

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN Y EMPACADO DE TORNILLOS Y TACOS EXPANSIVOS DE FIJACIÓN, CON MONITORIZACIÓN REMOTA PARA LA EMPRESA ECUAMATRIZ CIA. LTDA. DE LA CIUDAD DE AMBATO.”

AUTOR: FIALLOS JORDÁN, JONATHAN EUGENIO

DIRECTOR: ING. CAIZALITÍN QUINALUISA, EDWIN ALEJANDRO

Latacunga, 2021





CONTENIDO

1. Descripción del proyecto
2. Estudio del sistema de dosificación y empacado
3. Diseño Mecánico, eléctrico y de control del sistema de dosificación y empacado
4. Construcción, Pruebas y Resultados
5. Conclusiones y Recomendaciones



1. Descripción del Proyecto

1. Antecedentes
2. Objetivos
3. Justificación



ANTECEDENTES

El proceso de empaçado o enfundado de kits de instalación de cajas para medidores de energía eléctrica que realiza la empresa se lo ha venido realizando de forma manual

- Ralentización en procesos de inventario e informatización de producción
- Genera un problema de ineficiencia empresarial
- Genera un enfundado irregular
- Errores comunes en el proceso de conteo
- Carece de una buena presentación del producto

Objetivo General

Diseñar y construir un sistema de dosificación y empaclado con monitorización remota que permita reducir el tiempo en la producción de kits de tornillos y tacos expansivos de fijación y permita la programación del número de 4 o 6 elementos de cada tipo a empaquetar en la empresa ECUAMATRIZ CIA. LTDA.

Objetivos Específicos

- Investigar las propiedades y características de los diferentes sistemas de sellado y empaçado para tornillos y tacos expansivos de fijación.
- Diseñar un sistema mecánico ideal que permita contar cada tornillo y taco expansivo de fijación para su posterior dosificación.
- Diseñar y programar un sistema de control que permita seleccionar el número de elementos por clase para su dosificación, así como en el número de kits necesarios.

Objetivos Específicos

- Programar un sistema de monitorización remota mediante la implementación de tecnología IOT para la monitorización a distancia del sistema.
- Validar el correcto funcionamiento mecánico, electrónico y de monitorización a remota del sistema.



JUSTIFICACIÓN

La implementación del sistema automático de dosificación y empaclado para kits de instalación de cajas para medidores de energía eléctrica en la empresa ECUAMATRIZ, tiene como objetivo aumentar la precisión, presentación y producción, de dichos kits de instalación ahorrando tiempo y recursos.



2. Estudio del sistema de dosificación y empackado

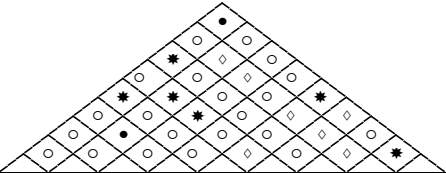
1. Necesidades del cliente
2. Estructura funcional del sistema
3. Evaluación y Selección de conceptos

Necesidades del Cliente



Núm.		Necesidad	Imp.
1	El sistema	Capacidad mínima de 1000 unidades por clase	5
2	El sistema	Empacado automático de 4 o 6 unidades por clase	5
3	El sistema	Fácil de manipular y reprogramar	4
4	El sistema	Preciso en el conteo y empacado	5
5	El sistema	Tiene un costo accesible	4
6	El sistema	Visualización de datos de producción de forma remota	4
7	El sistema	Fácil mantenimiento y limpieza	4
8	El sistema	Cuidado del operario	4
9	El sistema	Mínima intervención Humana	4
10	El sistema	Produce un ruido moderado	2
11	El sistema	Aumenta la producción de kits de instalación	5
12	El sistema	Permite un sellado de buena calidad	4
13	El sistema	Mejora la presentación de los kits de instalación	3

Necesidades del Cliente



Grado de Correlación (Cómo VS Cómo)	
Fortemente positivo	●
Positivo	○
Negativo	★
Fortemente negativo	◇
Grado de Relación (Que VS Como)	
Relación Alta	● - 9
Relación Media	○ - 3
Relación Baja	△ -

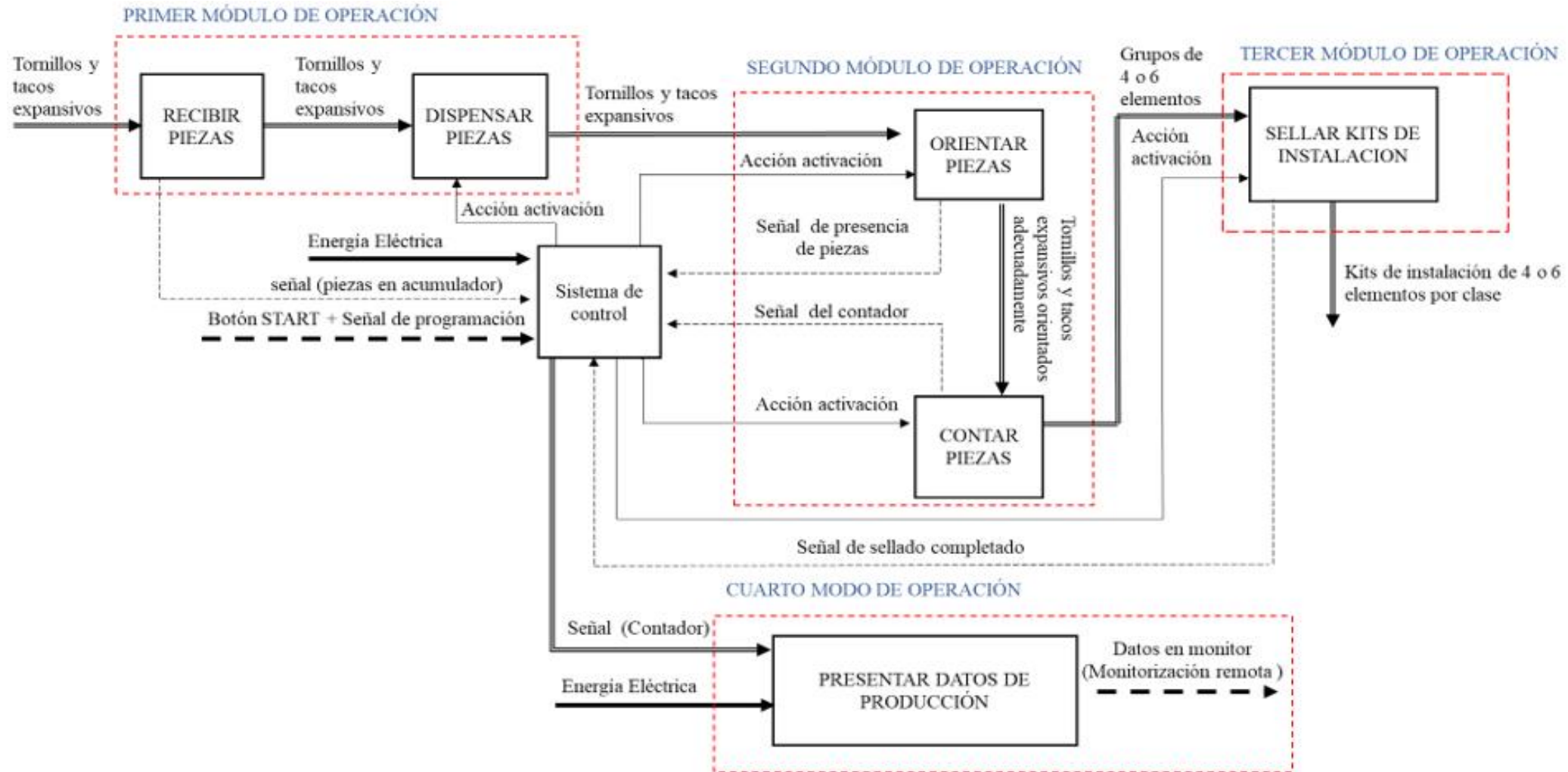
1

- Sistema ideal de control automático
- Dimensionamiento mecánico
- Sellado automático
- Sistema de monitorización remota

Núm.	Necesidades	Requerimientos Técnicos									
		Imp. Núm.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Dimensionamiento mecánico	Sistema ideal de control automático	Sistema de interfaz humano-maquina	Equipos y materiales de acceso local	Sistema de monitorización remota	Filtros para ventilación	Alarmas de alerta y botón de emergencia	Técnicas de eliminación de vibración	Sellado automático
1	Capacidad mínima de 1000 unidades por clase	5	●	△	△	△	△	△	△	△	△
2	Empacado automático de 4 o 6 unidades por clase	5	△	●	△	○	△	△	△	○	●
3	Fácil de manipular y reprogramar	4	○	●	●	○	○	△	○	△	○
4	Preciso en el conteo y empacado	5	○	●	○	○	△	△	△	○	○
5	Tiene un costo accesible	4	●	●	○	●	○	○	○	△	●
6	Visualización de datos de producción de forma remota	4	△	●	○	○	●	△	△	△	△
7	Fácil mantenimiento y limpieza	4	●	●	○	○	●	●	○	△	○
8	Cuidado del operario	4	○	○	○	△	○	△	●	△	△
9	Mínima intervención Humana	4	●	●	●	△	●	△	○	△	●
10	Produce un ruido moderado	2	○	○	△	△	△	○	△	●	○
11	Aumenta la producción de kits de instalación	5	○	●	○	△	○	△	○	△	○
12	Permite un sellado de buena calidad	4	●	●	△	○	△	△	△	△	●
13	Mejora la presentación de los kits de instalación	3	△	○	○	○	△	△	△	△	●
	Ponderacion Absoluta		261	383	175	143	183	97	127	89	253
	Ponderacion Relativa		15,3	22,4	10,2	8,36	10,7	5,67	7,42	5,2	14,8
	Importancia Relativa		2	1	5	6	4	8	7	9	3

∑ Pond. Abs.	1711
∑ Pond. Rel.	100

Estructura Funcional del Sistema



Módulo 1, unidad de autonomía



Tolvas vibratorias



Alimentadores a pasos

Módulo 2, sistema de orientación y conteo



Banda Transportadora



Vibrador Lineal



Tobogán Guía

Evaluación y Selección de conceptos

Módulo 3, sistema de formado y sellado



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

1. Formador de funda.

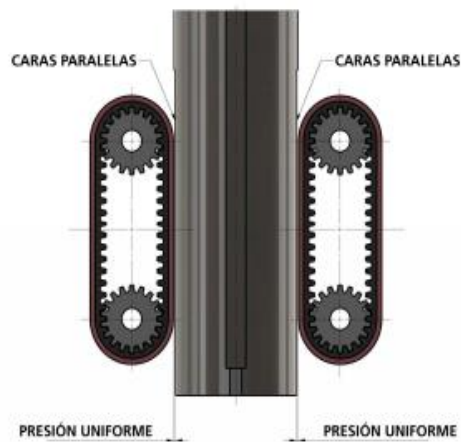


Formador Circular

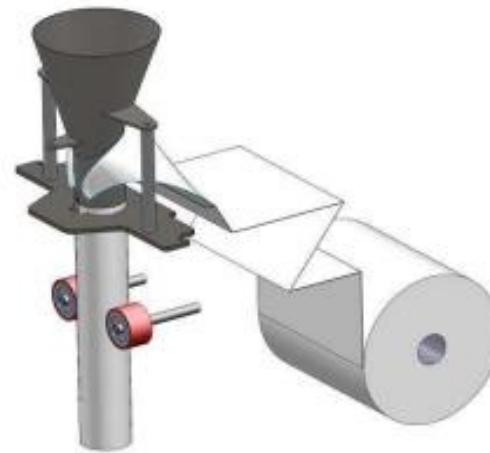


Formador Rectangular

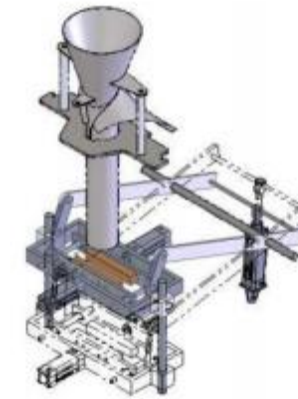
2. Sistema de arrastre de película plástica.



