^{-0.157},$ si $51 < d_e \leq 254 \text{ mm}$	
$(K_b = 0.879d_e^{-0.107},$ si $0.3 \leq d_e \leq 2 \text{ in})$	
$(K_b = 0.91d_e^{-0.157},$ si $2 < d_e \leq 10 \text{ in})$	
$K_b \approx 0.6,$ si $d_e > 254 \text{ mm (10 in)}^{[1]}$	



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e$$

### Límite real de fatiga ( $S_e$ )

$K_c$ : Factor de confiabilidad

- ✓ Se basa en datos experimentales.
- ✓ Las curvas y datos recolectados corresponden a la “media” de esos valores.
- ✓ La confiabilidad de estos valores es del 50%.

➔ Considerando un 50% de confiabilidad, se obtiene un factor de confiabilidad de:

$$K_c = 1$$

Confiabilidad (%)	50	90	99	99.9	99.99	99.999
$K_c$	1	0.897	0.814	0.753	0.702	0.659

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e$$

### Límite real de fatiga ( $S_e$ )

$K_d$ : Factor de temperatura

- ✓ Temperaturas bajas: un acero es más frágil .
- ✓ Temperaturas altas: la resistencia de tracción y fatiga se reduce.

$$K_d = \left\{ \begin{array}{l} 1, \quad 20 \leq T_{emp} \leq 250 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \text{De lo contrario, tener en cuenta los diversos efectos de altas temperaturas} \end{array} \right\} \text{ SÓLO PARA ACEROS}$$

➡ Temperatura ambiente de 25 °C

$$K_d = 1$$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e$$

Límite real de fatiga ( $S_e$ )

$K_e$ : Factor de efectos varios

✓ Corrosión o esfuerzos residuales.

➔  $K_e = 1$

$K_f$ : Factor de carga

$$K_{car} = \begin{cases} 1, & \text{flexión (o torsión si se calculan los esfuerzos equivalentes de von Mises)} \\ 0.577, & \text{torsión} \\ 0.7, & \text{carga axial} \end{cases}$$

Debido a que el eje, está sometido tanto a flexión como a torsión, se considera un factor de carga de 1.

$$K_f = K_{car} = 1$$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

### Límite real de fatiga ( $S_e$ )

$S'_e$ : Límite de resistencia a la fatiga

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$S'_e = 0,5 * S_u \quad \rightarrow \quad S_u = 410 \text{ MPa}$$

$$S'_e = 0,5 * (410 \text{ MPa})$$

$$S'_e = 205 \text{ MPa}$$

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e$$

Reemplazando los valores en la ecuación:

$$S_e = 0,8 * 0,86 * 1 * 1 * 1 * 1 * 205 \text{ MPa}$$

$$S_e = 141,04 \text{ MPa} = 20,456 \text{ ksi}$$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

**Concentradores de esfuerzos** → Son originados debido a los cambios de sección, discontinuidades, perforaciones o ranuras a lo largo del eje.

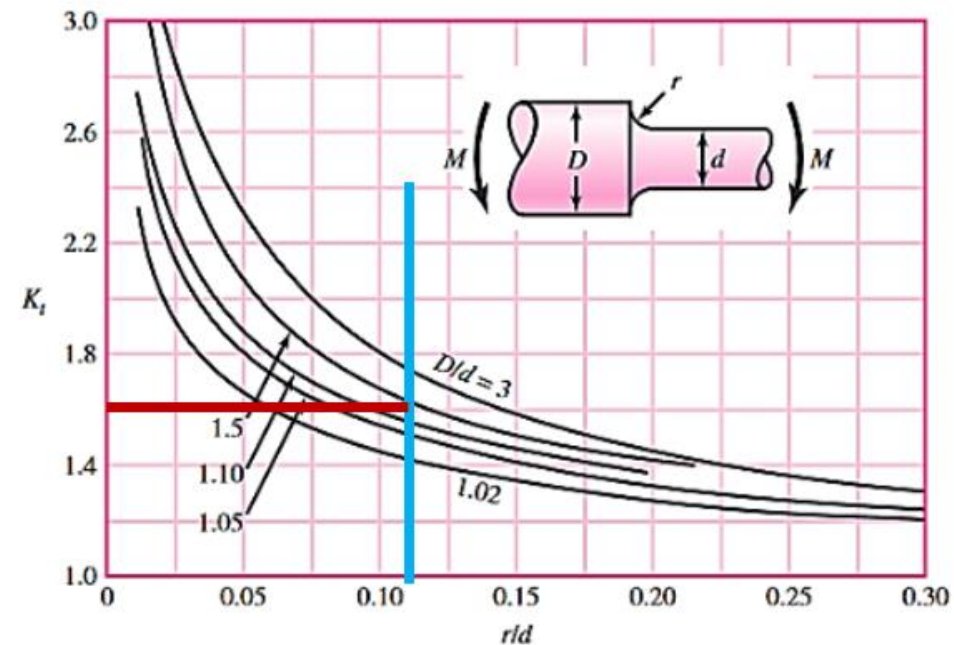
## Esfuerzos de flexión

$$\sigma_{max} = K_t * \frac{M * C}{I} \quad [psi]$$

- ✓  $K_t$  - factor de concent. de esfuerzos a flexión
- ✓  $M$  - Momento flector
- ✓  $I$  - Momento de inercia

$$C = d/2$$

$$\frac{r}{d} = \frac{3 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}} = 0.118 \quad \frac{D}{d} = \frac{31,75 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}} = 1,25$$



↓  
 $K_t = 1,6$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

### Concentradores de esfuerzos

### Esfuerzos de flexión

$$\sigma_{max} = K_t * \frac{M * C}{I} \quad [psi]$$

✓  $I$  – Momento de inercia

$$I = \frac{\pi * (D^4 - d^4)}{64}$$

✓  $M$  – Momento flector

$$M = M_D = 57,35 \text{ N.m} = 507,590 \text{ lb.in}$$

$$C = \frac{d}{2} = \frac{25.4 \text{ mm}}{2} = 12,7 \text{ mm} = 0,5 \text{ in}$$

Reemplazando los valores:

$$\sigma_{max} = 1,6 * \frac{(507,590 \text{ lb.in}) * (0,5 \text{ in})}{\pi * \frac{((1,25 \text{ in})^4 - (1 \text{ in})^4)}{64}}$$

$$\sigma_{max} = 5739,139 \text{ psi}$$

$$\sigma_{max} = \sigma_{min}$$

$$\sigma_{amplitud} = \frac{\sigma_{max} - (-\sigma_{min})}{2} = \sigma_{max}$$

$$\sigma_{medio} = \frac{\sigma_{max} + (-\sigma_{min})}{2} = 0$$





# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

### Concentradores de esfuerzos

### Esfuerzos de torsión

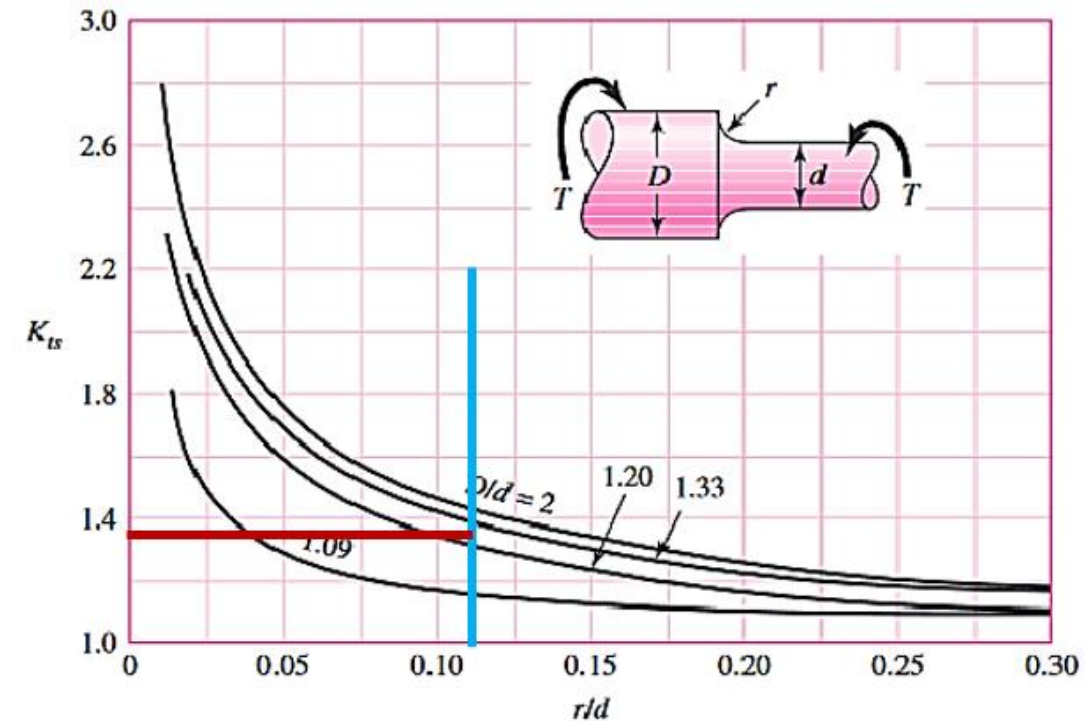
$$\tau_{max} = K_{ts} * \frac{T * C}{I} \quad [psi]$$

- ✓  $K_{ts}$  - factor de concent. de esfuerzos a torsión
- ✓  $M$  - Momento de torsión
- ✓  $I$  - Momento de inercia

$$C = d/2$$

$$\frac{r}{d} = \frac{3 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}} = 0.118$$

$$\frac{D}{d} = \frac{31,75 \text{ mm}}{25,4 \text{ mm}} = 1,25$$



➔  $K_{ts} = 1,38$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

### Concentradores de esfuerzos

### Esfuerzos de torsión

$$\tau_{max} = K_{ts} * \frac{T * C}{I} \quad [psi]$$

✓  $I$  – Momento de inercia

$$I = \frac{\pi * (D^4 - d^4)}{32}$$

✓  $M$  – Momento flector

$$M_E = 393,8582 \text{ lb.in}$$

$$C = \frac{d}{2} = \frac{25.4 \text{ mm}}{2} = 12,7 \text{ mm} = 0,5 \text{ in}$$

Reemplazando los valores:

$$\tau_{max} = 1,38 * \frac{(393,8582 \text{ lb.in}) * (0,5 \text{ in})}{\frac{\pi * ((1,25 \text{ in})^4 - (1 \text{ in})^4)}{64}}$$

$$\tau_{max} = 3840,897 \text{ psi}$$

$$\tau_{amplitud} = 0$$

$$\tau_{medio} = \tau_{max}$$



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del eje

Factor de seguridad

$$\frac{1}{n} = \left[ \frac{\sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}}{S_e} + \frac{\sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}}{S_u} \right]$$

Despejando el coeficiente de seguridad ( $n$ ) y reemplazando los valores

$$n = \frac{1}{\left[ \frac{\sqrt{(5739,139 \text{ psi})^2 + 3(0)^2}}{20456 \text{ psi}} + \frac{\sqrt{(0)^2 + 3(3840,897 \text{ psi})^2}}{59465 \text{ psi}} \right]}$$

$n = 2,54$

El valor del coeficiente de seguridad ( $n$ ) en el punto crítico de estudio es de 2,54, por lo tanto, el eje soportará infinitos ciclos de carga sin llegar a la falla por fatiga, al ser sometido a esfuerzos de flexión y torsión.

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Selección de rodamientos

Capacidad de carga dinámica ( $C$ )

$$C = P \left( \frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

✓ Carga aplicada ( $P$ )

$$P = 1433,985 N$$

✓ Tipo de rodamiento ( $k$ )

Rodamiento de bolas  $k = 3$

✓ Duración del rodamiento en revoluciones ( $L_d$ )

$$L_d = (L)(n)(60 \text{ mi } n/h)$$

❖  $n$  - Número de rpm

❖  $L$  - Horas de duración recomendada para rodamientos

Tipo de Aplicación	Vida L (kh)
Instrumentos y aparatos de uso poco frecuente	Hasta 0,5
Motores de avión	0,5 - 2
Máquinas para operación breve o intermitente, donde la interrupción del servicio es de poca importancia	4 - 8
Máquinas para servicio intermitente, donde la operación confiable es de gran importancia	8 - 14
Máquinas para servicio de 8h que no siempre se utilizan plenamente	14 - 20
Máquinas para servicio de 8h que se utilizan plenamente	20 - 30
Máquinas para servicio continuo las 24h	50 - 60
Máquinas para servicio continuo las 24h, donde la confiabilidad es de suma importancia	100 - 200

*Duración recomendada para rodamientos*

$$L = 14000 h.$$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Selección de rodamientos

- ✓ Duración del rodamiento en revoluciones ( $L_d$ )

$$L_d = (L)(n)(60 \text{ min/h})$$

$$L_d = (14000 \text{ h}) \left( 35 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \right) (60 \text{ min/h})$$

$$L_d = 29,4 * 10^6 \text{ revoluciones}$$

- ✓ Capacidad de carga dinámica ( $C$ )

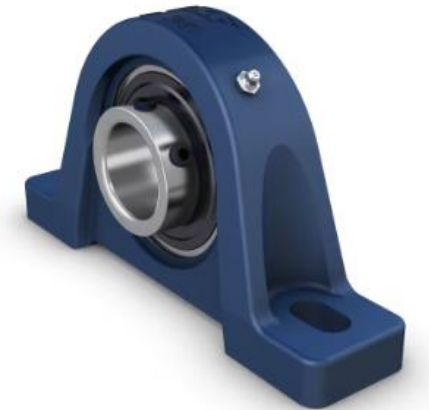
$$C = P \left( \frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}}$$

$$C = (1433,985 \text{ N}) \left( \frac{29,4 * 10^6 \text{ rev}}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 4,425 \text{ kN}$$

➔ UCP 205-16

Carga dinámica:  
 $C = 14 \text{ kN}$



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del sistema de transmisión por cadena

### Tipo de carga y Factor de servicio

#### ✓ Potencia de diseño

$$P_d = 1,5 * P_e * F_s$$

#### ✓ Potencia del motorreductor ( $P_e$ )

#### ✓ Factor de servicio ( $F_s$ ),

$$P_e = 120 W$$

$$P_d = 1,5 * (120 W) * (1)$$

$$P_d = 0.180 kW$$

Tipo de carga	Ejemplo de máquinas	Motor eléctrico o Turbina	Motor de combustión interna	
			Trans, hidráulica	Trans, mecánica
<b>Uniforme</b>	Agitadores de líquidos. Bombas centrífugas y de engranajes. Compresores centrífugos. Elevadores y transportadores con carga regular. Generadores y alternadores. Hiladoras. Maquinaria de imprenta. Maquinaria para la fabricación de papel. Montacargas y ascensores. Teleféricos. Máquinas herramientas (tornos, taladradoras, fresadoras, rectificadoras). Ventiladores y máquinas soplantes.	1	1	1.2
<b>Pulsante</b>	Agitadores de sustancias poco fluidas. Bombas de émbolo de más de 2 cilindros. Compresores alternativos de más de 2 cilindros. Hélices (aplicaciones marinas). Elevadores y transportadores con carga irregular. Laminadoras. Mezcladores. Maquinaria para carpintería. Maquinaria para formar tubos. Trefiladoras. Molinos para materias homogéneas y blandas. Telares.	1.3	1.2	1.4
<b>De Impacto</b>	Laminadora para la industria del caucho. Bombas de 1 y 2 cilindros. Dragas. Excavadoras. Elevadores y transportadores con carga muy irregular y pesada. Grúas. Maquinaria para perforación. Maquinaria para fabricar ladrillos. Máquinas herramientas (prensas, cizallas, limadoras, cepilladoras). Molinos para materias duras e irregulares. Rotocultivadores. Trituradoras. Aparejos de elevación.	1.5	1.4	1.7

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del sistema de transmisión por cadena

### ✓ Paso de la cadena

- Número de ramales de 1
- potencia de diseño
- Velocidad angular

$$P_d = 0.18 \text{ kW}$$

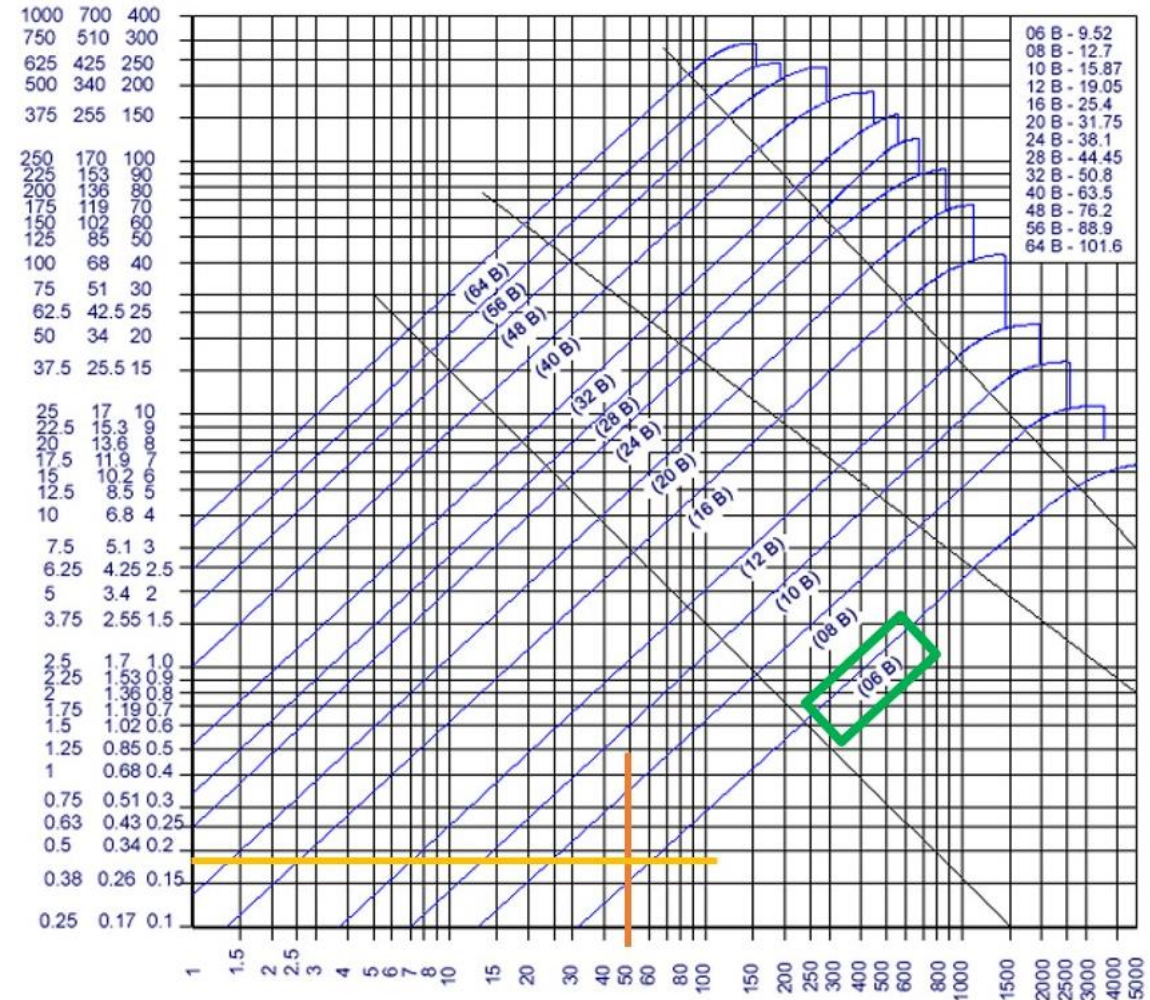
$$w = 50 \text{ rpm}$$

**Cadena 06B**

**Paso de  $3/8 \text{ in} = 9,525 \text{ mm}$ .**

Potencia PM en Kw  
Número de ramales

Selección de cadenas Norma DIN 8187



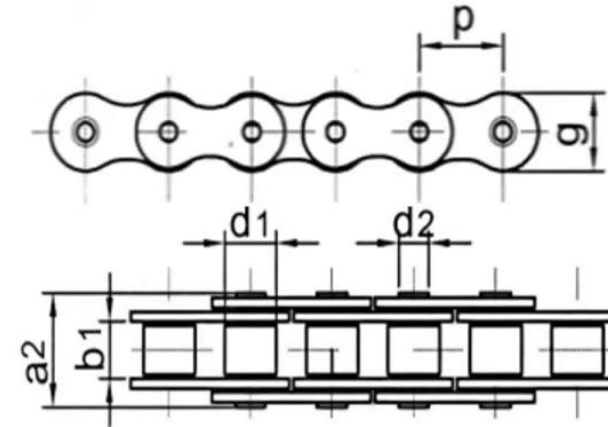
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del sistema de transmisión por cadena

