



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CAMINO A LA EXCELENCIA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA
SEMIAUTOMÁTICA DE TERMOFORMADO CON PANEL OPERADOR
PARA LA ELABORACIÓN DE EMPAQUES TIPO BLÍSTER DE UN
PRODUCTO DE LA EMPRESA METAL ARTE GUILCAMAIGUA**

JESSY GUILCAMAIGUA

WILMER VACA

2013

OBJETIVOS

- Diseñar y construir la matriz para la elaboración de los empaques.
- Diseñar y seleccionar las partes mecánicas, eléctricas que conformarán la máquina.
- Diseñar, seleccionar e implementar el sistema de control de la máquina de termoformado.
- Construir la máquina semiautomática de termoformado que permita realizar los empaques tipo blíster.
- Determinar los materiales y el límite máximo de espesor con los que la máquina podrá trabajar en condiciones normales.

TERMOFORMADO

El termoformado, o formado al caliente, es una serie de procesos para conformar lámina o película de plástico de material termoplástico sobre un molde, aplicando calor y presión para darle la forma deseada.

Ventajas

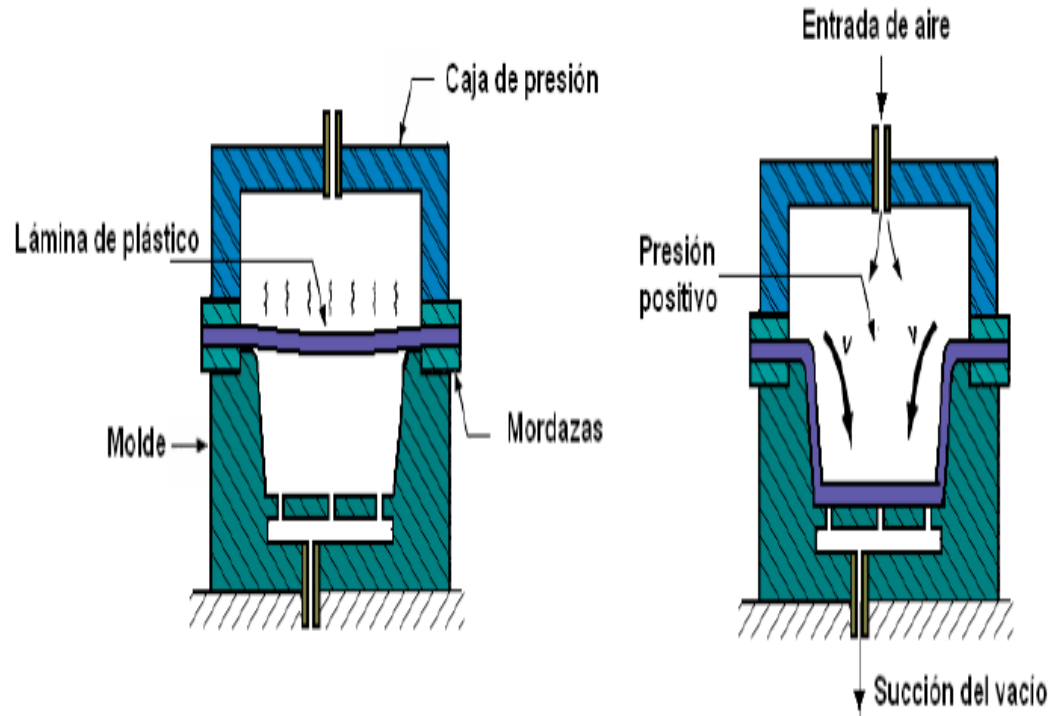
- Se requiere presiones de formado relativamente bajas, con lo cual lo hace atractivo económicamente.
- Al no necesitar grandes presiones los moldes pueden fabricarse de materiales más baratos y de confección rápida.
- Es posible fabricar piezas con una relación espesor/longitud muy pequeña.
- Para piezas de espesor pequeño, el tiempo de procesado es extremadamente corto lo que economiza la fabricación de grandes series.

MÉTODOS DE TERMOFORMADO



- Termoformado a presión,
- Termoformado al vacío
- Termoformado mecánico.

❑ Termoformado a presión o por soplado

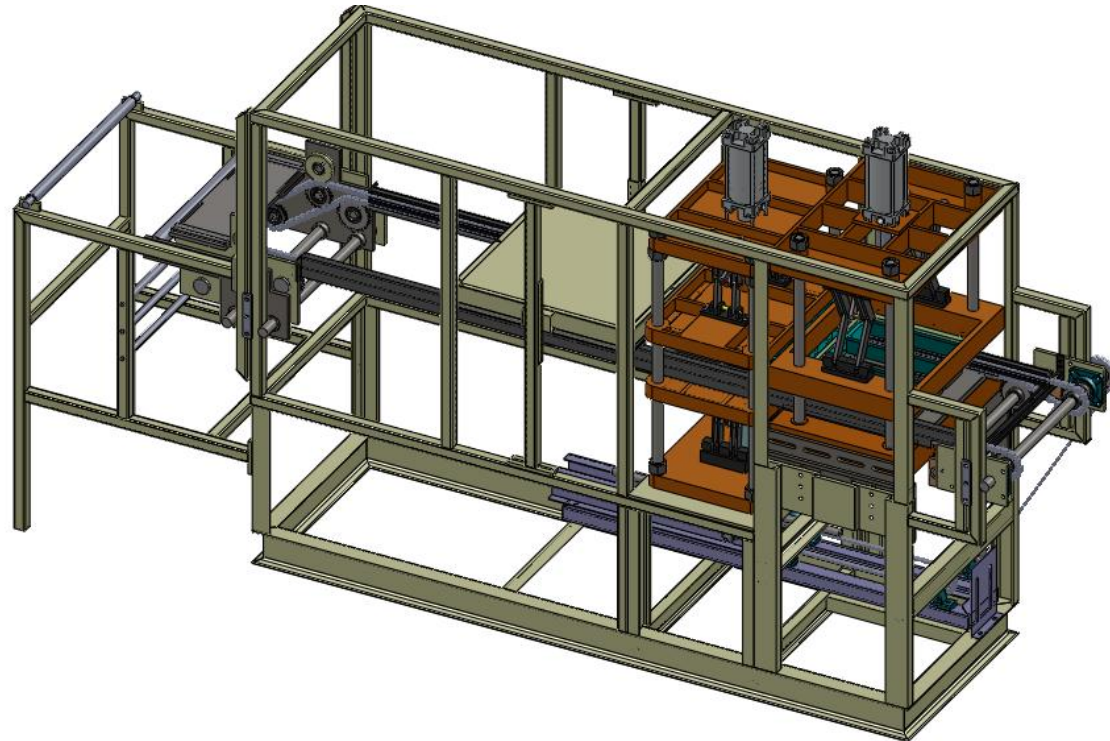


ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE UNA MÁQUINA DE TERMOFORMADO



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

- La fuente de calentamiento
- La estación de conformado, incluyendo el bastidor de la máquina.
- El sistema de presión de aire o de vacío
- El sistema de arrastre y el marco de estirado de la lámina
- El sistema eléctrico o electrónico para los automatismos



ESTACIÓN DE FORMADO



ESPE

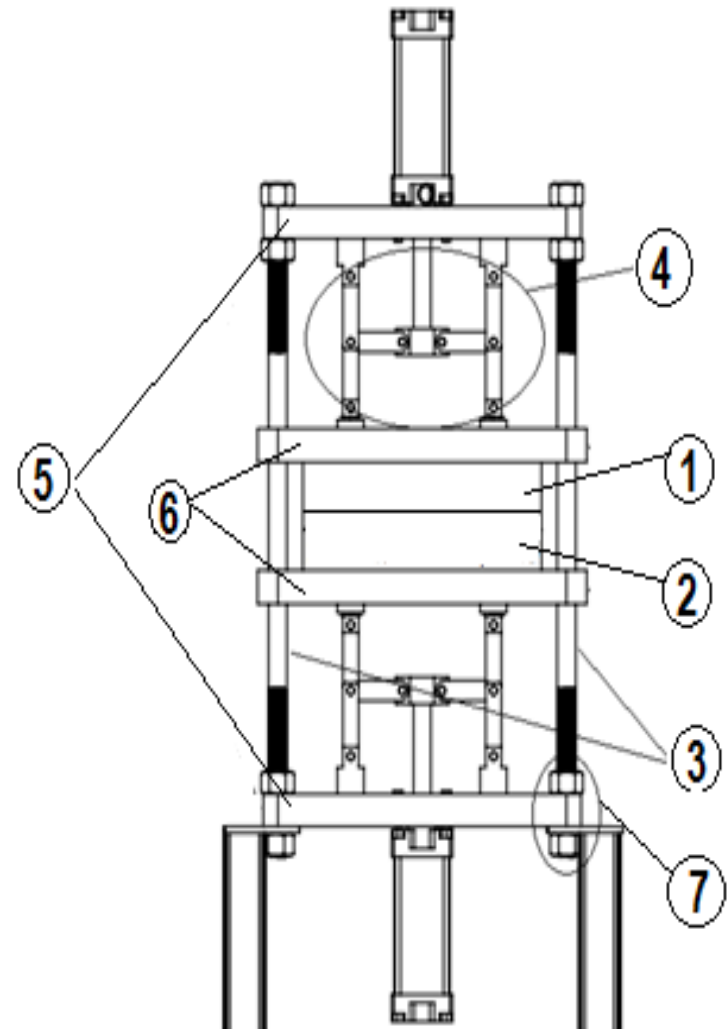
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CAMINO A LA EXCELENCIA

1. Molde
2. Cámara de soplado
3. Columnas
4. Mecanismo de palanca articulada
5. Mesas fijas
6. Mesas móviles
7. Tuercas de sujeción

Fuerza de formado

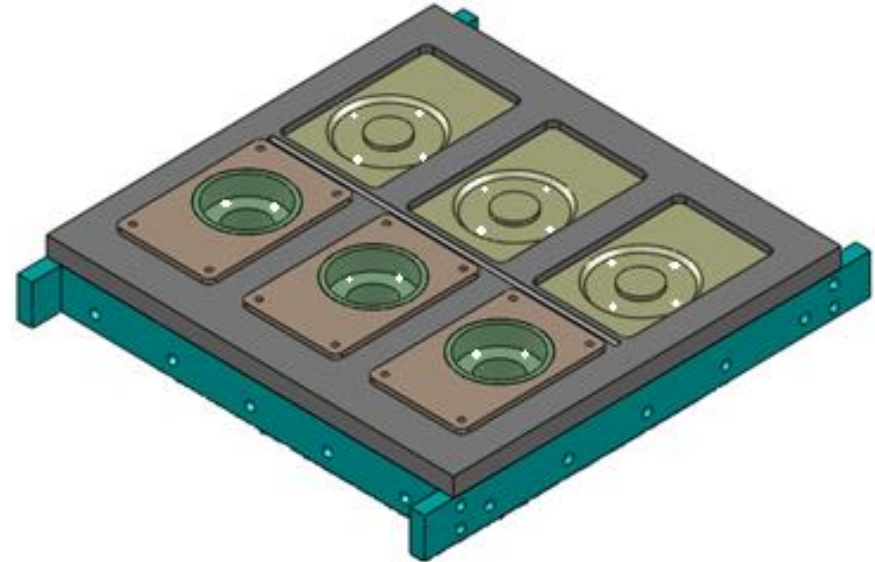
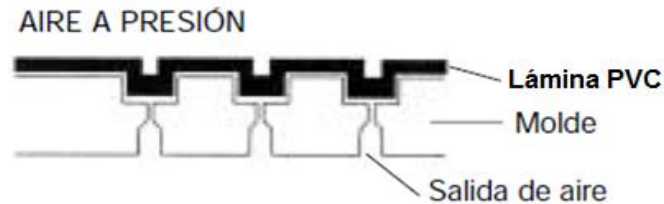
$$F = 25 [KN]$$



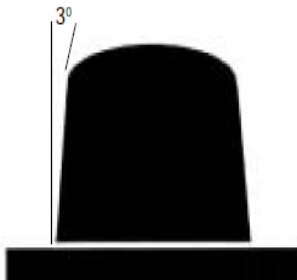
MOLDE

Criterios de diseño

- Orificios ubicados en las partes más profundas y en las áreas en donde el aire pueda quedar atrapado, se recomienda diámetros entre 1/32" a 1/8"



- Ángulo de salida de por lo menos 3° y 5°.



- Deben evitarse bordes y esquinas agudas



COLUMNAS



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CAMINO A LA EXCELENCIA

DATOS

Material SAE 1018

Carga axial de compresión

$F = 25 \text{ [KN]}$

$N = 2$

$L = 1000 \text{ [mm]}$

RESULTADO DEL DIAMETRO (d)

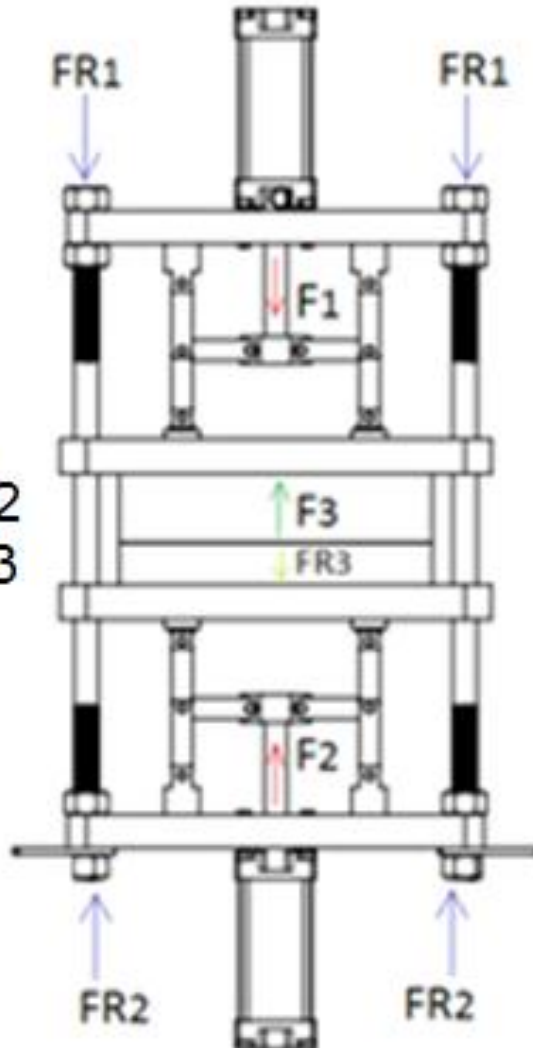
Diseño

Utilizado

23.89 [mm]

35 [mm] = 1 3/8 [plg]

$$F1 = F2$$
$$F1 \geq F3$$



MECANISMO DE PALANCA ARTICULADA

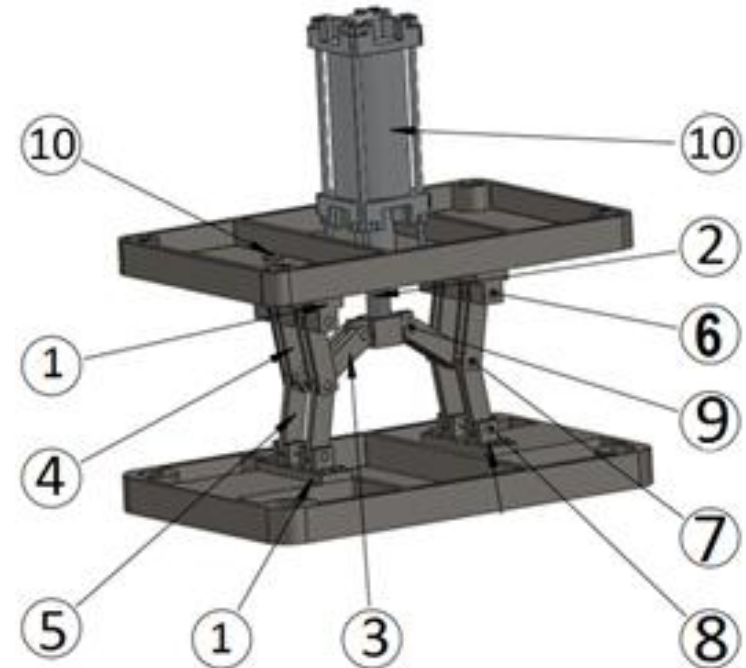


ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CAMINO A LA EXCELENCIA

1. Eslabones fijos
2. Eslabón motriz
3. Eslabón acoplador (Eslabón 3)
4. Eslabón conducido (Eslabón 4)
5. Eslabón conducido (Eslabón 5)
6. Pasador 1
7. Pasador 2
8. Pasador 3
9. Pasador 4
10. Cilindro neumático



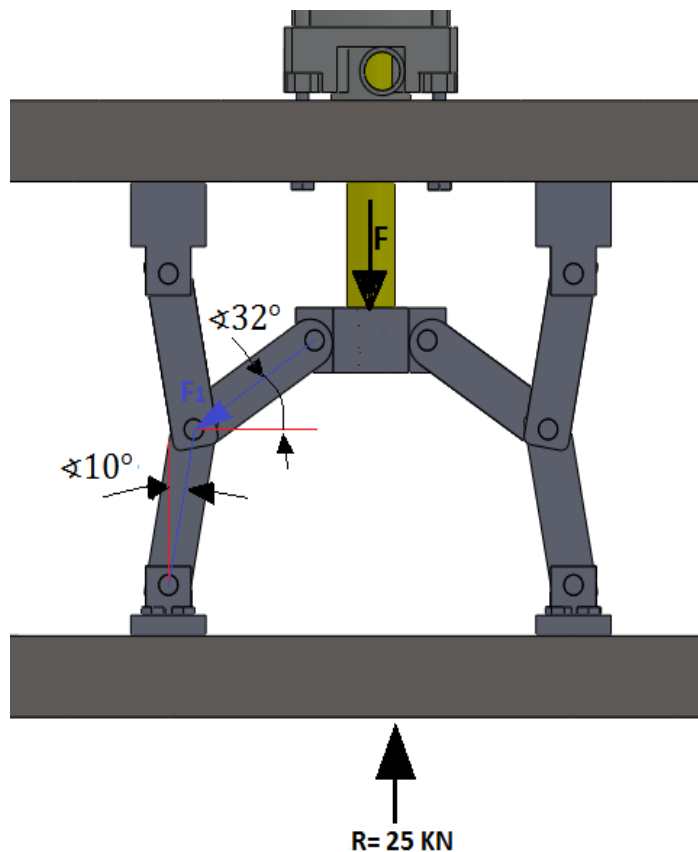
ESLABÓN 3



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CAMINO A LA EXCELENCIA



DATOS

Material ASTMA A-36

Carga axial variable

$F = 6.25$ [KN]

$n_f = 4$

$L = 1000$ [mm]

RESULTADO DEL DIAMETRO (d)

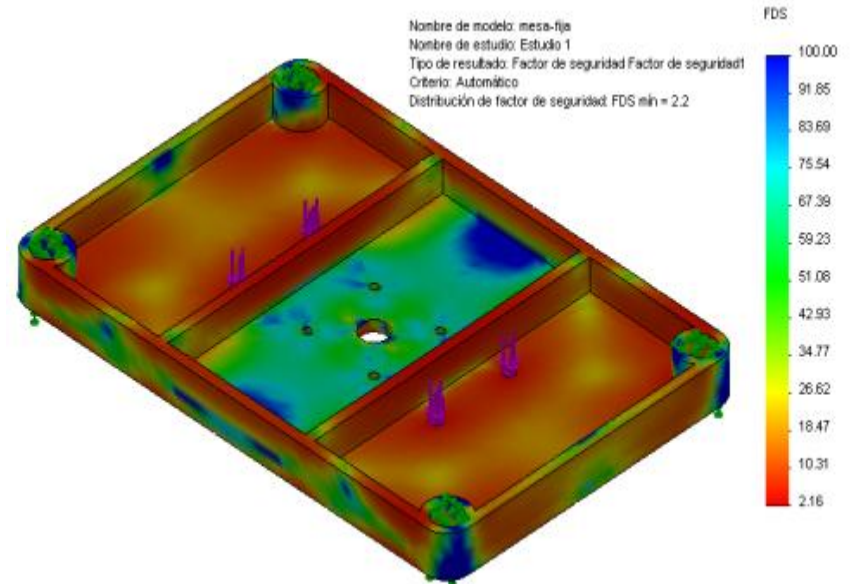
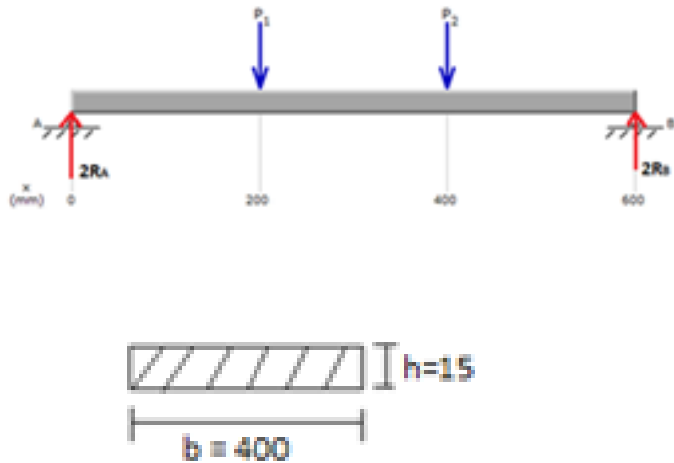
Diseño

Utilizado

6.41 [mm]

12.7 [mm] = 1/2 [plg]

MESAS



DATOS

Material ASTMA A-36

Esfuerzos de flexión

$F = 25$ [KN]

$h = 15$

$L = 1000$ [mm]

RESULTADO DEL FACTOR DE SEGURIDAD (N)

Diseño 1

1.49

Diseño 2

2.16

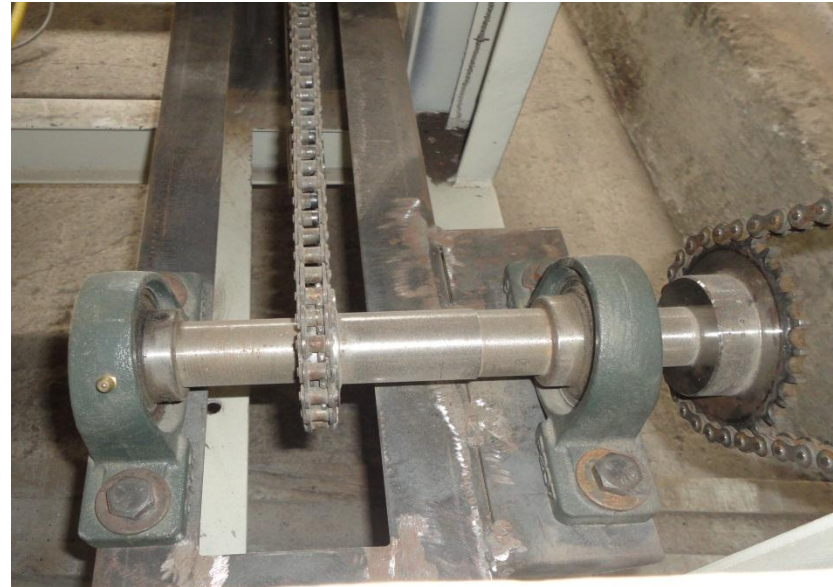
SISTEMA DE TRANSPORTE



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CAMINO A LA EXCELENCIA



DATOS

Material SAE 1018

Esfuerzos de torsión y flexión

$T = 12$ [N-m]

DIAMETRO EJE Y ARBOL CONDUCTOR (d)

Diseño

15.17 [mm]

Utilizado

25.4 [mm]=1 [plg]

SISTEMA DE TRANSPORTE



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CAMINO A LA EXCELENCIA



DATOS

Material SAE 1018

Esfuerzos de torsión y flexión

$T = 12[\text{N}\cdot\text{m}]$

DIAMETRO ARBOL CONDUcido (d)

Diseño

17.0 [mm]

Utilizado

25.4 [mm]=1 [plg]

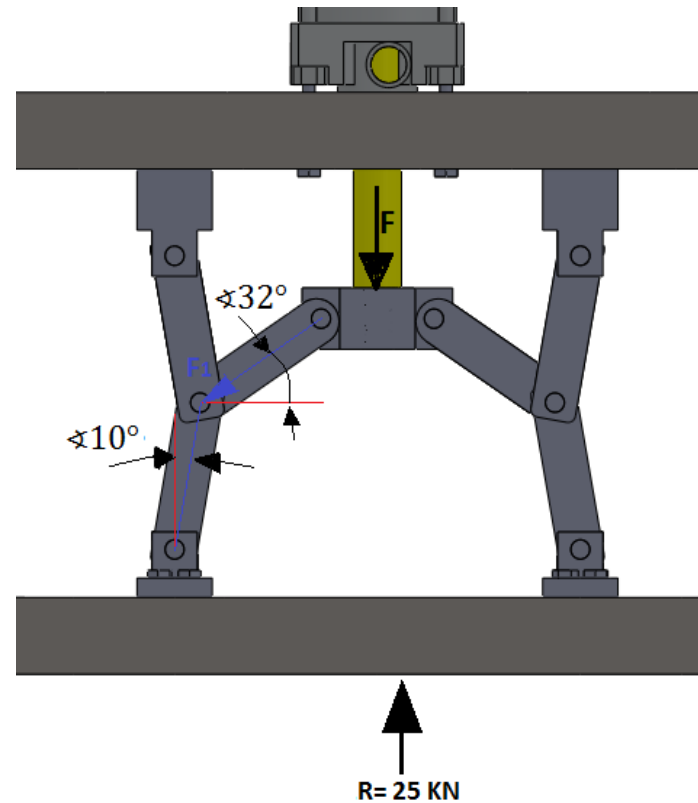
CILINDRO NEUMÁTICO (Estación de formado)



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CAMINO A LA EXCELENCIA



DATOS
$F=5.5 \text{ [KN]}$
$R= 25 \text{ [KN]}$

DIAMETRO CILINDRO NEUMÁTICO	
Diseño	Utilizado
108 [mm]	110 [mm]

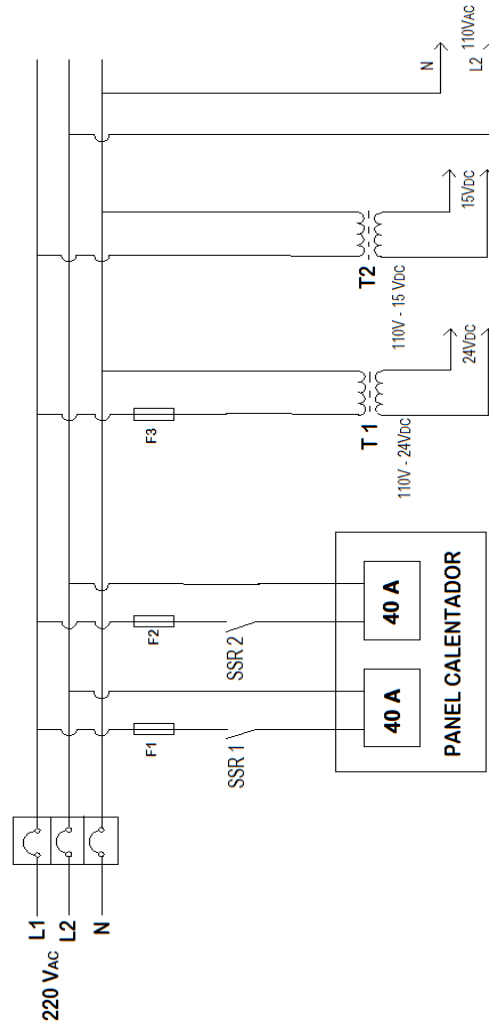
CIRCUITO DE POTENCIA



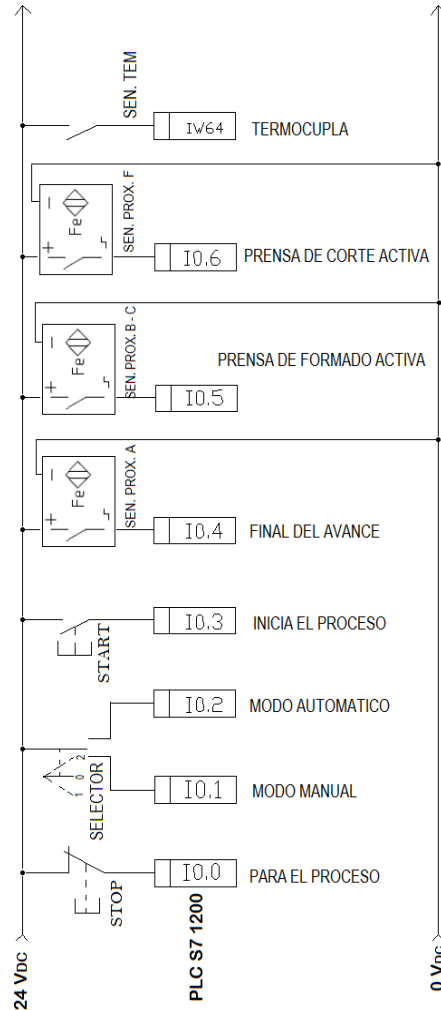
ESP E

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

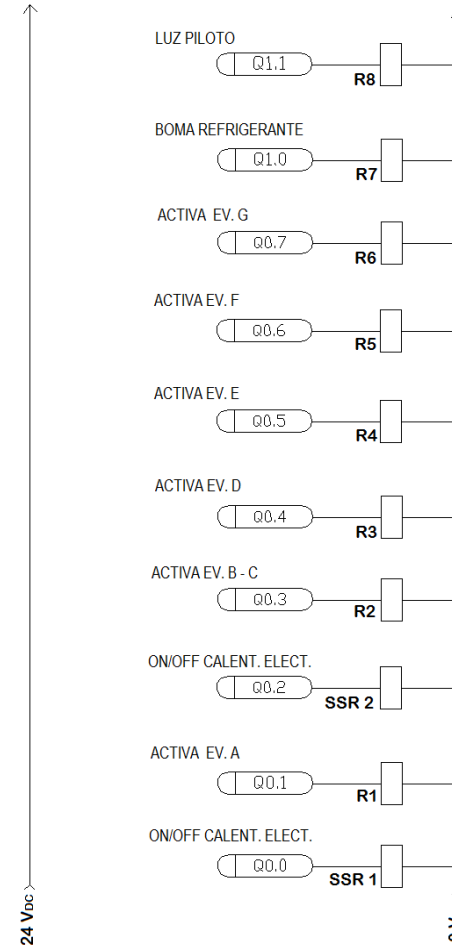
CAMINO A LA EXCELENCIA



CIRCUITO DE CONTROL

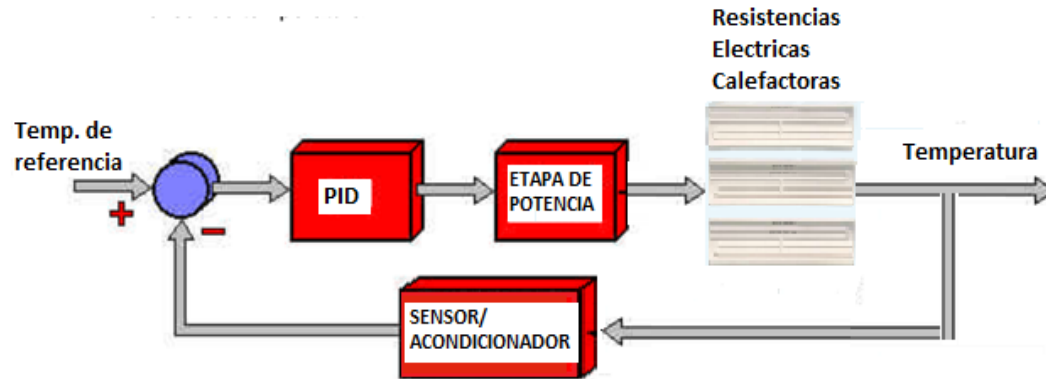


Entradas digitales y analógicas del PLC

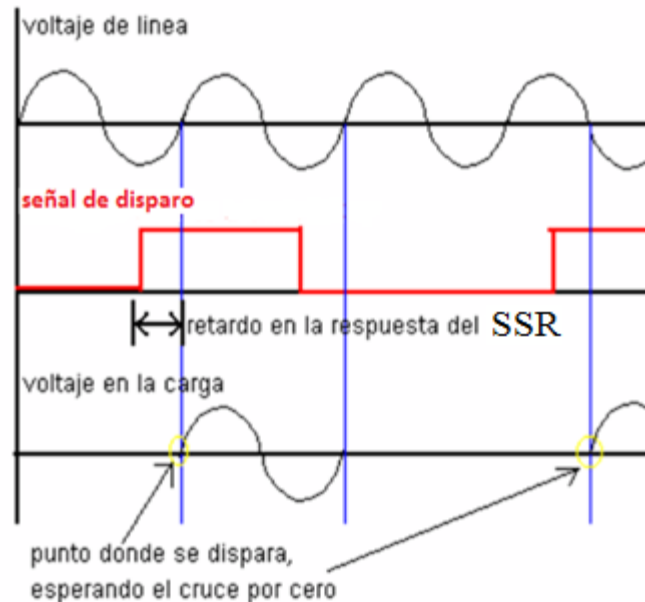


Salidas digitales del PLC

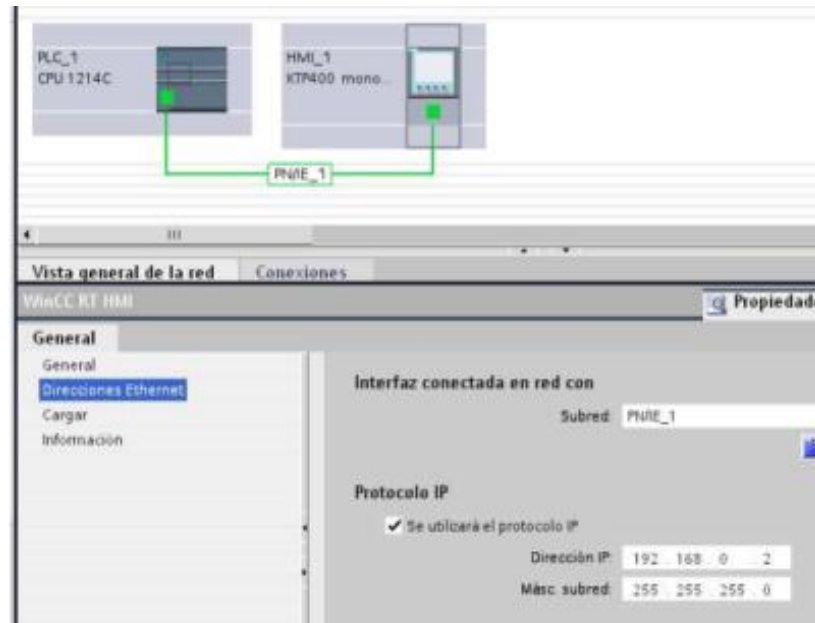
CONTROL DE TEMPERATURA



❑ Control de paquetes de oscilaciones (control de onda completa)



CONEXIÓN PROFINET DEL PANEL DE OPERADOR KTP600 CON EL PLC S7 1200



IP: 192.168.0.1

PLC S7 1200

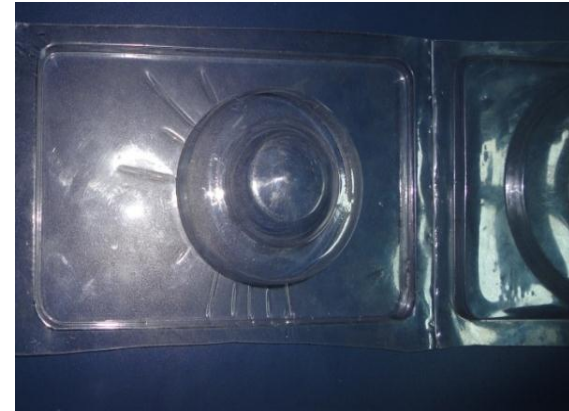
IP: 192.168.0.2

HMI KTP600

ANÁLISIS Y RESULTADOS

❑ Primera Prueba

Temperatura	Tiempo de exposición	Tiempo de formado	Tiempo de desmolde
250°C	15 Seg.	10 Seg.	10 Seg.



❑ Segunda Prueba

Temperatura	Tiempo de exposición	Tiempo de formado	Tiempo de desmolde
300°C	20 Seg.	10 Seg.	5 Seg.



❑ Tercera Prueba

Temperatura	Tiempo de exposición	Tiempo de formado	Tiempo de desmolde
350°C	25 Seg.	5 Seg.	3 Seg.



ANÁLISIS FINANCIERO



❑ Costo total Directo

COSTOS	TOTAL
Materia prima	718,21
Elemento normalizados	4.183,28
Costos de maquinado	635,00
COSTO TOTAL	5.536,49

❑ Costo total Indirecto

COSTOS	TOTAL [USD]
Materiales indirectos	356,65
Costos de ingeniería	800,00
Costos de imprevistos	325,00
COSTO TOTAL	1.481,65



❑ Costo total

COSTOS	TOTAL [USD]
Costos directos	5.536,49
Costos indirectos	1.481,65
COSTO TOTAL	7.018,14

❑ Flujo de caja

DETALLES	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INVERSIÓN	7.018,14	6.000,00	6.600,00	7.260,00	7.986,00	8.784,60
VENTAS	0	11.000,00	12.650,00	14.547,50	16.729,63	19.239,07
FLUJO NETO	(7.018,14)	5.000,00	6.050,00	7.287,50	8.743,62	10.454,47

Tiempo de recuperación de la inversión **1 año 4 meses**

CONCLUSIONES

- ❑ Se diseñó y construyó una máquina semiautomática termoformadora mediante la combinación de los métodos mecánico y a presión positiva, para la fabricación de empaques tipo blíster para la empresa METAL ARTE GUILCAMAIGUA.
- ❑ Se diseñó y construyó un molde acorde a las características y requerimientos del producto a ser empacado por la empresa, mediante el uso de acero ASTM A-36 por ser este un material de fácil adquisición en el mercado local.
- ❑ La estructura y mecanismos que conforman la máquina de termoformado fueron fabricadas en su totalidad en aceros ASTM A-36 y SAE 1018, en base a los parámetros planteados en el diseño.
- ❑ Los mecanismos de transporte, formado y corte se diseñaron para trabajar con un sistema neumático debido a los altos torques y presiones que se obtienen y por ser económico.
- ❑ Para obtener una temperatura uniforme de 350 °C en el sistema de calentamiento, se adquirió calefactores eléctricos infrarrojos de cerámica marca Elstein de la serie FSR, que opera a 220 Voltios, 1000 Watts de potencia y alcanza temperaturas hasta 750 ° C.



E S P E

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CAMINO A LA EXCELENCIA

- ❑ El trabajo continuo y automático del sistema de transporte y las estaciones de calentamiento, formado y corte, son controladas mediante un PLC S7 1200 marca SIMENS.
- ❑ METAL ARTE es una empresa que trabaja con obreros de nivel académico secundario, tomando en cuenta dicho aspecto se implementó una Interface Hombre Máquina (HMI) para la calibración y visualización de los parámetros del proceso, mediante el empleo de un panel operador de la gama Basic Panel KTP600 color básico
- ❑ La comunicación entre el PLC S7 1200 y el panel operador KTP 600 emplea un protocolo Ethernet, puesto que los dos equipos llevan integrada una interfaz PROFINET, la misma que permite la transferencia de datos de entrada y salida.
- ❑ Para estabilizar la temperatura de la cámara calentadora se empleó un controlador PID que genera señales PWM que son receptadas por los relés de estado sólido con cruce por cero (SSRs), para ejecutar un control de onda completa.



ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CAMINO A LA EXCELENCIA

- ❑ En base a parámetros como son el número de empaques que la empresa requiere obtener en una hora y el espesor de lámina de PVC de 360 [μm] utilizada en las pruebas, se establecieron los siguientes datos de calibración: temperatura del horno en 350 °C, tiempo de exposición al calor 25 segundos y tiempo de formado 4 segundos.
- ❑ El PVC laminado transparente, es el material plástico mayormente empleado en la elaboración de empaques tipo blíster, debido a sus características térmicas y bajos costos de adquisición.
- ❑ Debido a la tolerancia de 1[mm] que existe entre los moldes hembra y macho, la máquina termoformadora en condiciones normales podrá trabajar con laminas de PVC que se encuentre dentro del rango de 360 [μm] hasta un máximo de 900 espesor.
- ❑ Los empaque obtenidos juegan un papel muy importante puesto que le permitirá a la empresa METAL ARTE recuperar la cadena de valor, es decir que existirá una relación directa entre productor - distribuidor - cliente.

RECOMENDACIONES

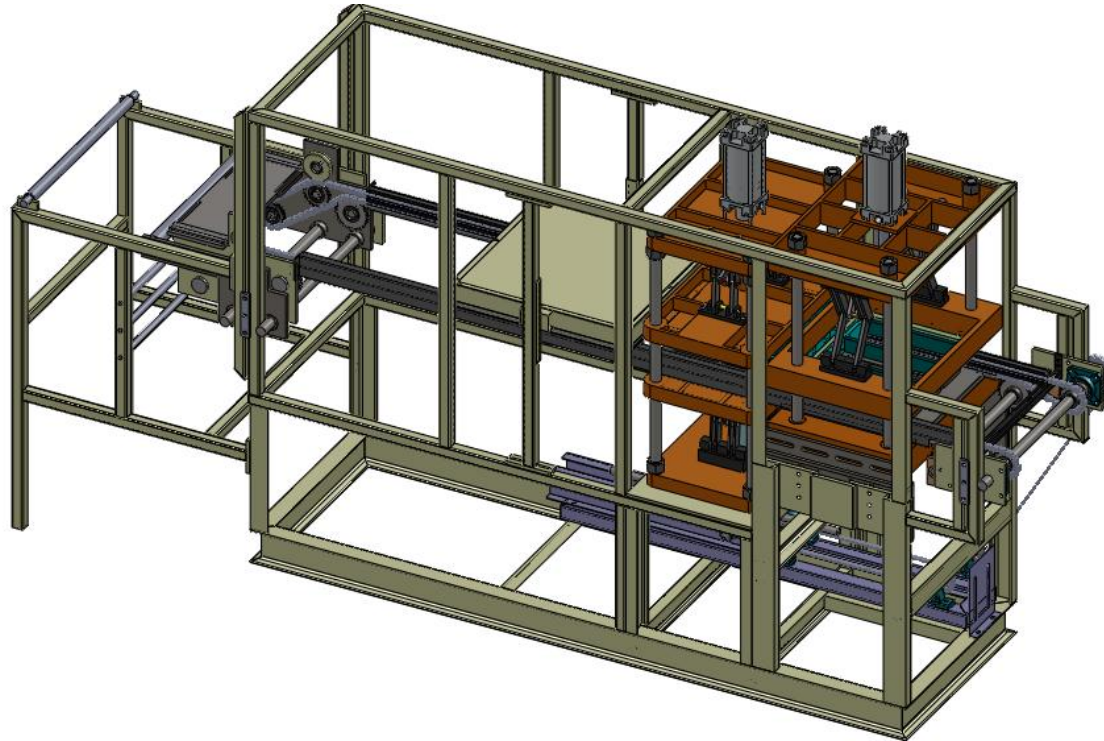
- Emplear de forma adecuada el manual de funcionamiento para evitar posibles errores en el momento de manipular la máquina.
- Para obtener un mejor acabado de los empaques se recomienda a la empresa incrementar el espesor de la lámina de PVC a .
- Optimizar el diseño de los moldes con la finalidad de emplear un 100% de la lámina plástica de PVC para que el proceso sea más rentable.
- Aplicar las temperaturas que se encuentran dentro del rango permisible del material a emplearse, así se evitará que el plástico transparente tome un color blanco en ciertas áreas.
- Emplear el modo manual para realizar la calibración de tiempos y temperatura, cada vez que se sustituya elementos como los moldes y materia prima y así reducir el consumo excesivo de material.
- Realizar pruebas en modo manual cada vez que se cambie el rollo de lámina plástica, puesto que no siempre el material contara con características exactamente iguales, lo mismo que implicara un aumento o disminución leve de la temperatura

MAQUINA EN FUNCIONAMIENTO



ESPE

ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA





ESPE

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CAMINO A LA EXCELENCIA

GRACIAS