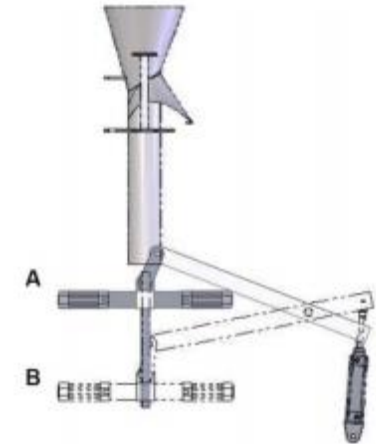
Arrastre por Bandas



Arrastre por Rodillos



Arrastre por mordazas



Evaluación y Selección de conceptos

Módulo 3, sistema de formado y sellado



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

3. Elemento motriz para sistema de arrastre.



Servomotor

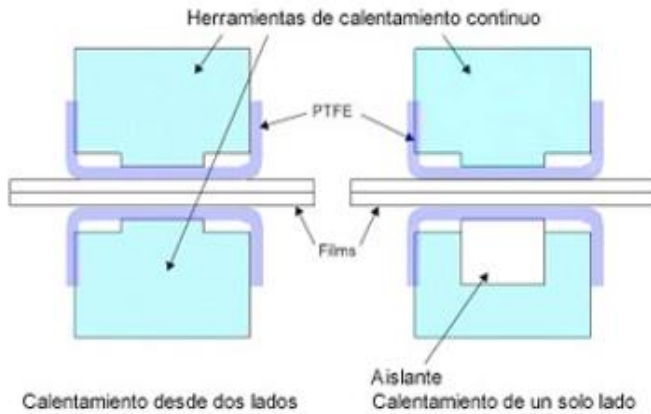


Motor a Pasos

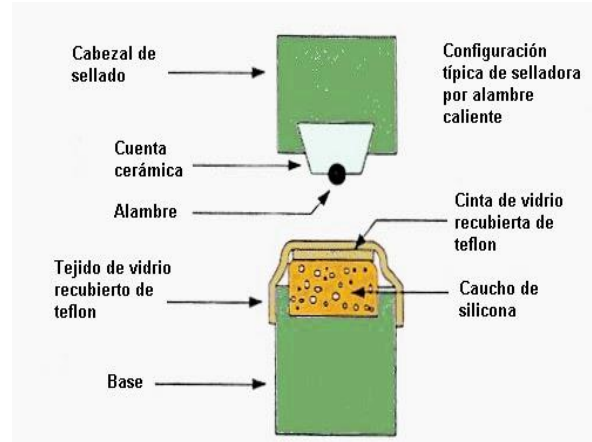


Motorreductor

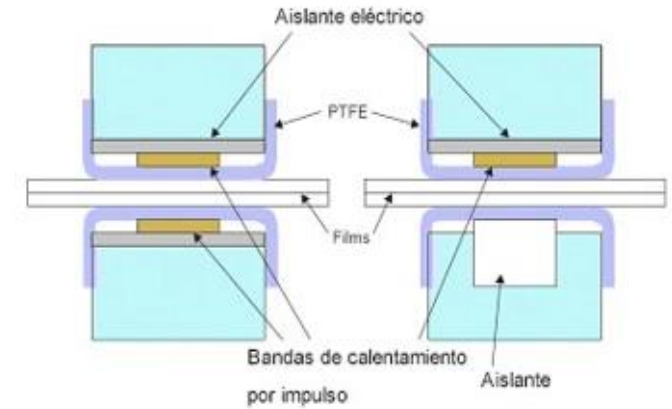
4. Sistema de sellado.



Resistencia Eléctrica



Alambre Caliente



Impulso Eléctrico

Evaluación y Selección de conceptos

Módulo 4, Sistema de Control y Monitorización



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



PLC



LOGO



**Raspberry Pi +
Arduino**



3. Diseño Mecánico, eléctrico y de control del sistema de dosificación y empackado

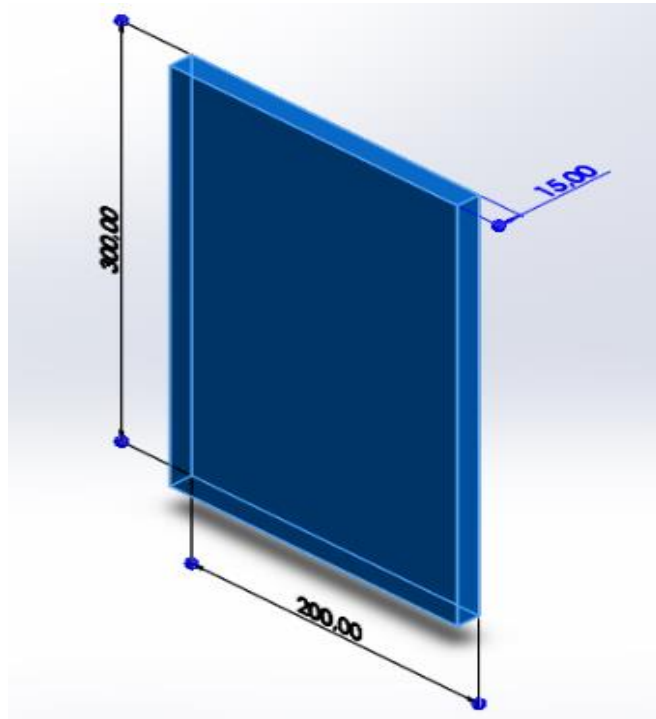
Diseño Mecánico

1. Módulo 1, unidad de autonomía
2. Módulo 2, sistema de orientación y conteo
3. Módulo 3, sistema de formado y sellado

Diseño Eléctrico y control del sistema

1. Módulo 4, sistema de control y monitorización

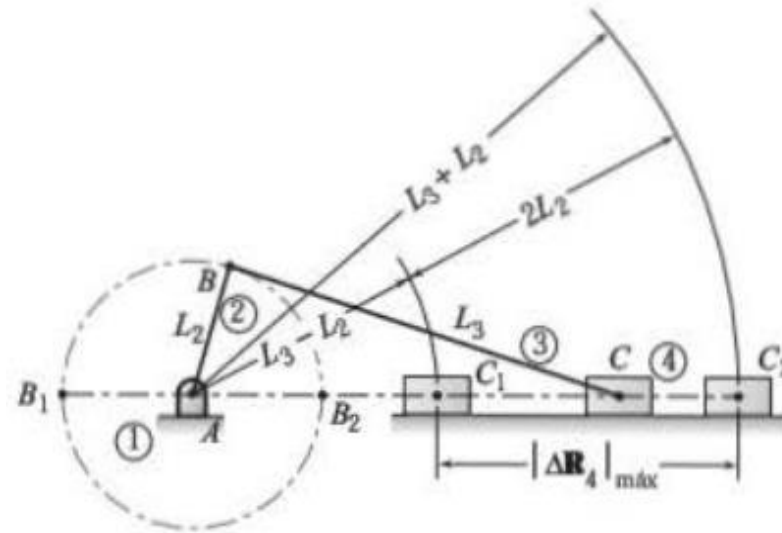
Dimensionamiento de escalones



$$A_{sc} = 20 \text{ cm}$$

$$G_{sc} = 15 \text{ mm}$$

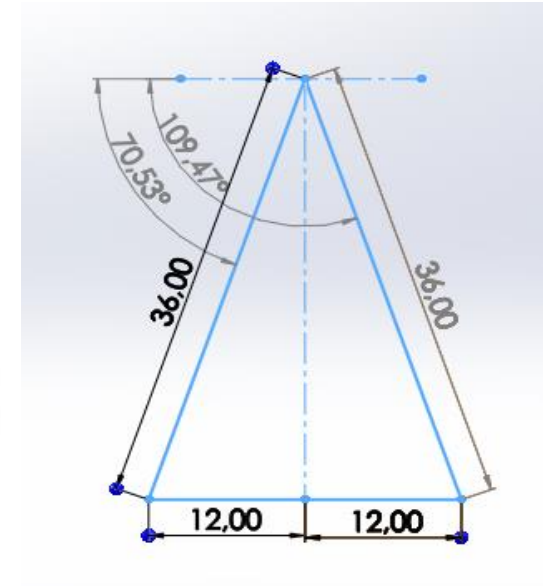
Diseño del mecanismo de elevación



$$L_p = 24 \text{ cm}$$

$$L_2 = \frac{L_p}{2} = 12 \text{ cm}$$

$$L_3 = 3 * L_2$$



Análisis cinemático del mecanismo manivela-corredera

Posición

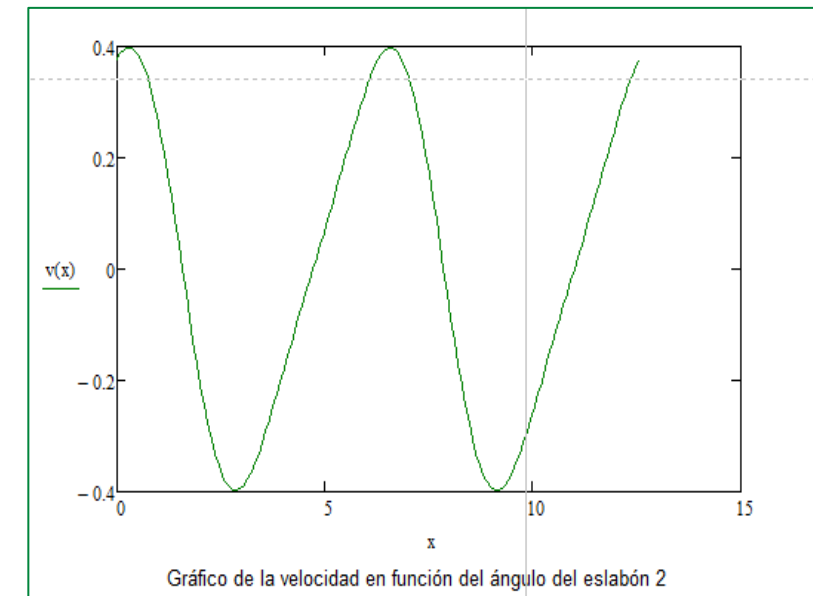
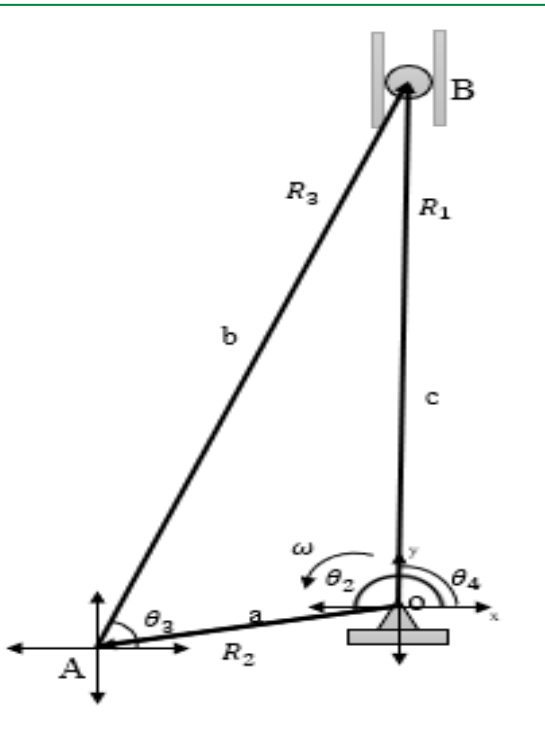
$$ce^{j\theta_4} = ae^{j\theta_2} + be^{j\theta_3}$$

$$c = a * \text{sen}\theta_2 + b * \sqrt{1 - \left(-\frac{a * \text{cos}\theta_2}{b}\right)^2}$$

Velocidad

$$\dot{c} = jae^{j\theta_2} \frac{d\theta_2}{dt} + jbe^{j\theta_3} \frac{d\theta_3}{dt}$$

$$\dot{c} = a\omega_2(\text{cos}\theta_2 - \text{cot}\theta_3 \text{sen}\theta_2)$$



Análisis cinemático del mecanismo manivela-corredera

Aceleración

$$\ddot{c} = ja \left(e^{j\theta_2} \frac{d\omega_2}{dt} + \omega_2 j e^{j\theta_2} \frac{d\theta_2}{dt} \right) + jb \left(e^{j\theta_3} \frac{d\omega_3}{dt} + \omega_3 j e^{j\theta_3} \frac{d\theta_3}{dt} \right)$$

$$\begin{aligned} \ddot{c} &= -a\omega_2^2 \text{sen}\theta_2 + \text{cot}\theta_3 (-a\omega_2^2 \text{cos}\theta_2 - b\omega_3^2 \text{cos}\theta_3) \\ &\quad - b\omega_3^2 \text{sen}\theta_3 \end{aligned}$$