### ✓ Dimensión del eslabón

$$b_1 = 5,72 \text{ mm.}$$



ISO Nr.	Paso (P)		b <sub>1</sub> [mm]	d <sub>2</sub> [mm]	d <sub>1</sub> [mm]	a <sub>2</sub> [mm]	g [mm]	F <sub>B</sub> [N]	q [kg/m]
	Pitch [P]								
	[mm]	[inch]	min.		max.	max.	max.	min.	≈
04-1	6	-	2,8	1,85	4	7,4	5	3.000	0,12
05B-1	8	-	3	2,31	5	8,6	7,11	4.600	0,18
06B-1	9,525	3/8"	5,72	3,28	6,35	13,5	8,26	9.100	0,41
081-1	12,7	1/2"	3,3	3,66	7,75	10,2	9,91	8.200	0,28
083-1	12,7	1/2"	4,88	4,09	7,75	12,9	10,3	12.000	0,44
084-1	12,7	1/2"	4,88	4,09	7,75	14,8	11,15	16.000	0,49
08B-1	12,7	1/2"	7,75	4,45	8,51	17	11,81	18.200	0,7
10B-1	15,875	5/8"	9,65	5,08	10,16	19,6	14,73	22.700	0,95
12B-1	19,05	3/4"	11,68	5,72	12,07	22,7	16,13	29.500	1,25

*Dimensiones de una cadena de rodillos simple DIN 8187*



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del sistema de transmisión por cadena

### ✓ Número de dientes del piñón

Capacidad de una cadena estándar sencilla de rodillos con paso 3/8 in

- velocidad de 50 rpm
- potencia de diseño de 0,180 kW

$$Z_p = 19 \text{ dientes}$$

Lubricación Tipo A:

A mano, con aceitera o brocha.

No. de dientes piñón conductor	R.P.M DEL PIÑON CONDUCTOR																
	50	100	300	500	700	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
9	0.08	0.15	0.39	0.62	0.84	1.06	1.37	1.68	1.98	2.27	2.65	2.17	1.73	1.41	1.18	1.01	0.88
10	0.09	0.16	0.44	0.70	0.95	1.19	1.54	1.88	2.21	2.54	2.97	2.55	2.02	1.65	1.39	1.18	1.03
11	0.10	0.18	0.49	0.77	1.05	1.31	1.70	2.08	2.45	2.82	3.30	2.94	2.33	1.91	1.60	1.37	1.18
12	0.11	0.20	0.54	0.85	1.15	1.44	1.87	2.29	2.70	3.10	3.62	3.35	2.66	2.17	1.82	1.56	1.35
13	0.12	0.22	0.59	0.93	1.26	1.57	2.04	2.49	2.94	3.38	3.95	3.77	3.00	2.45	2.05	1.75	1.52
14	0.13	0.24	0.63	1.01	1.36	1.71	2.21	2.70	3.18	3.66	4.28	4.22	3.35	2.74	2.30	1.96	1.70
15	0.14	0.25	0.68	1.08	1.47	1.84	2.38	2.91	3.43	3.94	4.61	4.68	3.71	2.94	2.55	2.17	1.88
16	0.15	0.27	0.73	1.16	1.57	1.97	2.55	3.12	3.68	4.22	4.94	5.15	4.09	3.35	2.81	2.40	2.08
17	0.16	0.29	0.78	1.24	1.68	2.10	2.73	3.33	3.93	4.51	5.28	5.64	4.48	3.67	3.07	2.62	2.27
18	0.17	0.31	0.83	1.32	1.78	2.24	2.90	3.54	4.18	4.80	5.61	6.15	4.88	3.99	3.35	2.86	2.48
19	0.18	0.3	0.88	1.40	1.89	2.37	3.07	3.76	4.43	5.09	5.95	6.67	5.29	4.33	3.63	3.10	2.69
20	0.19	0.35	0.93	1.48	2.00	2.51	3.25	3.97	4.68	5.38	6.29	7.20	5.72	4.68	3.92	3.35	2.90
40	0.39	0.73	1.97	3.12	4.23	5.30	6.87	8.40	9.89	11.4	13.3	15.7	16.2	13.2	11.1	9.47	
45	0.45	0.83	2.24	3.55	4.80	6.02	7.80	9.53	11.2	12.9	15.1	17.8	19.3	15.8	13.2	11.3	
	Lubricación Tipo A	Lubricación Tipo B															Lu
	LUBRICACIÓN TIPO A: A mano, con aceitera o brocha. LUBRICACIÓN TIPO B: En baño de aceite o por salpique. LUBRICACIÓN TIPO C: Al chorro bajo presión.																
	Cuando se multiplique l																



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del sistema de transmisión por cadena


✓ Número de dientes de la corona

$$i = \frac{Z_p}{Z_c} \rightarrow 1 = \frac{19 \text{ dientes}}{Z_c}$$

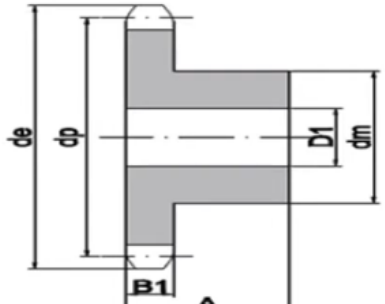
$$Z_c = 19 \text{ dientes}$$



5/8"x3/8" 10B-1	Z	d <sub>e</sub>	d <sub>p</sub>	d <sub>m</sub>	Simple D <sub>1</sub>	A
s/ DIN 8187 ISO/R 606	8	47	41,48	25	10	25
	9	52,6	46,42	30	10	25
	10	57,5	51,37	35	10	25
	11	63	56,34	37	12	30
	12	68	61,34	42	12	30
	13	73	66,32	47	12	30
	14	78	71,34	52	12	30
	15	83	76,36	57	12	30
	16	88	81,37	60	12	30
	17	93	86,39	60	12	30
	18	98,2	91,40	70	14	30
	19	103,3	96,45	70	14	30
	20	108,4	101,49	75	14	30
	21	113,4	106,52	75	16	30
	22	118	111,55	80	16	30
	23	123,4	116,58	80	16	30
	24	128,3	121,62	80	16	30
	25	134	126,66	80	16	30



Z<sub>p</sub>=19



$$D_p = 96,45 \text{ mm}$$

$$d_m = 70 \text{ mm}$$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del sistema de transmisión por cadena

$$Z_c = Z_p = 19 \text{ dientes.}$$

### ✓ Número de eslabones

$$N_e = 2 * C + \frac{Z_c + Z_p}{2} + \frac{(Z_c - Z_p)^2}{4 * C * \pi^2}$$

- $C$  representa la distancia entre centros expresado en pasos
  - $C$  es *pequeña*: genera un desgaste prematuro de la cadena
  - $C$  es *grande*: presentan problemas de flexión y la cadena se torna muy pesada

$$50 \geq C \geq 30$$

$$N_e = 2 * (40) + \frac{19 + 19}{2} + \frac{(19 - 19)^2}{4 * C * \pi^2} = 99 \text{ eslabones}$$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del sistema de transmisión por cadena

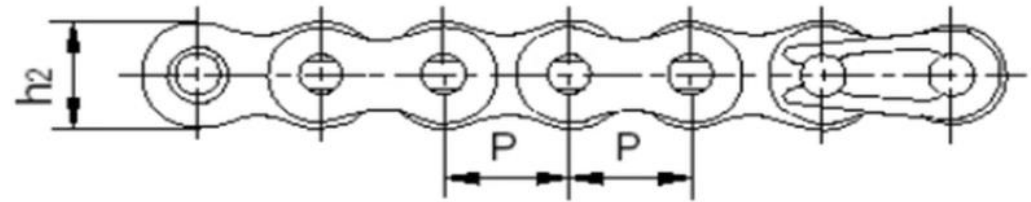
### ✓ Longitud de la cadena

$$L_c = N_e * P$$

- Paso de la cadena ( $P$ )
- Número de eslabones ( $N_e$ )

$$L_c = (99) * (9,525 \text{ mm})$$

$$L_c = 942,975 \text{ mm}$$



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diseño del sistema de transmisión por cadena

$$Z_c = Z_p = 19 \text{ dientes.}$$

### ✓ Corrección de la distancia entre centros

$$C_c = \frac{P}{8} \left( 2 * N_e - Z_c - Z_p + \sqrt{(2 * N_e - Z_c - Z_p)^2 - \frac{\pi}{3,88} * (Z_c - Z_p)^2} \right)$$

- Paso de la cadena ( $P$ )
- Número de eslabones ( $N_e$ )

$$C_c = \frac{9,525 \text{ mm}}{8} \left( (2 * 99) - 19 - 19 + \sqrt{(2 * 99 - 19 - 19)^2 - \frac{\pi}{3,88} * (19 - 19)^2} \right)$$

$$C_c = 381 \text{ mm}$$

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Selección de componentes eléctricos

### **Motorreductor**

- ✓ Velocidad de giro en los cilindros clasificadores

Características del motorreductor	
Marca	HOULE
Modelo	5IK120W-C1F-GU-XG
Alimentación eléctrica	AC
Número de fases	1
Potencia	120 W
Voltaje	110 V
Corriente Nominal	1.53 A
Frecuencia	60 Hz
Velocidad de salida	50 RPM



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Selección de componentes eléctricos

### Interrupor termomagnético

- ✓ La corriente nominal del motorreductor

$$I_{nom} = 1,53 A$$

- ✓ Corriente máxima admisible

$$I_{m\acute{a}x} = 1,5 * I_n$$

$$I_{m\acute{a}x} = 1,5 * (1,53 A)$$

$$I_{m\acute{a}x} = 2,29 A$$

### Características del interruptor termomagnético

Marca	Schneider
Alimentación eléctrica	AC
Voltaje	120 V
Corriente Nominal	4 A
Número de polos	1



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Selección de componentes eléctricos

### Relé térmico

- ✓ Corriente máxima admisible

$$I_{m\acute{a}x} = 2,29 A$$

#### Características del relé térmico

Marca	EasyPact
Alimentación eléctrica	Corriente Alterna
Voltaje	110 – 240 V
Clase	10
Rango de corriente	1,6 – 2,5 A
Número de polos	3





# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Selección de componentes eléctricos

### Contactor

- ✓ Voltaje y la corriente del motorreductor

#### Características del contactor

Marca	CHINT
Alimentación eléctrica	Corriente Alterna
Voltaje	110 – 240 V
Corriente Nominal	10 A
Número de polos	3
Clase	AC3



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Selección de componentes eléctricos

### Conductor eléctrico

- ✓ Amperaje del motorreductor.
- ✓ Voltaje de alimentación
- ✓ Condiciones de trabajo

$$I_{tr} = I_n + 0,3 * I_n$$

$$I_{tr} = (1,53) + 0,3 * (1,53)$$

$$I_{tr} = 1,98A$$

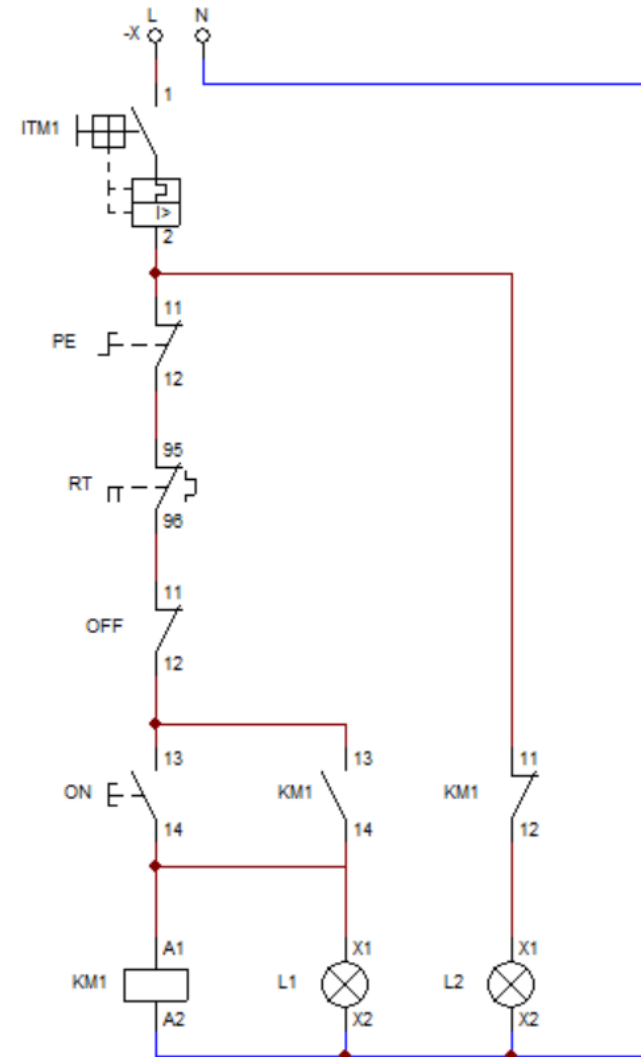
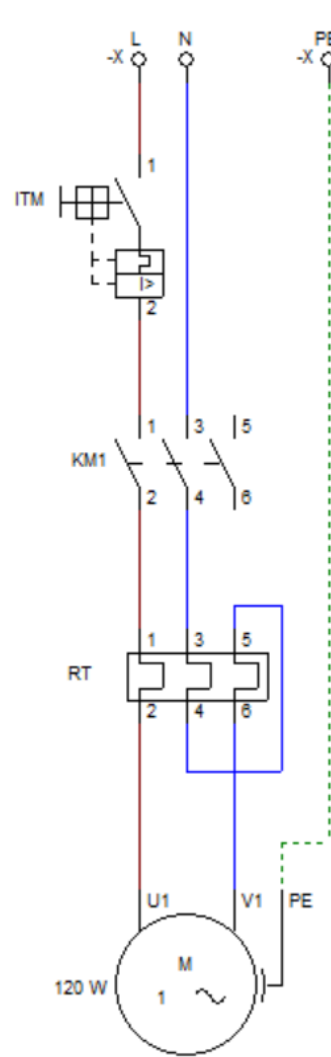
Amperaje que soportan los cables de cobre			
Temperatura:	60°C	75°C	90°C
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XNNW-2, THWN-2
Calibre AWG	Amperaje		
14	15 A	15 A	15 A
12	20 A	20 A	20 A
10	30 A	30 A	30 A
8	40 A	50 A	55 A
6	55 A	65 A	75 A
4	70 A	85 A	95 A
3	85 A	100 A	115 A
2	95 A	115 A	130 A
1	110 A	130 A	145 A

- ✓ Calibre 14 AWG
- ✓ Tipo de aislante THW
- ✓ Capacidad de corriente: 15 A

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diagrama eléctrico

- ✓ Diagrama de potencia
- ✓ Diagrama de control

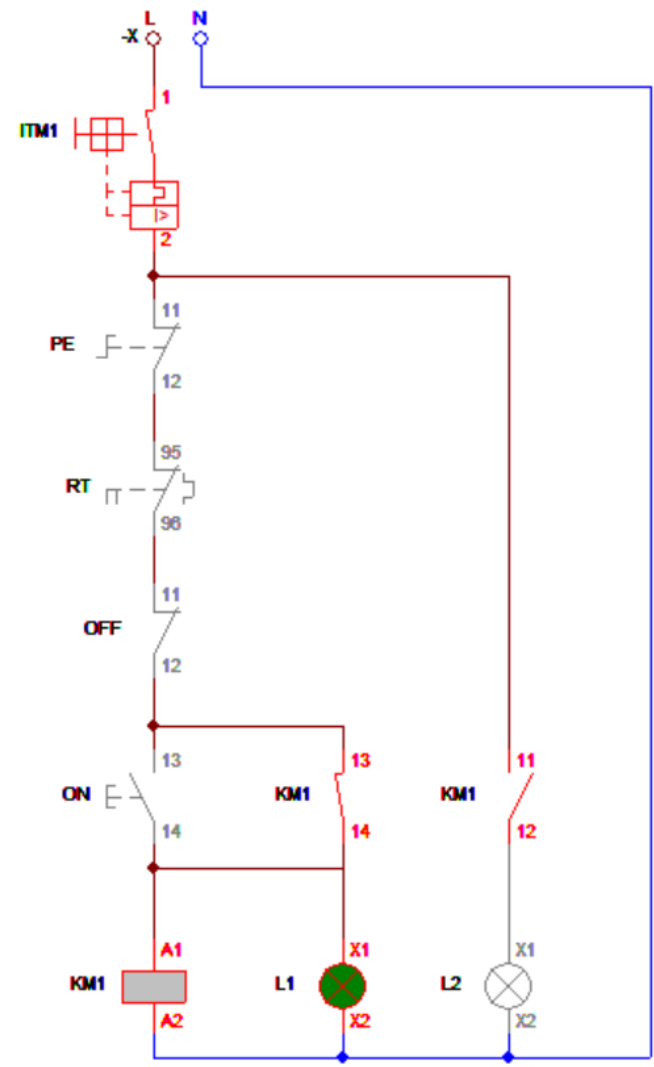
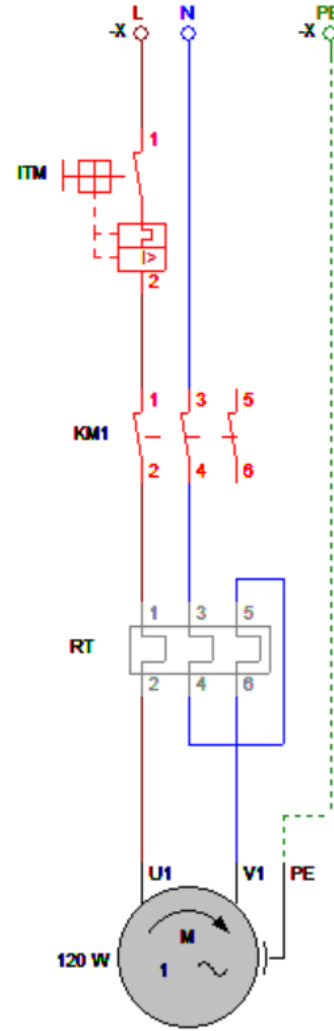


# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Diagrama eléctrico

Funcionamiento:

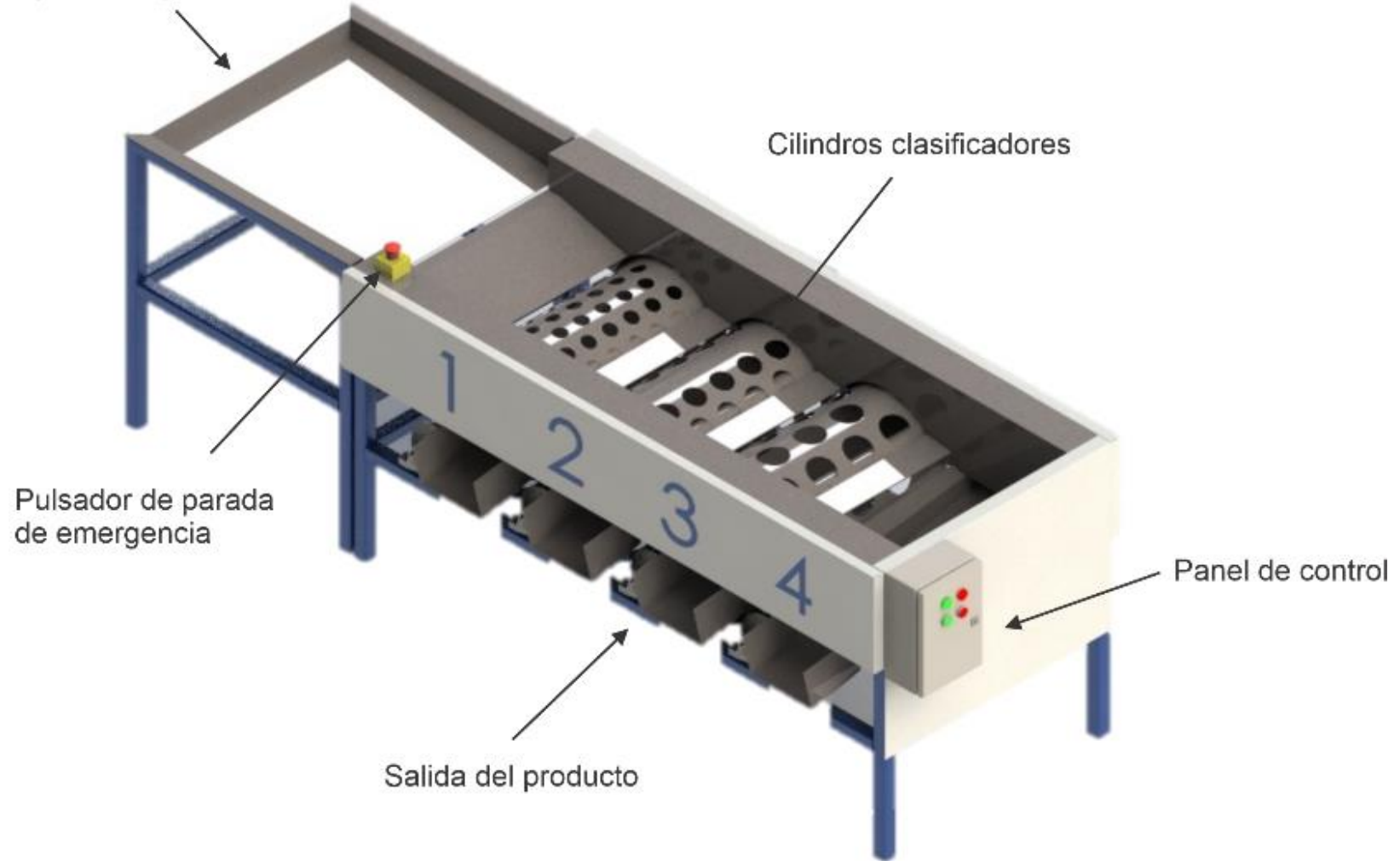
- ✓ *Diagrama de potencia*
- ✓ *Diagrama de control*



# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Modelado 3D

Ingreso del producto



Cilindros clasificadores

Pulsador de parada de emergencia

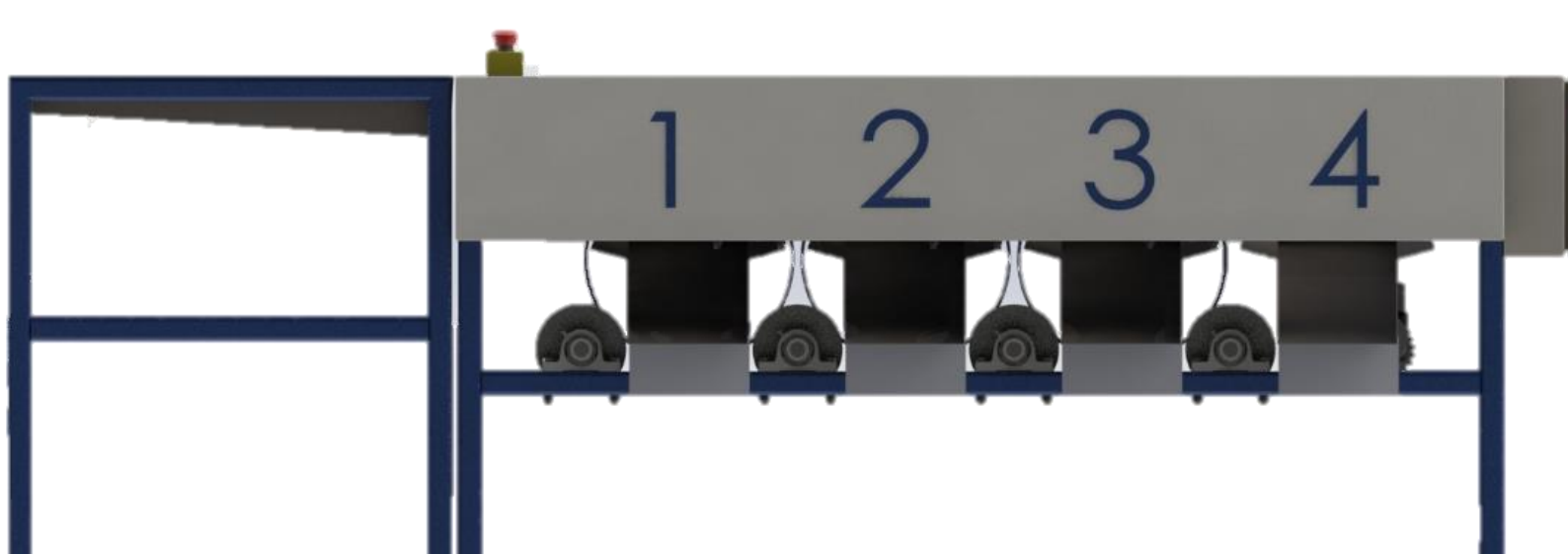
Panel de control

Salida del producto

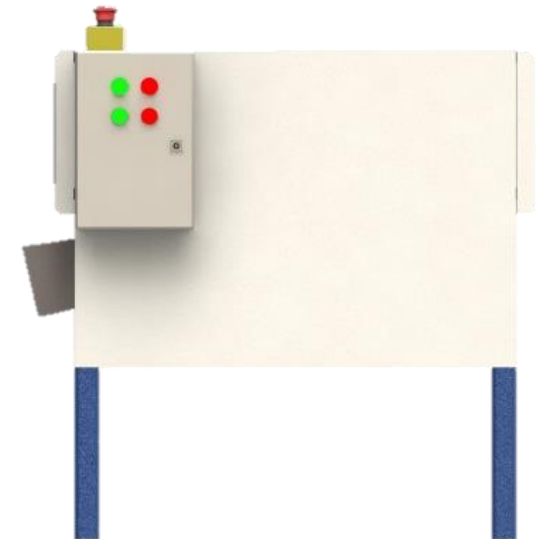


# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

## Modelado 3D



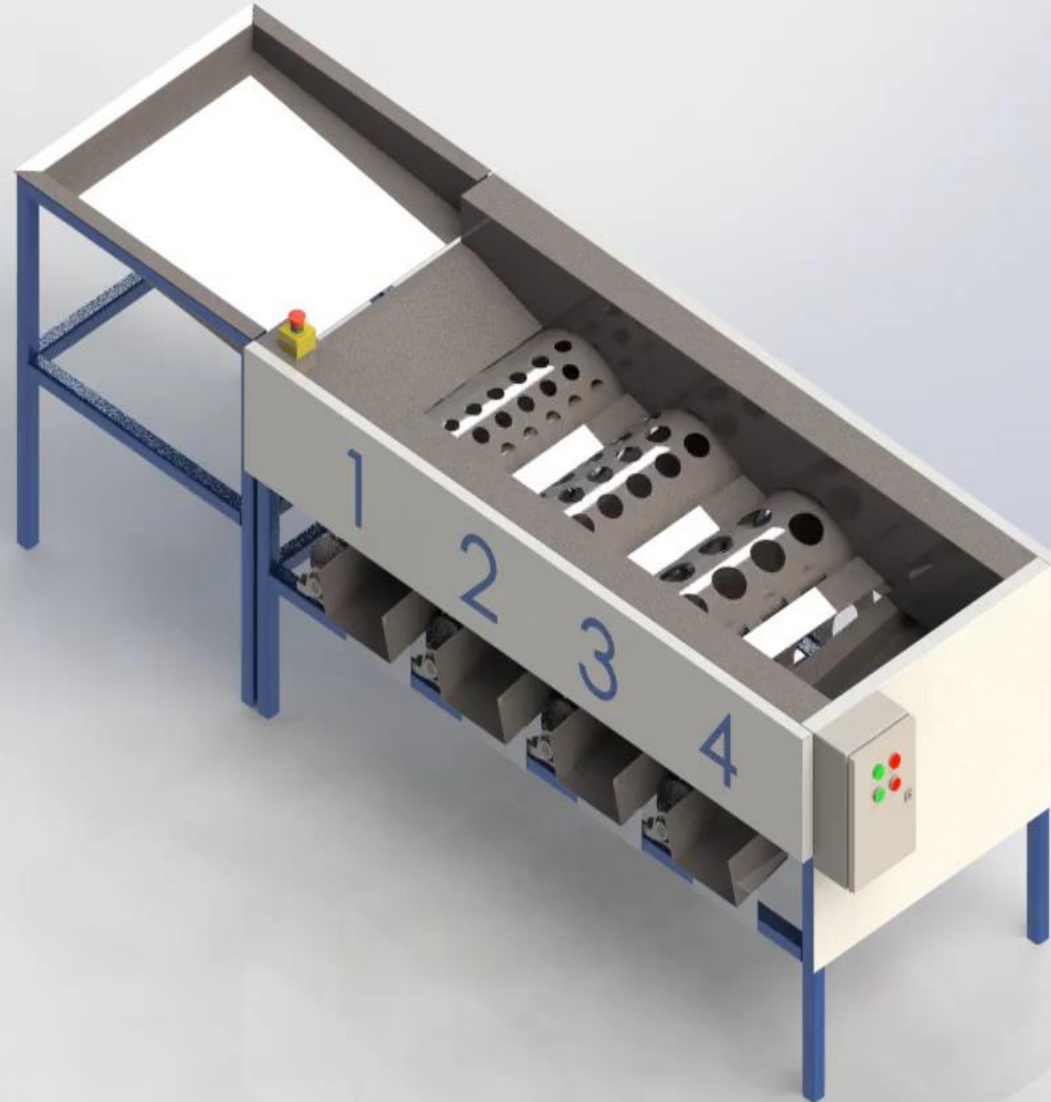
Vista frontal



Vista lateral

# DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIFICADORA

Modelado 3D



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIF.

