



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

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA BAROLADORA  
HIDRÁULICA DE TUBOS Y PERFILES.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTROMECAÁNICO.**

**AUTOR:**

**ALBÁN ANDRADE, EFRÉN DAMIÁN**

**DIRECTOR:**

**ING. WILLIAM BONILLA.**

**LATACUNGA-ECUADOR**

**AGOSTO 2016**

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



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

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al principio de la formación de toda industria lo primordial es el conocimiento y las bases técnicas para poder implementar la misma, de ahí conlleva a tener maquinaria o máquinas que realicen el respectivo trabajo mecánico evitando usar la fuerza humana por lo cual se ha visto la necesidad de construir una máquina baroladora hidráulica de tubo.

No se dispone de una máquina manual ni automática que permita rolar tubo redondo a diferentes radios ya que si se desea realizar el proceso de barolado de un tubo se lo realiza manualmente por medio de golpes, este proceso es excesivamente lento y sobre todo la forma de realizarlo daña el material en proceso y como resultado se tiene un producto de muy mala calidad.

# OBJETIVOS



## **OBJETIVO GENERAL.**

- Diseñar y construir una máquina baroladora hidráulica de tubos y perfiles para el emprendimiento de un negocio.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Diseñar la máquina baroladora hidráulica de tubos de hasta 63,5 mm de diámetro y Perfiles de hasta 2 mm de espesor.
- Modelar y simular la máquina baroladora.
- Construir y comprobar el funcionamiento de dicha máquina.
- Realizar los manuales de operación y mantenimiento.



# JUSTIFICACIÓN



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

## JUSTIFICACIÓN

Este proyecto permite la facilidad del rolado de tubos, la máquina a desarrollarse en el presente proyecto, permitirá que la manufactura de los sectores metalmecánicos, alcancen mejores índices de productividad con mayor rentabilidad.

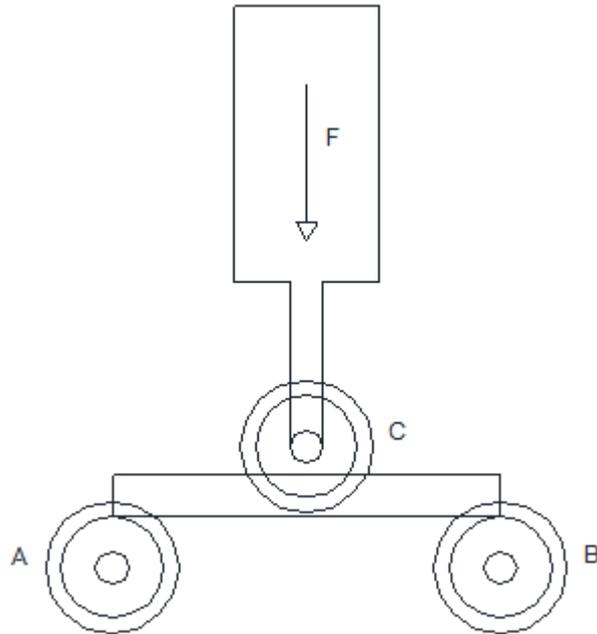
Esta máquina baroladora hidráulica de tubos y perfiles tiene el objetivo de mejorar la producción, la calidad y la seguridad industrial, en el sector artesanal y en la pequeña industria.

La ejecución de este proyecto permite la mejora del proceso de producción en el menor tiempo posible dando como resultado un producto que cumpla con las características del mercado.

## DISEÑO DE LA MÁQUINA BAROLADORA

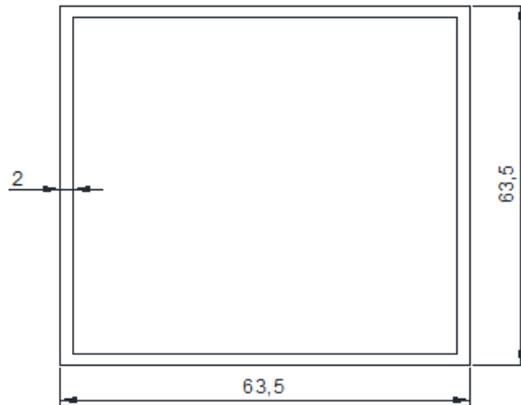


- **PISTÓN HIDRÁULICO**



## PERFILES

### CUADRADO

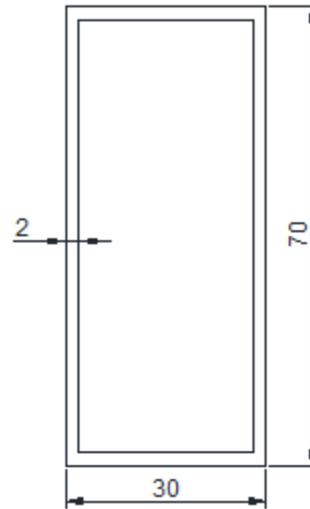


$$F = \frac{4 \times \sigma_{max} \times I}{C \times L}$$

$$F = \frac{4(317 \times 10^6)(2.13 \times 10^{-7})}{0.03175 \times 0,35}$$

$$F = 24304.52 \text{ N}$$

### RECTANGULAR

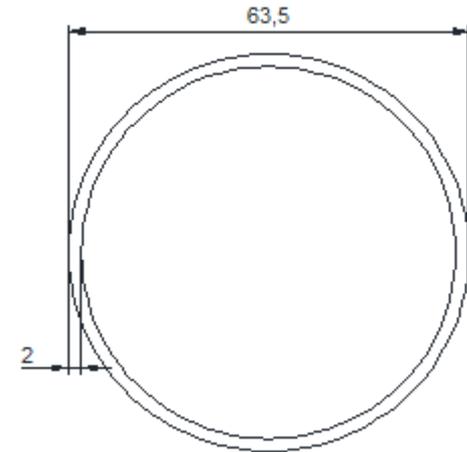


$$F = \frac{4 \times \sigma_{max} \times I}{C \times L}$$

$$F = \frac{4(317 \times 10^6 \text{ Pa})(2.13 \times 10^{-7})}{0.035 \times 0,35}$$

$$F = 22047.6 \text{ N}$$

### REDONDO



$$F = \frac{4 \times \sigma_{max} \times I}{C \times L}$$

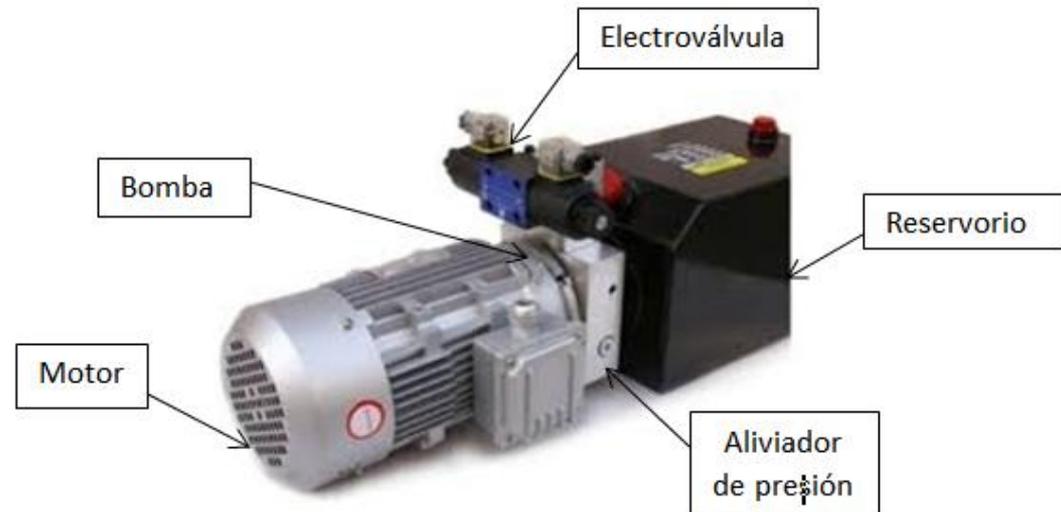
$$F = \frac{4(317 \times 10^6 \text{ Pa})(1.82 \times 10^{-7} \text{ m})}{0.03175 \times 0,35}$$

$$F = 20767.2 \text{ N}$$

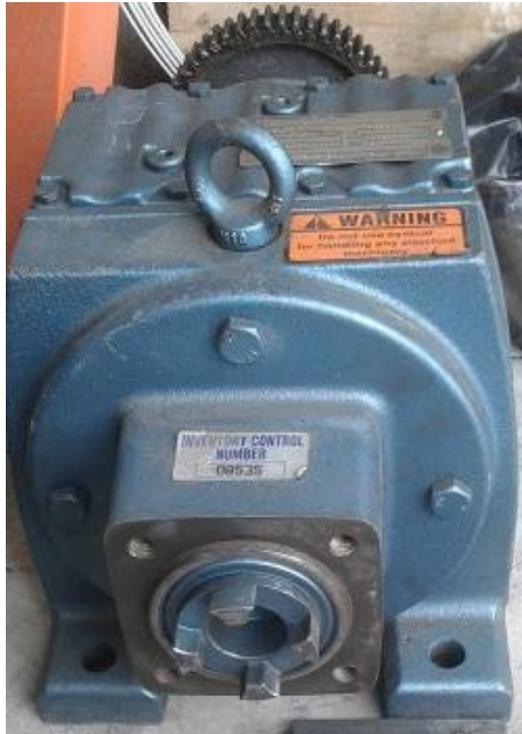


## • UNIDAD DE POTENCIA HIDRÁULICA

- Motor de 2hp a 220V.
- Bomba de pistones.
- 1 gpm con 2000 psi.
- Electroválvula doble efecto a 220V.
- Depósito de aceite de 2 galones.
- Regulador de presión



- CAJA REDUCTORA**



Superficies en contacto	$\mu_k$
Acero sobre acero	0.18
Acero sobre hielo (patines)	0.02-0.03
Acero sobre hierro	0.19
Hielo sobre hielo	0.028
Patines de madera sobre hielo y nieve	0.035
Goma (neumático) sobre terreno firme	0.4-0.6
Correa de cuero (seca) sobre metal	0.56
Bronce sobre bronce	0.2
Bronce sobre acero	0.18
Roble sobre roble en la dirección de la fibra	0.48

$$Fr = F \times \mu_k$$

$$Fr = 12125N \times 0.18$$

$$Fr = 2182.5N$$

$$T = Fr \times r$$

$$T = 21825N \times \frac{0.23m}{2}$$

$$T = 250.98Nm$$



- DISEÑO DE EJES**

### EJE SUPERIOR

$$D = \left[ \frac{32(n)}{\pi} \times \sqrt{\left[ \frac{Kt \times mB}{Sn} \right]^2 + \frac{3}{4} \times \left[ \frac{T}{Sy} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ \frac{32(2)}{\pi} \times \sqrt{\left[ \frac{1.5 \times 24858}{290000} \right]^2 + \frac{3}{4} \times \left[ \frac{4600}{120000} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 1.4 \text{ in} = 3.5 \text{ cm} = 35 \text{ mm}$$

### EJE INFERIOR

$$D = \left[ \frac{32(n)}{\pi} \times \sqrt{\left[ \frac{Kt \times mB}{Sn} \right]^2 + \frac{3}{4} \times \left[ \frac{T}{Sy} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[ \frac{32(2)}{\pi} \times \sqrt{\left[ \frac{12847 \times 1.5}{290000} \right]^2 + \frac{3}{4} \times \left[ \frac{4600}{120000} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 1.14 \text{ in} \cong 2,91 \text{ cm} \cong 29 \text{ mm}$$



- **DISEÑO DE ENGRANAJES**

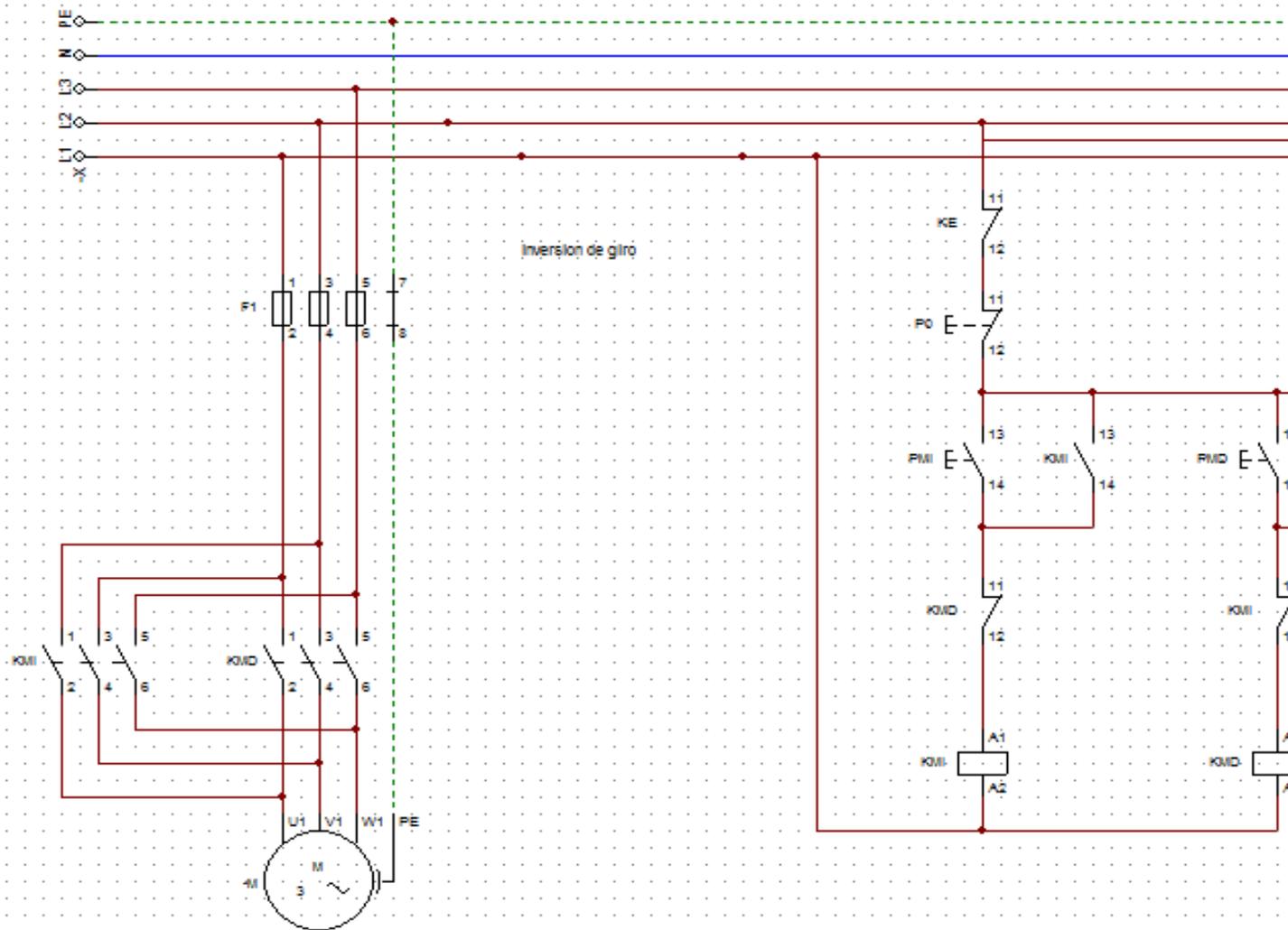
$$S_t = \frac{w_t \times P_d}{F \times J} \times K_0 \times K_s \times K_m \times K_B \times K_V$$

$$S_t = \frac{1672 \times 9.09}{75000 \times 0.435} \times 1.40 \times 1 \times 1 \times 1.4 \times 1 \times 1$$

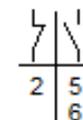
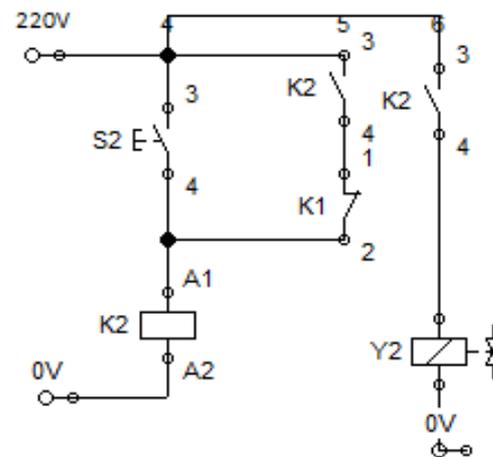
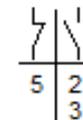
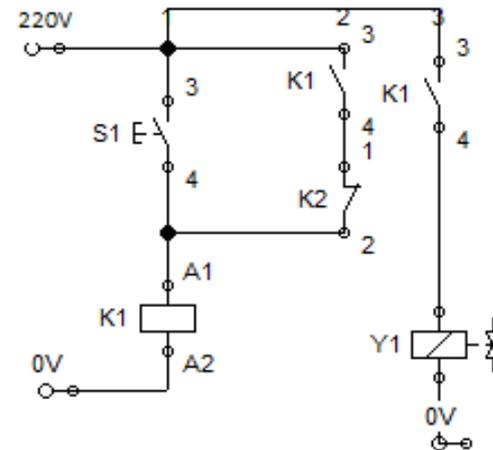
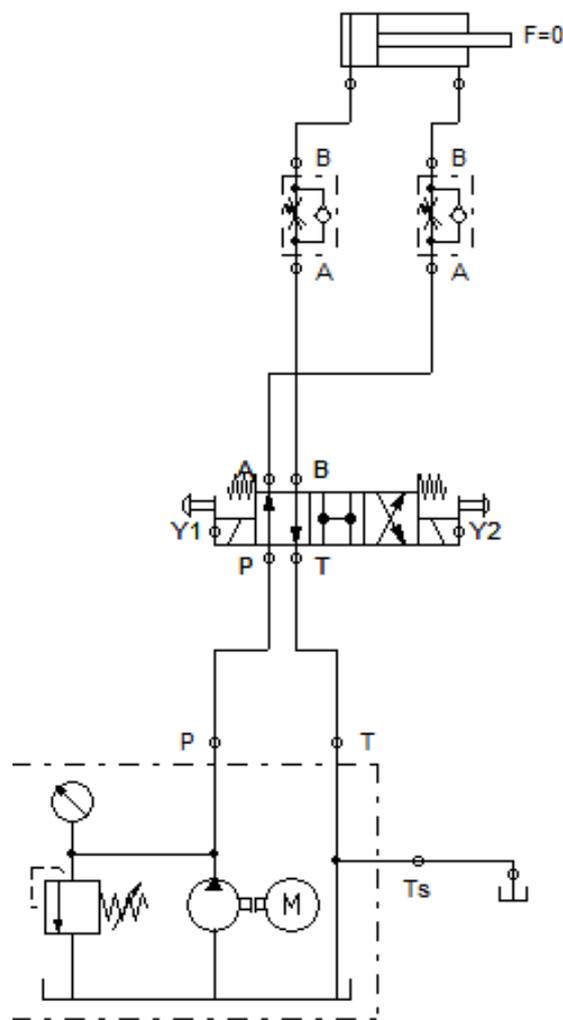
$$S_t = 0.92in = 2,34cm$$



# DISEÑO ELÉCTRICO DE INVERSIÓN DE GIRO DEL MOTOR



# DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO Y ELÉCTRICO



# COSTOS DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

## Costos directos

DESCRIPCIÓN	VALOR
Costos de materiales y elementos mecánicos	\$ 1.342,30
Costos de materiales y elementos hidráulicos.	\$ 1.000,00
Costos de materiales y elementos para el sistema de control eléctrico.	\$ 347,50
Costos por equipos y maquinarias	\$ 565,00
Costos por equipos de protección personal y transporte	\$ 171,00
Costos por mano de obra	\$ 200,00
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>\$ 3.625,80</b>

## Costos indirectos

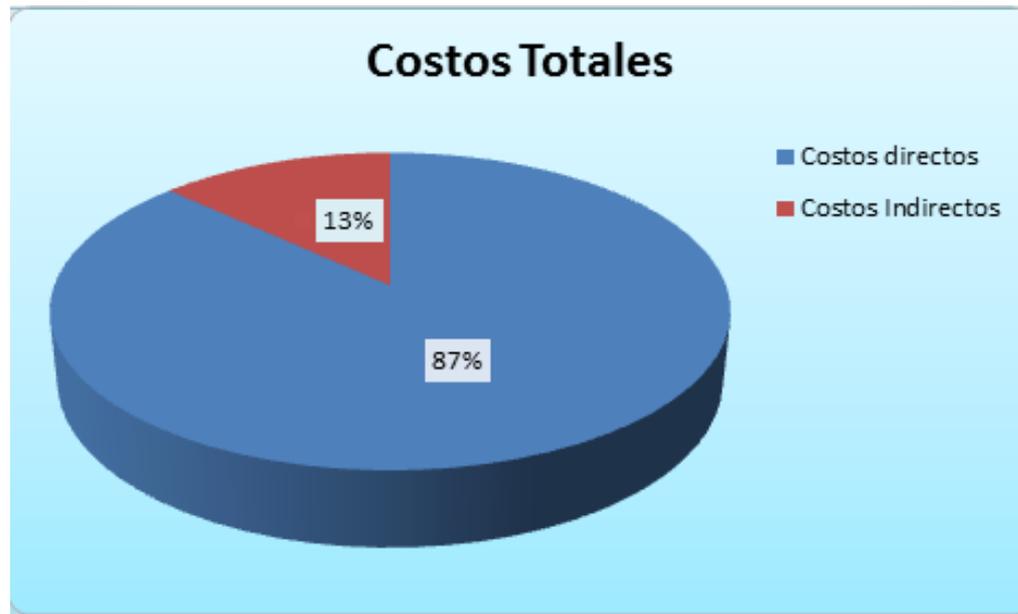
DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE COSTOS DIRECTOS	VALOR
Ingeniería (Diseño)	10%	\$ 362,58
Imprevistos	5%	\$ 181,29
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>		<b>\$ 543,87</b>

**SPE**



## COSTOS TOTALES

DESCRIPCIÓN	VALOR
Costos directos	\$ 3.625,80
Costos Indirectos	\$ 543,87
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>\$ 4.169,67</b>



## VALOR ACTUAL NETO (VAN)

$$VAN = -V_{inicial} + \sum_{n=1}^N \frac{FEC}{(1+r)^n}$$

$$VAN = -4.169,67 + \frac{1.173,72}{(1+0,0187)^1} + \frac{1.053,72}{(1+0,0187)^2} + \frac{1.269,22}{(1+0,0187)^3} + \frac{1.297,62}{(1+0,0187)^4} + \frac{1.175,22}{(1+0,0187)^5} +$$
$$\frac{1.172,92}{(1+0,0187)^6} + \frac{1.175,72}{(1+0,0187)^7} + \frac{1.182,52}{(1+0,0187)^8} + \frac{1.268,72}{(1+0,0187)^9} + \frac{1.294,22}{(1+0,0187)^{10}} + \frac{1.251,42}{(1+0,0187)^{11}} + \frac{1.181,52}{(1+0,0187)^{12}}$$

$$VAN = -4.169,67 + 12.862,07$$

$$VAN = 8.692,40 [USD]$$



## CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR)

$$TIR = VAN = -V_{inicial} + \sum_{n=1}^N \frac{FEC}{(1+r)^n} = 0$$

$$TIR = \frac{0,2676982}{1,33} = 0,2012$$

$$TIR = 20,12\%$$

- Si TIR < % vigente el proyecto no es aconsejable.
- Si TIR = % vigente el proyecto es indiferente
- Si TIR > % vigente el proyecto es aconsejable.



## RELACIÓN COSTO BENEFICIO

$$R^{C/B} = \frac{\sum \text{Flujos existentes}}{\text{Inversión inicial}}$$

$$R^{C/B} = \frac{14.496,54}{4.169,67}$$

$$R^{C/B} = 3,476$$



## CONCLUSIONES

Se logró el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio del proyecto, los cuales satisfacen la funcionalidad y condiciones de diseño.

Se optimizó la producción y los costos al momento de construir una máquina baroladora en lugar de adquirirla en el mercado a un costo mayor beneficiando notablemente la economía.

Con la ayuda del software de modelación geométrica se puede visualizar el modelo final y establecer la posición de cada pieza y con ello las medidas necesarias exactas de la máquina en general.



El diseño del sistema eléctrico de la máquina permitió instalar correctamente todos los componentes eléctricos del circuito de potencia y de control los cuales evitan accidentes y contratiempos considerando que se trabaja con un voltaje de 220V.

El diseño estructural de la máquina fue eficiente, ahorrando espacio y material con la ayuda del modelado anticipado que se pudo realizar en el software "SOLIDWORKS", obteniendo un factor de seguridad de 2 como mínimo, concluyendo que la estructura soportará de manera adecuada el peso de todos los componentes eléctricos mecánicos e hidráulicos para el cual fue diseñado sin sufrir daños posteriores.



La fuerza de barolado es el dato predominante para elegir correctamente el pistón hidráulico del cual depende la selección de los demás componentes hidráulicos con son la centralina, y las mangueras hidráulicas.

La inversión realizada para construir la máquina se podrá recuperar después de 4 meses, una vez recuperado se empezará a obtener ganancias, haciendo esta una inversión rentable.

La mejor protección para un motor es el relé térmico debido a su sensibilidad, evitando que pueda suceder un daño en el motor.



## RECOMENDACIONES

Operar adecuadamente la máquina de acuerdo a las indicaciones del manual, así como un mantenimiento cada 12 meses del aceite de los engranajes y cilindro hidráulico para mantener la eficiencia de trabajo.

Para realizar el mantenimiento en la máquina baroladora de tubos se recomienda usar aceite hidráulico, este es estrictamente necesario para su correcto funcionamiento.

Usar el equipo de protección personal adecuado al momento de barolar los tubos y perfiles debido a que se trabaja con medianas presiones y alto voltaje, para evitar accidentes en el operador de la máquina.



Realizar mantenimiento eléctrico cada 10 meses de los breakers, contactores y relés térmicos para que tengan un correcto funcionamiento.

La máquina debe estar ubicada en lugares cerrados con ventilación para evitar el ingreso de polvo en la lubricación de los engranajes, además debe permanecer en ambientes secos debido a que la humedad puede producir daños en los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.



# GRACIAS



**E S P E**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA