



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA LINEAL DE TAPADO DE ENVASES CON YOGURT PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE DESPACHO DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO”

Byron Marcelo Barros Pérez  
José Elías Bayas Freire

Latacunga  
2015





# AGENDA

- **Título del proyecto.**
- **Línea de investigación.**
- **Introducción.**
- **Objetivo general.**
- **Objetivos específicos.**
- **Parámetros de diseño y selección**
- **Pruebas y resultados**
- **Análisis económico**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**





# TÍTULO DEL PROYECTO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA LINEAL DE TAPADO DE ENVASES CON YOGURT PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE DESPACHO DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA-PRODUCTOS LÁCTEOS PARAÍSO”

## LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

- Mecánica
  - ✓ Neumática
  - ✓ Resistencia de materiales
  - ✓ Diseño mecánico
- Eléctrica
  - ✓ Automatización.
  - ✓ Sistemas de control





# INTRODUCCIÓN

- Actualmente el proceso para el tapado de yogurt es de forma artesanal (manualmente), generando consecuencias como pérdidas o derrames de producto, incorrecto tapado de los envases y además el contacto directo del operador con el producto genera condiciones no adecuadas para manejo de alimentos, esto pone en riesgo la salud de los consumidores y obliga a las entidades de certificación a realizar un control más estricto en este tipo de productos.





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## OBJETIVO GENERAL



“Diseñar y construir una máquina tapadora de envases de yogurt para la Fábrica Productos Lácteos Paraíso que permita disminuir el tiempo de despacho de Producción”





# OBJETIVOS ESPECÍFICOS



Diseñar y construir una máquina tapadora automática lineal de yogurt para reducir la fatiga provocada por el tiempo de trabajo utilizado en el proceso de tapado.



Implementar la máquina para reducir el uso de recursos para la manipulación del proceso de despacho de producción..



Diseñar el algoritmo de programación para automatizar el sistema de control por medio de PLC.



Diseñar el sistema neumático de la máquina tapadora de envases de yogurt.



Elaborar los planos mecánicos y eléctricos de la máquina para futuras modificaciones.





## METAS

- Disminuir los tiempos de producción y despacho en el área de tapado y empaque de envases de yogurt.
- Mejorar el tapado de los envases de yogurt y evitar el contacto con el producto final.
- Disponer de los materiales eléctricos, mecánicos y neumáticos para el control total del sistema automatizado.
- Obtener un sistema automático lineal, el cual mejore la producción y aumente la eficiencia.
- Presentar e indicar el funcionamiento de la máquina con todos sus planos eléctricos, mecánicos y neumáticos, durante el intervalo de tiempo establecido.





# ELEMENTOS PRINCIPALES QUE COMPONEN LA MÁQUINA

- Variador de velocidad
- Motor eléctrico
- Fuente de alimentación de voltaje VAC – VDC
- Reductor de velocidad
- PLC Logo
- Fusibles
- Cable conductor
- Accesorios eléctricos







## Elementos Mecánicos

- Estructura base
- Banda transportadora
- Piñón
- Perfil
- Chumacera de pared



## Elementos Neumáticos

- Electroválvulas de 5/2 de 1/8 a 24v
- Cilindros neumáticos
- Manguera neumática
- Racor





## PARÁMETROS DE DISEÑO

En base a los requerimientos funcionales de la máquina para tapado de envases, establecido por el proceso productivo de la Empresa Paraíso y de las características técnicas de máquinas semejantes disponibles en el mercado nacional e internacional, se determinan los principales parámetros que intervienen en el diseño de la tapadora de envases:





# PARÁMETROS DE DISEÑO

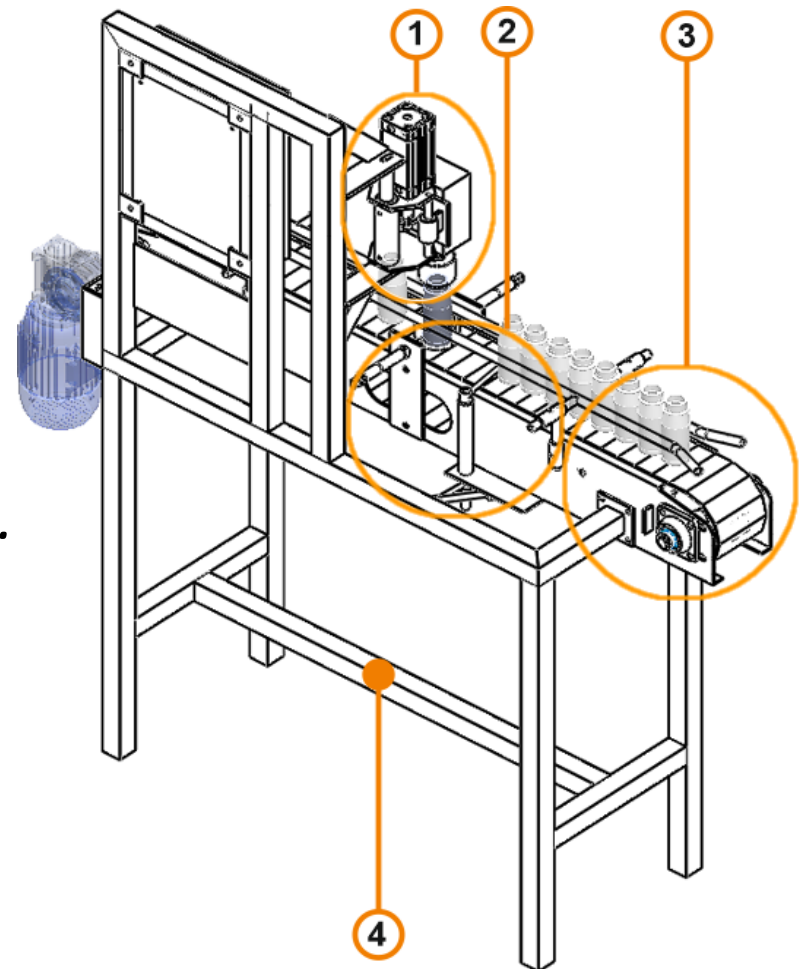
PARÁMETROS	CANTIDADES
Capacidad de carga máxima ( $W_c$ ):	30 envases llenos (75 [N])
Altura máxima de los envases ( $h_M$ ):	125 [mm]
Altura mínima de los envases ( $h_m$ ):	80 [mm]
Diámetro de la tapa de los envases ( $d_e$ ):	38 [mm]
Mínima velocidad de tapado requerida ( $N_t$ ):	20 envases/minuto
Fuerza vertical máxima de tapado ( $F_t$ ):	100 [N]
Torque máximo de tapado requerido ( $T_t$ ):	4,0 [Nm]
Material de fabricación requerido:	Acero inoxidable 304
Factor de seguridad mínimo requerido ( $FS$ ):	2.5 (Anexo A)





# Esquema previo de la máquina de tapado

1. *Sistema de tapado.*
2. *Sistema de sujeción de los envases.*
3. *Sistema de avance de los envases.*
4. *Estructura soporte.*