## Fabricación de la estructura



Corte de los perfiles

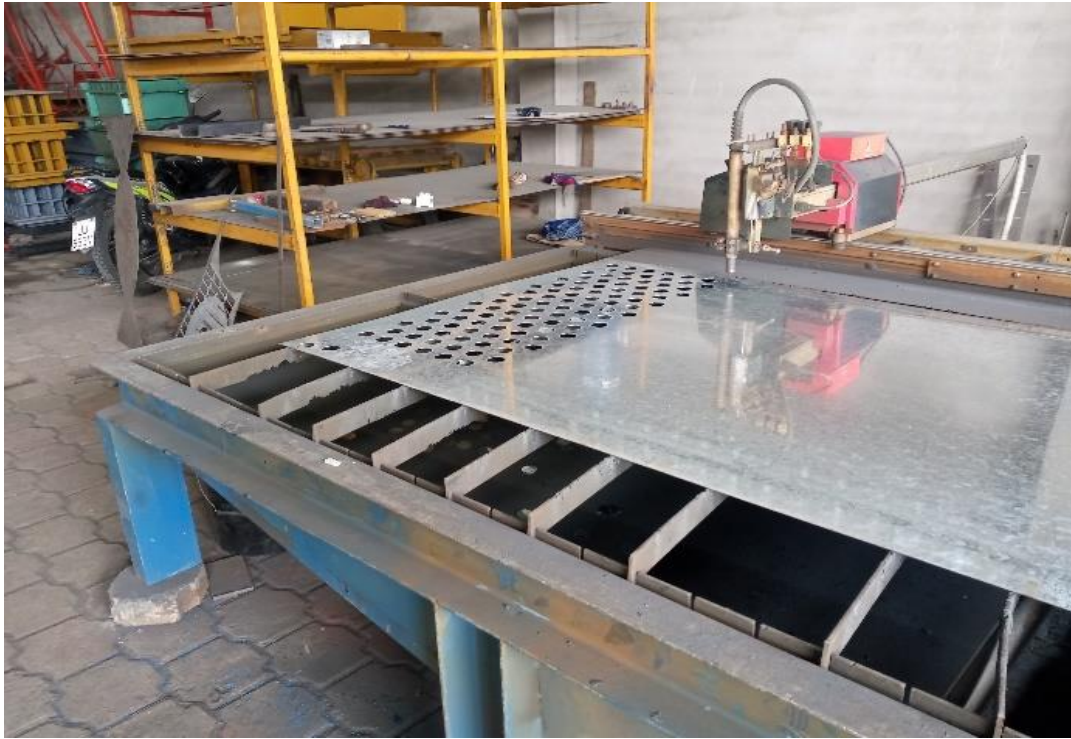


Soldadura y pulido



# CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIF.

## Construcción de los cilindros clasificadores



Corte CNC por plasma



Pulido de los agujeros y proceso de barolado

# CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIF.

## Ensamblaje de los componentes principales



Sistema de transmisión de potencia



Cilindros clasificadores

# CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIF.

## Acabados superficiales



Aplicación de esmalte anticorrosivo



Aplicación de PRIMER



# CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIF.

Ensamblaje de todos los componentes



Ejes de transmisión



Bandejas de ingreso y salida

# CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE MAQ. CLASIF.

## Presentación final

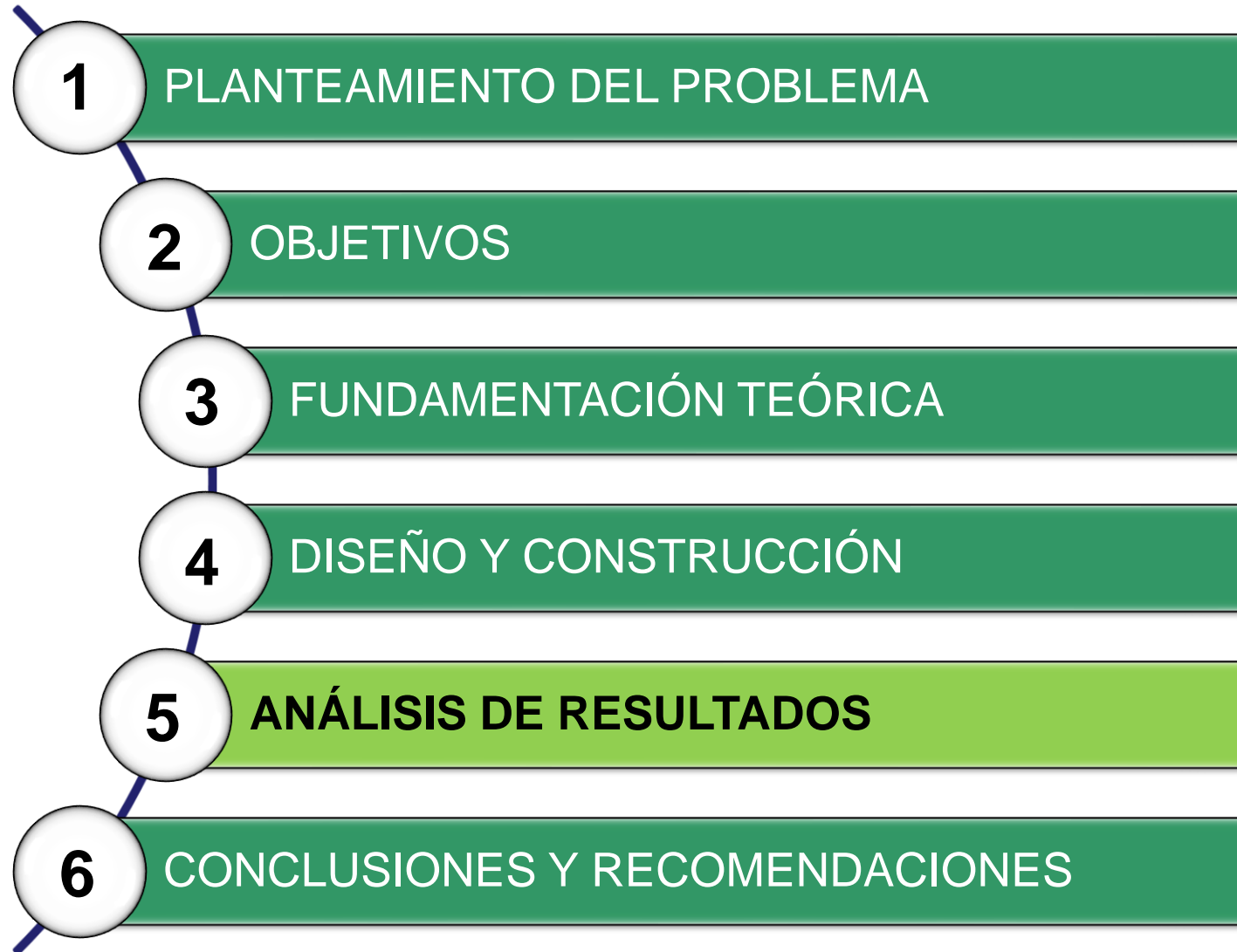


Vista isométrica



Vista frontal

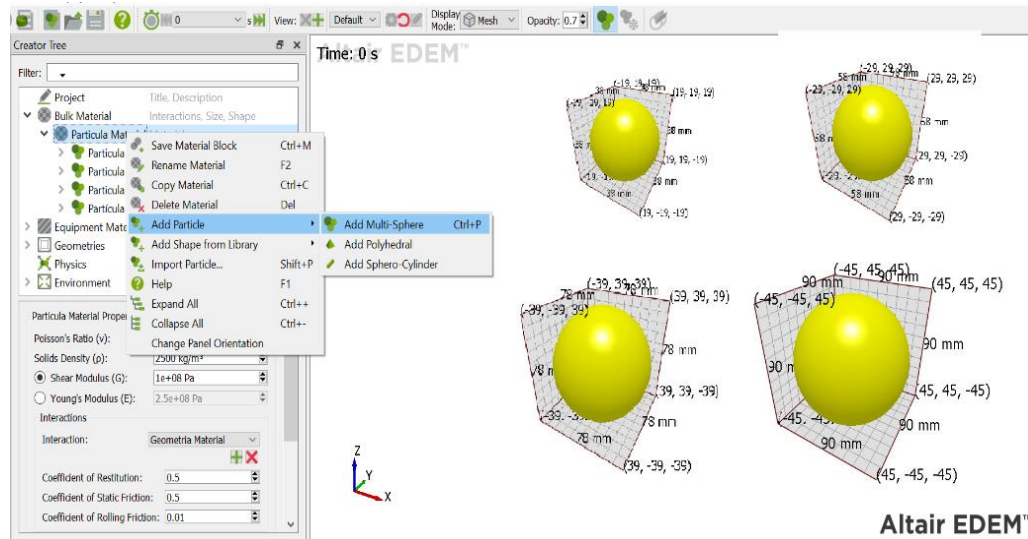
# AGENDA



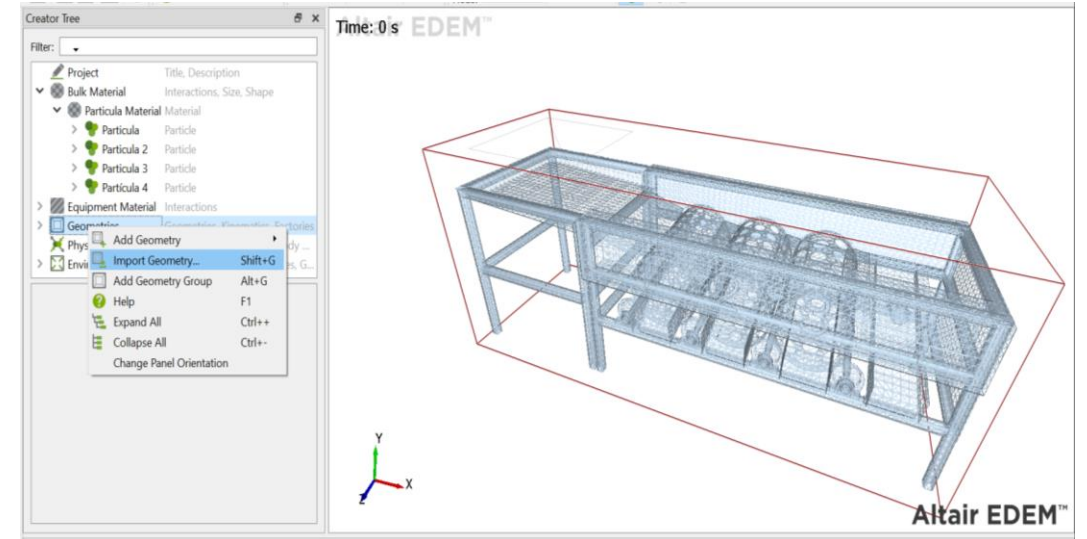
# ANÁLISIS DE RESULTADOS

## Pruebas de funcionamiento mediante software especializado

- ✓ Mediante la utilización del software Altair EDEM versión estudiantil



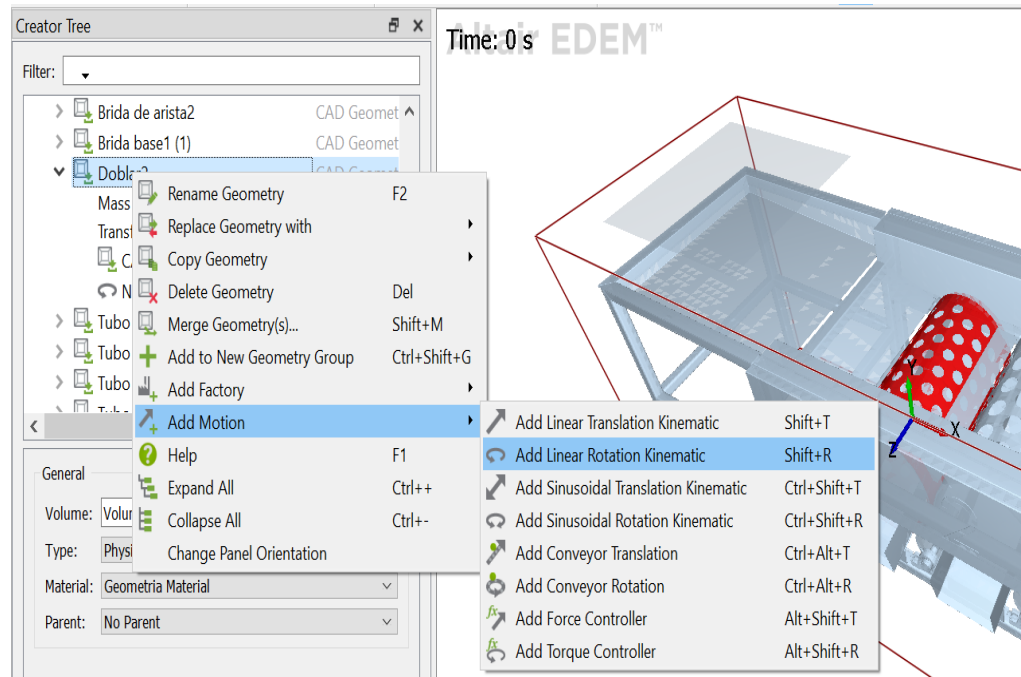
Creación de la partícula



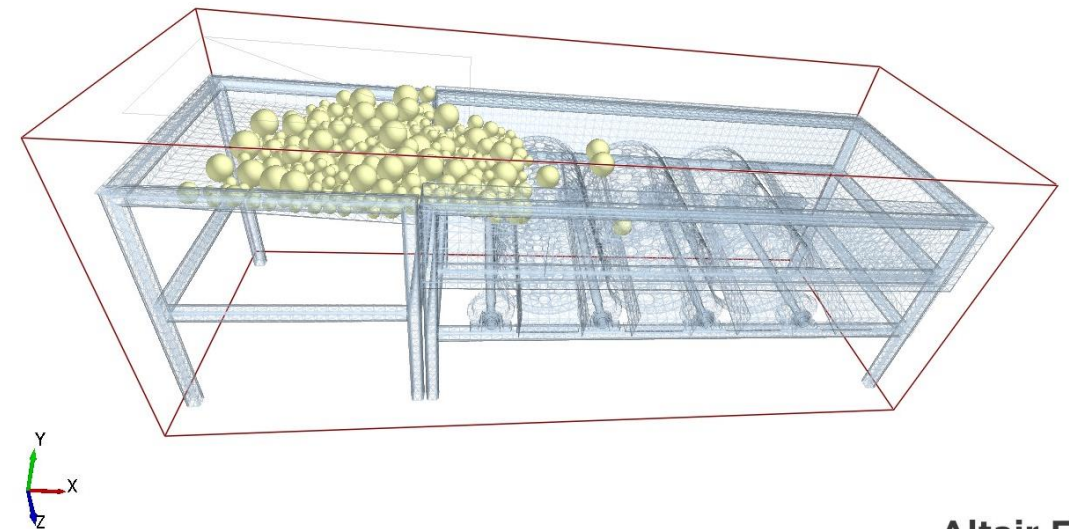
Importación de la geometría

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

## Pruebas de funcionamiento mediante software especializado



Configuración de movimiento

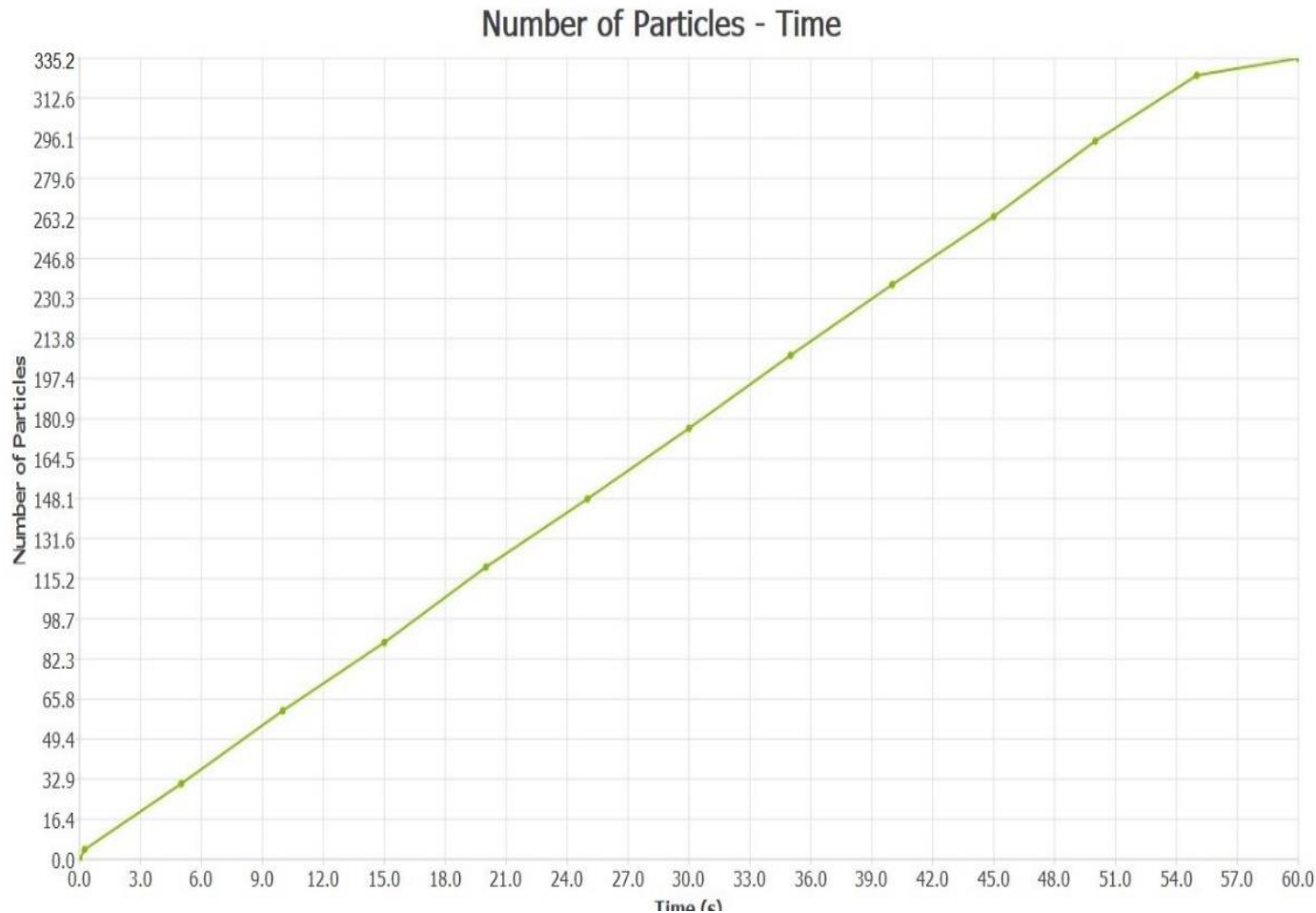


Simulación del funcionamiento



# ANÁLISIS DE RESULTADOS

## Pruebas de funcionamiento mediante software especializado



Número de partículas vs. tiempo

$$C_c = 335 \frac{\text{papas}}{\text{minuto}} * \frac{0,150 \text{ kg}}{1 \text{ papa}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}}$$

*Capacidad clasificación = 3015 kg/h*

Se verifica que el prototipo de máquina clasificadora de papas, cumple con la capacidad requerida por el productor, que tiene un valor de 3000 kg/h.

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

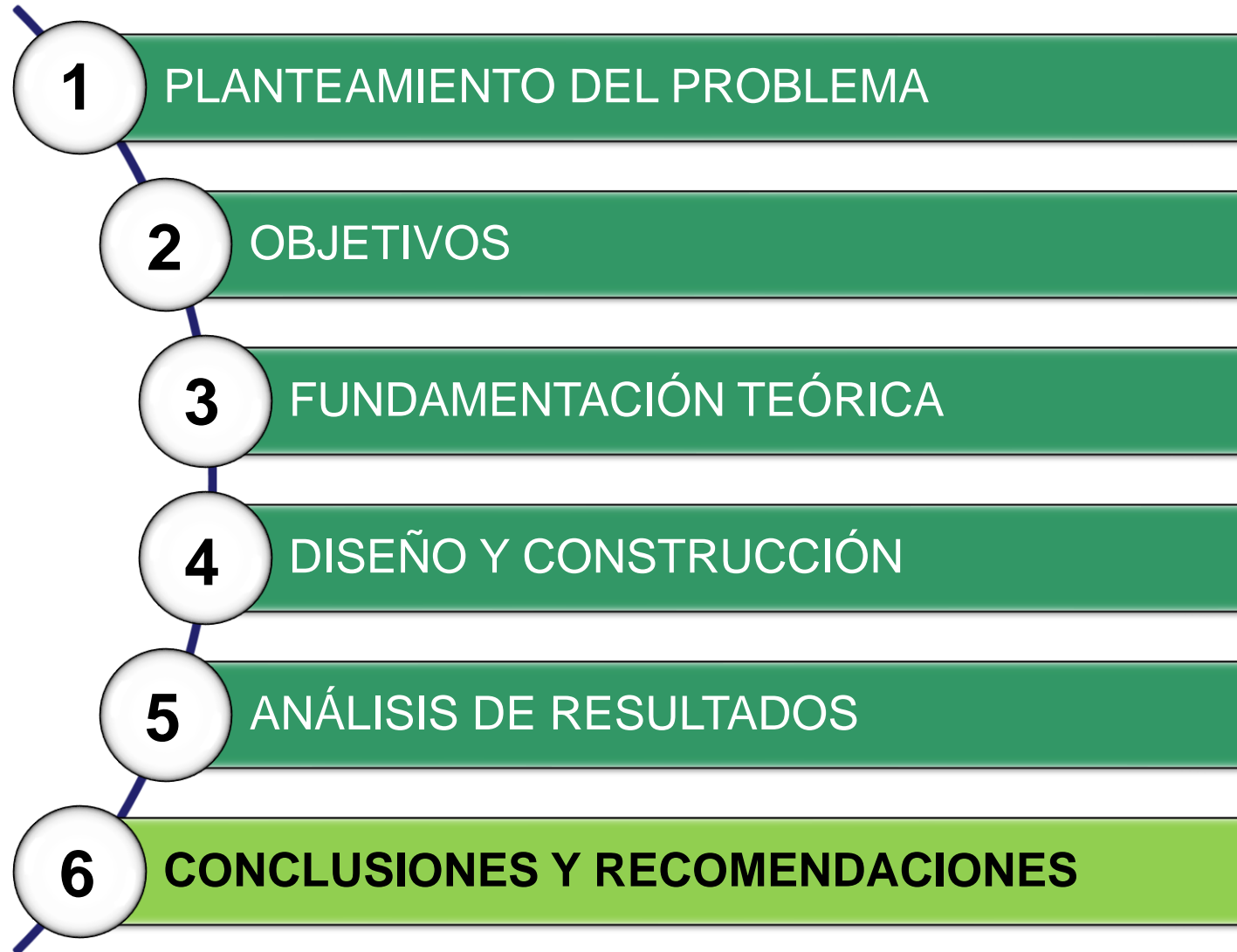
## Validación del prototipo de máquina clasificadora de papas

### ✓ Protocolo de pruebas

Parámetros	Aprobación
Encendido / Apagado	Cumple
Ingreso del producto	Cumple
Velocidad de clasificación	Cumple
Capacidad de clasificación	Cumple
Clasificación en 4 tamaños	Cumple
Salida adecuada por las bandejas	Cumple
Funcionamiento adecuado de la instalación eléctrica	Cumple



# AGENDA



# CONCLUSIONES

- Mediante la investigación y el análisis de las diferentes máquinas existentes en el mercado que permiten la clasificación de un producto de acuerdo al tamaño, se estableció un modelo base, que presenta características de selección por medio de cilindros giratorios, el ingreso y salida del producto a través de bandejas, la transmisión de potencia por medio del mecanismo piñón y corona, además, incorpora un panel de control para una fácil operación.
- Mediante la aplicación de la metodología de la ingeniería concurrente se analizó los requerimientos del cliente (voz del usuario) y del diseñador (voz del ingeniero), que permite el desarrollo de la casa de la calidad, estableciendo valores cuantitativos de los pesos relativos de acuerdo al nivel de importancia de las características como la clasificación rápida y precisa, que no dañe el producto, que sea transportable, que presente un tamaño compacto, que sea de fácil operación, de fácil mantenimiento, de bajo peso y de bajo ruido, permitiendo establecer los materiales para la construcción, las dimensiones, la complejidad del mecanismo, los ajustes y tolerancias.

# CONCLUSIONES

- Se diseñó el prototipo de máquina clasificadora de papas por su tamaño, mediante la utilización del software SolidWorks versión estudiantil, de acuerdo con la capacidad de clasificación establecida de 3000 kg/h, estableciendo las dimensiones y la geometría de cada componente, para su posterior ensamblaje, a la vez que se realizó un estudio de los esfuerzos, las deformaciones y la verificación de los factores de seguridad, de la misma manera, se realizó los planos mecánicos utilizados para la construcción.
- Se implementó los diagramas de control y potencia para la puesta en marcha del motorreductor, que a través del sistema de transmisión, ejerce el movimiento en los cilindros clasificadores, el mismo presenta unos parámetros técnicos de potencia de 120 W, una velocidad de 50 rpm, un voltaje de 120 V y un consumo de corriente de 1,53 A, permitiendo establecer un conductor 14 AWG, un interruptor termomagnético de 4 A, un contactor de 120 V con una capacidad nominal de 10A, un relé térmico de 120 V con una regulación de corriente de 1.6-2.5 A, los pulsadores de arranque, parada y las luces piloto de 120V.

# CONCLUSIONES

- Mediante la implementación del protocolo de pruebas, se validó el prototipo de máquina clasificadora de papas por su tamaño, a través de los parámetros establecidos por los representantes del centro de acopio “Santa Lucia”, como el correcto encendido y apagado, que permita el ingreso adecuado del producto, que presente una velocidad de clasificación óptima, que cumpla con la capacidad de clasificación de 3000kg/h, que permita la selección en cuatro tamaños diferentes, que presente una adecuada salida del producto por medio de las bandejas y tenga un correcto funcionamiento de la instalación eléctrica, verificando a través de las pruebas de funcionamiento y de esfuerzo mecánico.
- Se ha realizado una socialización a los diferentes productores del sector de Santa Lucia, con la finalidad de conocer el nivel de aceptación del prototipo de máquina clasificadora, obteniendo un resultado favorable del 95% de aprobación, ya que consideran que la implementación de la misma, permite reducir el tiempo de clasificación, la selección del producto de acuerdo al tamaño es más precisa, a la vez que no daña el producto.

# RECOMENDACIONES

- Para el análisis estructural y la realización de las pruebas de funcionamiento a través de software especializado, es necesario establecer un mallado de calidad, para determinar valores más cercanos a la realidad, en lo concerniente a concentración de esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad.
- Construir los cilindros clasificadores en un material diferente al acero galvanizado, considerando planchas de Nylon Industrial Poliamida 6 con un espesor adecuado, debido a que presenta excelentes propiedades mecánicas.
- Implementar una etapa de limpieza del producto, antes de la clasificación, debido a que las papas cosechadas, contienen una pequeña cantidad de tierra a su alrededor, esto con la finalidad de ofrecer un producto que tenga una buena presentación en el mercado para su comercialización.

***GRACIAS POR SU ATENCIÓN***



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA