

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

Rediseño y automatización de sistemas que conforman el proceso de empaque de alimentos con diseño e implementación de sistema de conformado de bolsas plásticas para máquina dosificadora

Autores: Pacheco Díaz, Bryan Paúl

Santillán Figueroa, Jerinthon David

Director: Msc. Tapia Zurita, Melton Edmundo

2022





CONTENIDO

- Introducción
- Fundamentación teórica
- Antecedentes
- Generación de conceptos
- Diseño y construcción
- Pruebas y resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Introducción

- La innovación
 - Permite un incremento de productividad y competitividad.
 - Aplicación de ideas, creando procesos y reformulando conceptos.
 - Para mejorar productos y servicios.
- Medio local
 - Baja inversión en investigación.
 - Dependencia de importaciones.
 - Limitada garantía y repuestos
- Mecatrónica
 - Automatización de procesos
 - Integración de sistemas
 - Mecánicos
 - Eléctricos y electrónicos
 - Control



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Empacado

- Definición
 - El empacado es la ciencia, arte y tecnología de encerrar o proteger productos para su distribución, almacenamiento, venta y uso.
 - Según la PPMA de Reino Unido.
- Funciones del empaque
 - Protección
 - Comunicación
 - Conveniencia
 - Contención
- Tipos de empacados
 - Primario: contacto directo.
 - Secundario: recubre al primario para agruparlo.
 - Terciario: para transportar empaques secundarios



Empacadoras industriales

Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

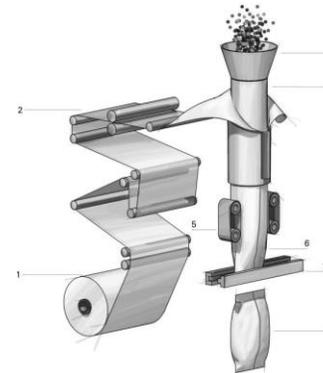
Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

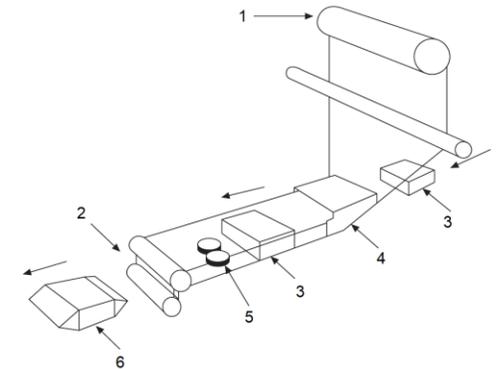
Conclusiones

Recomendaciones

- Definición
 - Son máquinas que realizan todas las actividades necesarias para poner un producto determinado en una bolsa.
 - Asegurando su higiene y conservación.
 - Con diferentes niveles de automatización según sea conveniente.
- Principio de funcionamiento
 - Formado, llenado, sellado, dosificado y corte.
- Clasificación
 - VFFS: para líquidos, granos y polvos.
 - HFFS: para productos frágiles.



VFFS



HFFS



Procesos de empacadoras

Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

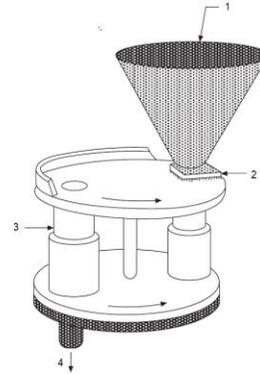
Diseño y construcción

Pruebas y resultados

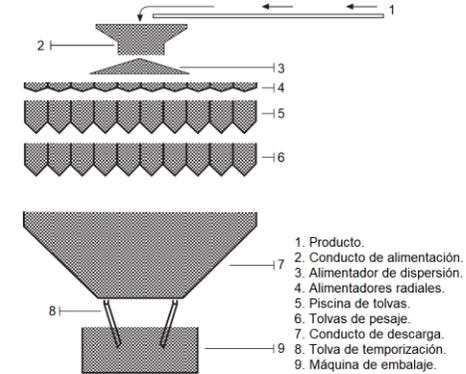
Conclusiones

Recomendaciones

- Dosificación
 - Para productos sólidos
 - Discretos
 - Por conteo
 - No discretos
 - Por volumen
 - Por peso

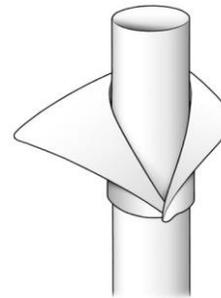


Volumen

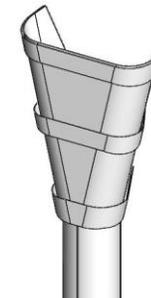


Por peso

- Formadores de bolsa
 - Bobina
 - Cuello formador
 - Cono formador
 - Manga plástica



Cuello



Cono



Manga



Procesos de empacadoras

Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

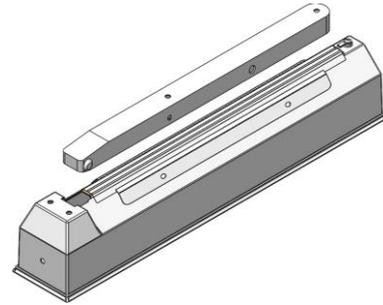
Diseño y construcción

Pruebas y resultados

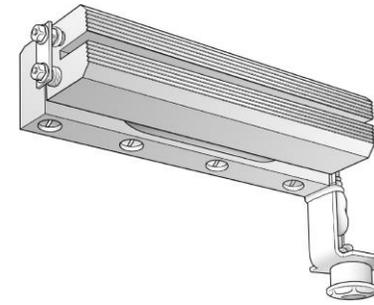
Conclusiones

Recomendaciones

- Sistema de sellado
 - Temperatura constante.
 - Por impulso.

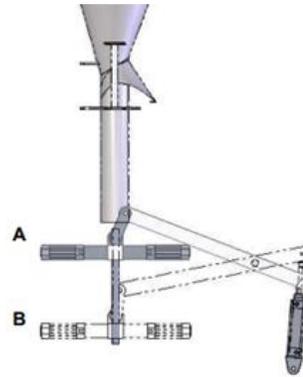


Por impulso



Constante

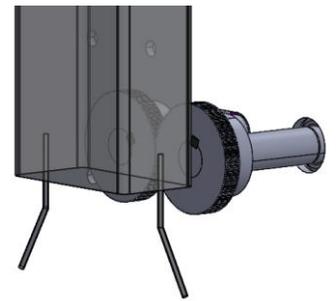
- Sistema de arrastre
 - Por mordazas de sello
 - Por bandas.
 - Por rodillos.



Por mordazas



Por bandas



Por rodillos



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

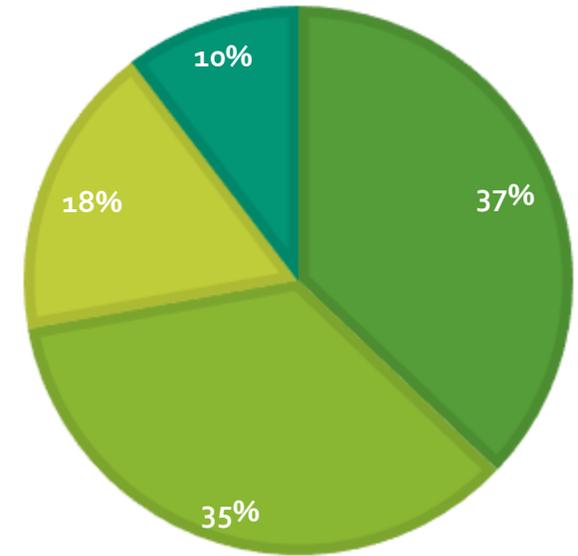
Recomendaciones

Material de empaque

- Distribución de materiales de empaque en la industria.
- Selección de material
 - Condiciones ambientales.
 - Resistencia.
 - Especificaciones del comprador.
 - Etiquetado.
 - Presupuesto.
- Propiedades del sellado
 - Temperatura de sellado.
 - Presión de sellado.
 - Tiempo de sellado.
 - Fuerza de sellado.

MATERIALES DE EMPAQUE

■ Papel y cartón ■ Plástico ■ Metales ■ Vidrio





Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

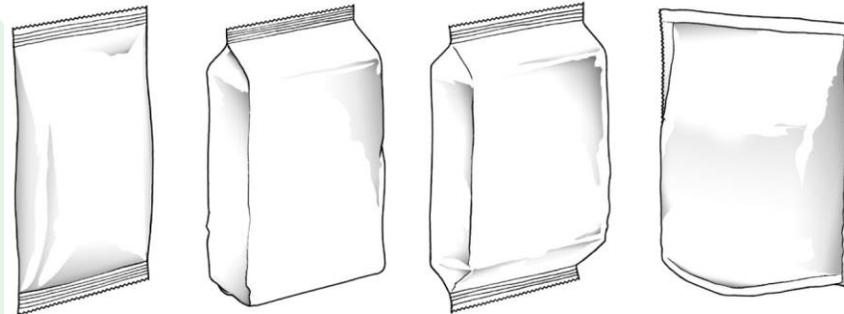
Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Plásticos para empacar

- El empaque de plástico ha reemplazado ampliamente al empaquetado con vidrio y metal.
- Plástico más usados para empaque:
 - Polipropileno (PP)
 - Flexible, liviano y duradero.
 - Soporta de 0 °C hasta 170 °C.
 - Para empacar envases de microondas.
 - Polietileno (PE)
 - Duradero, económico y resistente a químicos.
 - Resiste entre -80 °C hasta 115 °C.
 - LDPE: Para bolsas de producto alimenticios.
- Tipos de bolsas



a. Bolsa de almohada

b. Bolsa con fondo plano

c. Bolso con fuelle

d. Doy-pack



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Antecedentes

- Empresa auspiciante: PROSERMEC
 - Estudio, desarrollo y validación de maquinaria industrial.
- Línea de empackado
 - Máquina en desarrollo.
- Estado
 - Subsistema de alimentación y dosificación. (Implementado parcialmente)
 - Subsistema de sellado y corte. (No validado)
 - Subsistema de formado y arrastre (No implementado).
 - Subsistema de control (No implementado).





Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Alcance

- Requerimientos de PROSERMEC
 - Alimentación 110 VAC.
 - Velocidad de producción: >5 paquetes/min
 - Producto a empaque: Alimento granulado agrícola (principalmente maíz)
 - Cantidad de empaque: 1 lb
- Parámetros definidos
 - Tipo de empaque: Primario
 - Tipo de empacadora: VFFS.
 - Tamaño de producto: Entre 5 y 25 mm de diámetro.
 - Tipo de bolsa: Almohada.
 - Dosificación: Por vasos volumétricos
 - Material de empaque: LDPE.
 - Dimensiones de la bolsa: Ajustable a una libra.
- Requisitos de validación
 - Norma DIN 5529 para determinación de resistencia de costuras selladas.



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Objetivos

- General
 - Rediseñar y automatizar los sistemas que conforman el proceso de empaque de alimentos en máquina dosificadora en la que se va a implementar un sistema de arrastre de manga plástica mediante integración de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, con el fin que dicha máquina dosifique, llene, selle y corte empaques de productos granulados, con la alternativa de cambiar la capacidad de dosificación por medio de vasos volumétricos.
- Objetivos específicos
 - Diseñar y fabricar los componentes mecánicos necesarios que el subsistema de dosificación se encargue de llenar los empaques con la cantidad correcta de producto, además que el ensamble y desacople de los componentes se realice lo más sencillo posible.
 - Diseñar y dimensionar los componentes eléctricos, de control y neumáticos para que el control de los subsistemas trabaje de manera adecuada en un solo sistema automatizado integrado.
 - Implementar e integrar los diferentes subsistemas que conforman la máquina para tener una empacadora completamente automática con el fin de adaptar el producto a las características de cada alimento granulado a empacar.
 - Validar el proceso utilizando diseño experimental con el fin de verificar el cumplimiento de normas de sellado en productos alimenticios, así como los tiempos de producción establecidos



Clasificación de subsistemas

Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

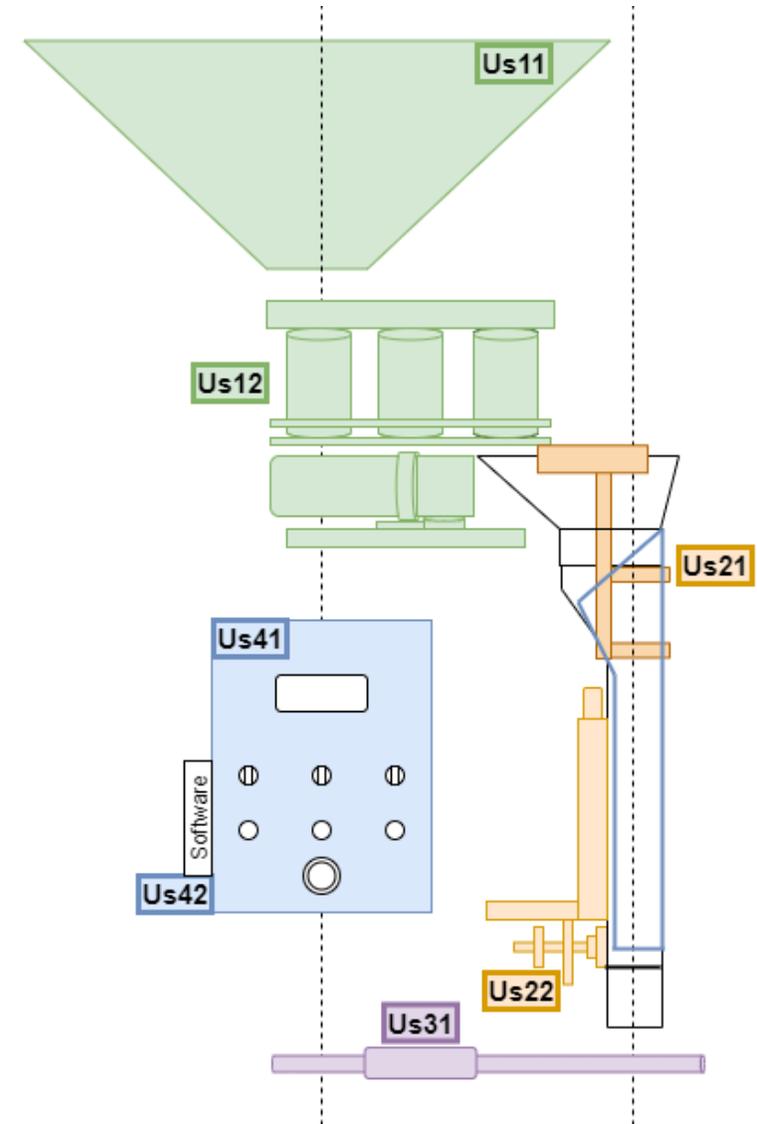
Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

- Us1: Subsistema de alimentación y dosificación.
 - Us11: Alimentación
 - Us12: Dosificación.
- Us2: Subsistema de arrastre.
 - Us21: Formado.
 - Us22: Arrastre.
- Us3: Subsistema de sellado y corte.
- Us4: Subsistema de automatización y control
 - Us41: Hardware, botonería y conexiones.
 - Us42: Software.





Concepto de formador Us21

- La calificación tiene una ponderación de 1 a 3, donde 1 indica que el criterio no es aceptable, mientras que 3 indica la mejor puntuación.

Criterios de selección	Peso	Concepto					
		Cuello formador		Cono formador		Manga plástica	
		Calif.	Evaluación ponderada	Calif.	Evaluación ponderada	Calif.	Evaluación ponderada
Costo (mayor costo/menor calificación)	30%	1	0.3	2	0.6	3	0.9
Elementos adicionales	20%	2	0.4	2	0.4	3	0.6
Peso (mayor peso/menor calificación)	15%	1	0.15	1	0.15	2	0.3
Facilidad de ensamble	20%	2	0.4	2	0.4	3	0.6
Espacio (mayor espacio/menor calificación)	15%	2	0.3	3	0.45	3	0.45
	100%		1.55		2		2.85

Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

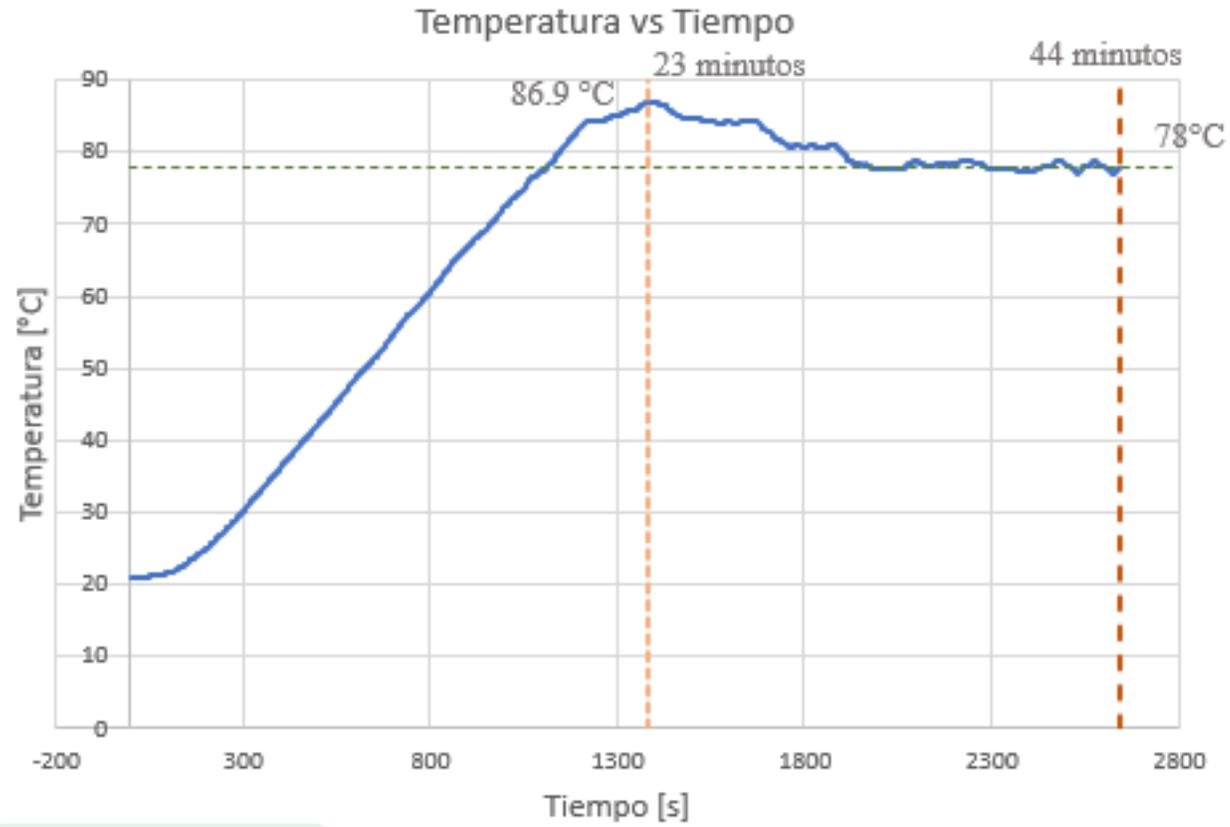
Conclusiones

Recomendaciones



Concepto de sellado Us31

- Respuesta de temperatura del sistema actual de sello y corte.



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Concepto de sellado Us31

- Alternativa de sellado.

Criterios de selección	Peso	Concepto			
		Sellado continuo		Impulso eléctrico	
		Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada
Costo (mayor costo /menor calificación)	30%	2	0.6	3	0.9
Facilidad de implementar	20%	2	0.4	2	0.4
Energía (mayor energía /menor calificación)	15%	1	0.15	2	0.3
Mantenimiento	15%	2	0.3	2	0.3
Tiempo de precalentamiento (mayor tiempo / menor calificación)	20%	1	0.2	3	0.6
	100%		1.65		2.5

Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Concepto de arrastre Us22

- El concepto que obtuvo la mejor calificación respecto a los criterios de selección, es el subsistema de arrastre mediante rodillos.

Criterios de selección	Peso	Concepto					
		Mordazas		Rodillos		Correas	
		Calif.	Evaluación ponderada	Calif.	Evaluación ponderada	Calif.	Evaluación ponderada
Costo (mayor costo /menor calificación)	25%	1	0.25	3	0.75	2	0.5
Facilidad de implementar	20%	1	0.2	2	0.4	2	0.4
Facilidad de manufactura	20%	2	0.4	3	0.6	2	0.4
Mantenimiento	15%	2	0.3	2	0.3	2	0.3
Espacio (mayor espacio / menor calificación)	20%	1	0.2	3	0.6	1	0.2
	100%		1.35		2.65		1.8

Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diagrama funcional

Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

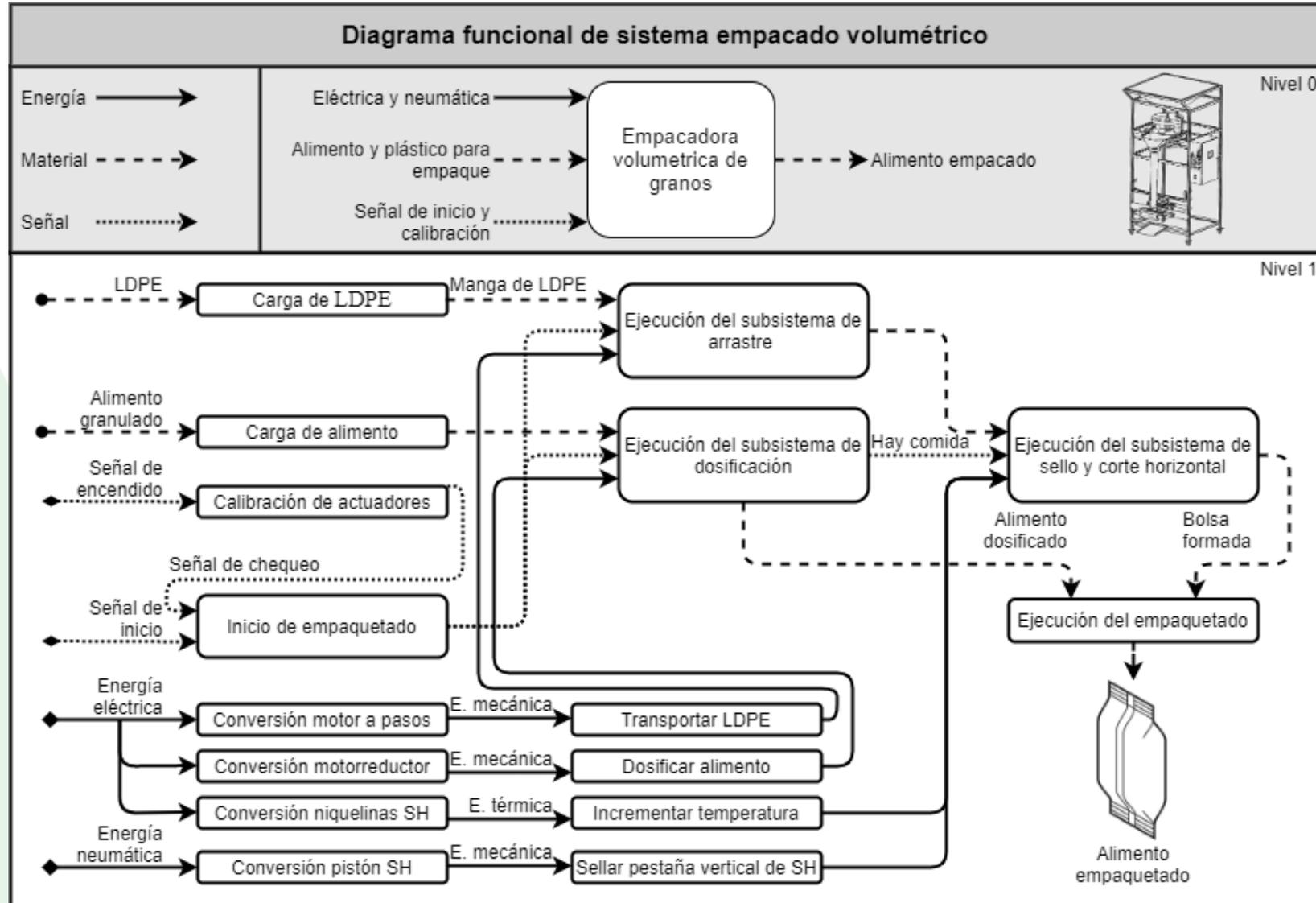
Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Diseño mecánico

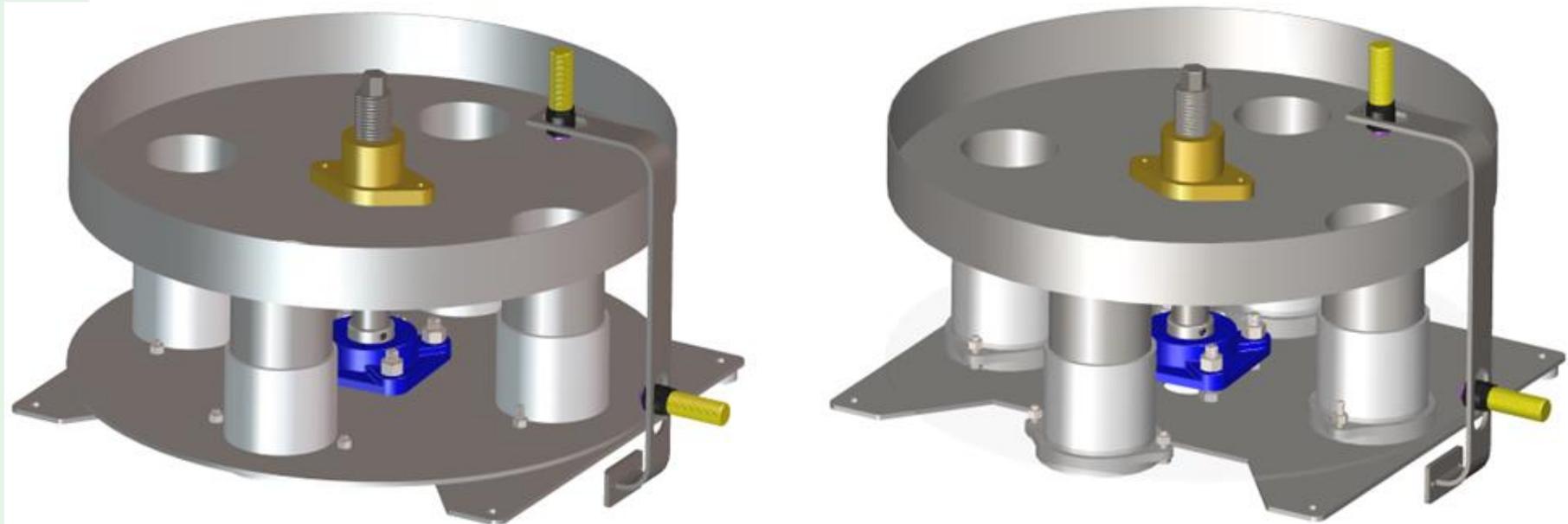
Introducción

- **Subsistema de dosificación (Us12)**

Fundamentación teórica

- El subsistema se compone de un plato superior con orificios para permitir el paso del alimento, un tornillo sin fin para la regulación de la altura, vasos para la dosificación, un plato inferior y una placa inferior que estará sometida a la carga de los granos provenientes de la tolva.

Antecedentes



Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

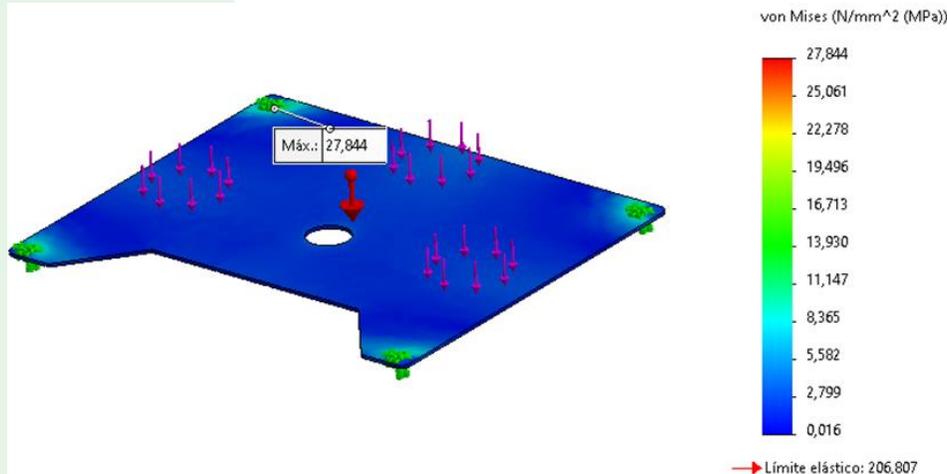
Conclusiones

Recomendaciones

Diseño mecánico

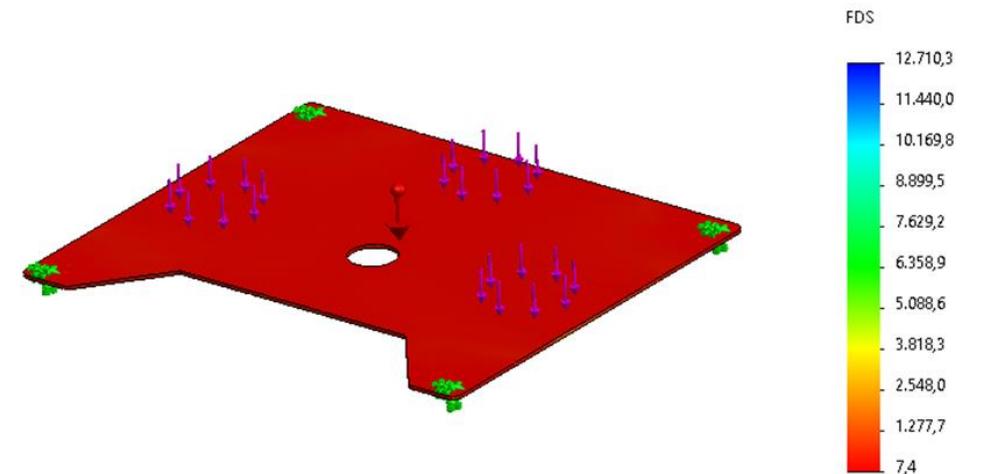
- **Subsistema de dosificación (Us12)**
- El elemento está soportando una carga de 1.5 kg correspondiente a 3 vasos llenos de producto alimenticio

Espectro de tensiones



Esfuerzo máximo 27.84 MPa

Factor de seguridad



Factor de seguridad mínimo 7.4



Diseño mecánico

Introducción

- **Subsistema de sello y corte horizontal (Us31)**

Fundamentación
teórica

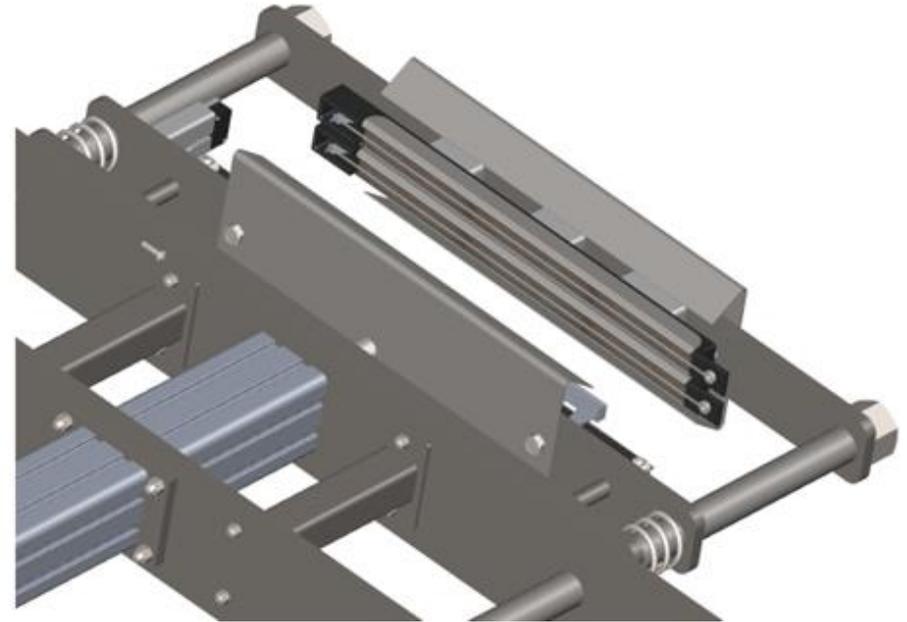
- El subsistema se compone de 2 cilindros neumáticos, niquelinas, teflón, fin de carrera y la base para el montaje de las piezas

Antecedentes



Generación
de conceptos

Diseño
y construcción



Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Diseño mecánico

- **Subsistema de sello y corte horizontal (Us23)**
- La fuerza que ejerce el pistón neumático se determina de la siguiente manera:

$$F = P \cdot A$$

$$F = P \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)$$

Donde: F : Fuerza

P : Presión

A : Área del pistón

d : Diámetro del pistón

$$F = 0.6 \text{ MPa} \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0.050^2}{4} \right)$$

$$F = 1\,178.1 \text{ [N]}$$

$$F = 120.1 \text{ [kgf]}$$



Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

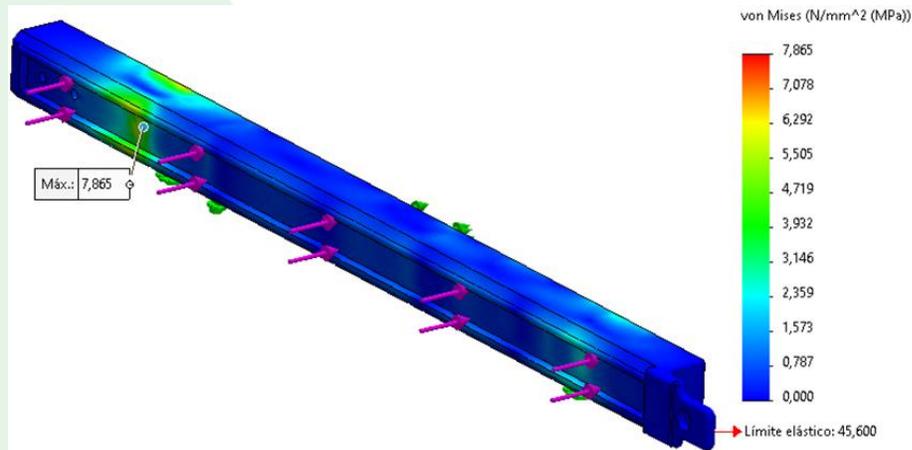
Conclusiones

Recomendaciones

Diseño mecánico

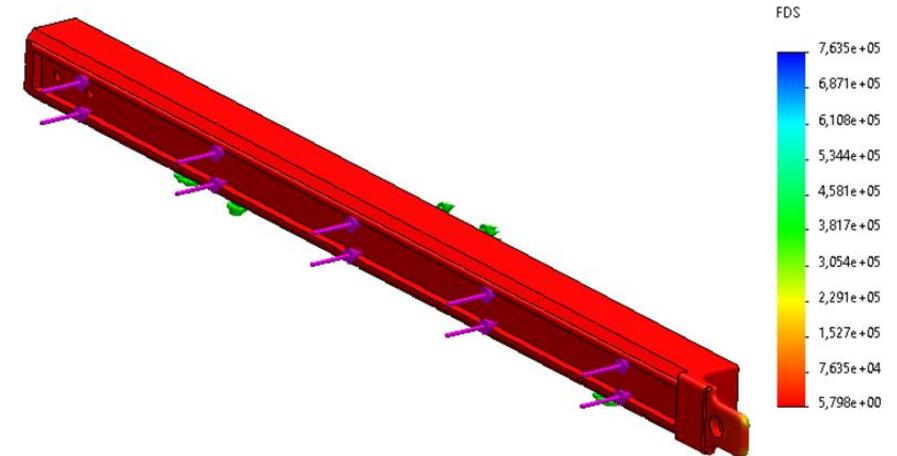
- **Subsistema de sello y corte horizontal (Us23)**
- Una vez determinada la fuerza que ejerce el pistón, se realiza el análisis estático de la base del sello por impulso

Espectro de tensiones



Esfuerzo máximo 7.86 MPa

Factor de seguridad



Factor de seguridad mínimo 5.79



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

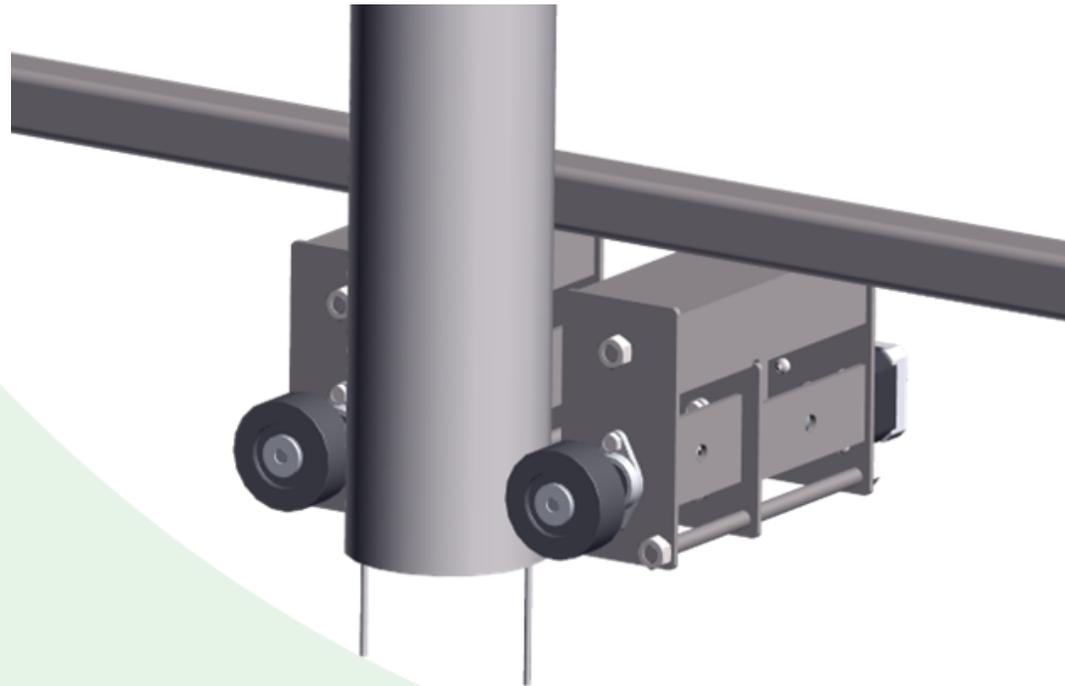
Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Diseño mecánico

- **Subsistema de arrastre de la funda (Us22)**
- El subsistema de arrastre posee 2 motores, ejes, chumaceras, acoples flexibles y ruedas para ejercer la acción de arrastre la manga plástica





Diseño mecánico

Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

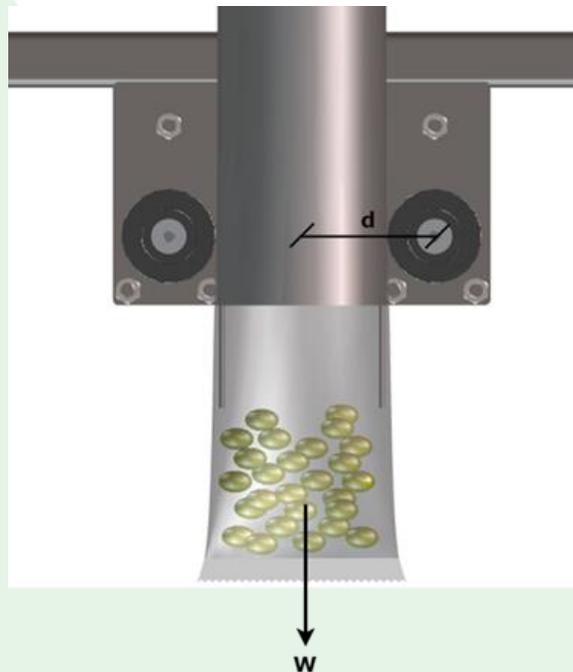
Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

- **Subsistema de arrastre de la funda (Us22)**
- Dimensionamiento del motor
- Para el dimensionamiento de los motores para el subsistema de arrastre se realizó el cálculo del torque mínimo que deben tener los motores



$$T = \frac{W}{2} \cdot d$$

$$W = 1 \text{ [kgf]} \quad d = 7.14 \text{ [cm]}$$

$$T = 3.57 \text{ [kgf} \cdot \text{cm]}$$

$$T = 0.35 \text{ [N} \cdot \text{m]}$$



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Diseño mecánico

- **Subsistema de arrastre de la funda (Us22)**
- Diseño de los ejes
- El eje estará sometido a un esfuerzo debido a la torsión que está definido por:

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J}$$

Donde: T : Torque

r : radio del eje

J : Momento polar de inercia

- Reemplazando los datos, el valor del esfuerzo debido a la torsión es:

$$\tau = 8.25 \text{ MPa}$$



Diseño mecánico

Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

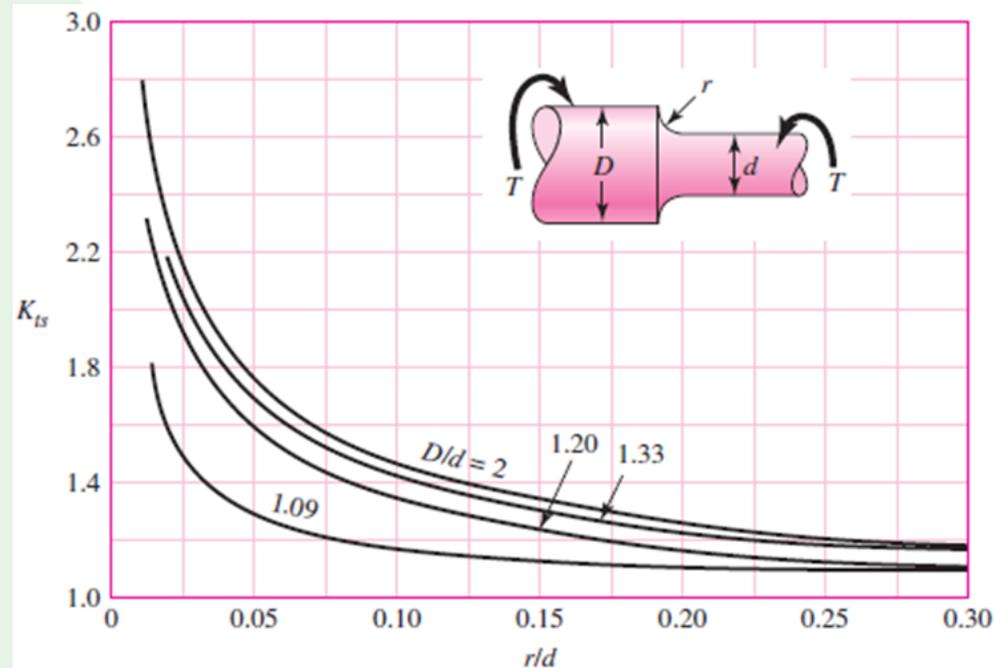
Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

- **Subsistema de arrastre de la funda (Us22)**
- Diseño de los ejes
- Se debe considerar el valor de concentrador de esfuerzos debido a que existe un escalón en el eje



El valor del concentrador de esfuerzos es 1.5 según los datos geométricos del eje

$$\tau_{max} = \tau \cdot K_{ts}$$

$$\tau_{max} = 12.38 \text{ MPa}$$



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Diseño mecánico

- **Subsistema de arrastre de la funda (Us22)**
- Diseño de los ejes
- En este caso el cortante es puro debido a la torsión. Aplicando la teoría de Von Mises el esfuerzo equivalente queda definido como se muestra a continuación:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{3} \tau_{max}$$

$$\sigma_{eq} = 21.44 \text{ MPa}$$

- Una vez calculado el esfuerzo equivalente, se determina el factor de seguridad

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_{eq}}$$

$$FS = 10.26$$



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

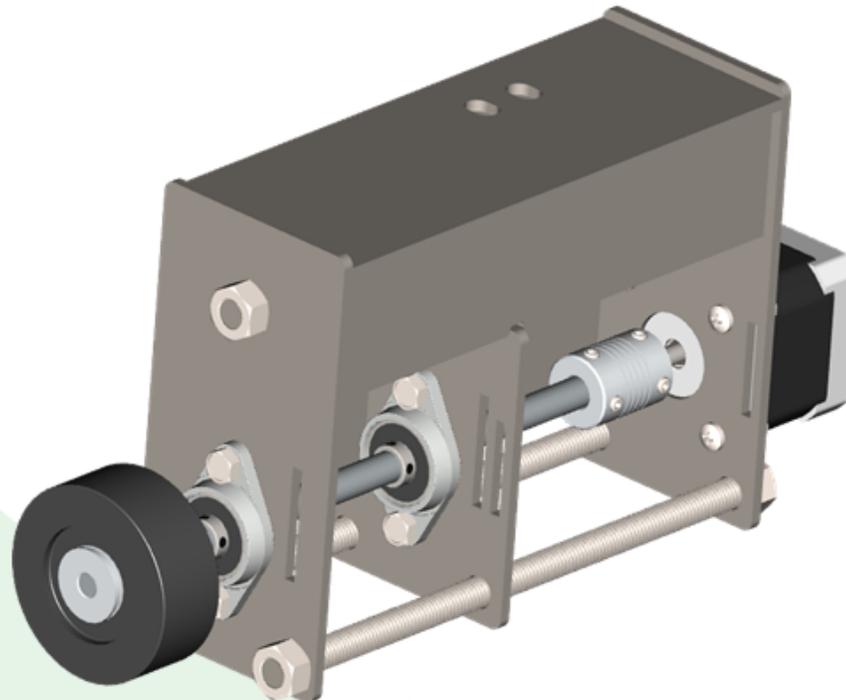
Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Diseño mecánico

- **Estructura del subsistema de arrastre**
- La manufactura de la estructura del subsistema de arrastre se realizó con acero ASTM A36 mediante corte láser





Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

**Diseño
y construcción**

Pruebas
y resultados

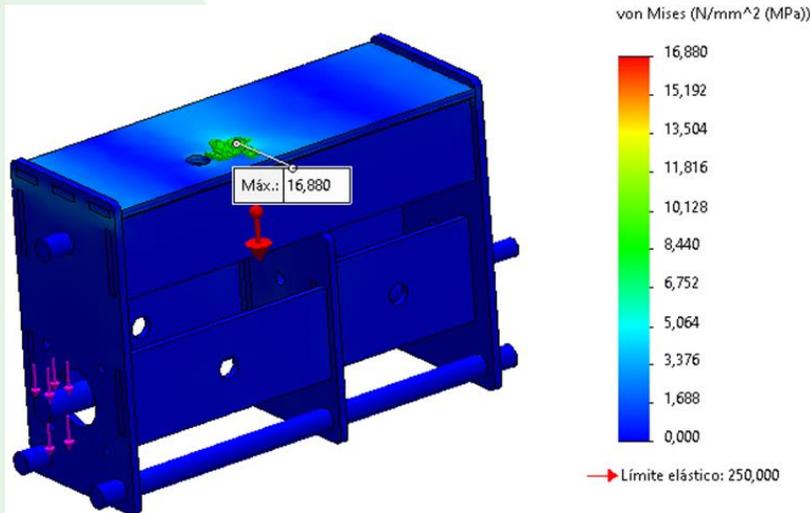
Conclusiones

Recomendaciones

Diseño mecánico

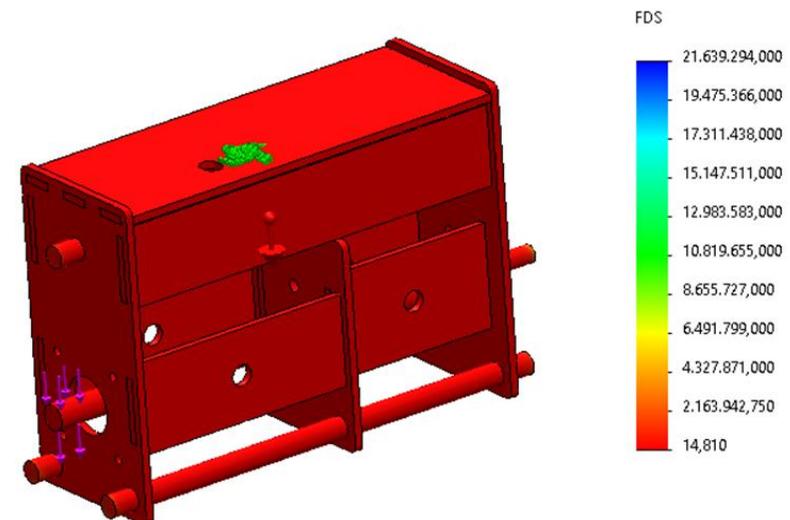
- Estructura del subsistema de arrastre
- Para el análisis estático de la estructura se consideró el peso del motor y el peso propio de la estructura

Espectro de tensiones



Esfuerzo máximo 16.88 MPa

Factor de seguridad



Factor de seguridad mínimo 14.81



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Diseño mecánico

- **Soporte del subsistema de arrastre**
- Una vez diseñado el subsistema de arrastre, se requiere de un soporte para anclarlo a la máquina





Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

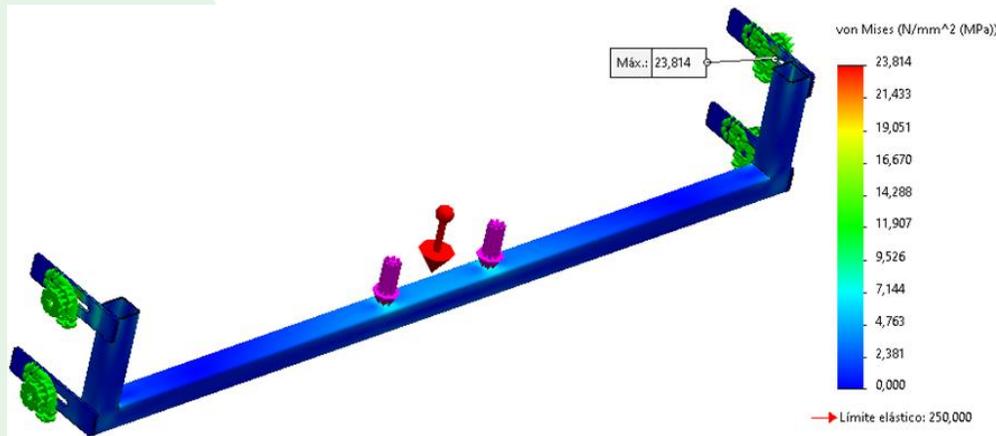
Conclusiones

Recomendaciones

Diseño mecánico

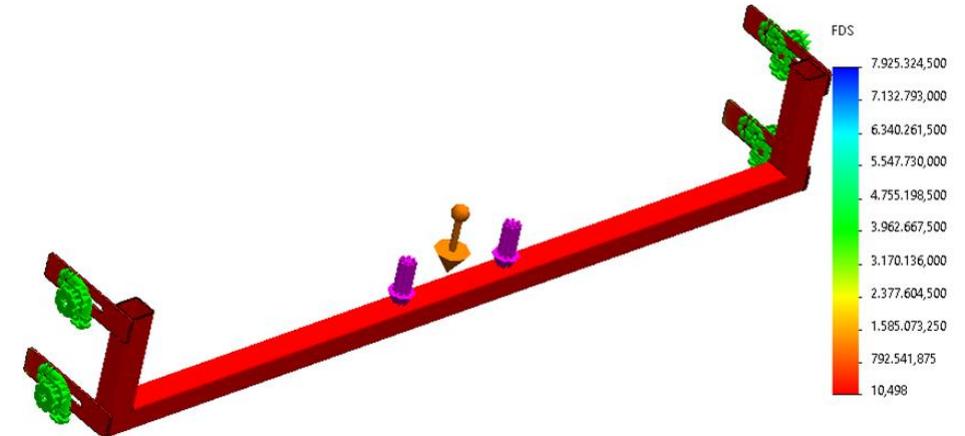
- Soporte del subsistema de arrastre
- Para el análisis estático del soporte se consideró el peso de la estructura del subsistema de arrastre y el peso propio del soporte

Espectro de tensiones



Esfuerzo máximo 23.81 MPa

Factor de seguridad



Factor de seguridad mínimo 10.5



Diseño eléctrico, electrónico y control

- Selección del controlador (Us₄₁)

Criterios de selección	Peso	Concepto			
		Microcontrolador		PLC	
		Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada
Costo (mayor costo/menor calificación)	20%	2	0.4	1	0.2
Fiabilidad	20%	2	0.4	3	0.6
Facilidad de programación	30%	2	0.6	3	0.9
Robustez	15%	1	0.15	3	0.45
Mantenimiento	15%	2	0.3	3	0.45
	100%		1.85		2.6

Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diseño eléctrico, electrónico y control

Introducción

- **Selección del PLC (Us41)**

Para seleccionar el PLC, se debe tomar en cuenta los siguientes requerimientos del sistema:

- Alimentación: 110 [VAC]
- Entradas digitales 8 a 24[VDC]
- Salidas digitales: 6 tipo relé
- Salidas digitales: 1 tipo transistor

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diseño eléctrico, electrónico y control

- Selección del PLC (Us41)

Criterios de selección	Peso	Concepto			
		Siemens S7-1200		Xinje XD3-24RT-E	
		Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada
Costo (mayor costo/menor calificación)	30%	1	0.3	3	0.9
Fiabilidad	25%	3	0.75	2	0.5
Disponibilidad	15%	3	0.45	2	0.3
Memoria de trabajo	15%	2	0.3	3	0.45
Capacidad de ampliación de módulos	15%	2	0.3	3	0.45
	100%		2.1		2.6

Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

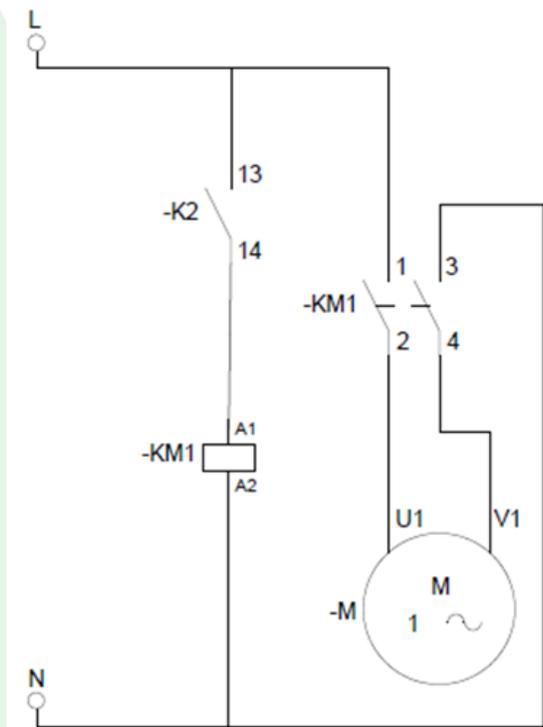


Diseño eléctrico, electrónico y control

Introducción

- **Subsistema de dosificación (Us12)**

Para este subsistema se requiere del control del motor AC, se lo realiza mediante un relé encapsulado y para la potencia se emplea un contactor. El dimensionamiento de estos dispositivos se realizó a partir de los datos de la placa del motor



	V	Hz	A	HP	RPM
1	110	220	3.06	1.53	1705
2	120	240	3.12	1.56	1720

	FP	FS	AFS	Rend IE	η 100%
1	0.98	1.15	-	-	54.5%
2	0.96	1.15	-	-	50.0%

DIAGRAMA DE CONEXIÓN: G D:6201-ZZ T:6201-ZZ

$$I_{\text{contactor}} = I_{\text{nominal}} \cdot 1.25 = 3.9 \text{ [A]}$$

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diseño eléctrico, electrónico y control

Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

- **Subsistema de sello y corte horizontal (Us31)**

Para sellar y cortar las fundas se requiere del control del sistema de sellado por resistencias, sistemas de sellado por impulso y la integración con el sistema neumático

Controlador PID y relé para el sistema de sello por resistencias

Para garantizar una temperatura estable en las mordazas se seleccionó un controlador PID, un sensor RTD para tomar los datos de temperatura y realizar el respectivo control.

Para operar la parte de potencia se realiza mediante un relé de estado sólido debido a que este componente está en constante activación y desactivación.





Diseño eléctrico, electrónico y control

Introducción

- **Subsistema de sello y corte horizontal (Us31)**

Relé para el sistema de sello por impulso

Para este sistema se requiere activar y desactivar las niquelinas mediante un controlador que cuenta con niveles de regulación de tiempo según el tipo de material y calibre.



Para integrar el sistema eléctrico del sello y corte con el sistema neumático se realizó la selección de una electroválvula 5/2 , regulador de flujo, racor y silenciadores de bronce.

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diseño eléctrico, electrónico y control

- Subsistema de arrastre de la funda (Us22)

Selección del motor

Criterios de selección	Peso	Concepto					
		Inducción		Motor a pasos		Servomotor	
		Calif.	Eval. ponderada	Calif.	Eval. ponderada	Calif.	Eval. ponderada
Costo (mayor costo /menor calificación)	30%	2	0.6	2	0.6	1	0.3
Facilidad de control	20%	1	0.2	3	0.6	3	0.6
Precisión	20%	2	0.4	3	0.6	3	0.6
Mantenimiento	10%	2	0.2	2	0.2	2	0.2
Espacio (mayor espacio / menor calificación)	20%	1	0.2	3	0.6	3	0.6
	100%		1.6		2.6		2.3

Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diseño eléctrico, electrónico y control

Introducción

- **Tablero eléctrico**



Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

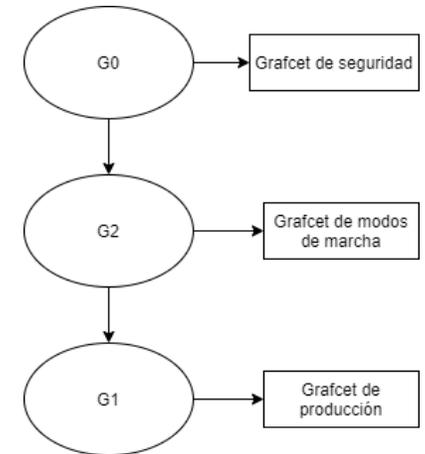
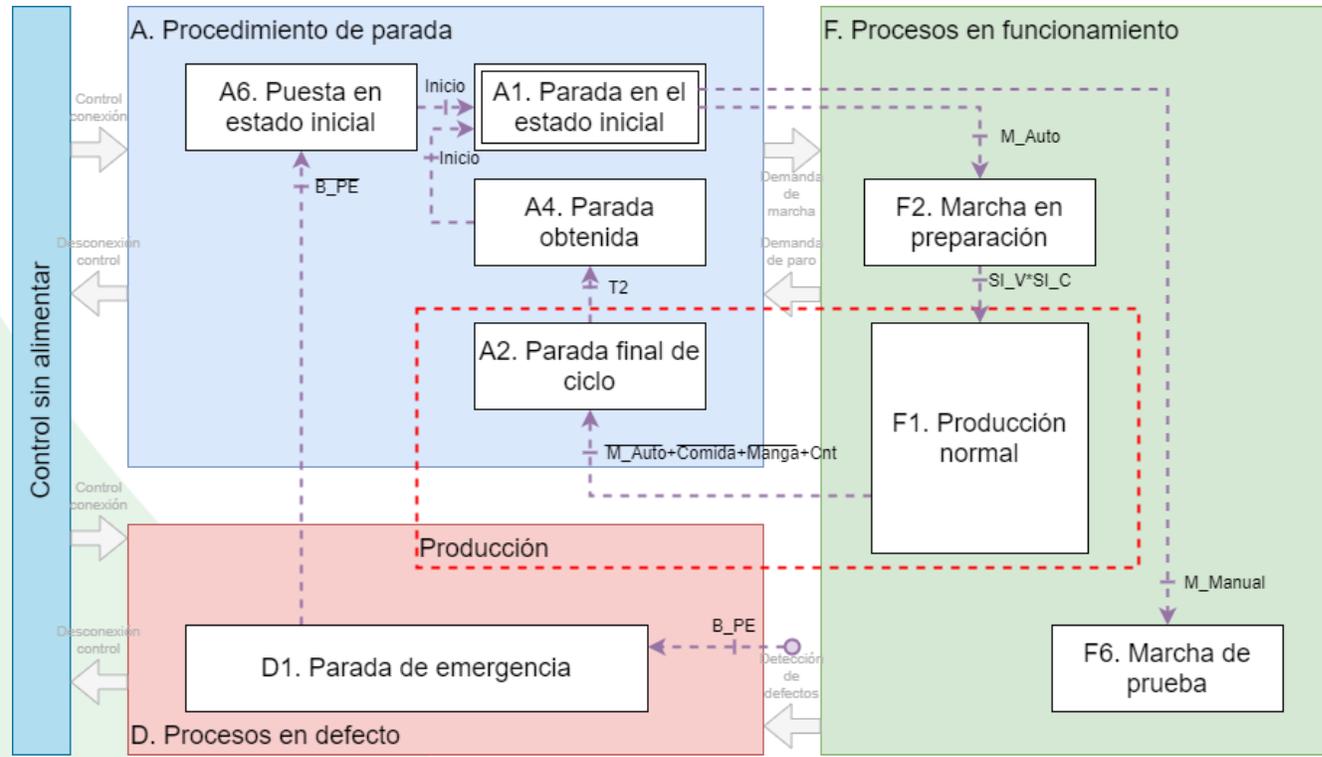


Diseño eléctrico, electrónico y de control

Introducción

- Integración de sistemas (Us42)

- Guía GEMMA y programación estructurada por Grafcet



Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diseño eléctrico, electrónico y control

Introducción

- **Interfaz hombre-máquina**

- Operaciones que debe realizar.
 - Facilidad para cambiar ajustes.
 - Visualización de históricos.
 - Calibración.
 - Alarmas.
- HMI
 - Marca: Kinco.
 - Tamaño: 4".
 - Modelos: GLo43E.
 - Compatibilidad con PLC Xinje: Si.
 - Comunicación: RS232, Ethernet.



Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

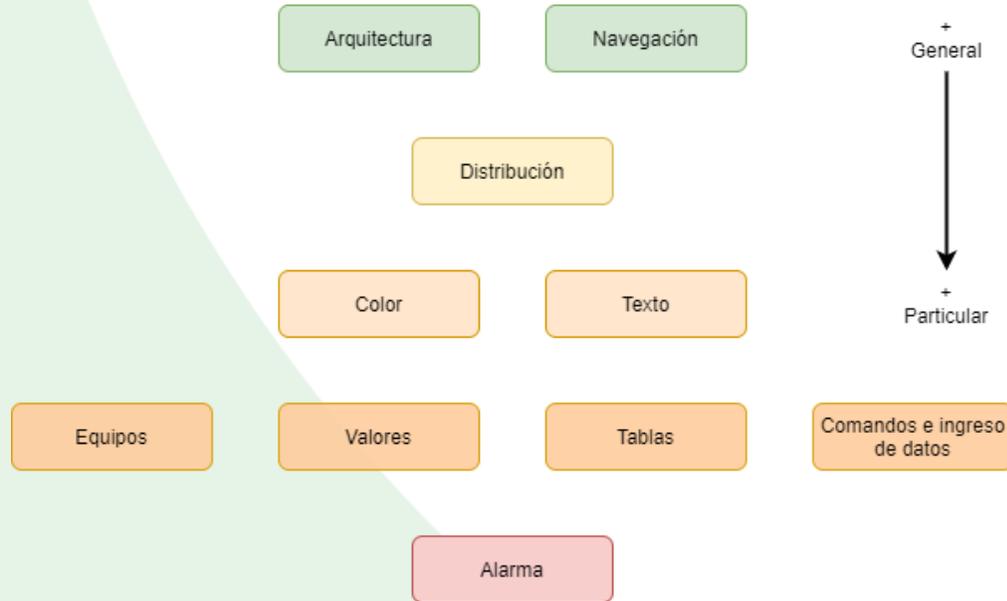


Diseño eléctrico, electrónico y control

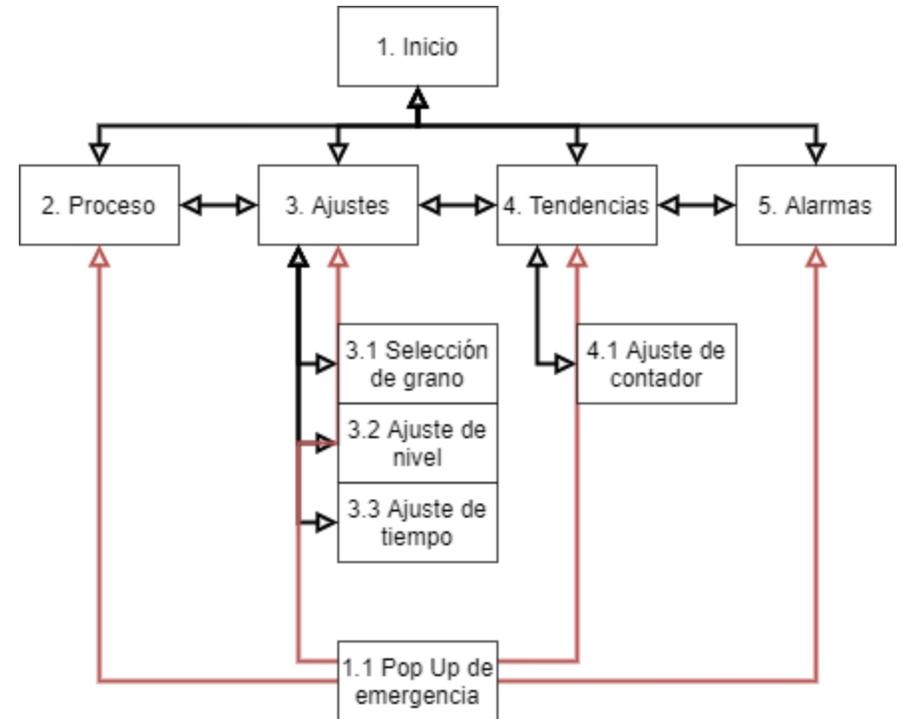
Introducción

- Interfaz hombre-máquina

- Criterios guía GEDIS



- Esquema de navegación



Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Diseño eléctrico, electrónico y control

Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

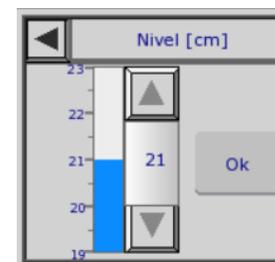
Conclusiones

Recomendaciones

- Interfaz hombre-máquina
- Plantilla



- Ajustes



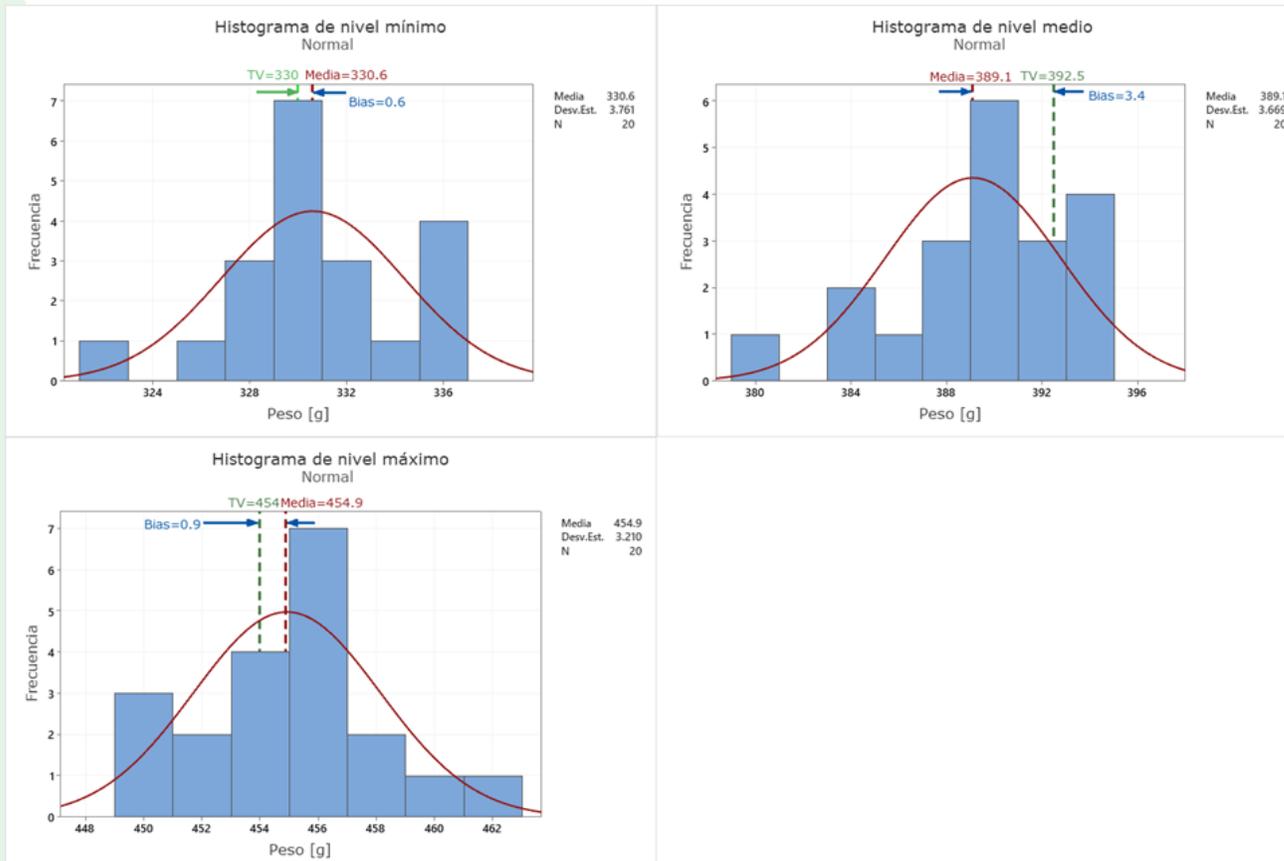


Pruebas y Resultados

Introducción

- Subsistema de alimentación y dosificación (Us1)

Exactitud y precisión



El peso de interés de los empaques es de 1 libra, donde se obtuvo un error de 0.20% que quiere decir que la exactitud del dosificador es buena, mientras que la desviación estándar es de 3.21 gramos que se traduce en un 0.7% de error

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Introducción

Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

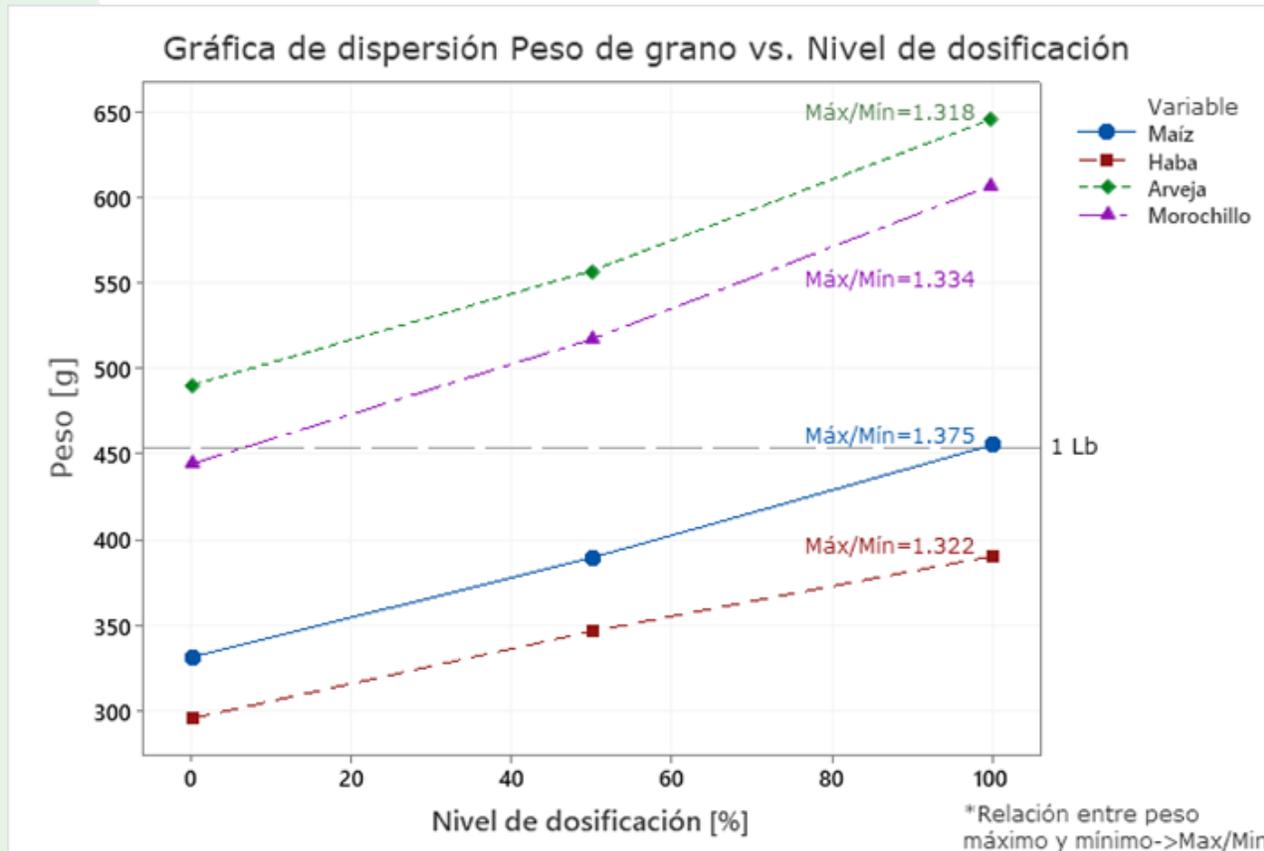
Conclusiones

Recomendaciones

Pruebas y Resultados

- Subsistema de alimentación y dosificación (Us1)

Linealidad



La gráfica muestra una dispersión con diferentes granos, debido a que el dosificador es volumétrico el peso varía según la densidad y tamaño del grano, por lo tanto, se tomó 4 granos de diferentes tamaños.

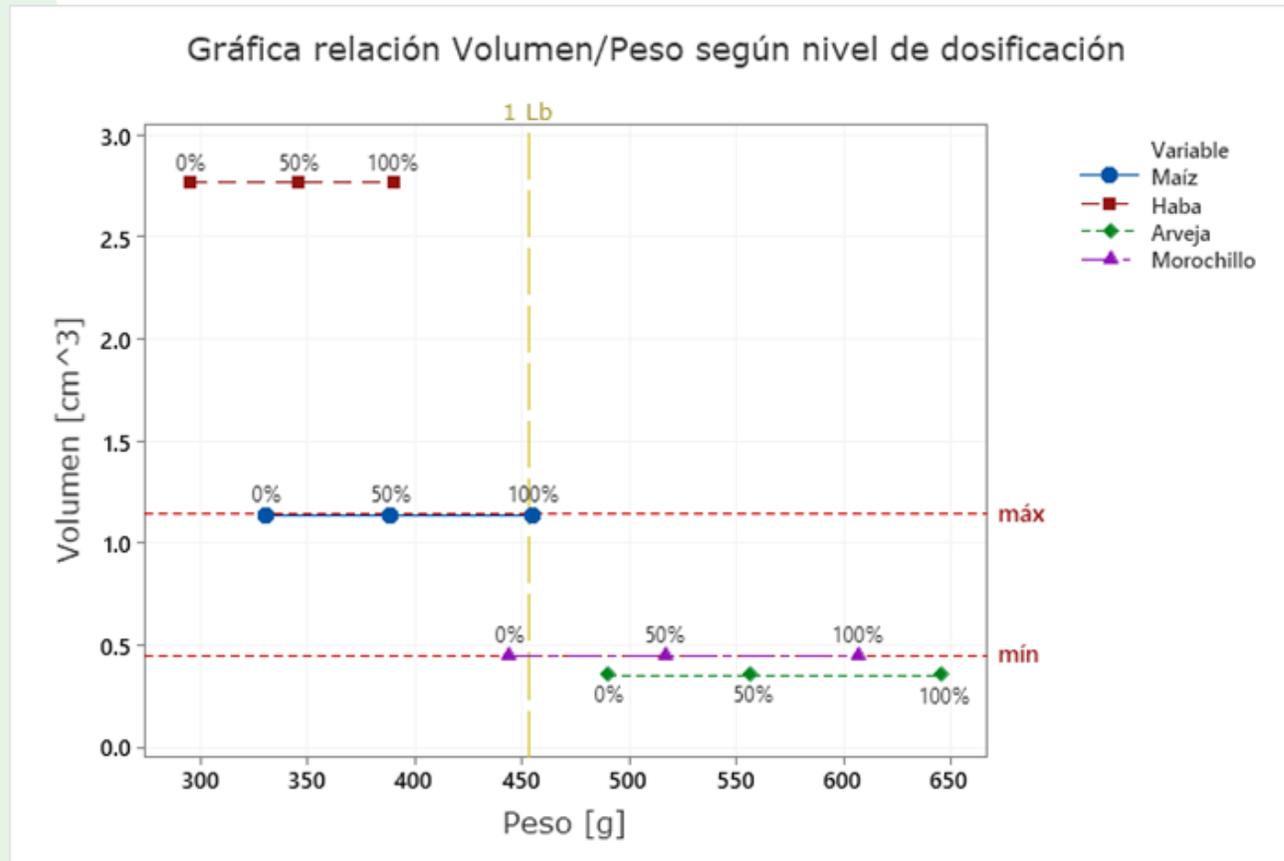


Pruebas y Resultados

Introducción

- **Subsistema de alimentación y dosificación (Us1)**

Relación Volumen/peso



La información que obtenemos es que, si queremos dosificar una libra de alimento granulado, el grano tiene que tener una media de volumen entre 0.45 y 1.1 cm³

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Pruebas y Resultados

- **Empaques con diferentes granos**



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

**Pruebas
y resultados**

Conclusiones

Recomendaciones



Pruebas y Resultados

Introducción

- Subsistema de sello y corte (Us3)

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

**Pruebas
y resultados**

Conclusiones

Recomendaciones



Sello por mordazas con
resistencias eléctricas



Sello por impulso eléctrico



Pruebas y Resultados

Introducción

- Experimento 1. Mordaza – Calibre 1.25

Fundamentación
teórica

Antecedentes

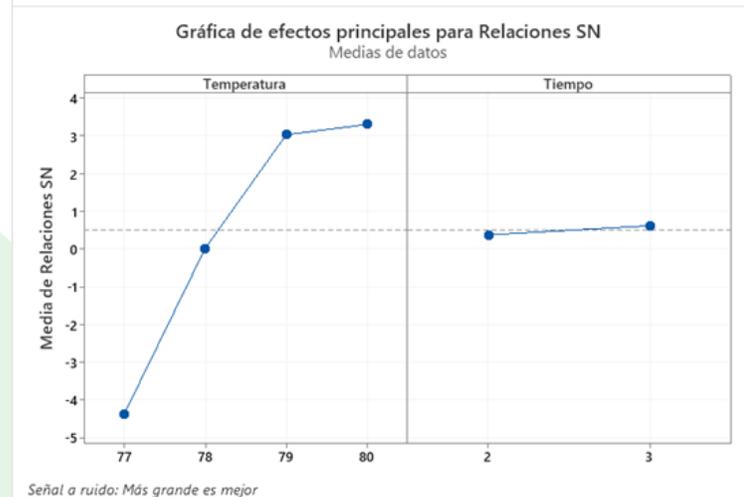
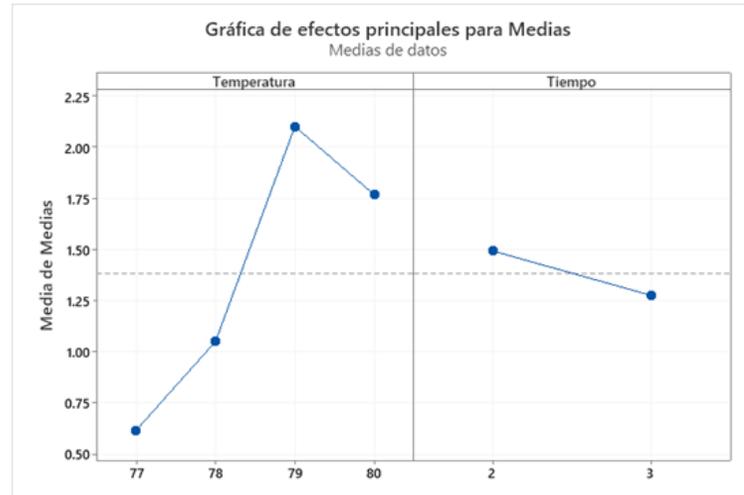
Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

**Pruebas
y resultados**

Conclusiones

Recomendaciones





Pruebas y Resultados

Introducción

- Experimento 2. Mordaza – Calibre 4

Fundamentación teórica

Antecedentes

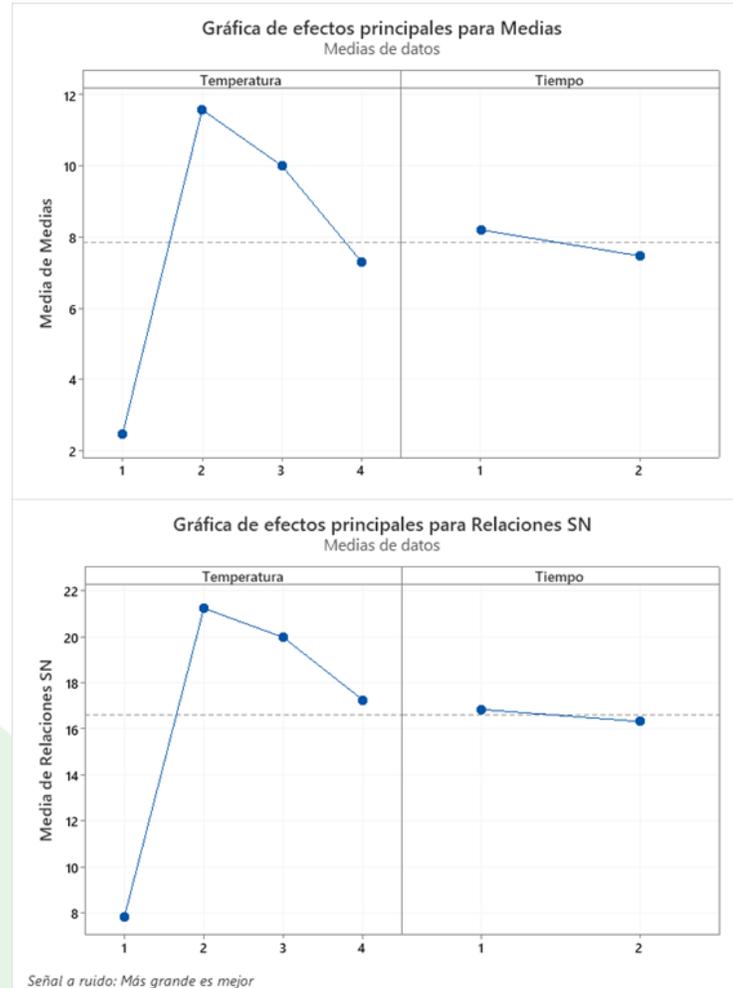
Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones





Pruebas y Resultados

Introducción

- Experimento 3. Por impulso – Calibre 1.25

Fundamentación teórica

Antecedentes

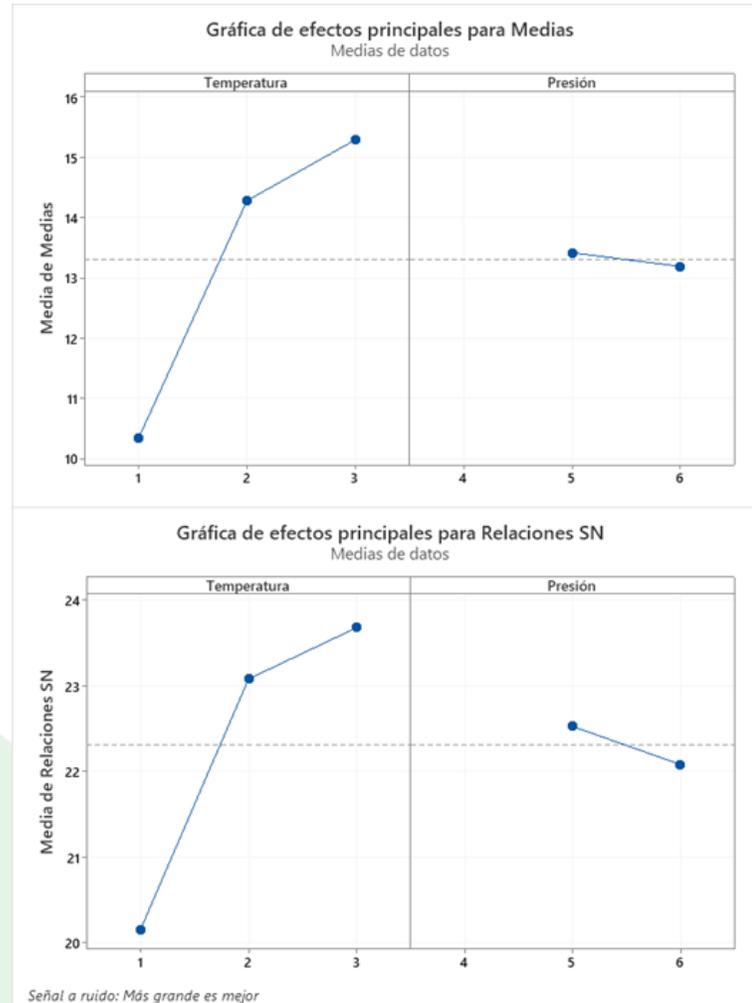
Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

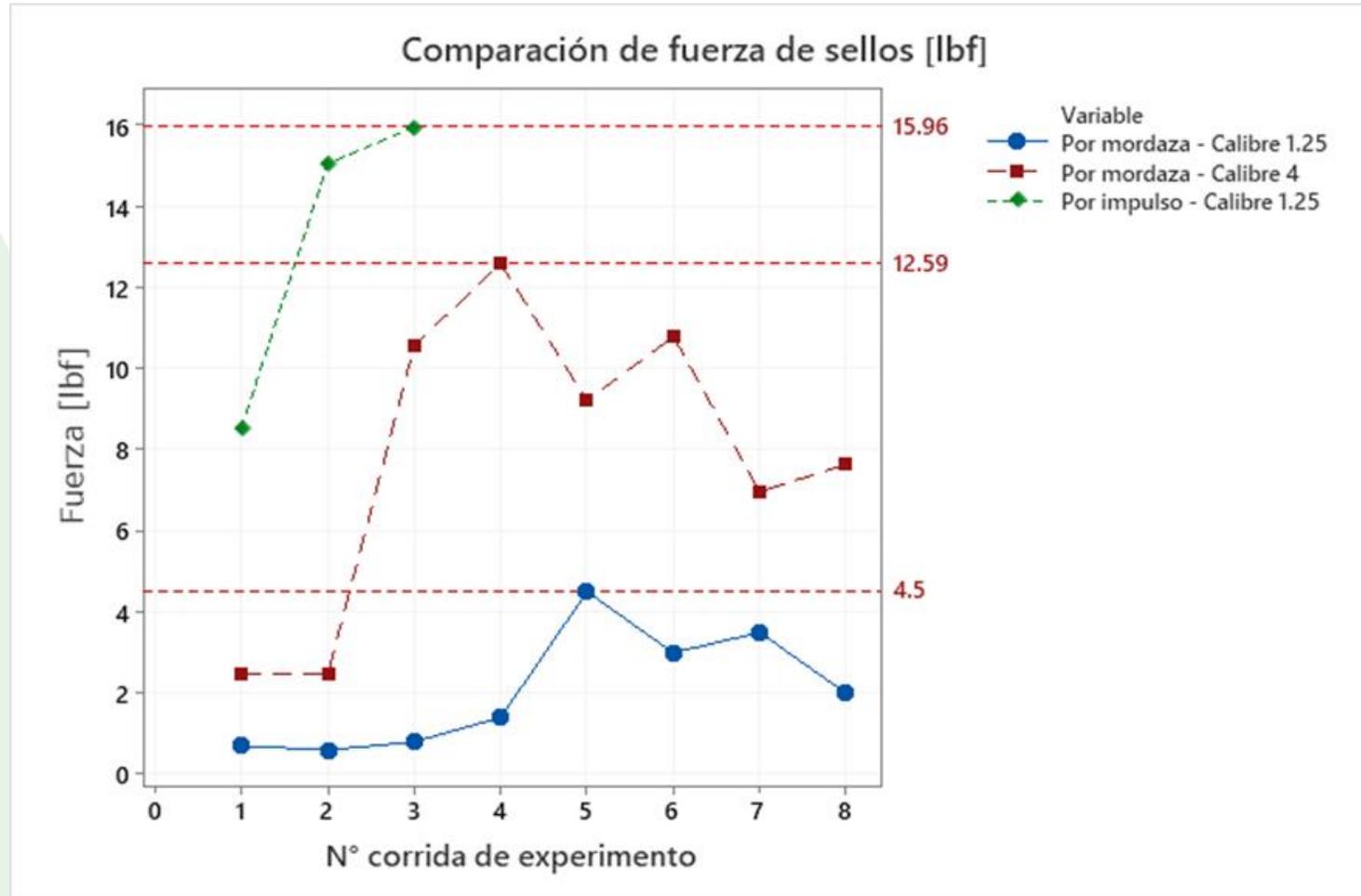




Pruebas y Resultados

Introducción

- Gráfica comparativa de todos los experimentos



Fundamentación teórica

Antecedentes

Generación de conceptos

Diseño y construcción

Pruebas y resultados

Conclusiones

Recomendaciones



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

- Se ha complementado el diseño, construcción e implementación de la máquina empacadora de productos granulados según las especificaciones dadas por la empresa PROSERMEC. Donde se destaca que se ha cumplido con el hito de producción de 6 empaques por minuto, uso de distintos calibres de polietileno de baja densidad, obteniendo una bolsa tipo almohada de dos costuras, empacando grano entre 5 y 25 mm de diámetro, así como la opción variar con facilidad el nivel de dosificación a través de vasos volumétricos.
- El rediseño del subsistema de dosificación de la máquina empacadora satisface los requerimientos del cliente, los resultados obtenidos mediante las pruebas, son los siguientes: exactitud de 0.20% de error para una libra de maíz, que es el requerimiento de peso y alimento que se pretendió alcanzar. Respecto a la precisión, la desviación estándar es de 3.21 gramos que se traduce en un error de 0.70%. Además, se observó una linealidad constante para los 4 tipos de productos granulados analizados.



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Conclusiones

- Se diseñó el sistema eléctrico, electrónico y de control satisfactoriamente integrando los diferentes subsistemas que conforman la máquina, realizando el correcto dimensionamiento y selección de los dispositivos de control y protección que permitieron automatizar la empacadora volumétrica. El uso de PLC redujo en gran medida el número de dispositivos de conexión, control y maniobra en el tablero eléctrico y la implementación de una HMI permite el ajuste de parámetros como el tiempo de sellado, nivel de dosificador, número de bolsas a empacar y un modo manual para preparar la máquina antes de iniciarla.
- La validación del proceso se realizó mediante pruebas de la costura de sello de los empaques de diferentes calibres de plástico, así como de los 2 tipos de sellado, por mordaza con resistencias eléctricas y mediante sello por impulso. Se realizaron las pruebas de tracción con la máquina universal de ensayos del sello según lo establece la norma DIN 55529, donde se concluye que el sello más resistente se obtiene mediante el sello por impulso con un valor de 15.96 lbf , mientras que el máximo valor obtenido usando sello por mordazas es de 12.59 lbf.



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Recomendaciones

- Para una correcta dosificación de producto granulado, se recomienda calibrar la altura del dosificador antes de cargar la tolva con material. Es necesario realizar una previa calibración antes de iniciar el proceso debido a que el peso cambia según el tamaño de grano y su densidad.
- Se recomienda siempre quitar la energía cuando la máquina no esté en uso y así evitar accidentes. Así mismo cuando la máquina se encuentre en modo de marcha no se debe intervenir por ningún motivo en el proceso de empaque, en caso de que ocurra un imprevisto que obligue a detener el proceso no usar el interruptor de marcha/paro para detener la máquina de forma repentina, ya que al cambiar el interruptor de marcha hacia paro este tiene la funcionalidad de fin de ciclo, es decir se detendrá después de sellar la última bolsa, se debe utilizar únicamente el botón de paro de emergencia para apagar todos los actuadores.



Introducción

Fundamentación
teórica

Antecedentes

Generación
de conceptos

Diseño
y construcción

Pruebas
y resultados

Conclusiones

Recomendaciones

Recomendaciones

- Se recomienda una preparación de la máquina antes de iniciar el proceso de empaque, esta preparación cambia según el tipo de sellado que se pretende usar. Para un sellado mediante mordazas, se recomienda encender las niquelinas y configurar el controlador en un valor de 79 °C para polietileno de calibre 1.25 y un valor de 81 °C para un calibre de 4 y esperar a que este se estabilice. Por otro lado, para el sellado por impulso se recomienda hacer un precalentamiento de tres accionamientos separados por un intervalo de 5 segundos el momento antes de empezar a sellar, ajustar el tiempo de sellado entre 1.5 y 3 segundos.
- La máquina alcanzó los hitos planteados por la empresa auspiciante en los que se encontraba el empacado de granos entre 5 y 25 mm de diámetro, sin embargo, si se plantea sellar una bolsa de una libra se recomienda únicamente usar granos que sean de mayor o igual a 8 mm de diámetro y de menor o igual tamaño que un grano de 11.5 mm de diámetro



GRACIAS POR SU ATENCIÓN