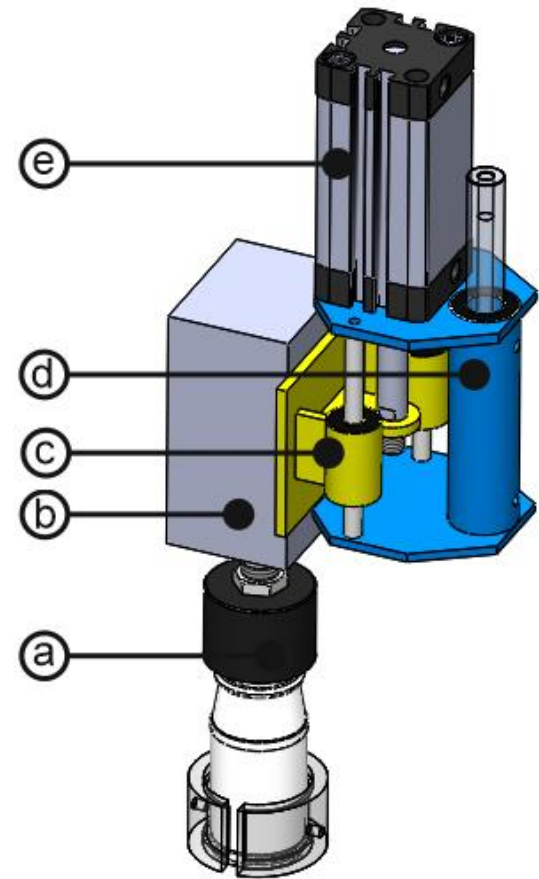




# Diseño del sistema de tapado

- a. Cabezal giratorio  $\sigma' = \frac{S_y}{FS} = \sqrt{3} \cdot \tau_{xy}$
- b. Moto-reductor del sistema de tapado
- $$\omega_{mot1} = 2 \frac{rev}{s} \cdot \frac{60 s}{1 min}$$
- $$Pot_{m1} = T_t \cdot \omega_{mot1}$$
- c. Carro deslizante
- d. Soporte del sistema de tapado
- e. Cilindro neumático de elevación

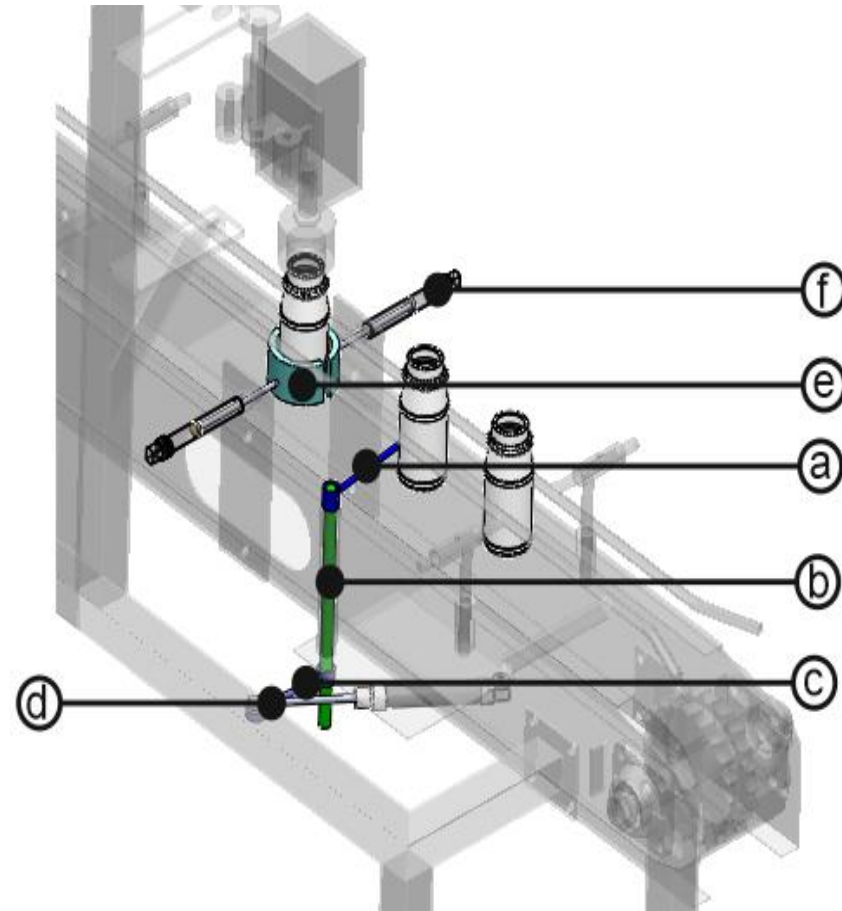
$$\phi_{pist} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_d}{\pi \cdot p}}$$





# Diseño del sistema de sujeción de los envases

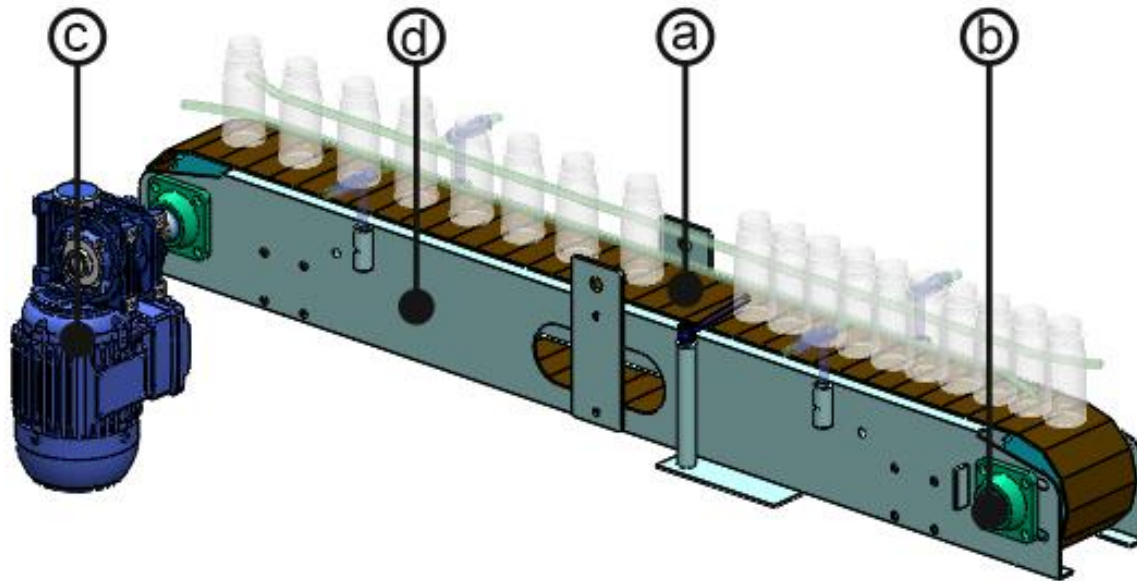
- a. *Brazo de detención de los envases*
- b. *Eje de giro*
- c. *Brazo de accionamiento*
- d. *Cilindro neumático para detención del avance de los envases*
- e. *Gripper para sujeción de envases*
- f. *Cilindro neumático para sujeción de los envases*





## Diseño del sistema de avance de los envases

- Banda transportadora*
- Eje de transmisión*
- Motor-reductor de la banda transportadora*
- Placas soporte de la banda transportadora*





# Parámetros de selección

Elemento	Parámetro	Selección
Fusibles	$I_{\text{FUSIBLE}} = k * I_N$ $I_F = (1,8) * (2,9) = 5,22$	10 [A]
PLC LOGO	Numero de entradas y salidas 2 entradas y 4 salidas	$V_{in} = 12/24$ [Vdc] 8 entradas 4 Salidas
Variador de velocidad	Potencia del motor (0,5 HP)	$P = 0,5$ [HP] $V = 200$ [V] $f_{in} = 50 - 60$ [Hz] $f_{out} = 0 - 200$ [Hz]
Conductor	$I_T = (I_n + 30\%) * (I_n)$ $I_T = (2,9 + 0,3) * (2,9) = 9,28$ A	Calibre = 12 AWG $T = 75$ [°C] $I = 25$ [A]





# Pruebas y resultados

TIEMPO [seg]	OPERACIÓN
3	Entrada del envase hasta la posición de tapado
3	Posicionamiento de los sujetadores respecto al envase
0.55	Descenso y roscado de la boquilla
1	Tapado del envase de 100cc
1	Tapado del envase de 175cc
1	Tapado del envase de 200cc
0.55	Salida de la boquilla
1.55	Salida del envase tapado



# Análisis Económico

Este es un análisis de la inversión que hace la empresa para la compra de materiales para la construcción de la maquina tapadora.

Detalle de costo	Detalle de producto	Costo en [USD]
<b>Costos directos</b>	Elementos mecánicos	941
	Elementos eléctricos y electrónicos	1693
	Elementos neumáticos	966
	Alquiler de herramientas	600
<b>Costos indirectos</b>	Materiales adicionales	340
<b>Total</b>		4540



# Análisis Económico: Calculo del valor actual neto (VAN)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Inversión	-4540										
3	Materia Prima		-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900
4	Mano de obra		-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900
5	Servicios Básico		-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95
6	Costos Adm.		-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000
7	Ventas		22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000
8	Depreciación		-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66
9	Mantenimiento		-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
10	Utilidad antes de impuestos		3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39
11	Imp. Part. Trabaj [40%]		1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556
12	UDI [60%]+ D Fn2		1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494
13	Depreciación		16,66	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66
14	Fn2-Fn1	-4540	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934
15					MENSUAL	ANUAL						
16	Fn1=	1625,22		TREMA=	1,250%	15%						
17	Imp. Part. Trabaj	0,4		VAN=	11432,593	137191,12						
18	Util. desp. Imp	0,6		TIR=	4%	48%						





# Análisis Económico: Calculo de la tasa interna del retorno (TIR)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Inversión	-4540										
3	Materia Prima		-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900	-15900
4	Mano de obra		-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900	-900
5	Servicios Básico		-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95	-31,95
6	Costos Adm.		-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000	-2000
7	Ventas		22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000	22000
8	Depreciación		-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66	-16,66
9	Mantenimiento		-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
10	Utilidad antes de impuestos		3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39	3051,39
11	Imp. Part. Trabj [ 40%]		1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556	1220,556
12	UDI [60%]+ D Fn2		1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494	1847,494
13	Depreciación		16,66	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66	16,66
14	Fn2-Fn1	-4540	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934	238,934
15					MENSUAL	ANUAL						
16	Fn1=	1625,22		TREMA=	1,250%	15%						
17	Imp. Part. Trabaj	0,4		VAN=	11432,593	137191,12						
18	Util. desp. Imp	0,6		TIR=	4%	48%						





# Análisis Económico: Resultados de indicadores financieros

INDICADOR	RESULTADO	OBSERVACION
VAN[USD]	137191,12	Aceptable
TIR > TREMA [%]	48 > 15	Aceptable
PRI < 5 AÑOS	1,8 < 5	Aceptable





# CONCLUSIONES

- Se diseñó, construyó una máquina tapadora de envases de yogurt para la Fábrica Productos Lácteos Paraíso que permitió disminuir el tiempo de despacho de Producción.
- Se incrementó la velocidad de tapado de envases y se mejoró la higiene de los mismos debido a la optimización del proceso que se utiliza en la producción.
- Se realizó la selección y dimensionamiento de los elementos que intervienen en la máquina, cuidadosa y correctamente, poniendo en óptimo funcionamiento la máquina.
- Los elementos del sistema mecánico fueron diseñados mediante el método de elementos finitos y analizados por el software CAE, tomando siempre a consideración los parámetros fundamentales los cuales son: Dimensión, Movimiento, Tipo de Sujeción, Esfuerzos, Factor de Seguridad, Factor de Resistencia Física y Química.





## CONCLUSIONES

- Se comparó los datos obtenidos entre el cálculo analítico y el cálculo del software CAE, concluyendo que en los valores obtenidos existe una diferencia comprendida entre el 2% a 4%, los cuales son valores tolerables comprendidos en el diseño y construcción de la máquina.
- Los elementos del sistema neumático fueron seleccionados y dimensionados de tal manera que exista la menor cantidad de pérdidas. Se tomaron en cuenta todas las caídas de presión que se daban en las mangueras y accesorios lo que permitió seleccionar adecuadamente los elementos neumáticos del sistema.
- Se diseñó, seleccionó, programó e implementó el sistema eléctrico del control y potencia cumpliendo con todos los parámetros necesarios para el funcionamiento automático de la tapadora de yogurt.





# CONCLUSIONES

- Se realizó la programación del PLC con el lenguaje por bloque de funciones para la automatización, con lo que se logró sincronizar de manera equitativa las electroválvulas y de esta manera tener una correcta presión en cada etapa del proceso.
- Con la automatización del proceso de tapado de envases se logró incrementar la producción y disminuir la fatiga provocada por la manipulación de los envases.
- Se obtuvo un incremento de producción ya que la máquina despacha 33 envases por minuto teniendo una producción diaria de 15840 envases por minuto, y los tiempos de despacho disminuyeron cuantitativamente y se cumplió con el objetivo planteado, con lo que es 33% de incremento en la producción habitual.
- Se elaboró los planos mecánicos, neumáticos y eléctricos de la tapadora, los cuales servirán para brindar mantenimiento de la máquina cuando esta lo requiera.
- La máquina fue construida por un monto de 4540,46 dólares que se recuperara toda la inversión en dos años aproximadamente.







# RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar ropa de trabajo adecuada ya que existen letreros de seguridad en los que puede provocar atascamientos y se produzcan percances durante el proceso.
- Se recomienda antes de iniciar el proceso, revisar los sistemas ajustables, para los cuales utilizar herramientas adecuadas ya que algún momento la máquina requiere de calibración, pero solo estas recomendaciones son aptas para el sistema mecánico el cual es vulnerable a modificaciones por tener tres tipos de envases a tapar.
- Se recomienda al talento humano de operación de la máquina realizar las calibraciones siempre y cuando la máquina no esté en funcionamiento ya que podría ocasionar daños materiales y personales.



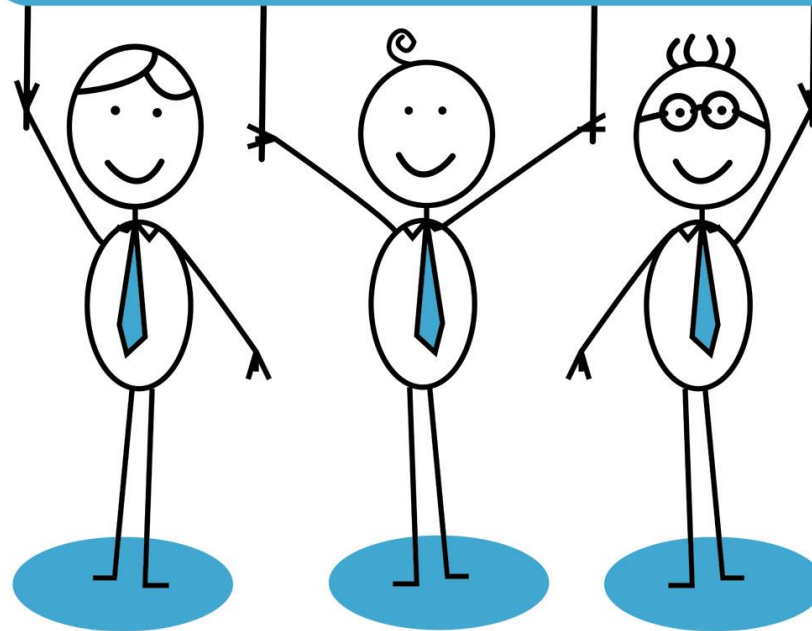
# RECOMENDACIONES

- Se recomienda el engrase del cabezal móvil y de las chumaceras cada 6 meses para el desplazamiento correcto de la boquilla de tapado.
- Se recomienda para cada tipo de envase si es necesario calibrar los tiempos mediante el PLC LOGO, ya que siempre por el volumen que contienen es sujeto a rozamiento y fricción; con lo que la cinta transportadora sufre esfuerzo y disminuye su circulación correcta del producto hasta el área de tapado.





**¡GRACIAS!**



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