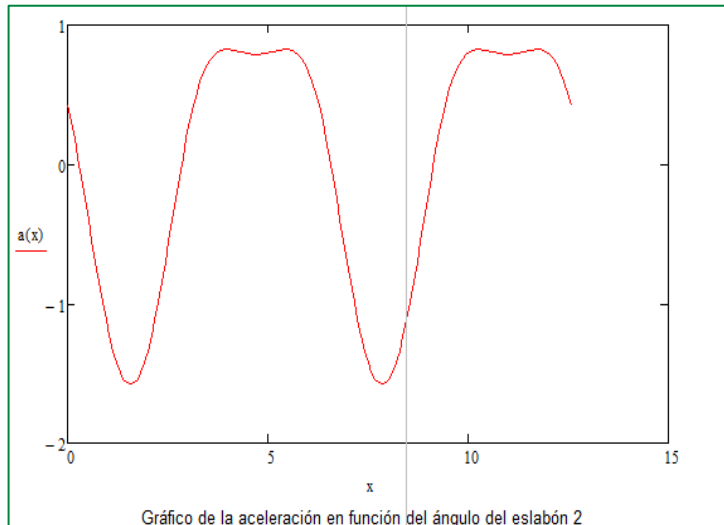


Gráfico de la aceleración en función del ángulo del eslabón 2

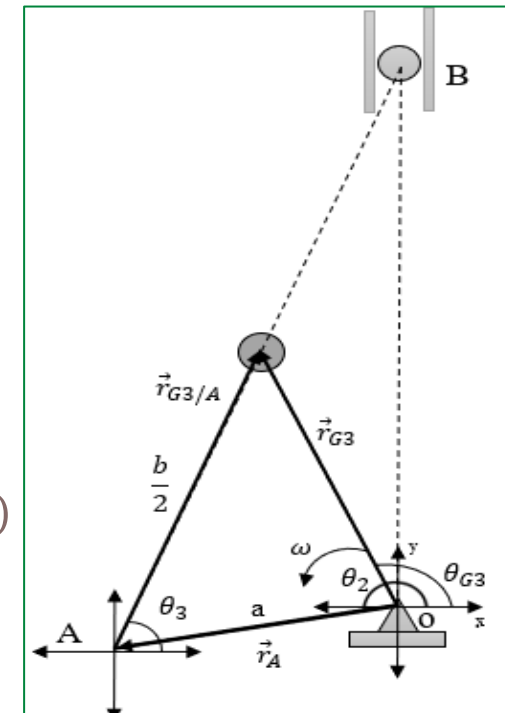
Aceleración centro de gravedad de la manivela (eslabón 2).

$$\vec{a}_{G2} = -\omega_2^2 r_{G2} (\text{cos}\theta_2 + j \text{sen}\theta_2)$$

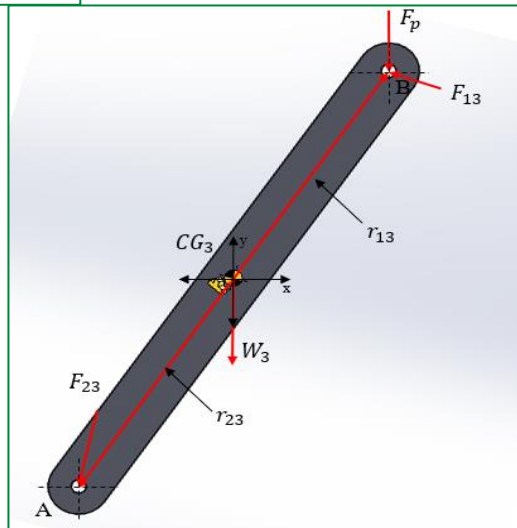
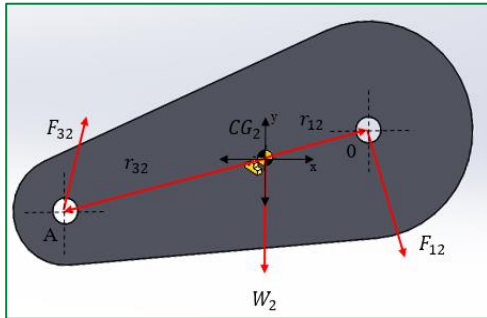
Aceleración centro de gravedad de la biela (eslabón 3).

$$\vec{r}_{G3} = \vec{r}_A + \vec{r}_{G3/A}$$

$$\begin{aligned} \vec{a}_{G3} &= -r_A \omega_2^2 (\text{cos}\theta_2 + j \text{sen}\theta_2) \\ &\quad + r_{G3/A} \alpha_3 (j \text{cos}\theta_3 - \text{sen}\theta_3) \\ &\quad - r_{G3/A} \omega_3^2 (\text{cos}\theta_3 + j \text{sen}\theta_3) \end{aligned}$$



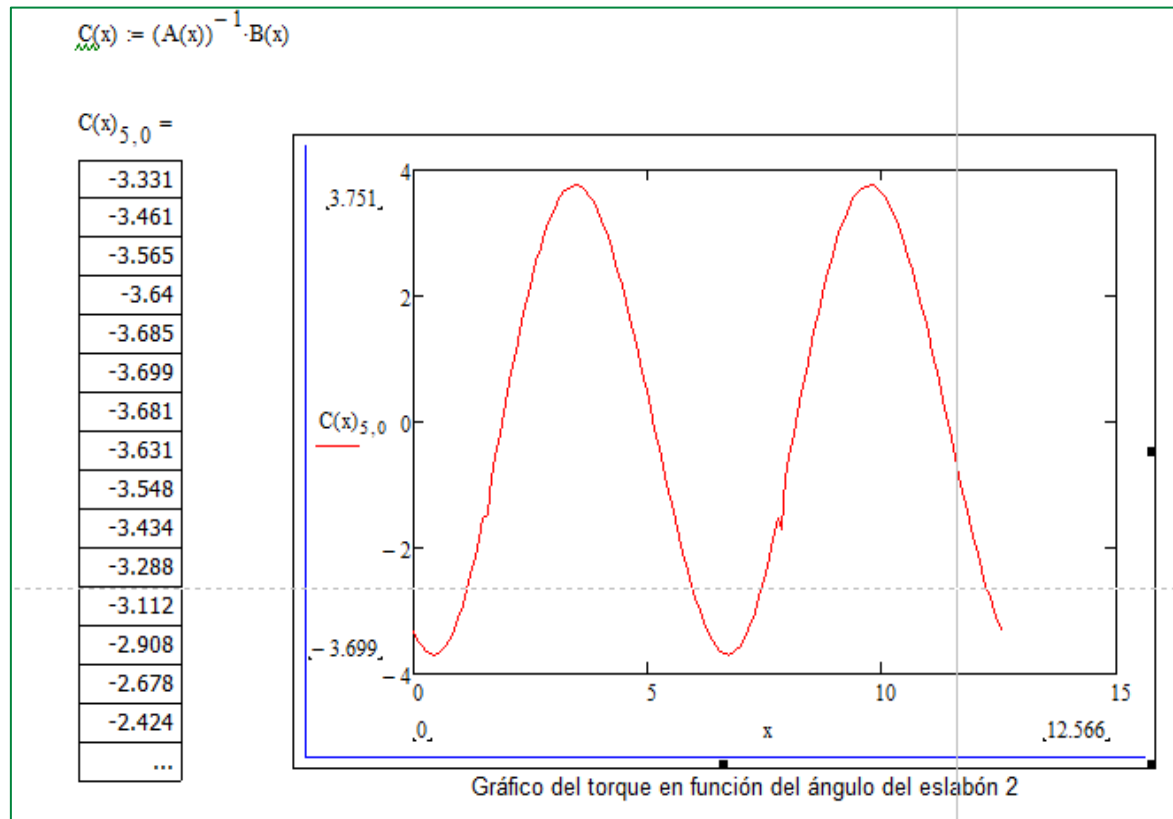
Análisis de fuerzas dinámicas.



$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ r_{12}\text{sen}\theta_2 & r_{12}\text{cos}\theta_2 & r_{32}\text{sen}\theta_2 & -r_{32}\text{cos}\theta_2 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & \mu & 0 \\ 0 & 0 & -r_{23}\text{sen}\theta_3 & r_{23}\text{cos}\theta_3 & r_{13}\text{sen}\theta_3 + r_{13}\text{cos}\theta_3\mu & 0 \end{bmatrix}$$

$$\times \begin{bmatrix} F_{12x} \\ F_{12y} \\ F_{32x} \\ F_{32y} \\ F_{13x} \\ T_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_2 a_{CG2x} \\ m_2 a_{CG2y} + W_2 \\ 0 \\ m_3 a_{CG3x} \\ m_3 a_{CG3y} + W_3 + F_p \\ I_{G3} \alpha_3 + r_{13} \text{cos}\theta_3 F_p \end{bmatrix}$$

Análisis de fuerzas dinámicas.



$$\tau_{m\acute{a}x} = 3.75 \text{ N}\cdot\text{m} = 0.382 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\tau_{m\acute{i}n} = -3.69 \text{ N}\cdot\text{m} = -0.376 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$P_{motor} = \frac{P_{te\acute{o}rica} \times 2.5}{n} = 0.053 \text{ Hp}$$

$$\tau = 12.8 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Se selecciona el motor SESAME GH11-100W,
30 rpm, 2.7 Kg.m

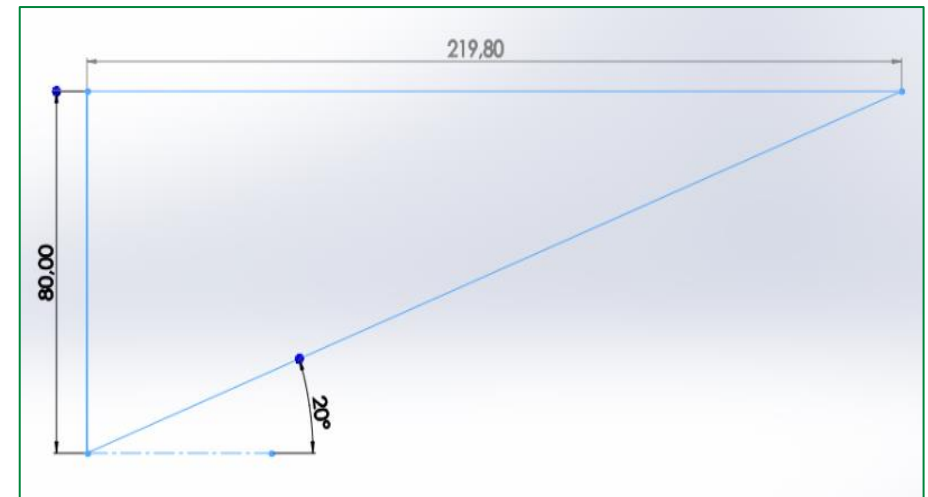
Dimensionamiento de la tolva

La necesidad de la empresa ECUAMATRIZ para el almacenamiento de la tolva son:

- Número mínimo de elementos a almacenar:
1000 Elementos
- Material de la Tolva: Plancha galvanizada ASTM A653, espesor 1.4 mm.

$$v = 3.31 \times 10^{-4} m^3$$

$$v_{tmin} = 6.62 \times 10^{-4} m^3 = 662 mm^3$$

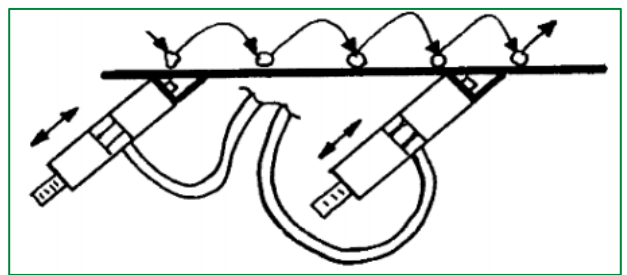
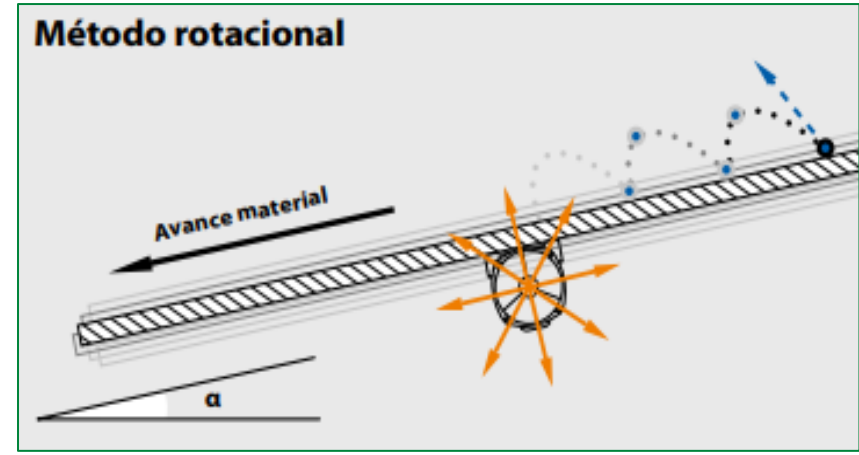
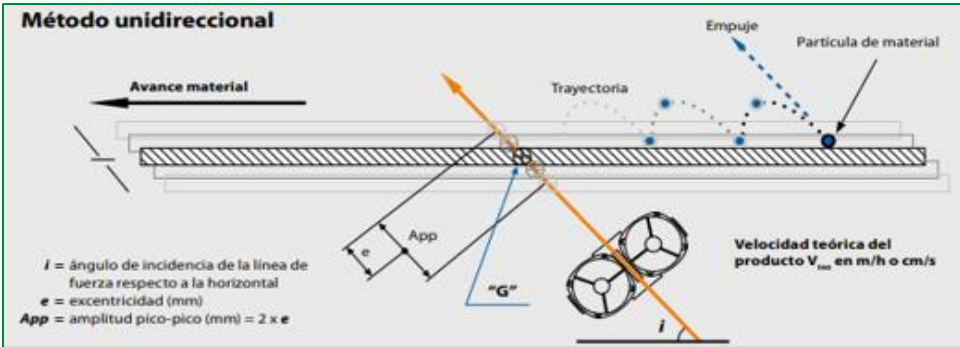


$$v_{tmin} < v_d$$

$$662 mm^3 < 3868480 mm^3$$

Selección del método de transporte de material y elemento vibratorio

Se Sugiere un método de transporte unidireccional con 1800 a 3600 vibraciones por minuto.



$$W = W_d + W_m = 12 \text{ Lb}$$

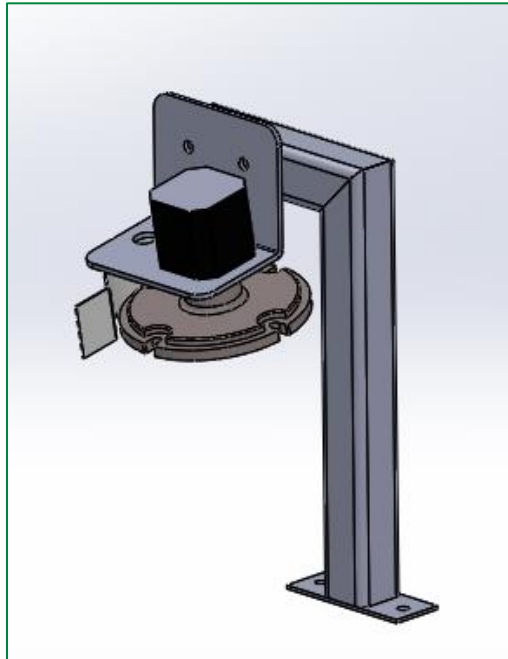
Donde:

W_d = Peso del ducto (parte móvil)

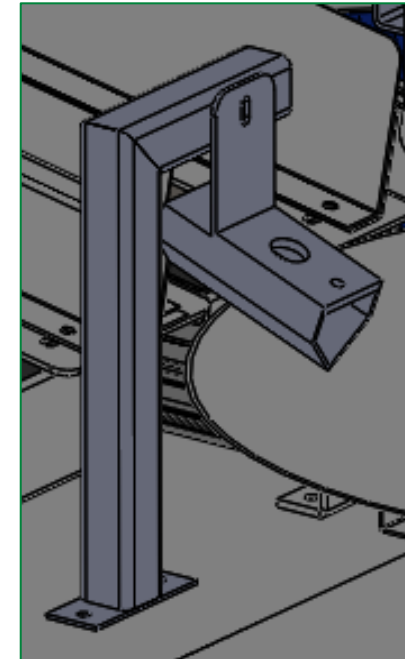
W_m = peso del material adentro



Diseño del mecanismo de conteo para tornillos



Elemento de conteo de tornillos



Elemento de conteo de tacos expansivos

Diseño Mecánico
Módulo 3, sistema de formado y sellado

Dimensionamiento del tubo formador

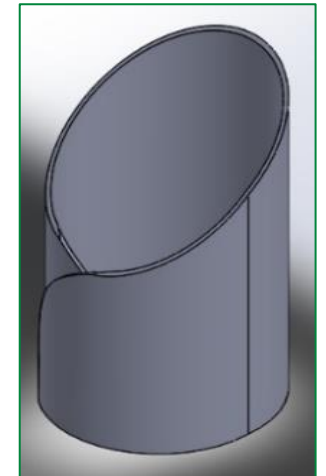
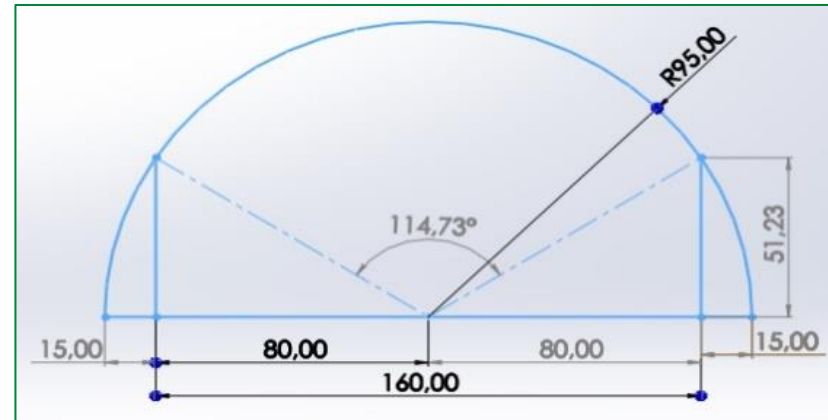
$$A_f = 2 * L_m = 80 \text{ mm}$$

$$L_f = A_f + 25\% * A_f = 100 \text{ mm}$$

$$A_r = 2 * A_f + t = 190 \text{ mm}$$

$$D_{tf} = \frac{P_b}{\pi} = \frac{2 * A_f}{\pi} = 51 \text{ mm}$$

$$P_{tf} = P_b = \pi * D_{tf} = 160 \text{ mm}$$



Diseño Mecánico
Módulo 3, sistema de formado y sellado

Diseño de la capa o corbata del tubo formador.

$$h = 43.77 \text{ mm}$$

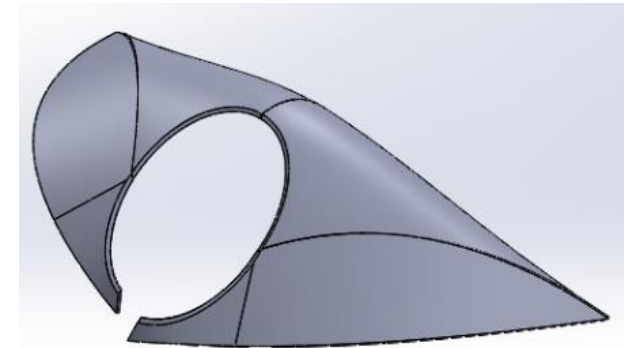
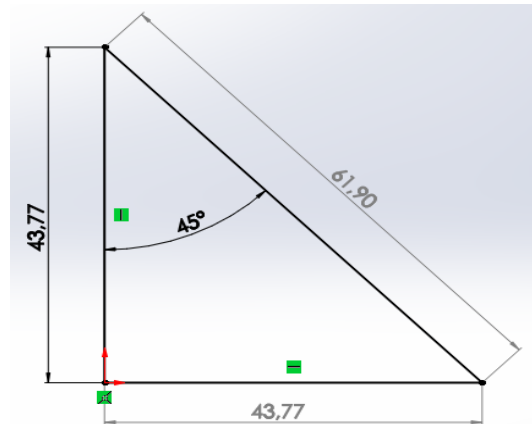
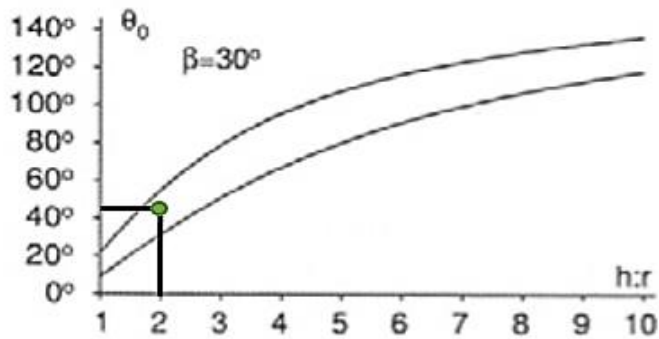
$$2R = Dtf = 51 \text{ mm}$$

$$h/R = 43.77\text{mm}/25.5\text{mm} = 1.71 \approx 2$$

$$Lhf = 2 * Af + t + 2 * r = 210 \text{ mm}$$

$$Lps = Lhf + 2 * ds$$

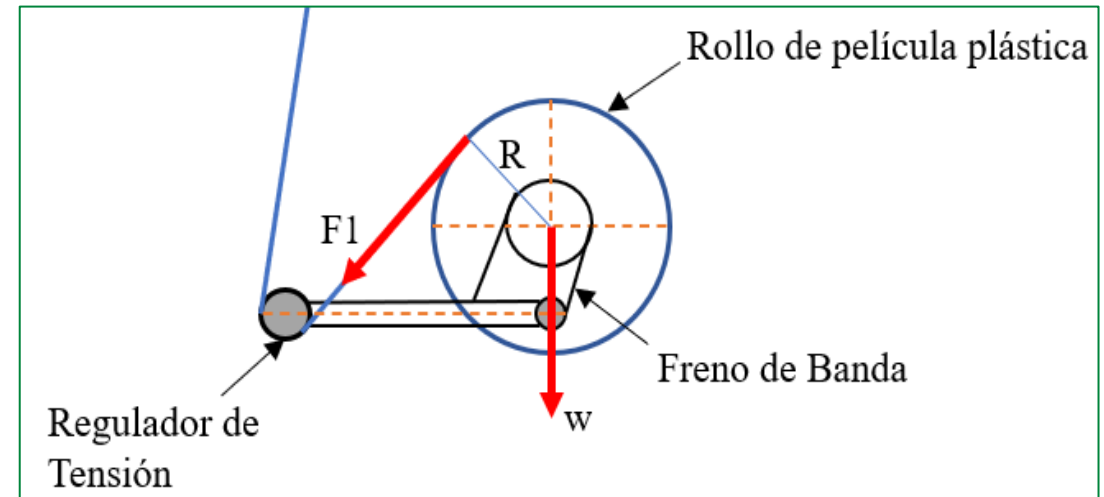
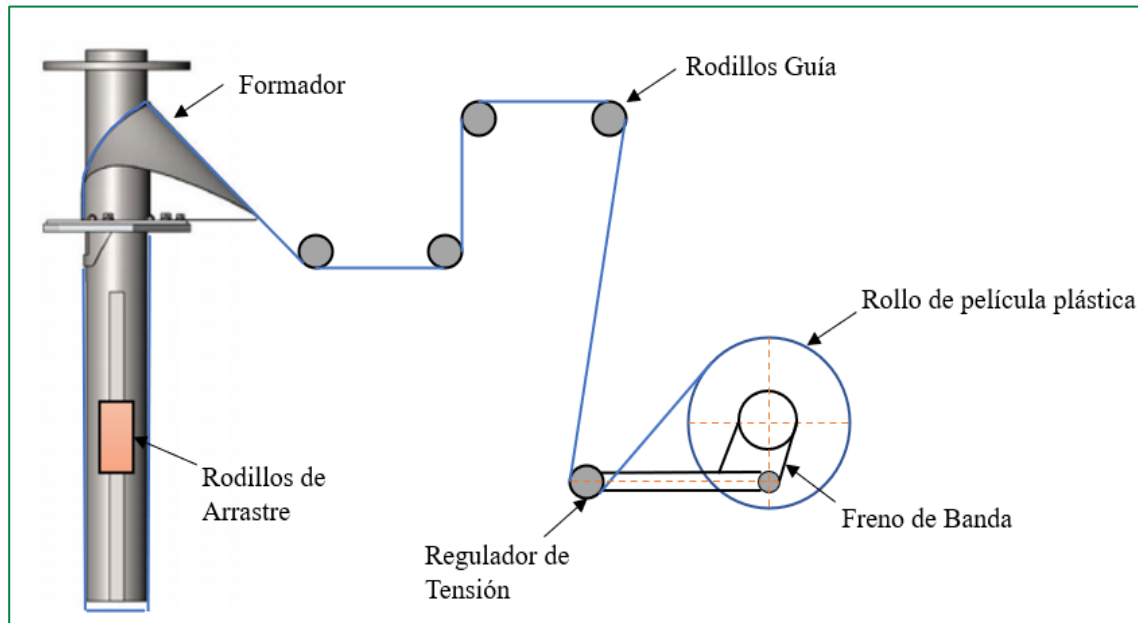
$$Aps = Dtf + d$$



La mejor opción de diseño es considerar a $\theta_0 = 45^\circ$, $\theta_1 = 10^\circ$ y $\beta = 30^\circ$,

Diseño Mecánico
Módulo 3, sistema de formado y sellado

Sistema de arrastre y guiado de la película plástica



$$\omega = 38.2 \text{ rpm}$$

$$\alpha = \frac{4 \text{ rad/s}}{0.1 \text{ s}} = 40 \text{ rad/s}^2$$

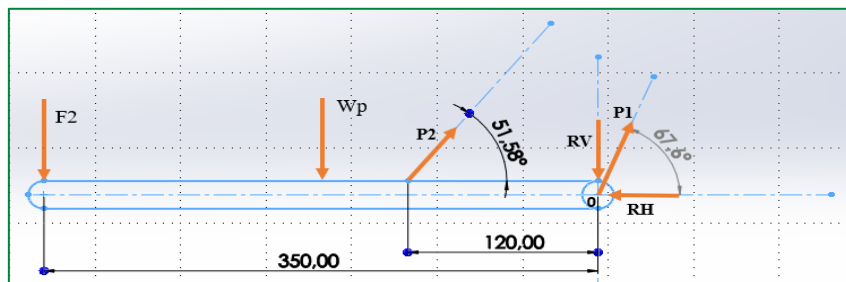
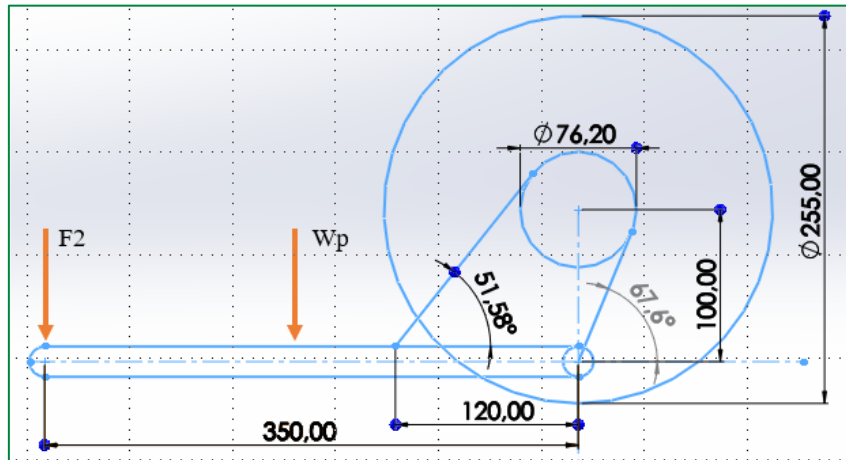
$$\alpha_R = 7.843 \text{ rad/s}^2$$

$$\tau = 0.562 \text{ Nm}$$

$$F_1 = 4.4 \text{ N}$$

Diseño Mecánico
Módulo 3, sistema de formado y sellado

Cálculo de la fuerza requerida para el freno



$$\sum M_o = 0$$

$$P_2 = 3.7234 * F_2 + 2.9170 \text{ N}$$

$$P_2 = \frac{P_1}{e^{f\theta}}$$

$$P_1 = 8.7864 * F_2 + 6.8835 \text{ N}$$

$$T_f = (P_1 - P_2) * r$$

$$F_2 = 2.13 \text{ N}$$

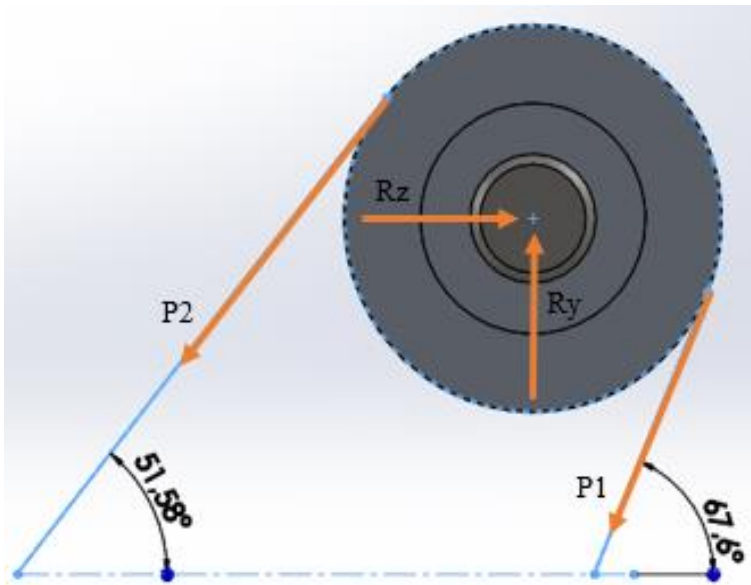
$$P_2 = 10.847 \text{ N}$$

$$P_1 = 25.593 \text{ N}$$

$$w = \frac{P_1}{P_{max} * r} = 1 \text{ mm}$$

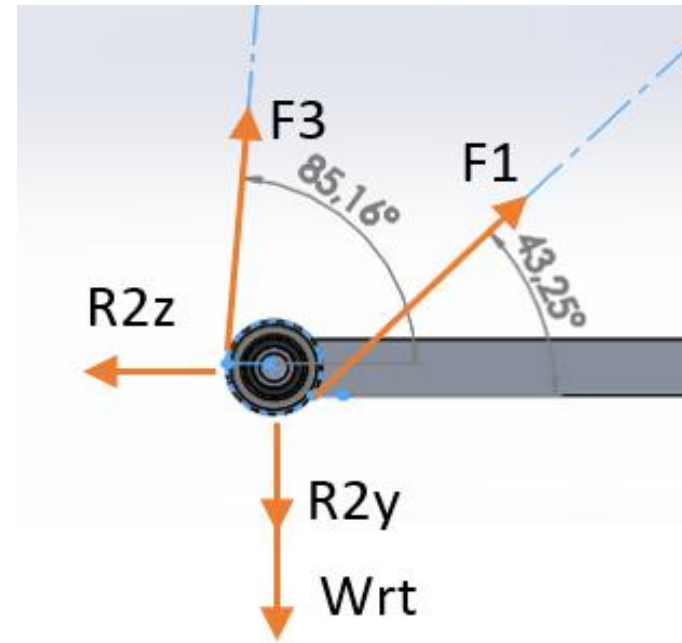
Diseño Mecánico
Módulo 3, sistema de formado y sellado

Cálculo de la fuerza requerida para el freno



$$R_y = 32.16 \text{ N}$$

$$R_z = 16.493 \text{ N}$$



$$F_3 = 4.397 \text{ N}$$

$$R_{2y} = 5.11 \text{ N}$$

$$R_{2z} = 3.571 \text{ N}$$

Diseño Mecánico
Módulo 3, sistema de formado y sellado

Cálculo de la fuerza requerida para el arrastre en el sistema guía

$$F_T = 4.4 N + 2.13 N + 4.397 N + 5N = 15.93 N$$

$$P_1 [Kw] = 0.002 Kw$$

Potencia requerida para mover el sistema de transmisión

$$\tau = 0.032 [N.m]$$

$$P_2 = 5,7 W \approx 0.006 Kw$$

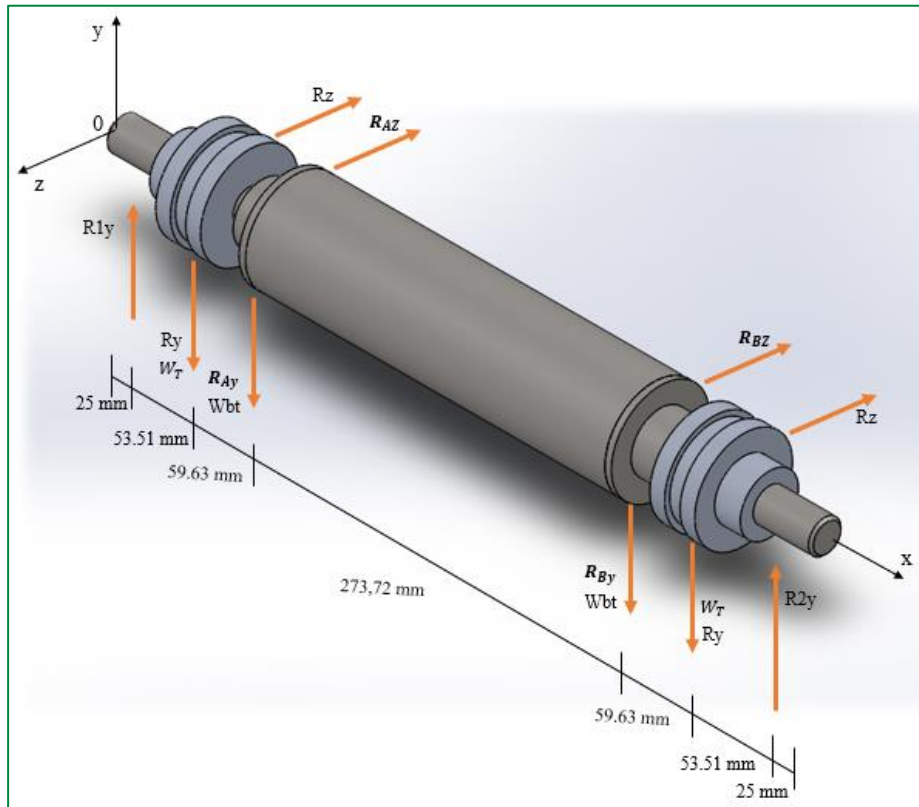
$$P_T \approx 0.035 Hp \quad \tau = 6.87 N.m$$

Se selecciona el moto-reductor G11H-100W de 36 rpm, 2.25 Kg.m



Diseño Mecánico Módulo 3, Diseño de ejes

Diseño del eje porta bobinas.



$$M_{max} = M_B = 9.1 \text{ N m}$$

$$S'_n = S_n(C_m)(C_{st})(C_R)(C_S)$$

$$S'_n = 142.56 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

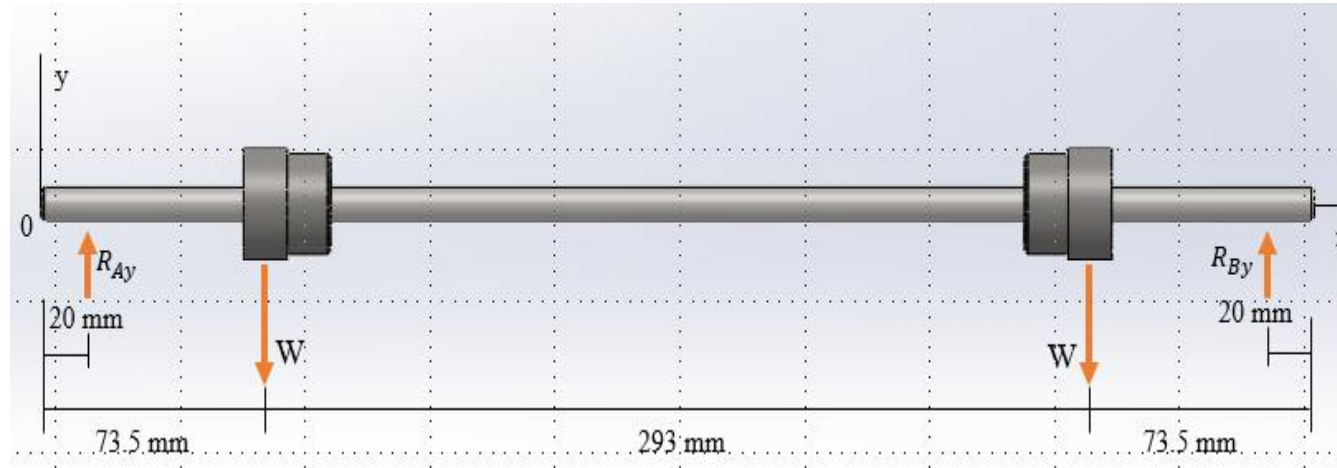
$$D = \left[\frac{32 N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{K_t M}{S'_n} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0.017 \text{ m} = 17 \text{ mm}$$

Eje de acero AISI 1018 de 7/8 in de diámetro

Diseño Mecánico
Módulo 3, Diseño de ejes

Diseño del eje del rodillo guía



$$M_{max} = 0.146 \text{ Nm}$$

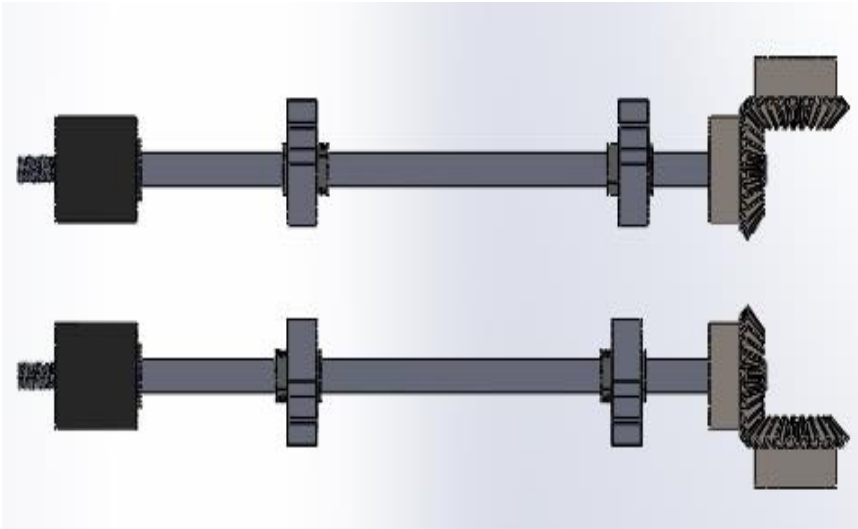
$$S'_n = 152.28 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$D = 0.0045 + 6\% \approx 5 \text{ mm}$$

Se decide utilizar un eje de acero AISI 1018 de 3/8 in de diámetro

Diseño Mecánico
Módulo 3, Engranajes de Transmisión

Análisis de flexión en los engranes cónicos rectos



$$v_l = \frac{\pi D n_p}{12} = 23,2 \text{ pies/min}$$

$$C_v = K_v = 0.94$$

$$C_{v_{min}} = 0.04$$

$$S_t = \frac{W_t P_d K_o K_s K_m}{FJ K_v} = 13240 \text{ psi}$$

Selección de material

$$N_c = 4.32 \times 10^7 \text{ ciclos}$$

$$20060,6 \text{ psi} < S_{at}$$

Análisis a fatiga por resistencia a la picadura.

$$S_c = 61744.25 \text{ psi}$$

$$W_t = 95 \text{ lb}$$

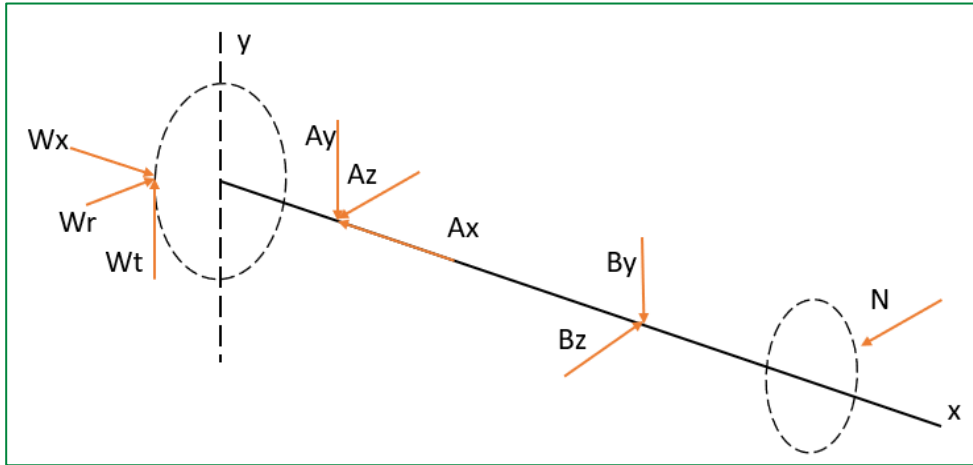
$$W_r = 24.4 \text{ lb}$$

$$W_x = 24.4 \text{ lb}$$

AISI 1018 estirado en frio con dureza Brinell de 126 HB, resistencia a la tensión 64 ksi

Diseño Mecánico
Módulo 3, Ejes de Transmisión

Eje Conducido



$$M_{max} = 27 \text{ N.m}$$

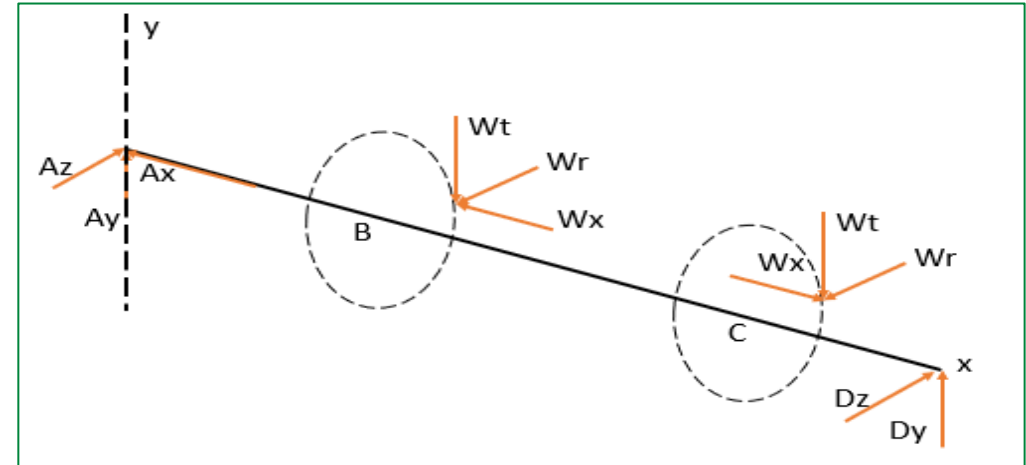
$$S'_n = 155 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$D = 0.015 = 15 \text{ mm}$$

AISI 1018 de 5/8 in de diámetro

Rodamiento FAG tipo S 16203.010

Eje motriz



$$M_{max} = 61 \text{ N.m}$$

$$S'_n = 150 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

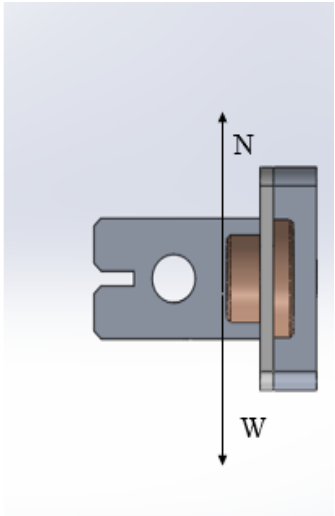
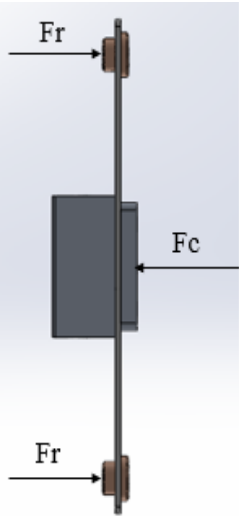
$$D = 0.020 = 20 \text{ mm}$$

AISI 4340 de 7/8 in de diámetro

Rodamiento FAG tipo S 16205.014

Selección de cilindros neumáticos

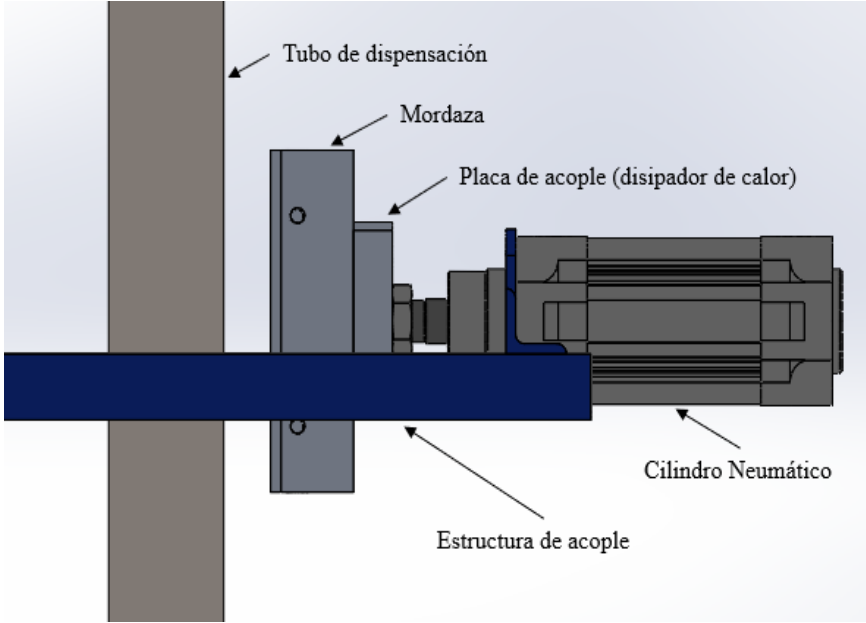
Sellado Horizontal



$F_c = 3.07 N$

DNC 32-80-S XCPC
PNEUMATIC

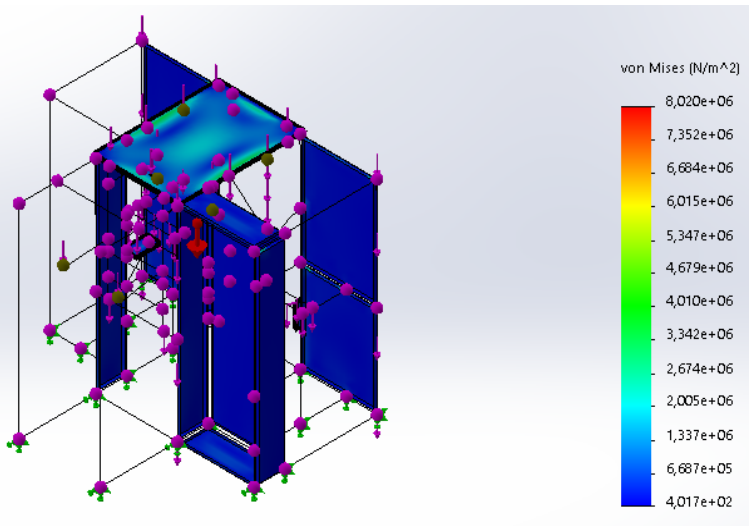
Sellado Vertical



DNC 50-25-S

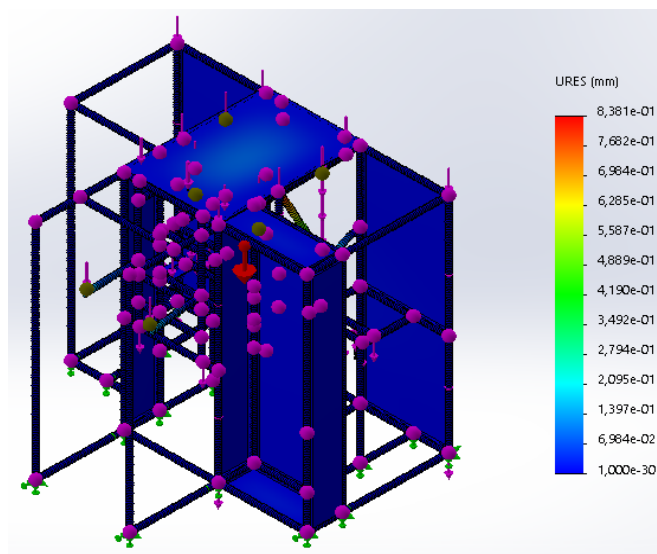
Diseño Mecánico

Análisis CAE de la estructura

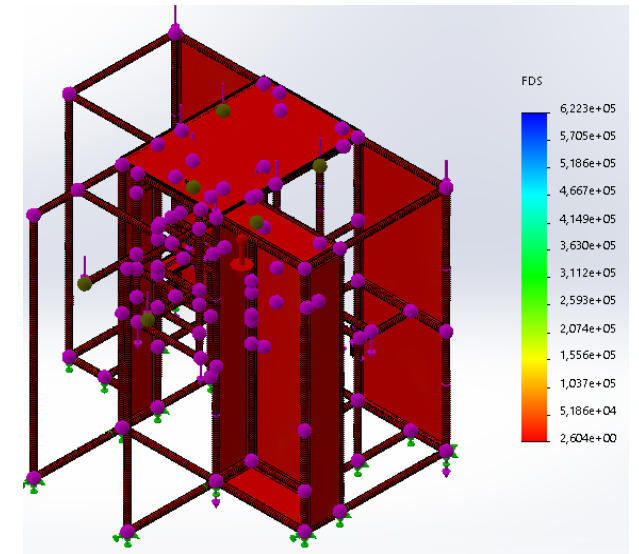


$$\max = 8.02 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\min = 4.02 \times 10^2 \text{ N/m}^2$$



$$\max \text{ displ.} = 0.84 \text{ mm}$$



$$\text{FS} = 2.604$$

Diseño Eléctrico y de control del sistema
Módulo 4, Sistema de control y monitorización



LOGO versión 8.1, se decide utilizar la versión de 24V DC
6ED1052-1MD08-0BA0

Diseño Eléctrico y de control del sistema
Módulo 4, Selección de sensores

Sensor inductivo PR12-4DN



**Sensores fotoeléctricos de luz difusa
G18-3A10 NAT**



Sensor Capacitivo CR18-8DP



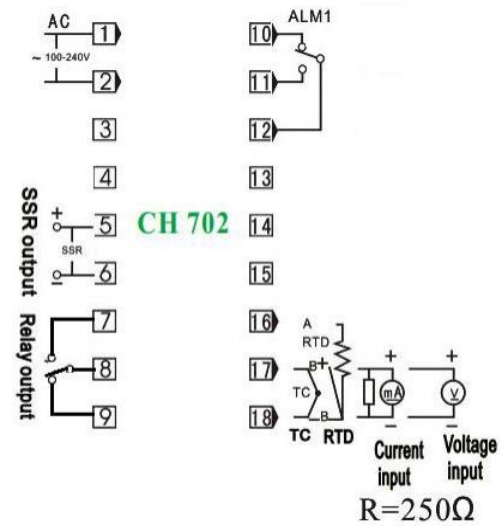
**Sensor fotoeléctrico con espejo reflectivo
ZPR18-303MPCT4**



Diseño Eléctrico y de control
Módulo 4, Controlador de temperatura



CH702
TERMOCUOPPLA TIPO K



Diseño Eléctrico y de control
Módulo 4, Selección de elementos de protección

**Interrupor
Termomagnético
BKN-3P-B4A**



Contactor MC-9b 110V AC



Relé Térmico MT-32/3K 40AF



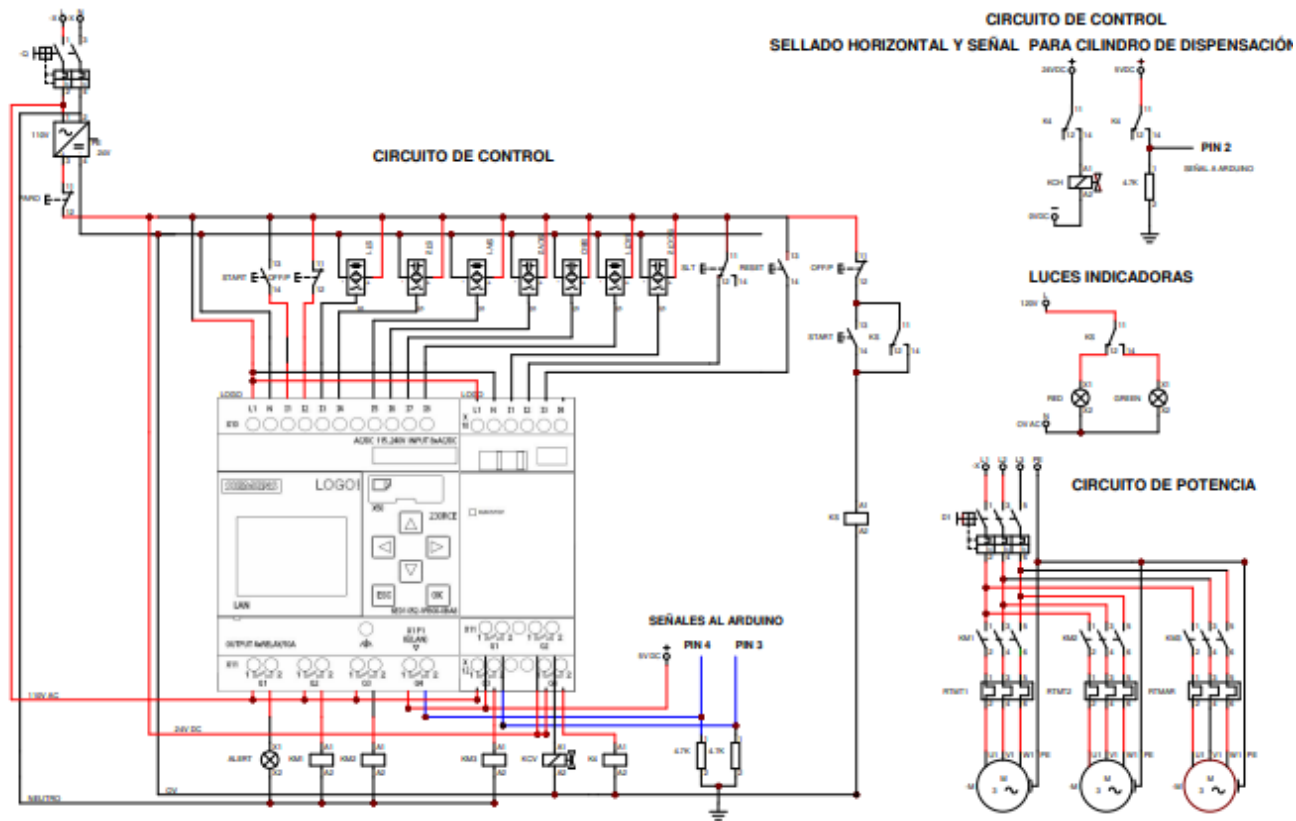
Diseño Eléctrico y de control
Módulo 4, Selección de elementos Neumáticos

*Válvula 5/2 monoestable con
retorno por resorte 4V210-08 de la
marca XCPX*

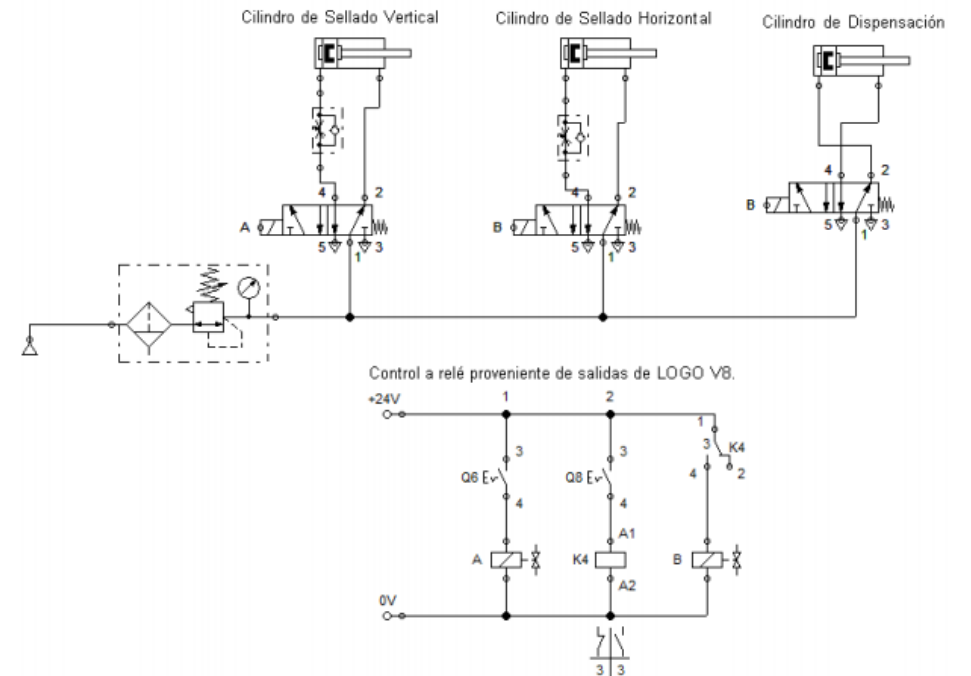


Diseño Eléctrico y de control Módulo 4, Circuitos

Circuito de control y Potencia

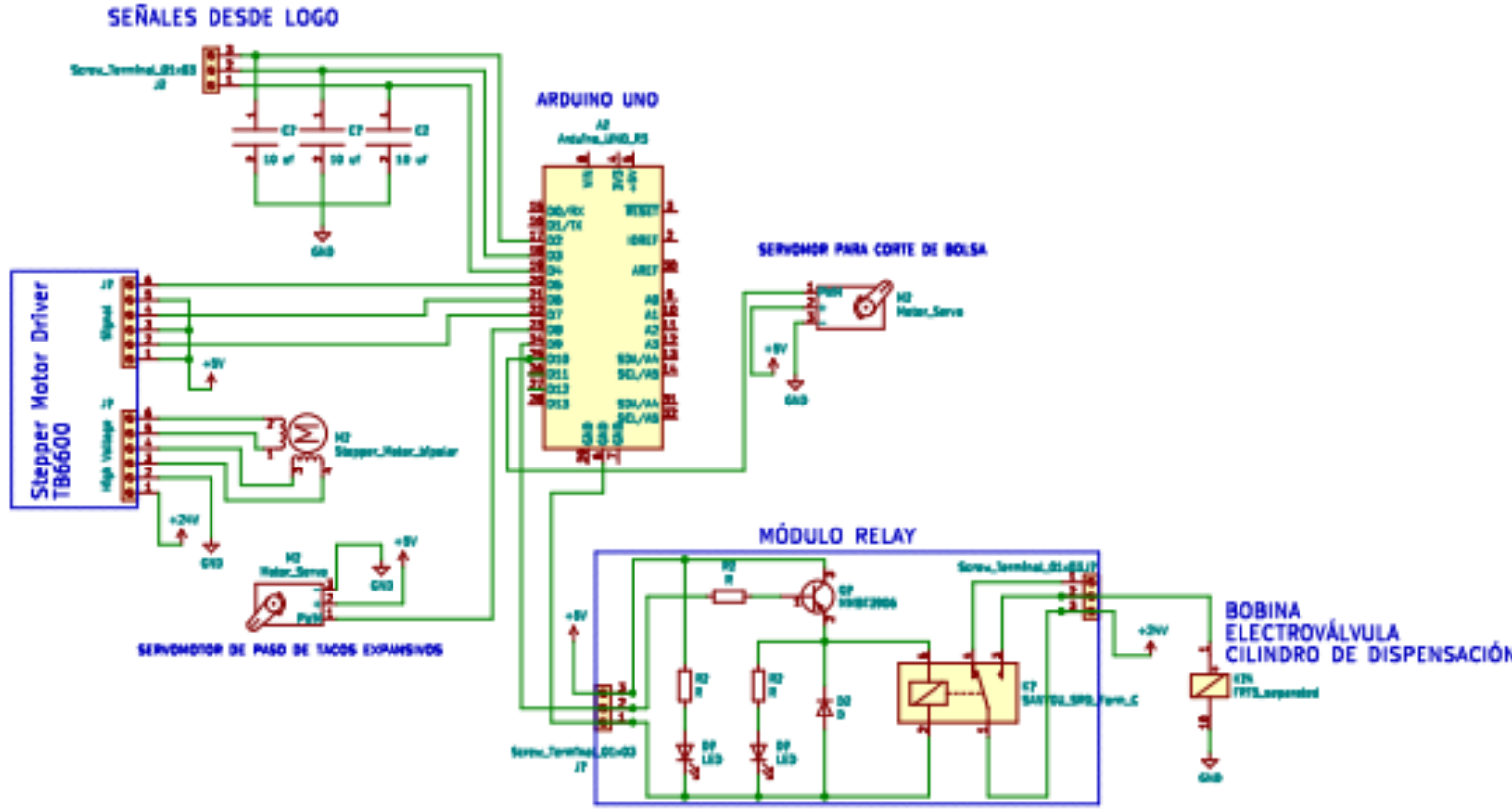


Circuito Neumático



Diseño Eléctrico y de control Módulo 4, Circuitos

Circuito Electrónico



Diseño Eléctrico y de control

Módulo 4, Monitorización Remota

Mapeo de parámetros VM

ID	Bloque	Parámetro	Tipo	Dirección
1	B042 [Retardo a la conexión]	Retardo a la conexión	Word	2
2	B050 [Retardo a la conexión]	Retardo a la conexión	Word	4
3	B044 [Retardo a la conexión]	Retardo a la conexión	Word	6
4	B047 [Retardo a la conexión]	Retardo a la conexión	Word	8
5	B052 [Contador adelante/atrás]	Contador	DWord	10
6	B052 [Contador adelante/atrás]	Límite de conexión	DWord	14
7	B067 [Contador adelante/atrás]	Contador	DWord	18
8	B067 [Contador adelante/atrás]	Límite de conexión	DWord	22
9	B058 [Contador adelante/atrás]	Contador	DWord	26
10	B062 [Contador adelante/atrás]	Contador	DWord	30
11	B029 [Contador adelante/atrás]	Contador	DWord	34
12	B028 [Contador adelante/atrás]	Contador	DWord	38
13	B042 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	42
14	B050 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	44
15	B047 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	46

LOGO! Web Editor V1.0



HMI 1

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS "ESPE-L"

ECUAMATRIZ CIA. LTDA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE DOSIFICACIÓN Y EMPACADO DE TORNILLOS Y TACOS EXPANSIVOS DE FIJACIÓN CON MONITORIZACIÓN REMOTA PARA LA EMPRESA ECUAMATRIZ CIA. LTDA. DE LA CIUDAD DE ÁMBATO

2020-2021

HMI 2

MONITORIZACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

SERVOMOTOR OFF MOTOR A PASOS OFF

ELEVADOR 2 OFF ELEVADOR 1 OFF

SELLADO VERTICAL 00:00:00 OFF

SELLADO HORIZONTAL 00:00:00 OFF

MOTOR DE ARRASTRE OFF

ETAPAS DE FUNCIONAMIENTO

SUMINISTRANDO

DOSIFICANDO

SELLANDO

DISPENSANDO

ESTADO MÁQUINA ●

RESET DE CONTADORES ⊞

ALERTAS

Sin Tornillos en tolva 1

Wed: 20:34:21
2021-08-04

NÚMERO DE ELEMENTOS POR KIT

VALOR ACTUAL	0	#TORNILLOS	0
# KITS PROGRAMADO	100	# TACOS EXPANSIV.	0

VALOR ACTUAL	0	#TORNILLOS	0
# KITS PROGRAMADO	100	# TACOS EXPANSIV.	0

HMI 3

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

PARÁMETRO	TIEMPO
SELLADO VERTICAL	00:00:00 s
SELLADO HORIZONTAL	00:00:00 s
RETARDO AL ARRASTRE	00:00:00 s
DURACIÓN DE ARRASTRE	00:00:00 s

	CANTIDAD
# DE KITS 4 ELEMENTOS	<input type="text"/>
# KITS DE 6 ELEMENTOS	<input type="text"/>

4. Construcción, Pruebas y Resultados

Estructura Mecánica



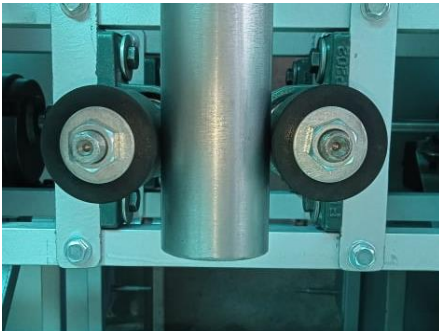
Vibradores Lineales



Formador Circular de Bolsas



Rodillos de Arrastre y Tubo dispensador



Sistema de transmisión



Sistema de sellado



4. Construcción, Pruebas y Resultados

Calibración

- Calibración de sensores
- Calibración de tiempo de arrastre
- Seteado de temperatura y tiempo de sellado



Pruebas y Resultados

Tiempo de producción de 25 Kits

N. De Kits	Tiempo de producción (seg.)	Tiempo de producción (min.)
25	332,6	5,54
25	386,8	6,45

Eficiencia del Sistema de Dosificación y Empacado

Tipo de Kit	Línea de Tornillos	Línea de tacos expansivos	Eficiencia en Sellado	Kits Aceptados
4 elementos	96%	88%	96%	84%
6 elementos	92%	84%	92%	76%

Eficiencia del Sistema de Monitorización remota

Tras catorce acciones realizada se determina un 100% de eficiencia

4. Construcción, Pruebas y Resultados

Validación de Hipótesis

El diseño y construcción del sistema de dosificación y empaçado con monitorización remota reduce el tiempo en la producción de kits de tornillos y tacos expansivos de fijación y permite la configuración del número de elementos de cada clase de 4 o 6 unidades a empaquetar en la empresa ECUAMATRIZ CIA. LTDA.

Validación de tiempo de producción de kits de 4 elementos

Método T Student

$$T = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

$$H_0 = \mu < 30 \text{ s}$$

$$H_1 = \mu \geq 30 \text{ s}$$

$$n = 25$$

$$N_c = 90\%$$

$$N_s = 10\%$$

$$\bar{X} = 13,304$$

$$S = 1.125$$

$$T < t_\alpha$$

$$-74.204 < 1.3178.$$

$$gl = n - 1 = 24$$

$$t_\alpha = 1.3178$$

Por lo tanto se acepta la hipótesis nula

4. Construcción, Pruebas y Resultados

Validación de Hipótesis

Validación de tiempo de producción de kits de 6 elementos

$$H_0 = \mu < 30 \text{ s}$$

$$H_1 = \mu \geq 30 \text{ s}$$

$$n = 25$$

$$Nc = 90\%$$

$$Ns = 10\%$$

$$\bar{X} = 15,472$$

$$S = 1.307$$

$$gl = n - 1$$

$$gl = 24$$

$$t_\alpha = 1.3178$$

$$T < t_\alpha$$

$$-55.577 < 1.3178.$$

Por lo tanto se acepta la hipótesis nula

4. Construcción, Pruebas y Resultados

Comparación con máquina en el mercado internacional



Máquina	Dosificadora y empacadora de ECUAMATRIZ	Screw counting packing
Disponibilidad de monitorización remota	SI	NO
Precio	4662,4 \$	9000 \$
Adaptabilidad de empacado	Limitado	Extenso
Control Automático	SI	SI
Líneas para empacado	2	Posibilidad de extensión de acuerdo a requerimientos
Origen	Ecuador	Chino

Conclusiones

- Se construyó un sistema de dosificación y empaqueo de tornillos y tacos expansivos de fijación con monitorización remota, que reduce el tiempo en la producción de kits de instalación de 4 o 6 elementos por clase para cajas de energía eléctrica.
- El sistema de dosificación y empaqueo permite la producción de kits de instalación de 4 elementos con un error relativo del 4% en la línea de conteo de tornillos y un 8% en la línea de dosificación de tacos expansivos de fijación.
- De acuerdo a las pruebas realizadas se concluye que la línea de dosificación que mayor porcentaje de error presenta en la etapa de conteo es la de tacos expansivos de fijación, cuyo porcentaje puede ser disminuido considerablemente con la implementación de un sensor de mayor sensibilidad y precisión.
- El sistema cuenta con un diseño mecánico estructural de fácil acceso, lo cual facilita procedimientos de calibración, ajustes, mantenimiento e inspección de los diferentes mecanismos o elementos que conforman el sistema.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se diseñó un sistema de monitorización 100% confiable, que permite la observación de producción y estado de máquina en tiempo real desde cualquier computador o dispositivo móvil enlazado a la red industrial.
- El sistema de dosificación y empaçado cuenta con un diseño adaptable para otros procesos de conteo de otro tipo de tornillos o pernos de hasta 2 pulgadas de longitud y un diámetro de hasta 10 mm, basta con modificar el diseño del disco giratorio del sistema de conteo.
- El diseño del sistema de empaçado y dosificación de tornillos y tacos expansivos de fijación fue realizado en base a un análisis minucioso de varios mecanismos y elementos utilizados a nivel industrial. Su diseño fue ajustado a las condiciones locales, implicando aspectos como tecnología, disponibilidad en mercado nacional, eficiencia, calidad y costos accesibles.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- El sistema de elevación a pasos cuenta con un diseño adaptable, su diseño característico lo hace ideal para el suministro de elementos cilíndricos como tornillos, pernos, pines etc.
- El sistema de dosificación y empacado de tornillos y tacos expansivos de fijación satisface los requerimientos y necesidades de la empresa patrocinadora en base a un análisis completo de diseño mecánico, eléctrico y de control.
- El sistema de monitorización remota cuenta con un diseño amigable para el usuario, lo cual facilita su interpretación, manipulación y control a distancia. Este puede ser rediseñado o configurado sin mayor problema, para su adaptación en otros procesos de empacado de elementos semejantes.
- En la elaboración del presente proyecto se han aplicado los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Mecatrónica, evidenciándose la relación estrecha entre la práctica y la teoría en cada uno de los conocimientos aplicados.

Conclusiones y Recomendaciones

Recomendaciones

- Se recomienda una limpieza periódica de los elementos que conforman el sistema, especialmente de aquellos que están en contacto directo con el film de película plástica.
- Se recomienda antes de iniciar el proceso de empaclado y dosificación (pulsador START) encender los sistemas de control de temperatura y esperar a que los mismos alcance la temperatura seteada (160⁰ C).
- Es de suma importancia centrar correctamente la bobina de film plástico en la porta bobinas y ajustar las abrazaderas laterales que impiden que la misma pueda descentrarse.
- Se recomienda ajustar los rodillos de arrastre de tal manera que ejerzan una presión uniforme e igual a ambos lados del tubo dispensador, esto para evitar la generación de arrugas en la bolsa plástica o desalineación del film, comprometiendo la calidad del Kit de instalación.

Recomendaciones

- Si el sistema es adaptado para la dosificación y empaqueo de tornillos de diferente medida, se recomienda la recalibración de los sensores de presencia de material dispuesto en cada tolva de almacenamiento.
- Se recomienda la verificación en el ingreso de parámetros de programación a través del sistema de monitorización y control remoto. Cualquier modificación debe ser supervisada pues puede comprometer la integridad del sistema y por consiguiente del producto final.
- Con el cambio de una nueva bobina plástica, se recomienda activar el proceso de empaqueo y dosificación de manera forzada sin material en las tolvas de almacenamiento durante la generación de al menos 4 Kits de instalación.
- La utilización de films plásticos de polietileno de baja densidad de espesores diferentes al utilizado en la fase de pruebas demanda la recalibración de los controles de temperatura con el objetivo de garantizar la calidad en el sellado.

GRACIAS

