



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA



*ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS  
NATURALES NO RENOVABLES*

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TROQUELADORA EN FRÍO  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PANELES METÁLICOS.”**

**Tesis de Grado previa la  
Obtención del Título de  
Ingeniero Electromecánico**

**AUTORES:**

HENRY FABRICIO LOAIZA ANDRADE.  
JORGE LUIS MEDINA RIVERA.

**DIRECTOR:**

Ing. DARWIN GIOVANNY TAPIA PERALTA.

Loja-Ecuador

2012

## **CERTIFICACIÓN.**

Ing. **DARWIN GIOVANNY TAPIA PERALTA**, Director de la Tesis, cuyo tema versa en “**Diseño y construcción de una máquina troqueladora en frío para la construcción de paneles metálicos**” de la carrera de **Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja**, a petición de la parte interesada;

### **CERTIFICA:**

Que el presente **Proyecto de Investigación** fue elaborado bajo mi dirección, y una vez que ha sido culminado, autorizo la presentación del mismo para los fines legales pertinentes.

Loja, 26 de Noviembre del 2012.

.....  
Ing. **DARWIN GIOVANNY TAPIA PERALTA.**

**DIRECTOR DE TESIS.**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA.**

Las ideas, hechos, principios, conceptos y resultados vertidos en el presente proyecto de tesis, son de exclusiva responsabilidad de los autores que firman a continuación, quienes a su vez, autorizan al Área de la Energía, las Industrias y Recursos Naturales no Renovables; hacer uso del presente documento en lo conveniente.

.....

Henry Fabricio Loaiza Andrade.

**Egdo. Ingeniería Electromecánica.**

.....

Jorge Luis Medina Rivera.

**Egdo. Ingeniería Electromecánica.**

## **AGRADECIMIENTOS.**

Es necesario dejar constancia nuestro agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, representada en cada uno de los docentes que en su momento nos brindaron sus conocimientos y apoyo para la formación como futuros profesionales. De manera especial:

Al Ing. Darwin Giovanni Tapia Peralta, Director de Tesis, por haber colaborado en la realización del presente proyecto.

A nuestros familiares, compañeros y amigos que con su apoyo y ánimo nos impulsaron a la culminación de nuestro Proyecto de Tesis.

## **DEDICATORIA.**

Muy cariñosamente a mis padres quienes fueron mi sustento en todo momento, a mis hermanos y amigos; quienes con su esfuerzo y apoyo incondicional me permitieron terminar los estudios superiores.

**Att: Henry Fabricio Loaiza Andrade.**

Dedico el presente proyecto de tesis a mis padres, a mi mujer, hija y a mis hermanos que gracias a su esfuerzo y trabajo permanente, me enseñaron a que siempre salga adelante, todo lo que soy en la vida se los debo a ellos.

**Att: Jorge Luis Medina Rivera.**

## ÍNDICE GENERAL.

a. RESUMEN .....	1
b. INTRODUCCIÓN.....	3
c. REVISIÓN DE LITERATURA. ....	4
c.1.Máquina Troqueladora.....	4
c.1.1. Operaciones de los troqueles. ....	4
c.2.Estampado.....	5
c.2.1. Herramienta sencilla. ....	5
c.2.2. Herramientas con expulsor inferior. ....	6
c.2.3. Herramienta de expulsor superior.....	6
c.2.4. Doblado en forma de U.....	6
c.3. Matriz.....	7
c.3.1. Radio de borde de la matriz. ....	8
c.3.2. Matriz simple.....	9
c.3.3. Matriz progresiva.....	9
c.3.4. Desgaste de matriz.....	9
c.3.5. Materiales para herramientas de conformar.....	9
c.3.6. Tratamientos térmicos.....	10
c.3.6.1. Temple. ....	10
c.3.6.2. Revenido.....	10
c.3.6.3. Recocido. ....	10
c.4. Mecanizado.....	11
c.4.1. Mecanizado sin arranque de viruta. ....	11
c.4.2. Mecanizado por abrasión.....	11

c.4.3. Mecanizado mediante arranque de viruta. ....	12
c.4.4. Tolerancias. ....	12
c.5. Estructuras metálicas. ....	13
c.5.1. Materiales. ....	14
c.5.2. Momento flector. ....	14
c.5.3. Tensión máxima por flexión. ....	15
c.5.4. Esfuerzo cortante máximo. ....	15
c.6. Fundamentación introductoria para el diseño general. ....	16
c.6.1. Perímetro de una circunferencia. ....	16
c.6.2. Área plana. ....	16
c.6.3. Volumen de sólidos geométricos. ....	17
c.6.3.1. Volumen de un cilindro. ....	17
c.6.3.2. Volumen de un prisma recto. ....	17
c.6.4. Generalidades sobre sistemas hidráulicos. ....	18
c.6.5. Propiedades de los fluidos. ....	18
c.6.5.1. Fluidez. ....	18
c.6.5.2. Viscosidad. ....	18
c.6.5.3. Compresibilidad. ....	18
c.6.5.4. Régimen de flujo. ....	18
c.6.6. Régimen laminar. ....	19
c.6.7. Régimen turbulento. ....	19
c.6.8. Número de Reynolds. ....	20
c.6.9. Definición de régimen con el número de Reynolds. ....	20
c.6.10. Caídas de presión. ....	21

c.6.10.1. Pérdidas primarias.....	21
c.6.10.2. Coeficiente de rozamiento o pérdida de carga.....	22
c.6.10.3. Pérdidas secundarias.....	22
c.6.10.4. Definición de caudal.....	22
c.7. Sistema hidráulico.....	23
c.7.1. Cilindros hidráulicos.....	24
c.7.1.1. Cilindro de doble efecto.....	24
c.7.2. Características técnicas de los cilindros hidráulicos.....	24
c.7.2.1. Presión.....	25
c.7.2.2. Velocidad de una partícula.....	25
c.7.3. Depósito de aceite.....	26
c.7.3.1. Elementos de un depósito de aceite.....	26
c.7.3.2. Volumen de aceite del depósito.....	27
c.7.3.3. Factores para la construcción.....	28
c.7.4. Potencia del grupo moto bomba.....	28
c.7.5. Bomba hidráulica.....	29
c.7.5.1. Bomba hidráulica de engranajes externos.....	29
c.7.6. Válvulas hidráulicas.....	30
c.7.6.1. Válvula de seguridad o de alivio.....	30
c.7.6.2. Válvulas de control direccional o distribuidoras.....	31
c.7.6.3. Válvula anti retorno.....	32
c.7.7. Conducciones hidráulicas.....	32
c.7.7.1. Parámetros para la elección de conducciones hidráulicas.....	32
c.7.7.2. Conducciones flexibles.....	33



c.7.8. Aceites hidráulicos.....	34
c.7.9. Accesorios hidráulicos.....	34
c.7.9.1.Racores. ....	34
c.7.9.2.Manómetro.....	35
c.7.9.3.Filtro. ....	36
c.8.Sistema de transmisión. ....	36
c.8.1. Tipos de transmisión mecánica.....	37
c.8.2. Transmisión por bandas.....	37
c.8.2.1.Distance entre centros.....	38
c.8.2.2.Largo de la banda.....	38
c.8.2.3. Ángulo de abrasamiento de la polea menor.....	39
c.8.2.4. Número de bandas. ....	39
c.8.3. Poleas.....	40
d. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
d.1.Materiales. ....	42
d.2. Métodos. ....	43
e. RESULTADOS.....	46
e.1. Análisis de fuerza necesaria para la deformación.....	46
e.1.1. Generalidades.....	46
e.1.2. Sección del panel. ....	46
e.1.3. Resistencia de materiales.....	48
e.2. Dimensionamiento general del equipo. ....	48
e.2.1. Generalidades.....	48
e.2.2. Dimensiones. ....	48

e.2.3. Resistencia de materiales.....	49
e.2.4. Cálculo de las vigas y columnas de la máquina.....	52
e.2.5. Cálculo de pernos o pasadores de vigas.....	53
e.3. Dimensionamiento del equipo hidráulico.....	56
e.3.1. Generalidades.....	56
e.3.2. Selección de equipo.....	56
e.3.2.1. Fuerza del Cilindro.....	56
e.3.2.2. Presión de Trabajo.....	57
e.3.2.3. Área del Actuador (Pistón).....	57
e.3.2.4. Diámetro del pistón.....	57
e.3.2.5. Velocidad de salida del Vástago.....	58
e.3.2.6. Caudal necesario para realizar una carrera.....	58
e.3.2.7. Volumen de una carrera.....	59
e.3.3. Diámetro interior de la tubería.....	59
e.3.4. Pérdidas de presión.....	60
e.3.4.1. Tubería de alta presión.....	61
e.3.4.2. Tubería de baja presión.....	62
e.3.4.3. Comprobación de la caída de presión.....	62
e.3.5. Potencia del grupo moto–bomba.....	63
e.3.5.1. Selección del motor eléctrico.....	63
e.3.5.2. Selección de la bomba hidráulica.....	64
e.3.6. Dimensionamiento del depósito de aceite.....	64
e.3.7. Filtro.....	66
e.3.8. Selección de las válvulas para el sistema hidráulico.....	66

e.3.8.1. Selección de la válvula direccional.....	66
e.3.8.2. Válvula de seguridad. ....	67
e.3.9. Esquema del sistema hidráulico.....	68
e.4. Análisis de la relación de transmisión. ....	70
e.4.1. Generalidades.....	70
e.4.2. Cálculo de la transmisión entre ejes .....	70
e.4.3. Selección de la banda.....	70
e.4.4. Cálculo del diámetro de la polea conducida. ....	70
e.4.5. Distancia entre ejes .....	71
e.4.6. Largo de la banda.....	71
e.4.7. Ángulo de abrazamiento. ....	72
e.4.8. Número de bandas .....	73
e.5. Sistema eléctrico. ....	73
e.5.1. Circuito de mando.....	74
e.5.2. Circuito de fuerza.....	75
e.6. Valoración técnico económica ambiental. ....	76
e.6.1. Valoración técnica. ....	76
e.6.2. Valoración económica. ....	77
e.6.3. Valoración ambiental.....	81
e.7. Pruebas de funcionamiento de la máquina troqueladora. ....	82
f. DISCUSIÓN.....	85
g. CONCLUSIONES.....	88
h. RECOMENDACIONES. ....	89
i. BIBLIOGRAFÍA.....	90

j.	ANEXOS.....	91
----	-------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Fig. 1: Operaciones que se realizan con un troquel.....	5
Fig. 2 Herramientas de estampado. ....	5
Fig. 3 Doblado en forman de u. ....	6
Fig. 4 Estructuras metálicas.....	13
Fig. 5 Distribución de las velocidades en régimen laminar.....	19
Fig. 6 Distribución de las velocidades en régimen turbulento. ....	20
Fig. 7 Continuidad de un fluido.....	23
Fig. 8 Principio de Pascal. ....	23
Fig. 9 Cilindros hidráulicos de doble efecto.....	24
Fig. 10 Características del Cilindro hidráulico.....	25
Fig. 11 Depósito de aceite. ....	26
Fig. 12 Depósitos hidráulicos. ....	27
Fig. 13 Grupo moto bomba.....	29
Fig. 14 Bomba hidráulica de engranajes externos.....	30
Fig. 15 Válvula de alivio. ....	31
Fig. 16 Válvula de Control. ....	32
Fig. 17 Válvula Anti-retorno. ....	32
Fig. 18 Conducción flexible. (Manguera) ....	33
Fig. 19 Instalación de tubería flexible. ....	33
Fig. 20 Tipos de racores. ....	35
Fig. 21 Manómetro. ....	35
Fig. 22 Filtro Hidráulico.....	36
Fig. 23 Partes de la polea.....	40

Fig. 24 Diámetros del panel metálico. ....	46
Fig. 25 Dimensiones de la máquina troqueladora. ....	49
Fig. 26 Seccionamiento de las fuerzas aplicadas. ....	49
Fig. 27 Diagrama de cuerpo libre. ....	50
Fig. 28 Esfuerzo cortante y momento flector. ....	52
Fig. 29 Articulación en las vigas. ....	53
Fig. 30 Carrera del cilindro hidráulico. ....	58
Fig. 31 Tuberías del sistema hidráulico. ....	61
Fig. 32 Dimensiones del Depósito. ....	65
Fig. 33 Esquema de la válvula de Direccional. ....	67
Fig. 34 Válvula de seguridad o de Alivio. ....	68
Fig. 35 Esquema del sistema hidráulico. ....	69
Fig. 36 Simbología del sistema hidráulico. ....	69
Fig. 37 Circuito de mando del sistema eléctrico de la máquina troqueladora. ....	74
Fig. 38 Circuito de fuerza del sistema eléctrico de la máquina troqueladora. ....	75
Fig. 39 Simbología del sistema eléctrico. ....	76
Fig. 40 Primera prueba realizada de los paneles metálicos. ....	82
Fig. 41 Panel metálico. ....	83
Fig. 42 Ábaco para determinar el fluido hidráulico que pasa por una tubería de un determinado diámetro, en función de su velocidad. ....	96
Fig. 43 Selección del perfil de correa. ....	101
Fig. 44 Diagrama de Moody. ....	101

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla. 1: Radio de borde de la matriz.....	8
Tabla. 2: Tolerancias para piezas mecanizadas.....	13
Tabla. 3: Características de acero laminado.....	14
Tabla. 4: Diámetro del perno para la articulación de las vigas.....	56
Tabla. 5: Interpolación para calcular la potencia unitaria según el diámetro de la polea menor.....	73
Tabla. 6: Costo de accesorios sistema hidráulico.....	77
Tabla. 7: Costo de accesorios sistema mecánico.....	78
Tabla. 8: Costo de accesorios sistema eléctrico.....	79
Tabla. 9: Costo de diseño e investigación.....	80
Tabla. 10: Costo total del proyecto de tesis.....	80
Tabla. 11: Comparación de las medidas establecidas para el diseño del panel y las medidas del panel fabricado.....	83
Tabla. 12: Aceptación de los paneles metálicos en el mercado local.....	84
Tabla. 13: Gastos existentes en la fabricación de paneles metálicos.....	85
Tabla. 14: Depreciación de la máquina troqueladora.....	86
Tabla. 15: Especificaciones técnicas para planchas laminadas.....	92
Tabla. 16: Tabla de resistencia de materiales laminados.....	93
Tabla. 17: Características estáticas de perfiles UPN.....	94
Tabla. 18: Resistencia de pernos de acero grado SAE.....	95
Tabla. 19: Recomendación de diámetros primitivos mínimos de poleas (d1).....	97
Tabla. 20: Selección del diámetro de la polea conducida (d2).....	97
Tabla. 21: Valores típicos de coeficiente de deslizamiento.....	97

Tabla. 22: Coeficiente que toma en cuenta el alargamiento de la banda (CL).....	98
Tabla. 23: Elección del ángulo de abrazamiento ( $C\alpha$ ). .....	99
Tabla. 24: Coeficiente que toma en cuenta las jornadas de trabajo (Fs). .....	99
Tabla. 25: Potencia unitaria Nc. Perfil A. ....	100
Tabla. 26: Potencia adicional Nad perfil A. ....	100



## SIMBOLOGÍA.

$F =$	Fuerza.
$L =$	Longitud.
$e =$	Espesor.
$Kt =$	Coefficiente de rotura a la tracción.
$Kd =$	Flexión necesaria para la deformación permanente.
$M =$	Momento flector.
$f =$	Fuerza de la carga.
$d =$	Distancia o brazo.
$c =$	Distancia del eje neutro a la superficie más alejada.
$I =$	Momento de inercia de la sección transversal.
$\sigma =$	Tensión máxima por flexión.
$S_v(max) =$	Esfuerzo cortante máximo.
$\mathcal{V} =$	Carga cortante.
$A =$	Área.
$D =$	Diámetro.
$a_1 =$	Lado mayor.
$a_2 =$	Lado menor.
$h =$	Altura.
$R_e =$	Números de Reynolds.

$Vel =$	Velocidad.
$v =$	Viscosidad.
$\Delta P =$	Pérdidas del sistema hidráulico.
$\lambda =$	Coefficiente de rozamiento
$g =$	Gravedad.
$Q =$	Caudal.
$P =$	Presión.
$t =$	Tiempo.
$P_{motor} =$	Potencia.
$i =$	Relación de transmisión.
$n_0 =$	Revoluciones en la polea conductora.
$n_f =$	Revoluciones en la polea conducida.
$d_1 =$	Diámetro de la polea conductora.
$d_2 =$	Diámetro de la polea conducida.
$s =$	Coefficiente de desplazamiento.
$a_{min} =$	Distancia entre centros mínima.
$a_{max} =$	Distancia entre centros máxima.
$a_{med} =$	Distancia entre centros media.
$L_p =$	Largo de la banda.
$\alpha =$	Ángulo de abrasamiento.

$Z =$	Número de bandas.
$N_e =$	Potencia del motor.
$f_s =$	Factor de servicio.
$N_c =$	Potencia unitaria.
$N_{ad} =$	Potencia adicional.
$C_\alpha =$	Factor por ángulo de contacto.
$C_L =$	Factor por corrección en longitud.

## **a. RESUMEN**

El troquelado nos permite realizar varios tipos de piezas y procesos como el estampado, doblado, cortado, etc. Para la obtención de piezas mediante el proceso de troquelado se necesita de un sistema hidráulico o mecánico por el medio del cual se obtiene la fuerza necesaria para realizar el estampado en las láminas de acero con la figura de las matrices utilizadas.

Este proyecto de tesis tiene como finalidad determinar los parámetros necesarios para diseñar y construir un prototipo de una máquina troqueladora eficiente considerando factores como son: el verificar la calidad del producto final; así como ver el impacto que tiene este producto en el medio local.

Además de construir una máquina troqueladora que funcione en cualquier condición de trabajo considerando parámetros técnicos y económicos. Este tipo de trabajos solo se los realiza en dos ciudades de nuestro país, dando como resultado la demora en el tiempo de entrega de los paneles y el costo que es muy elevado.

El presente trabajo de tesis define los parámetros de diseño y operación de un prototipo de una máquina troqueladora para la construcción de paneles metálicos, luego se ha construido y se ha verificado su correcto funcionamiento.

## **SUMMARY.**

The die cutting allows us to perform various types of parts and processes such as stamping, bending, cutting, etc. To obtain pieces by punching process requires a hydraulic or mechanical system by means of which the necessary force is achieved for the stamping of steel plates with the shape of the dies used.

This thesis project aims to determine the parameters necessary to design and build a prototype of a machine efficient punch considering factors such as: verifying the quality of the final product, so as to see the impact of this product in the local environment.

Besides building a punch machine to operate in any working condition considering technical and economic parameters. These jobs are performed only in two cities in our country, resulting in delay in the delivery of the panels and the cost is very high.

This thesis defines the parameters of design and operation of a prototype of a machine punch for the construction of metal panels, then built and checked for proper operation.

## **b. INTRODUCCIÓN.**

Desde hace mucho tiempo atrás el hombre se ha visto en la necesidad de mejorar sus máquinas herramientas, para poder hacer que su vida sea más cómoda y con el menor esfuerzo posible. La necesidad del uso de prensas se remonta a la edad media ya que en este tiempo se realizaban trabajos en frío por medio del martilleo de los metales blandos como lo son el oro, la plata, etc. Los cuales se los realizaban con fines de ornamentación.

Ya con el paso de los años se tuvo la necesidad de realizar trabajos en metales no solo con el fin mencionado anteriormente, sino que también para la manufactura de productos de primera necesidad para el hombre como por ejemplo la elaboración de envases, herramientas, etc. Por esta necesidad y con el desarrollo del principio de Pascal se empezaron a desarrollar rústicamente prensas las cuales fueron utilizadas para diversas operaciones como embutido, doblado, estampado, etc.

El presente trabajo de tesis de grado comprende un estudio en el cual el principal objetivo es de diseñar y construir un prototipo de la máquina troqueladora para la elaboración de paneles metálicos, debido a que en nuestra ciudad no existen este tipo de máquinas.

La gran demanda que existe en el Ecuador de paneles metálicos, ha dado como resultado el monopolio en la venta de dichos paneles ya que este tipo de trabajos solo se los realiza en dos ciudades de nuestro país, dando como resultado la demora en el tiempo de entrega de los paneles y el costo que es muy elevado, es por este motivo que en la provincia y ciudad de Loja se necesita diseñar y construir un tipo de máquina especializada para realizar este tipo de trabajos, con el objetivo de que las personas puedan adquirir los paneles de forma rápida y con un costo no tan elevado.

Para realizar la construcción tomamos en cuenta todos los parámetros técnicos y de seguridad adecuados al momento de su fabricación, para obtener un óptimo funcionamiento de la máquina. La que consiste en darle la forma de los moldes en las láminas de acero, por medio del uso de una prensa hidráulica lo que nos da como resultado final los paneles metálicos.

## **c. REVISIÓN DE LITERATURA.**

### **c.1.Máquina Troqueladora.**

Los elementos de transformación en un troquel, son llamados punzón (macho) y matriz (hembra), ambos deben tener un tratamiento previo de endurecimiento (llamado templado) que debe superar la dureza de los materiales a procesar.

La parte superior de la herramienta (parte superior del porta troquel) se sujeta firmemente al ariete o carnero de la prensa mientras que la parte inferior (porta matrices) se fija a la mesa de la máquina, el centrado entre ambos (incluida la holgura) se mantiene gracias a los postes fijos en el porta troquel y los bujes embalados que se deslizan en las tazas, aunque hay troqueles que solamente tienen postes y tazas con ajuste deslizante entre ellos.

La acción ejercida entre un punzón y una matriz actúa como una fuerza de cizallamiento en el material a procesar una vez que el punzón ha penetrado éste, sufriendo esfuerzos que rápidamente rebasan su límite elástico produciendo la ruptura o desgarramiento en ambas caras en el mismo lapso de tiempo, al penetrar más y más el punzón se produce la separación del material completando el proceso.

#### **c.1.1. Operaciones de los troqueles.**

Existen varias utilidades de la máquina troqueladora que describimos a continuación y que podemos observar en la figura 1:

- ✓ Cizallado
- ✓ Corte de sobrante
- ✓ Doblado
- ✓ Picado
- ✓ Perforado
- ✓ Estampado
- ✓ Embutido
- ✓ Marcado, etc.



Fig. 1: Operaciones que se realizan con un troquel.

### c.2. Estampado.

“El estampado es una operación que consiste en practicar salientes y huecos en una chapa metálica. Desde el punto de vista del trabajo del metal (deformaciones), se sitúa esta operación entre las de dar forma propiamente dichas y las de embutición. Se admite generalmente que se trata de un estampado cuando los salientes o los huecos no tienen una altura de más de 3 a 6 veces el espesor del metal”<sup>1</sup>.

Las herramientas de estampado variarán, evidentemente, según la forma a estampar. Pueden clasificarse en:

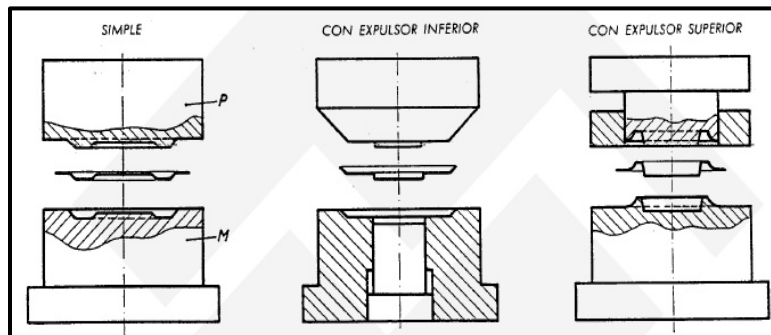


Fig. 2 Herramientas de estampado.

#### c.2.1. Herramienta sencilla.

Empleo para piezas de forma cualquiera cuyas superficies tienen toda inclinación. Está constituida por:

<sup>1</sup> (<http://es.scribd.com/doc/3603199/5-Tecnicas-de-DobladoASCAMM>)



✓ P = Punzón.

✓ M = Matriz.

### c.2.2. Herramientas con expulsor inferior.

Está constituida en forma análoga al caso anterior, pero provista de un expulsor accionado por el dispositivo expulsor de la prensa. Empleo: Para las piezas de forma cualquiera cuyas caras presentan suficiente inclinación y que se corre el riesgo de que queden atascadas en la matriz.

### c.2.3. Herramienta de expulsor superior.

Está constituida de forma similar a la primera, pero va provista de un expulsor en el punzón, siendo éste accionado por el martillo de la prensa. Empleo: Para piezas cuya forma puede provocar el atasco sobre el punzón. Observaciones: Si la pieza a obtener posee una forma tal, que puede correr el riesgo de quedar atascada entre el punzón y la matriz, se combinarán ventajosamente los dos últimos tipos.

### c.2.4. Doblado en forma de U.

“En el momento de iniciarse el doblado, la chapa se encuentra apoyada en su totalidad sobre el pisador central hasta que, el punzón superior presione y en su carrera de bajada doble los extremos de la pieza”<sup>2</sup>.

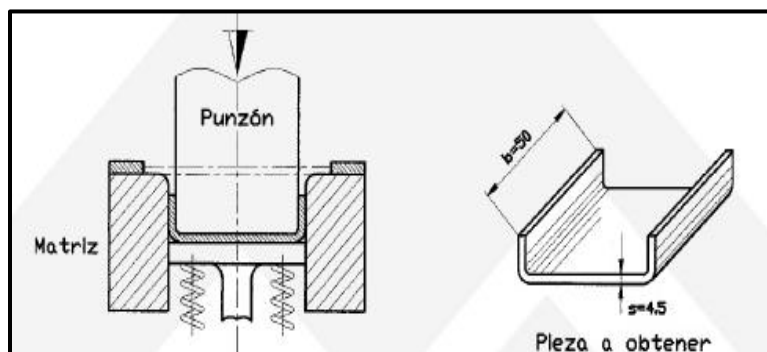


Fig. 3 Doblado en forma de U.

<sup>2</sup> (<http://es.scribd.com/doc/3603199/5-Tecnicas-de-DobladoASCAMM>)

Y su formulación matemática es:

$$F = \frac{L \cdot e \cdot Kd \cdot 2}{6} \quad [Kgf] \quad (1)$$

Dónde:

$F$  = Fuerza necesaria para el doblado. ( $kg$ )

$L$  = Longitud del material a doblar. ( $mm$ )

$e$  = Espesor de la chapa. ( $mm$ )

$Kt$  = Coeficiente de rotura a la tracción. ( $kg/mm^2$ )

$Kd$  = Solicitud a la flexión necesaria para la deformación permanente  $Kd = 1.5Kt$

“Si se requiere seleccionar una prensa para poder realizar esta operación, tenemos que tomar en cuenta la ecuación (2). De esta manera podemos estar seguros de que la prensa no está trabajando fuera de sus límites, con lo que evitaremos accidentes o daños a la prensa y al mismo tiempo elevamos la calidad de los productos”<sup>3</sup>.

$$F_T = (1.2 - 1.5) * F \quad [Kgf]$$

(2)

Dónde:

$F_T$  = Fuerza de trabajo ( $Kgf$ )

$F$  = Fuerza necesaria para el doblado ( $kgf$ )

### **c.3. Matriz.**

Herramienta empleada para dar forma a materiales sólidos, y en especial para el estampado de metales en frío. En el estampado se utilizan los troqueles en pares; el troquel más pequeño, o punzón, encaja dentro de un troquel mayor, o matriz. Suelen ser simétricas para

---

<sup>3</sup> (<http://es.scribd.com/doc/49118162/calculo-fuerzas-para-doblez>)

homogeneizar las tensiones. Se emplean aceros de alta calidad y dureza, En general, el dimensionamiento conviene que sea bastante generoso, puesto que ha de resistir fuertes impactos y estará sometida a esfuerzos de todo tipo.

El metal al que va a darse forma, que suele ser una lámina o una pieza en bruto recortada, se la coloca sobre la matriz en la bancada de la prensa, el punzón se monta en el pistón de la prensa y se hace bajar mediante presión hidráulica o neumática. Los valores adoptados para el cálculo de la holgura entre el punzón y la matriz, se estima el espesor de la chapa más alrededor del 5 al 15 % del espesor de la misma, la holgura depende del espesor de la chapa y será mayor para un acero duro que para un acero dulce o aluminio etc.

### c.3.1. Radio de borde de la matriz.

El valor de este radio es muy importante, un radio demasiado pequeño provoca un alargamiento desmedido y riesgos de rotura. Un radio demasiado grande puede originar, pliegues dobles porque el apretado del estampado se realiza a demasiada distancia.

El radio exacto permite el deslizamiento normal y un alargamiento débil compensado por la compresión lateral, Se recomienda que el radio de curvatura interior sea mayor o igual que el espesor de la lámina con el fin de no estirar excesivamente la fibra exterior causando su ruptura. La siguiente tabla nos muestra los valores que se adoptan.

**Tabla. 1:** Radio de borde de la matriz.

Material.	Radio mínimo. (mm)	
	Perpendicular a la fibra	Paralelo a la fibra
Latón.	r = e a 2e	r = 3e a 4e
Aluminio. Acero dulce.		
Acero duro.	r = 3e a 4e	r = 5e a 6e

### **c.3.2. Matriz simple.**

Es una matriz que ejecuta una sola fase de todo un proceso productivo, por lo que si hay varias fases, tendrá que haber tantas matrices simples como operaciones a realizar.

### **c.3.3. Matriz progresiva.**

Matriz concebida para ejecutar automáticamente y simultáneamente las diferentes fases de un proceso. La fabricación de piezas mediante estas matrices se efectúa a partir de una tira de material continua, que entra por un costado de la matriz y va avanzando por el interior; y, simultáneamente, se van ejecutando las distintas fases del proceso hasta obtener la pieza final.

### **c.3.4. Desgaste de matriz.**

Cuando el corte o doblado se deteriora por desgaste del troquel y de la matriz, se desmontan de la máquina y se los rectifican. El esfuerzo de corte afecta los filos luego de producir una gran cantidad de piezas, como consecuencia tenemos piezas con rebabas y contorno indefinido y por ende se necesita rehabilitar la matriz, perdiendo en el proceso hasta 1 mm, siendo la cota de afilado máximo de 6 mm, a razón promedio de 0,15 mm por cada rectificado, resultando posible rectificar unas 40 veces, produciendo por lo tanto 1.000.000 en total

### **c.3.5. Materiales para herramientas de conformar.**

Los punzones superior e inferior de las herramientas para doblar o curvar tienen que ser en las aristas o cantos de doblado duros y resistentes al desgaste. El núcleo debe tener una tenacidad determinada para poder resistir las sollicitaciones a flexión que se presenten. Se eligen por esta razón en general aceros al cromo de baja aleación, por ejemplo, 130 Cr3, que no se temple a fondo. Los aceros de cementación son inapropiados porque su capa dura se incrustaría en el núcleo blando.

Los punzones y matrices de herramientas lisas y de troquelar o estampar tienen que estar confeccionadas con aceros que tengan gran resistencia a la compresión. Esta clase de aceros

son los que van aleados con cromo, níquel o manganeso (50 CrNi; 100 MnCr 8). Para herramientas de troquelar o estampar a las que se exijan condiciones especialmente altas se prestan los aceros de elevado contenido de cromo del grupo X 210 CrW 12.

Las matrices de extrusión deben tener una superficie dura resistente al desgaste. Esta exigencia la cumplen los aceros que contienen cromo y adición de manganeso, por ejemplo 130 CrMn 3. Para matrices de gran embutición se emplea frecuentemente hierro fundido de grano fino y también se ha manifestado como adecuada la fundición templada.

### **c.3.6. Tratamientos térmicos.**

Se realizan con el fin de mejorar las propiedades mecánicas de los materiales metálicos en los procesos de fabricación. Pretende endurecer o ablandar, eliminar las consecuencias de un mecanizado, modificar la estructura cristalina o modificar total o parcialmente las características mecánicas del material.

#### **c.3.6.1. Temple.**

El temple tiene como objetivo endurecer y aumentar la resistencia de los aceros. Para ello, se calienta el acero a una temperatura ligeramente más elevada que la crítica superior a (entre 900-950 °C) y se enfría luego más o menos rápidamente (según las características de la pieza) en un medio como agua, aceite, etc.

#### **c.3.6.2. Revenido.**

Es un tratamiento habitual a las piezas que ya han sido previamente templadas. Consigue disminuir la dureza y resistencia de los aceros templados, se eliminan las tensiones creadas en el temple y se mejora la tenacidad, dejando al acero con la dureza o resistencia deseada. Se distingue básicamente del temple en cuanto a temperatura máxima y velocidad de enfriamiento.

#### **c.3.6.3. Recocido.**

Consiste básicamente en un calentamiento hasta temperatura de austenización (800-925 °C) seguido de un enfriamiento lento. Con este tratamiento se logra aumentar la elasticidad,

mientras que disminuye la dureza. También facilita el mecanizado de las piezas al homogeneizar la estructura, afinar el grano y ablandar el material, eliminando la acritud que produce el trabajo en frío y las tensiones internas.

#### **c.4. Mecanizado**

El mecanizado es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión. Se realiza a partir de productos semielaborados como lingotes, tochos u otras piezas previamente conformadas por otros procesos como moldeo o forja. Los productos obtenidos pueden ser finales o semielaborados que requieran operaciones posteriores.

##### **c.4.1. Mecanizado sin arranque de viruta.**

Todas las piezas metálicas, excepto las fundidas, en algún momento de su fabricación han estado sometidas a una operación al menos de conformado de metales, y con frecuencia se necesitan varias operaciones diferentes. Así, el acero que se utiliza en la fabricación de tubos para la construcción de sillas se forja, se lamina en caliente varias veces, se lamina en frío hasta transformarlo en chapa, se corta en tiras, se le da en frío la forma tubular, se suelda, se maquina en soldadura y, a veces, también se estira en frío. Esto, aparte de todos los tratamientos subsidiarios. La teoría del conformado de metales puede ayudar a determinar la forma de utilizar las máquinas de la manera más eficiente posible, así como a mejorar la productividad.

##### **c.4.2. Mecanizado por abrasión.**

La abrasión es la eliminación de material desgastando la pieza en pequeñas cantidades, desprendiendo partículas de material, en muchos casos, incandescente. Este proceso se realiza por la acción de una herramienta característica, la muela abrasiva. En este caso, la herramienta (muela) está formada por partículas de material abrasivo muy duro unidas por un aglutinante. Esta forma de eliminar material rayando la superficie de la pieza, necesita menos fuerza para eliminar material apretando la herramienta contra la pieza, por lo que

permite que se puedan dar pasadas de mucho menor espesor. La precisión que se puede obtener por abrasión y el acabado superficial puede ser muy bueno pero los tiempos productivos son muy prolongados

#### **c.4.3. Mecanizado mediante arranque de viruta.**

El mecanizado o conformado por arranque de viruta es un procedimiento que permite modificar formas, dimensiones y/o el grado de acabado superficial de piezas obtenidas con otros procesos de fabricación. Ésta transformación o modificación se realiza arrancando capas de metal (o creces de mecanizado) que se transforman en viruta. Este tipo de operaciones suelen realizarse en piezas fabricadas mediante fundición, deformación plástica, para perfeccionar las cotas y el acabado superficial. En el mecanizado por arranque de viruta se dan procesos de desbaste (eliminación de mucho material con poca precisión; proceso intermedio) y de acabado (eliminación de poco material con mucha precisión; proceso final cuyo objetivo es el de dar el acabado superficial que se requiera a las distintas superficies de la pieza).

El mecanizado no se debe entender como la solución única para obtener una determinada geometría, debido al elevado coste que supone el arranque excesivo del material. El mecanizado debe combinarse con otros procesos de fabricación.

#### **c.4.4. Tolerancias.**

Al mecanizar una pieza no se le puede dar forma exacta, siendo preciso señalar un intervalo en el que se pueda asegurar, que se encuentra la medida obtenida, con un elevado nivel de confianza. La amplitud de la tolerancia depende del diámetro o medida nominal del elemento y de la función que vaya a desempeñar.

Los elementos o componentes de un conjunto deben estar correctamente dimensionados y definidos geoméricamente (forma, orientación y posición), para ello en los planos se definen las tolerancias y especificaciones necesarias, principalmente las funcionales.

Para garantizar que todas las dimensiones lineales y angulares de cada componente quedan definidos y no sólo las funcionales u otras medidas consideradas básicas y para que en el taller o en el servicio de control no tengan que realizarse interpretaciones propias, se definen cuatro clases de tolerancia básicas: fina (f), media (m), grosera (c), muy grosera (v), con lo cual se asegura que la definición del componente sea correcta y completa.

**Tabla. 2:** Tolerancias para piezas mecanizadas.

Clase de Tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al valor nominal d (en mm.)							
Descripción	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000	2000
	<d≤ 3	<d≤ 6	<d≤ 30	<d≤ 120	<d≤ 400	<d≤ 1000	<d≤ 2000	<d≤ 4000	<d≤ 4000
<b>f</b> fina	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-	-
<b>m</b> media	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±2
<b>c</b> grosera	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4	±4
<b>v</b> muy grosera	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8	±8

### c.5. Estructuras metálicas.

“Las Estructuras Metálicas constituyen un sistema constructivo muy difundido en varios países, cuyo empleo suele crecer en función de la industrialización alcanzada en la región o país donde se utiliza. Se lo elige por sus ventajas en plazos de obra, relación costo de mano de obra costo de materiales, financiación, etc. Las estructuras metálicas poseen una gran capacidad resistente por el empleo de acero; Esto le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura, como cubrir grandes luces, cargas importantes.”<sup>4</sup>



**Fig. 4** Estructuras metálicas.

<sup>4</sup> ([http://www.construmatica.com/construpedia/Estructuras\\_Met%C3%A1licas#Generalidades](http://www.construmatica.com/construpedia/Estructuras_Met%C3%A1licas#Generalidades))



### c.5.1. Materiales.

El material apto para las vigas y columnas de soporte es el acero laminado obtenido de los procedimientos usuales, como horno eléctrico, proceso LD (convertidor) etc. Para los cuales se establece sus características mecánicas; resistencia a la tracción, alargamiento de rotura, límite elástico, doblado, módulo de resiliencia, así como su composición química, en la tabla siguiente se detalla las tensiones para el acero laminado.

- ✓ Módulo de elasticidad (E) =  $2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
- ✓ Módulo de Rigidez (G) =  $8.1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$
- ✓ Coeficiente de Poisson ( $\mu$ ) = 0.30
- ✓ Coeficiente de dilatación ( $\alpha$ ) =  $1.2 \times 10^{-5} \text{ mm x } ^\circ\text{C}$

**Tabla. 3:** Características de acero laminado.

<b>TENSIONES PARA PERFILES DE ACERO LAMINADO</b>					
	Tipo de acero	Elástico $\sigma$ ( $\text{kgf/cm}^2$ )	Rotura $\sigma$ ( $\text{kgf/cm}^2$ )	Admisible $\sigma$ ( $\text{kgf/cm}^2$ )	
				Máxima	Mínima
Acero suave	A36	2400	4100	1640	1455
	A42	2600	4600	1780	1575
Acero duro	A52	3600	5700	2465	2180

**FUENTE:** tesis de grado; diseño y construcción de una máquina manual para ensayos de tracción de metales ferrosos, diseño estructural, Pg. 93.

### c.5.2. Momento flector.

Se denomina momento flector un momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de un prisma mecánico flexionado o una placa que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión<sup>5</sup>. Es la suma

---

<sup>5</sup> (NASH, 1993)

algebraica de los momentos de las fuerzas exteriores a un lado de una sección cualquiera de la viga respecto a un eje que pasa por dicha sección.

$$M = f * d \quad [kg \text{ cm}] \quad (3)$$

Dónde:

$M$  = Momento flector. ( $kg \text{ cm}$ )

$f$  = Fuerza de la carga. ( $kg$ )

$d$  = Distancia o brazo. ( $cm$ )

### **c.5.3. Tensión máxima por flexión.**

“Es un esfuerzo de tracción o compresión en un punto crítico perpendicular a la sección transversal considerada, y puede tener su origen en cargas axiales o de flexión, o en combinaciones de ambas. Cuando  $\sigma$  es tracción debe estar precedido de un signo mas (+), y cuando es compresión de un signo (–) menos”<sup>6</sup>.

$$\sigma = \frac{M * c}{I} \quad [kg/cm^2] \quad (4)$$

Dónde:

$\sigma$  = Tensión máxima por flexión. ( $kg/cm^2$ )

$M$  = Momento flector. ( $kg \text{ cm}$ )

$c$  = Distancia del eje neutro a la superficie más alejada. ( $cm$ )

$I$  = Momento rectangular de inercia de la sección transversal. ( $cm^4$ )

### **c.5.4. Esfuerzo cortante máximo.**

El esfuerzo cortante máximo se presenta en el eje neutro, y para una sección circular tenemos la siguiente ecuación.

---

<sup>6</sup> (HALL, y otros, 1995)

$$S_v(max) = \frac{4V}{3A} \quad [kg/cm^2] \quad (5)$$

Dónde:

$S_v(max)$  = Esfuerzo cortante máximo para una sección transversal circular. ( $kg/cm^2$ )

$V$  = Carga cortante transversal sobre la sección. ( $kg$ )

$A$  = Área de la sección trasversal. ( $cm^2$ )

### **c.6.Fundamentación introductoria para el diseño general.**

Se detallara los conceptos y ecuaciones científicas necesarias para el diseño global de la máquina troqueladora.

#### **c.6.1. Perímetro de una circunferencia.**

La longitud de una circunferencia es igual a  $\pi$  por el diámetro, y se representa en la siguiente fórmula matemática.

$$L = \pi \times D \quad [cm] \quad (6)$$

Dónde:

$L$  = Longitud del material a doblar. ( $mm$ )

$D$  = Diámetro de la circunferencia. ( $mm$ )

#### **c.6.2. Área plana.**

El área plana de un cuerpo geométrico circunferencial es la relación directa entre la constante  $\pi$  y el cuadrado del diámetro de la circunferencia dividido para cuatro, esto se presenta en la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad [cm^2] \quad (7)$$

Dónde:

$A = \text{Área plana. (cm}^2\text{)}$

$D = \text{Diámetro de la circunferencia. (cm)}$

### **c.6.3. Volumen de sólidos geométricos.**

Es el espacio ocupado por un cuerpo o sustancia en un determinado punto; los cuerpos sólidos geométricos son muchos y a continuación presentamos las ecuaciones de los cuerpos geométricos más utilizados en el presente trabajo:

#### **c.6.3.1. Volumen de un cilindro.**

El volumen de un cilindro está dado por la siguiente ecuación:

$$V_c = A * L \quad [\text{cm}^3] \quad (8)$$

Dónde:

$V_c = \text{Volumen de un cilindro. (cm}^3\text{)}$

$A = \text{Área plana. (cm}^2\text{)}$

$L = \text{Longitud de carrera. (cm)}$

#### **c.6.3.2. Volumen de un prisma recto.**

El volumen de un prisma recto está dado por la siguiente ecuación:

$$V_p = a_1 * a_2 * h \quad [\text{cm}^3] \quad (9)$$

Dónde:

$V_p = \text{Volumen de un prisma. (cm}^3\text{)}$

$a_1 = \text{Lado mayor. (cm)}$

$a_2 = \text{Lado menor. (cm)}$

$h = \text{Altura. (cm)}$

#### **c.6.4. Generalidades sobre sistemas hidráulicos.**

El funcionamiento de los sistemas hidráulicos se basa en la relación existente entre área, fuerza y presión. A lo largo del tiempo se han establecido un conjunto de leyes que explican el comportamiento de los sistemas hidráulicos. Los sistemas hidráulicos se sirven de las propiedades de los fluidos para distribuir la fuerza ejercida y aplicarla en lugares específicos. “Los sistemas hidráulicos trabajan a las siguientes presiones”<sup>7</sup>.

- ✓ Pequeña presión nominal: de 0 a 50 Bar
- ✓ Media presión: de 50 a 105 Bar
- ✓ Alta presión: de 150 a 250 Bar

#### **c.6.5. Propiedades de los fluidos.**

Las propiedades de los fluidos son: fluidez, viscosidad, compresibilidad y régimen de flujo.

##### **c.6.5.1. Fluidez.**

Se define como fluidez, la mayor o menor facilidad que encuentra un fluido a fluir.

##### **c.6.5.2. Viscosidad.**

La viscosidad viene dada por la mayor o menor resistencia de las moléculas de los fluidos a desplazarse unas sobre otras.

##### **c.6.5.3. Compresibilidad.**

Un fluido sometido a presión se comprime. Sin embargo esta compresibilidad es muy reducida en los líquidos, no así en los gases. En algunos casos se toma el fluido como si no fuera compresible, en otros casos en que la presión es importante debe tenerse en cuenta este concepto.

##### **c.6.5.4. Régimen de flujo.**

---

<sup>7</sup> (ROLDAN, 1995)

El flujo puede circular por un conducto en régimen laminar o turbulento. Este concepto resulta muy importante a la hora de determinar las pérdidas de carga que se originan en un fluido que circula por un conducto.

#### c.6.6. Régimen laminar.

El movimiento de las líneas de corriente del fluido en este régimen es ordenado, estratificado ver fig. 5; el fluido ahora se mueve como clasificado en capas que no se mezclan entre sí, está tanto en corriente permanente y variable; uniforme y no uniforme. En el régimen laminar la velocidad del fluido en las cercanías de las paredes del conducto es cero y es máxima en el núcleo del fluido, dependiendo del tipo de viscosidad del fluido, ya que en este régimen no existe mucha disipación de energía.

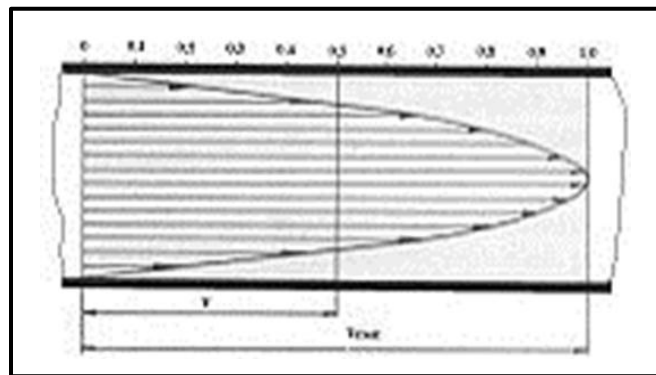
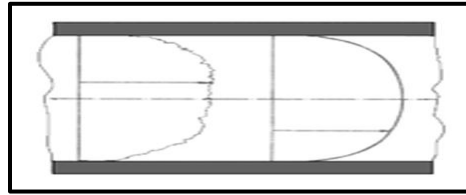


Fig. 5 Distribución de las velocidades en régimen laminar.

#### c.6.7. Régimen turbulento.

“En mecánica de fluidos, se llama flujo turbulento o corriente turbulenta al movimiento de un fluido que se da en forma caótica, en que las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos, como por ejemplo el agua en un canal de gran pendiente. Debido a esto, la trayectoria de una partícula se puede predecir hasta una cierta escala, a partir de la cual la trayectoria de la misma es impredecible, más precisamente caótica”<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> (MOTT, 1996)



**Fig. 6** Distribución de las velocidades en régimen turbulento.

### **c.6.8. Número de Reynolds.**

“El número de Reynolds relaciona la densidad, viscosidad, velocidad y dimensión típica de un flujo en una expresión adimensional, que interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos. Dicho número o combinación adimensional aparece en muchos casos relacionado con el hecho de que el flujo pueda considerarse laminar (número de Reynolds pequeño) o turbulento (número de Reynolds grande). Desde un punto de vista matemático el número de Reynolds de un problema o situación concreta se define por medio de la siguiente fórmula”<sup>9</sup>:

$$R_e = \frac{D \cdot Vel}{\nu} \quad (10)$$

Dónde:

$R_e$  = Números de Reynolds.

$D$  = Diámetro de la tubería. (cm)

$Vel$  = Velocidad del fluido. (cm/s)

$\nu$  = Viscosidad del fluido. (cm<sup>2</sup>/s)

### **c.6.9. Definición de régimen con el número de Reynolds.**

Luego de los continuos experimentos el físico inglés Reynolds observó lo siguiente:

- ✓ Cuando el número de Reynolds  $R > 2300$  la corriente necesariamente es turbulenta, lo que sería el número crítico de Reynolds; pero con la eliminación de

---

<sup>9</sup> (MOTT, 1996)

transmisibilidad de vibraciones se puede obtener regímenes laminares para números de Reynolds elevados; por lo tanto se comprobó que este número crítico es intermediado.

- ✓ Cuando el número de Reynolds  $R < 2300$  la corriente es necesariamente laminar, lo que sería el número crítico de Reynolds.

### **c.6.10. Caídas de presión.**

“Es la caída de presión ocasionada por la pérdida de energía”<sup>10</sup>.

#### **c.6.10.1. Pérdidas primarias.**

Se generan en la superficie de contacto del fluido con la tubería, también por el rozamiento de unas capas de fluido con otras (régimen laminar), o de las partículas del fluido entre sí (régimen turbulento); tienen lugar en un flujo uniforme por tanto principalmente en los tramos de tubería de sección constante, la fórmula fundamental para encontrar las pérdidas es la ecuación de **DARCY-WEISBACH**:

$$H_{rp}(\Delta P) = \lambda * \frac{L * Vel^2}{D * 2g} \quad [cmH_2O] \quad (11)$$

Dónde:

$H_{rp}(\Delta P)$  = Pérdidas primarias.

$\lambda$  = Coeficiente de rozamiento.

$L$  = Longitud de la tubería. ( $cm$ )

$D$  = Diámetro de la tubería. ( $cm$ )

$Vel$  = Velocidad del fluido. ( $cm/s$ )

$g$  = Gravedad. ( $cm/s^2$ )

---

<sup>10</sup> (MOTT, 1996)



### **c.6.10.2. Coeficiente de rozamiento o pérdida de carga.**

El coeficiente de rozamiento ( $\lambda$ ) es un parámetro adimensional y va en función de la velocidad, del diámetro de la tubería, de la densidad, de la viscosidad cinemática y la rugosidad, se puede afirmar que este coeficiente en casos generales depende del número de Reynolds y la rugosidad relativa; el cálculo del coeficiente de pérdida de carga se lo puede realizar por los siguientes métodos:

- ✓ Ecuación de POISEUILLE, como en el régimen laminar el coeficiente ( $\lambda$ ) no está en función de la rugosidad por lo tanto la siguiente fórmula es solamente para casos cuando se trata de un régimen laminar:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (12)$$

- ✓ Para régimen turbulento existe la fórmula para tuberías lisas que según BLASIUS es:

$$\lambda = \frac{0.316}{\sqrt[4]{Re}} \quad (13)$$

- ✓ Y por último tenemos el diagrama de Moody que sirve para cualquier régimen de hilos de corriente del fluido y va en base de la velocidad del fluido y la rugosidad relativa de la tubería ver fig. 44.

### **c.6.10.3. Pérdidas secundarias.**

Son las pérdidas presentes en los accesorios de las tuberías, en algunos casos las pérdidas secundarias se pueden despreciar o bien se pueden tomar en cuenta para la pérdida total entre un 5 al 10 por ciento del 100 por ciento de las pérdidas principales.

### **c.6.10.4. Definición de caudal.**

Es el volumen de fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente y su ecuación es:

$$Q = A * Vel_c \quad \left[ \frac{cm}{s} \right] \quad (14)$$

Dónde:

$Q$  = Caudal.

$A$  = Área transversal de la tubería. ( $cm^2$ )

$Vel_c$  = Velocidad del hilo de corriente del fluido. ( $cm/s$ )

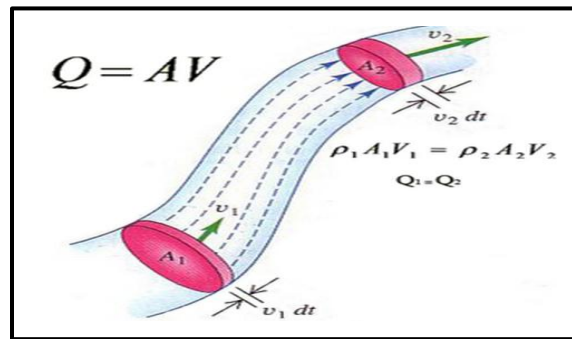


Fig. 7 Continuidad de un fluido.

### c.7. Sistema hidráulico.

“La presión aplicada en un punto de un líquido contenido en un recipiente se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo. Este enunciado, obtenido a partir de observaciones y experimentos por el físico y matemático francés Blas Pascal (1623–1662), se conoce como principio de Pascal”. Esto se muestra en la fig. 8.

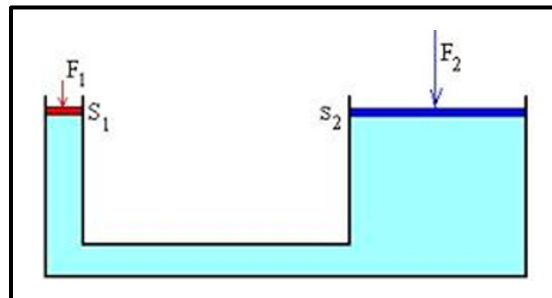


Fig. 8 Principio de Pascal.

El principio de pascal matemáticamente es:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

### c.7.1. Cilindros hidráulicos.

Los cilindros hidráulicos son sin duda alguna la forma más corriente de accionador lineal hidráulico. Recibe la energía hidráulica producida por el conjunto motor-bomba (o manualmente) y la transforma en movimientos o esfuerzos lineales, con un rendimiento generalmente superior al de los dispositivos neumáticos y eléctricos.

#### c.7.1.1. Cilindro de doble efecto.

Los cilindros de doble efecto son los más corrientes en aplicaciones generales. En cada extremo hay lumbreras para el fluido que funcionan alternativamente como de admisión y de escape y están comandadas por un selector tal como se muestra en la fig. 9.

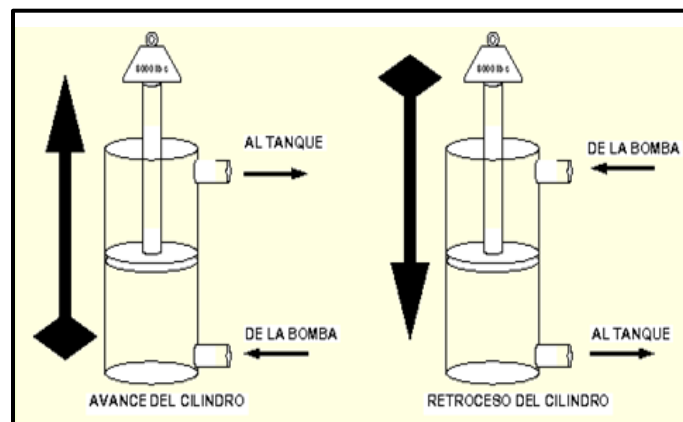


Fig. 9 Cilindros hidráulicos de doble efecto.

### c.7.2. Características técnicas de los cilindros hidráulicos.

A continuación haremos mención de las características más importantes para su diseño.

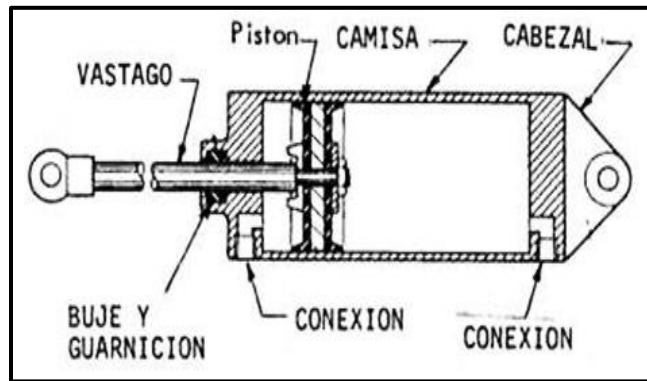


Fig. 10 Características del Cilindro hidráulico.

### c.7.2.1. Presión.

“La presión es la magnitud que relaciona la fuerza con la superficie sobre la que actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie. Cuando sobre una superficie plana de área se aplica una fuerza normal de manera uniforme”<sup>11</sup>. Su formulación científica es:

$$P = \frac{F}{A} \quad \left[ \frac{kgf}{cm^2} \right] \quad (15)$$

Dónde:

$P$  = Presión. ( $kgf/cm^2$ )

$F$  = Fuerza del líquido. ( $kgf$ )

$A$  = Área transversal donde actúa la fuerza. ( $cm^2$ )

### c.7.2.2. Velocidad de una partícula.

La velocidad de un fluido es la distancia del hilo o de tubo de corriente que recorrerá en un tiempo determinado.

$$Vel_p = \frac{L}{t} \quad \left[ \frac{cm}{s} \right] \quad (16)$$

<sup>11</sup> (TIPPENS, 1992)

Dónde:

$Vel_p$  = Velocidad de una partícula. (cm/s)

$L$  = Longitud o distancia recorrida. (cm)

$t$  = Tiempo de recorrido. (s)

### c.7.3. Depósito de aceite.

La principal función del depósito o tanque hidráulico es almacenar aceite, aunque no es la única. El tanque también debe eliminar el calor y separar el aire del aceite. Los tanques deben tener resistencia y capacidad adecuadas, y no deben dejar entrar la suciedad externa. Los tanques hidráulicos generalmente son herméticos y para la mayoría de aplicaciones hidráulicas son de forma rectangular.

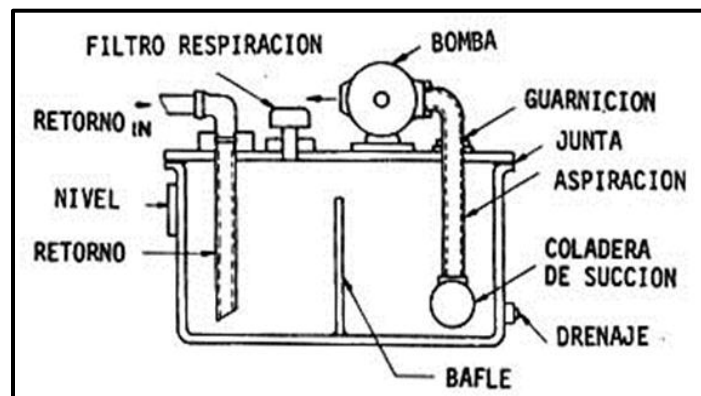


Fig. 11 Depósito de aceite.

#### c.7.3.1. Elementos de un depósito de aceite.

Los elementos que conforman un depósito de aceite son los siguientes:

- ✓ Línea de retorno y admisión: van en la parte superior del depósito, la tubería de admisión va lo más bajo posible evitando los torbellinos (aire con aceite) y la no entrada de aire en el sistema, la tubería de retorno va muy por debajo del nivel del fluido, su extremo se lo dobla 45° apuntando a la pared.

- ✓ Tubo de ventilación: está en la parte superior y debe ser del tamaño suficiente para mantener la presión atmosférica dentro del depósito (con elemento filtrante).
- ✓ Abertura o tubo de llenado.
- ✓ Tapón de vaciado: es necesario para la limpieza del depósito va ubicado en el fondo del mismo y también para el cambio de aceite.
- ✓ Tabique o baffle: un tabique entre las líneas de retorno y aspiración restringe la agitación, he impide que el líquido que entra ensucie el filtro de aspiración y se retienen los residuos sólidos arrastrados por el fluido de retorno, ayudando a expulsar el aire disuelto en el fluido o las burbujas generadas por el ciclo de trabajo. Los depósitos sencillos se proyectan con un solo tabique longitudinal que alcanza unos tres cuartos de la altura del depósito.
- ✓ Indicador de nivel: puede ser una ventana o tubo lateral la cual es apropiada para la mayoría de depósitos.
- ✓ Placa de montaje: esta es la placa donde van montadas todas las tuberías mencionadas, sirve también como acceso de limpieza para el depósito.

### c.7.3.2.Volumen de aceite del depósito.

“El depósito deberá dimensionarse generosamente, no solamente para admitir los desequilibrios volumétricos del sistema, sino también a fin de facilitar una superficie máxima para la disipación de calor y refrigeración del fluido. Se establece como norma general que el deposito tendrá un volumen de tres veces el caudal suministrado por la bomba en un minuto”<sup>12</sup>



**Fig. 12** Depósitos hidráulicos.

<sup>12</sup> (ROLDAN, 1995)

$$V_{dep} = 3 * Q * 1min \quad \left[ \frac{cm^3}{s} \right] \quad (17)$$

Dónde:

$V_{dep}$  = Volumen del depósito de aceite. ( $cm^3/s$ )

$Q$  = Caudal de la bomba por minuto. ( $cm^3/s$ )

### **c.7.3.3. Factores para la construcción.**

La mayor parte de depósitos de tipo industrial son de acero dulce con uniones soldadas; con frecuencia, el espesor del material se selecciona de una forma arbitraria, pero como restricción no debe ser menor a 3mm. Para eliminar la corrosión superficial y la cascarilla, se somete el depósito a chorro de arena; y este deberá llevar un indicador de nivel formado por una varilla de inmersión con niveles máximo y mínimo.

### **c.7.4. Potencia del grupo moto bomba.**

En muchos de los casos la potencia de la bomba deberá ser capaz de soportar cargas transitorias para ella tiene mucho que ver el buen dimensionamiento de la potencia del motor eléctrico. La potencia suministrada para el sistema dado por el grupo moto bomba se la obtiene con la siguiente formulación matemática:

$$P_{motor} = \frac{P * Q}{\eta} \quad [Watts] \quad (18)$$

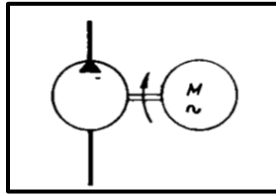
Dónde:

$P_{motor}$  = Potencia del grupo moto-bomba. (*watts*)

$P$  = Presión. ( $N/m^2$ )

$Q$  = Caudal del sistema. ( $m^3/seg$ )

$\eta$  = Rendimiento del conjunto moto-bomba.



**Fig. 13** Grupo moto bomba.

### **c.7.5. Bomba hidráulica.**

“Una bomba hidráulica es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada, en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve”<sup>13</sup>. Existen tres tipos de bombas hidráulicas que son:

- ✓ Bomba de engranajes
- ✓ Bomba de paletas
- ✓ Bomba de pistones

#### **c.7.5.1. Bomba hidráulica de engranajes externos.**

Este tipo de bomba se basa en el principio del desplazamiento positivo, acompañadas de un movimiento rotativo, montados en distintos ejes y alojados en un cárter bien ajustados. Sus lumbreras están en sus costados (ver fig. 14). La elección de una bomba puede ser arbitraria o calculada; en todo caso los factores que determinan la elección pueden ser puramente técnicos. Los principales factores de selección son:

- ✓ Presión de trabajo
- ✓ Capacidad (caudal y potencia)
- ✓ Rendimiento
- ✓ Peso
- ✓ Velocidad

---

<sup>13</sup> ([http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba\\_hidr%C3%A1ulica](http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_hidr%C3%A1ulica))



- ✓ Fluido
- ✓ Ruido
- ✓ Precio
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Repuestos y servicio

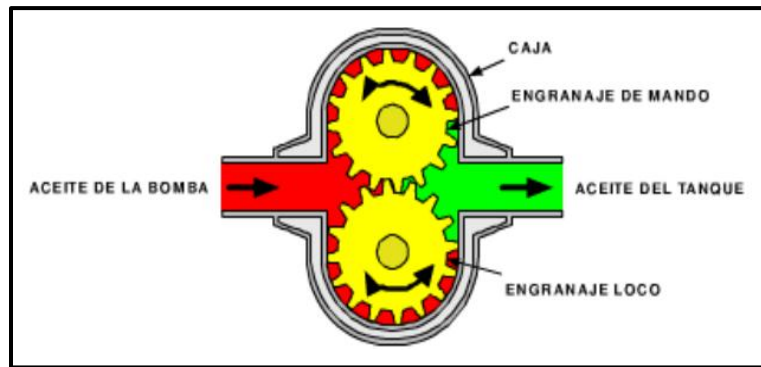


Fig. 14 Bomba hidráulica de engranajes externos.

### c.7.6. Válvulas hidráulicas.

El control de una instalación hidráulica se la realiza mediante válvulas, tienen la misión de regular el caudal, distribuir el aceite o cerrar cierta parte del circuito, regular la potencia que deba transmitir la instalación procurando que sus pérdidas sean mínimas.

#### c.7.6.1. Válvula de seguridad o de alivio.

Tienen la misión de limitar la presión en el sistema hidráulico, permanece abiertas durante el ciclo de trabajo del sistema, manteniendo la presión constante en el sistema y evacuando el exceso de aceite al depósito, el valor que se debe ajustar para la presión de trabajo de la válvula debe ser de un 10% de la presión de trabajo del sistema, esta válvula va conectada en serie. La presión de taraje se la obtiene con la ecuación siguiente:

$$P_{ta} = P_t \cdot 1.10 \quad [Bar] \quad (19)$$

Dónde:

$P_{ta}$  = Presión de taraje. (*Bar*)

$P_t$  = Presión de trabajo del sistema. (*Bar*)

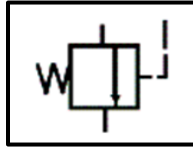


Fig. 15 Válvula de alivio.

### c.7.6.2. Válvulas de control direccional o distribuidoras.

Esta válvula se convierte en un aparato que dirige el flujo del aceite seleccionando los conductos por los que debe circular y los órganos que deben circular y deben alimentar. Los distribuidores pueden presentarse de dos o tres estados estables en los que realizan ciertas conexiones entre los conductos a ellos conectados, el cierre de los distintos orificios que interconectan las conducciones pueden realizarse por asiento cónico o por pistón deslizante en sentido perpendicular al derrame del fluido.

Las características de las válvulas direccionales son:

- ✓ Tipo de elemento interno del distribuidor, giratorio, asiento o carrete.
- ✓ Accionamiento del distribuidor, leva, manual, mecánico, eléctrico, hidráulico neumático y electrohidráulico.
- ✓ Número de vías y posiciones.
- ✓ Tamaño de las roscas de las conexiones de la tubería al distribuidor.
- ✓ Conexiones, tubería roscada, rosca a derecha, brida y montaje reforzado.
- ✓ Caída de presión a diferentes caudales.
- ✓ Montajes modulares.

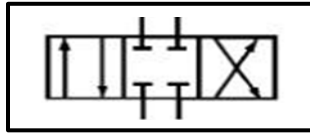


Fig. 16 Válvula de Control.

### c.7.6.3. Válvula anti retorno.

Estas válvulas, son conocidas como válvulas de retención, se intercalan en los circuitos o se integran en los cuerpos de otras válvulas para lograr que el caudal fluya en un solo sentido. Las más sencillas son de bolas taradas por muelle. Pero para altas presiones se debe prever de una junta resiliente en el asiento; la presión del muelle es tal que se crea una contra presión de unos 5 PSI con la válvula abierta. (Ver fig. 17)

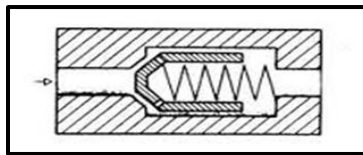


Fig. 17 Válvula Anti-retorno.

### c.7.7. Conducciones hidráulicas.

Las tuberías que sirven para conectar los componentes de un circuito hidráulico y para transportar así el fluido, son las que forman las conducciones o líneas hidráulicas. Estas pueden ser de tubería de acero y manguera flexible; para dar lugar a líneas hidráulicas rígidas y flexibles. Las líneas rígidas son utilizadas para sistemas de alta presión porque se trata de un diámetro pequeño con estirados de precisión y las líneas flexibles que consisten en la utilización de mangueras flexibles y tubos en espiral.

#### c.7.7.1. Parámetros para la elección de conducciones hidráulicas.

Los principales parámetros para la elección de una línea hidráulica son:

- ✓ Presión de trabajo
- ✓ Caudal del sistema

- ✓ Velocidad de flujo
- ✓ Caída de presión admisible
- ✓ Compatibilidad

### c.7.7.2. Conducciones flexibles.

Las conducciones flexibles, se emplean en circuitos cuando sus conexiones son móviles, o para facilidad de conexión y desconexión. También son útiles para amortiguar vibraciones y choques, para absorber ruidos y para infinidad de aplicaciones en las que unas conexiones rígidas presentarían problemas de instalación o funcionamiento.



Fig. 18 Conducción flexible. (Manguera)

El tipo de tubería más utilizado para conducciones hidráulicas es la manguera flexible la cual está fabricada de capas de goma y en algunas con trenzado de alambre para mayor presión, la parte interior debe ser compatible con el aceite o fluido a utilizar, esta se debe utilizar en tramos cortos, en la fig. 19 se muestra la correcta instalación de líneas hidráulicas flexibles.

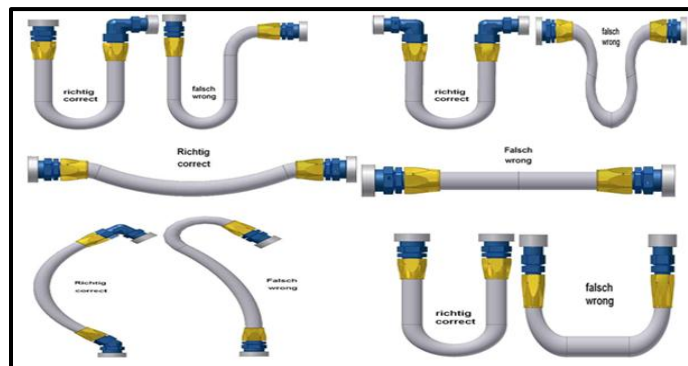


Fig. 19 Instalación de tubería flexible.

### **c.7.8. Aceites hidráulicos.**

Son aceites minerales refinados, su misión es la de proteger un sistema contra la oxidación y la corrosión, no hacer espuma, separar el agua del aceite y conservar su viscosidad dentro de un margen de temperaturas.

La elección de un aceite hidráulico se hace en función de:

- ✓ Tipo de circuito
- ✓ Temperatura ambiente
- ✓ Presión de trabajo
- ✓ Temperatura de trabajo
- ✓ Tipo de bomba

Los aceites hidráulicos tienen un valor aproximado de viscosidad con los aceites monogrados (SAE) 10W los cuales tienen las siguientes características.

- ✓ Viscosidad cinemática:  $0.353 \text{ cm}^3/\text{s}$
- ✓ Peso específico:  $(0.88 - 0.93) \text{ grf}/\text{cm}^2$

### **c.7.9. Accesorios hidráulicos.**

Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a las conducciones mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías de un sistema hidráulico. Comprenderemos a los accesorios como una parte fundamental del sistema hidráulico ya que estos tienen una incidencia muy directa en su funcionamiento en tiempo real, una mala elección o prescindir de ellos sería un error que llevaría al deterioro prematuro del sistema.

#### **c.7.9.1. Racores.**

Las tuberías hidráulicas no pueden acoplarse directamente a los equipos hidráulicos entonces, los racores facilitan su unión, existen racores para tubería flexible hembra giratorio (prensador) que tiene reten cónico para un cierre perfecto y racores machos; se utilizan también racores o acoples roscado para tubos, con rosca métrica cónica, normal NPT, o gas cónica (BSP), en la fig. 20 se muestra algunos tipos de racores.



Fig. 20 Tipos de racores.

### c.7.9.2.Manómetro.

El instrumento más adecuado para medir la presión es el manómetro de tubo de Bourdon; el que consiste en un tubo elástico que genera la medida de la presión en la fig. 21 está el esquema de constitución del manómetro mencionado, marca la presión en las unidades más conocidas (BAR y PSI). Estos manómetros van sellados con glicerina, con el fin de protegerlos y amortiguar las vibraciones de las agujas, en el lugar de su instalación se restringe el paso del aceite, bien con un restrictor, tubo espiral, etc.

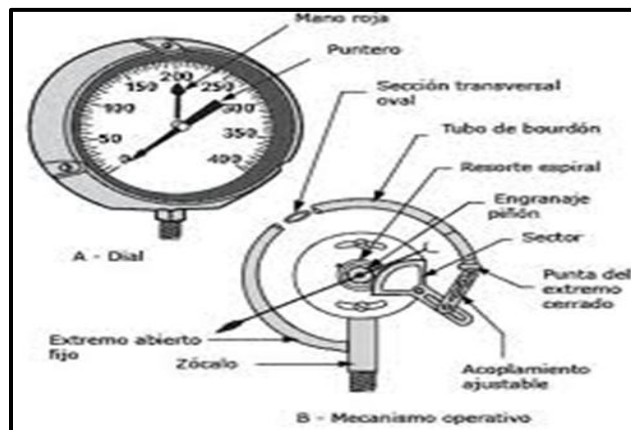


Fig. 21 Manómetro.

### c.7.9.3.Filtro.

La filtración en todo sistema hidráulico cerrado sirve para eliminar agentes contaminantes impidiendo su circulación continua en el fluido; dando lugar a una erosión y desgaste rápido en los componentes, las partículas nocivas dentro del fluido son consideradas como esferas, cuyo diámetro se mide en micras ( $\mu$ ) convirtiéndose en la unidad patrón o la capacidad filtrante, en la figura 22 se muestra la representación esquemática de un filtro hidráulico. “Se calcula un filtro para la salida del depósito y otro para la llegada al mismo, por lo general son válidos”<sup>14</sup>:

Salida del depósito (aspiración): 160  $\mu$  (micras)

Entrada al depósito (retorno): de 1500 0 2000  $\mu$

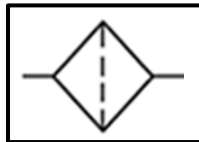


Fig. 22 Filtro Hidráulico.

### c.8.Sistema de transmisión.

Se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina, muchas veces clasificados como uno de los dos subgrupos fundamentales de estos elementos de transmisión y elementos de sujeción. En la gran mayoría de los casos, estas transmisiones se realizan a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa mucho menos espacio que aquella por traslación.

Una transmisión mecánica es una forma de intercambiar energía mecánica distinta a las transmisiones neumáticas o hidráulicas, ya que para ejercer su función emplea el movimiento de cuerpos sólidos, como lo son los engranajes y las correas de transmisión.

---

<sup>14</sup> (ROLDAN, 1995)

### c.8.1. Tipos de transmisión mecánica.

Entre las formas más habituales de transmisión son:

- ✓ Con correa o bandas, como una correa de distribución.
- ✓ Con cadena.
- ✓ Con balancines.
- ✓ Con cascada de engranajes.
- ✓ Con cardan.

### c.8.2. Transmisión por bandas.

“El sistema de poleas con correa más simple consiste en dos poleas situadas a cierta distancia, que giran a la vez por efecto del rozamiento de una correa con ambas poleas. Las correas suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes. Es este un sistema de transmisión circular puesto que ambas poleas poseen movimiento circular”<sup>15</sup>. Cuando se utiliza para reducir la velocidad, el caso es más común, la polea acanalada más pequeña se monta en la flecha de alta velocidad, como la flecha de un motor eléctrico. La polea de mayor tamaño se monta en la máquina que es impulsada. La banda se diseña de manera que gire alrededor de las dos poleas sin deslizarse.

La relación de transmisión se calcula con la siguiente fórmula:

$$i = \frac{\eta_0}{\eta_f} = \frac{d_2}{d_1(1-s)} \quad (20)$$

Dónde:

$i$  = Relación de transmisión.

$\eta_0$  = Revoluciones en la polea conductora. (*rpm*)

$\eta_f$  = Revoluciones en la polea conducida. (*rpm*)

$d_1$  = Diámetro de la polea conductora. (*mm*)

---

<sup>15</sup> (GONZÁLEZ, 1999)



$d_2$  = Diámetro de la polea conducida. ( $mm$ )

$s$  = Coeficiente de deslizamiento.

#### **c.8.2.1. Distancia entre centros.**

$$a_{\min} = (0.7 \dots \dots 0.8) (d_1 + d_2) \quad [mm] \quad (21)$$

$$a_{\max} = 2 (d_1 + d_2) \quad [mm] \quad (22)$$

$$a_{\text{med}} = \frac{a_{\min} + a_{\max}}{2} \quad [mm] \quad (23)$$

Dónde:

$a_{\min}$  = Distancia entre centros mínima. ( $mm$ )

$a_{\max}$  = Distancia entre centros máxima. ( $mm$ )

$a_{\text{med}}$  = Distancia entre centros media. ( $mm$ )

$d_1$  = Diámetro de la polea conductora. ( $mm$ )

$d_2$  = Diámetro de la polea conducida. ( $mm$ )

Todas las correas de la transmisión deben estar sometidas a la misma tensión para que la carga se reparta entre ellas por igual. Cuando una de las correas se rompe, usualmente es necesario sustituir todo el grupo.

#### **c.8.2.2. Largo de la banda.**

$$L_p = 2a_{\text{med}} + 1.57 (d_1 + d_2) + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4a_{\text{med}}} \quad [mm] \quad (24)$$

Dónde:

$L_p$  = Largo de la banda. ( $mm$ )

$a_{\text{med}}$  = Distancia entre centros media. ( $mm$ )

$d_1$  = Diámetro de la polea conductora. (*mm*)

$d_2$  = Diámetro de la polea conducida. (*mm*)

La transmisión puede tener cualquier ángulo de inclinación y con el lado tenso por arriba o por debajo. Como estas correas pueden trabajar sobre poleas muy pequeñas, son posibles grandes reducciones de velocidad de una transmisión única.

El ángulo interior de la correa está comprendido usualmente entre 34 y 38°.

### **c.8.2.3. Ángulo de abrasamiento de la polea menor.**

Para una transmisión abierta con dos poleas la expresión es:

$$\alpha = 180 - 57 \left( \frac{d_2 - d_1}{a_{med}} \right) \quad [grados] \quad (25)$$

Dónde:

$\alpha$  = Ángulo de abrasamiento. (*grados*)

$d_1$  = Diámetro de la polea conductora. (*mm*)

$d_2$  = Diámetro de la polea conducida. (*mm*)

$a_{med}$  = Distancia entre centros media. (*mm*)

### **c.8.2.4. Número de bandas.**

$$Z = \frac{N_e \times f_s}{(N_c + N_{ad}) C_\alpha \times C_L} \quad (26)$$

Dónde:

$Z$  = Número de bandas.

$N_e$  = Potencia del motor. (*watt*)

$f_s$  = Factor de servicio.

$N_c$  = Potencia unitaria. (*watt*)

$N_{ad}$  = Potencia adicional. (*watt*)

$C_\alpha$  = Factor por ángulo de contacto.

$C_L$  = Factor por corrección en longitud.

La correspondiente polea tiene tantas gargantas como correas ha de llevar.

### c.8.3. Poleas.

Una polea, también llamada garrucha, carrucha, trocla, trócola o carrillo, es una máquina simple que sirve para transmitir una fuerza. Se trata de una rueda, generalmente maciza y acanalada en su borde, que, con el concurso de una cuerda o cable que se hace pasar por el canal ("garganta"), se usa como elemento de transmisión para cambiar la dirección del movimiento en máquinas y mecanismos. Además, formando conjuntos aparejos o polipastos sirve para reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover un peso, variando su velocidad.

Las poleas son ruedas que tienen el perímetro exterior diseñado especialmente para facilitar el contacto con cuerdas o correas. En toda polea se distinguen tres partes: cuerpo, cubo y garganta.



Fig. 23 Partes de la polea.

El cuerpo es el elemento que une el cubo con la garganta. En algunos tipos de poleas está formado por radios o aspas para reducir peso y facilitar la ventilación de las máquinas en las que se instalan.

El cubo es la parte central que comprende el agujero, permite aumentar el grosor de la polea para aumentar su estabilidad sobre el eje. Suele incluir un chavetero que facilita la unión de la polea con el eje o árbol (para que ambos giren solidarios).

La garganta (o canal) es la parte que entra en contacto con la cuerda o la correa y está especialmente diseñada para conseguir el mayor agarre posible. La parte más profunda recibe el nombre de llanta. Puede adoptar distintas formas (plana, semicircular, triangular...) pero la más empleada hoy día es la trapezoidal.

Utilidad. Básicamente la polea se utiliza para dos fines: cambiar la dirección de una fuerza mediante cuerdas o transmitir un movimiento giratorio de un eje a otro mediante correas.

En el caso donde tenemos una polea con correa, sabemos que es de mucha utilidad para acoplar motores eléctricos a otras máquinas (compresores, taladros, ventiladores, generadores eléctricos, sierras...) pues permite trasladar un movimiento giratorio de un eje a otro. Con este tipo de poleas se construyen mecanismos como el multiplicador de velocidad, la caja de velocidad y el tren de poleas.

## **d. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **d.1. Materiales.**

Los materiales para el desarrollo del proceso investigativo, están detallados a continuación.

#### **Materiales de oficina.**

- ✓ Computadora
- ✓ Calculadora
- ✓ Impresora
- ✓ Hojas de papel bond
- ✓ Bolígrafos

#### **Material tecnológico.**

- ✓ Microsoft Word
- ✓ Microsoft Excel
- ✓ Power Point
- ✓ AutoCAD
- ✓ Mathcad
- ✓ Internet

#### **Otros materiales.**

- ✓ Cámara Fotográfica
- ✓ Cinta para mediciones de longitud
- ✓ Herramientas para trabajos de electricidad
- ✓ Manómetro

## d.2. Métodos.

- ✓ **Método analítico:** Con ayuda de este método se pudo investigar sistemas relacionados con el presente proyecto de tesis, analizando sus partes constitutivas y sus respectivas funciones para de esta forma tener conocimiento de cómo trabajan este tipo de máquinas del presente proyecto de tesis.
- ✓ **Método sintético:** Una vez analizado los diversos sistemas de la máquina se procedió a realizar una síntesis de toda la información antes mencionada, la misma que sirvió como fuente de consulta para la parte de diseño de la troqueladora.
- ✓ **Método experimental:** A través de este método se pudo concluir sobre cómo sería la dinámica funcional de nuestra máquina.
- ✓ **Método inductivo:** Por este método fue posible analizar el funcionamiento de cada uno de los componentes de la máquina troqueladora basado en sus principios funcionales básicos.
- ✓ **Método deductivo:** Se utilizó para el diseño de los diferentes componentes ya que se partió desde nociones generales del posible funcionamiento, hasta llegar a cada una de las partes que conformaran la máquina troqueladora.

El proceso metodológico del proyecto se desarrolló partiendo desde la interrogante de ¿cuáles son las unidades de análisis más importantes?, las mismas que las resumo a continuación.

- ✓ Diseño y construcción de máquinas troqueladoras existentes.
- ✓ Mecanismos para la fabricación de paneles metálicos existentes.
- ✓ Fuentes motrices de potencia utilizadas para la construcción de paneles metálicos.
- ✓ Seguridad en el proceso tecnológico.
- ✓ Características de trabajo de las máquinas troqueladoras.
- ✓ Características de producción de paneles metálicos.

- ✓ Seguridad industrial y normas básicas.
- ✓ Redes hidráulicas.
- ✓ Sistemas y procesos de automatización.
- ✓ Fuentes bibliográficas y de consulta sobre estudios similares o pertinentes al tema.

Luego se determinó cuáles son los problemas posibles de la investigación, los cuales se resumen en la siguiente lista.

- ✓ La falta de un diseño de una máquina troqueladora en nuestro medio.
- ✓ La escasa información técnica sobre el proceso de fabricación de paneles metálicos.
- ✓ La calidad del producto final.
- ✓ Optimizar el proceso requerido.

Conocidas las unidades de análisis y los posibles problemas, trabajo de manera sistemática con la siguiente metodología.

- ✓ Revisión general del diseño y construcción de máquinas troqueladoras existentes.
- ✓ Esquematación y caracterización de todos los componentes existentes de la máquina antes mencionada.
- ✓ Proceso de producción de los paneles metálicos.
- ✓ Análisis general de las fallas comunes existentes en la fabricación de paneles metálicos.
- ✓ Organización de la información adquirida.
- ✓ Deducción de cuál es el sistema adecuado para la fabricación de paneles metálicos.
- ✓ Selección general de los componentes que debe tener la máquina troqueladora.
- ✓ Caracterización general de la máquina.
- ✓ Diseño de la máquina troqueladora apropiado para la construcción de paneles metálicos.
- ✓ Dimensionamiento de los componentes y accesorios de la máquina diseñada para su correcto funcionamiento (sistema eléctrico, sistema mecánico, sistema hidráulico, etc.).

- ✓ Estudio de todos los posibles componentes de la máquina relacionado a las condiciones nominales de operación (análisis dinámico, resistencia de materiales, análisis termodinámico, estudios de fluidos etc.).
- ✓ Construcción de la máquina troqueladora.
- ✓ Constatar el correcto funcionamiento de la máquina.
- ✓ Cuantificar la calidad del producto final.
- ✓ Socialización de los resultados obtenidos.

El proceso metodológico detallado anteriormente está basado en los métodos científicos de orden teórico práctico, como la observación sistemática, medición, entrevista, deducción, análisis y síntesis entre otros, esto debido a los múltiples campos que implica el presente estudio.

Con toda la información sobre el tema de estudio fue procesada de la siguiente forma:

- ✓ Observaciones realizadas, luego de redactadas y organizadas fueron llevadas a documento digital, siendo analizadas y categorizadas para su uso en las diferentes etapas de diseño.
- ✓ Información de consultas, entrevistas, fueron recopiladas, organizadas, analizadas y resumidas, para su posterior digitalización y uso en las diferentes etapas de la investigación.



## e. RESULTADOS.

### e.1. Análisis de fuerza necesaria para la deformación.

#### e.1.1. Generalidades.

Las matrices o moldes que se va a utilizar para estampar las láminas de acero se los realizará en el torno con lo cual serán de forma redonda con bisel sencillo, la tolerancia para el mecanizado de las matrices es una tolerancia fina, ya que el diámetro mayor de las matrices es 150 mm, tenemos que va a ser igual a  $\pm 0,2$  mm, ver la tabla 2.

#### e.1.2. Sección del panel.

El estampado en la lámina de acero va a ser de forma redonda con las medidas que se muestran en la fig. 24. La lámina con la que se va a trabajar para la fabricación de los paneles metálicos tiene un espesor de 1/32 de pulgada que es igual a 0.8 milímetros, se procede a determinar la holgura y el radio de borde de la matriz.

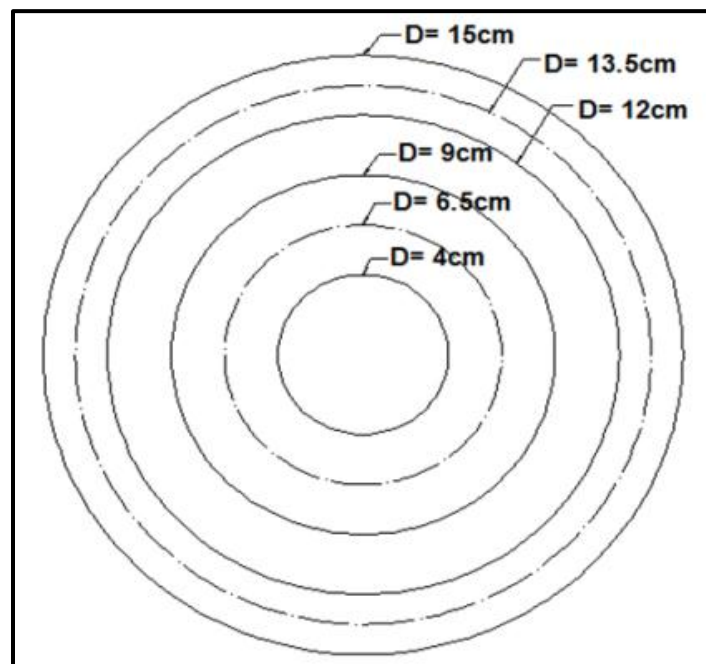


Fig. 24 Diámetros del panel metálico.

Para determinar la holgura de las matrices nos valemos del acápite 3.1.4. Tenemos:

$$\text{Holgura} = 0.8\text{mm} + (0.15 * 0.8\text{mm})$$

$$\text{Holgura} = 0.92\text{mm}$$

Para calcular el radio de borde de la matriz nos valemos de la tabla 1, y su valor es:

$$\text{Radio de borde de la matriz} = 4 * 0.8\text{mm}$$

$$\text{Radio de borde de la matriz} = 3.2\text{mm}$$

Una vez calculada la holgura y el radio de borde la matriz, elegimos el acero para la matriz, ya que la lámina de acero para la fabricación de los paneles metálicos es de acero A36, optamos para la matriz un tipo de acero más resistente para evitar que se desgaste rápidamente ver tabla 3, elegimos un acero A52.

Determinamos la longitud de troquelado para poder encontrar la fuerza de trabajo con la ecuación (6).

Longitud uno

$$L_1 = \pi * D$$

$$L_1 = \pi * 13.5\text{cm}$$

$$L_1 = 42.411\text{cm}$$

Longitud dos

$$L_2 = \pi * D$$

$$L_2 = \pi * 6.5\text{cm}$$

$$L_2 = 20.42\text{cm}$$

La longitud total será:

$$L_T = L_1 + L_2$$

$$L_T = 42.411\text{cm} + 20.42\text{cm}$$

$$L_T = 68.831cm$$

### **e.1.3. Resistencia de materiales.**

Se Procede a calcular la fuerza necesaria para el estampado para esto nos valemos de la ecuación (1). Según Dipac las planchas laminadas al frío se rigen con la norma ASTM A36 la cual nos dice que las láminas de acero tienen un 0.25 % de carbono ver tabla 15, nos valemos de la tabla 16 para elegir el coeficiente de rotura a la tracción.

$$F = \frac{L.e.Kd.2}{6}$$

$$F = \frac{628.31mm * 0.8mm * 2 * 40 \frac{Kgf}{mm} * 1.5}{6}$$

$$F = 10052.96kgf$$

Entonces la fuerza última para el estampado según la ecuación (2) será.

$$F_T = 1.2 * F$$

$$F_T = 1.2 * 10052.96Kgf$$

$$F_T = 12063.55kgf \approx 12000kgf$$

$$F_T = 12000kgf$$

## **e.2. Dimensionamiento general del equipo.**

### **e.2.1. Generalidades.**

La máquina que se va a construir es un prototipo por lo cual no será de grandes dimensiones, las vigas y columnas van a ser de perfiles U (UPN),

### **e.2.2. Dimensiones.**

Las dimensiones de la máquina troqueladora son las siguientes:

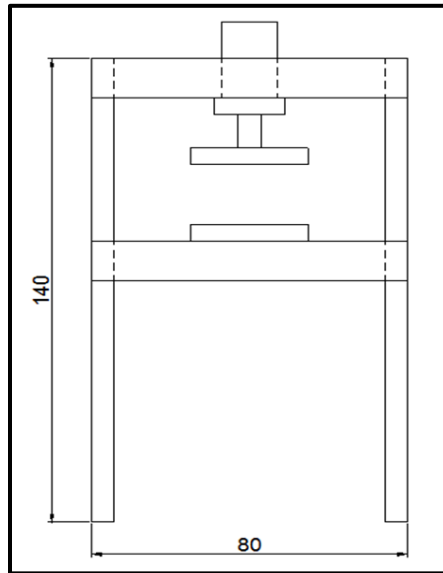


Fig. 25 Dimensiones de la máquina troqueladora.

### e.2.3. Resistencia de materiales.

Datos:

$$F = 12 \text{ Ton.} = 12000 \text{ kgf}$$

$F$  = Fuerza para la deformación de la lámina.

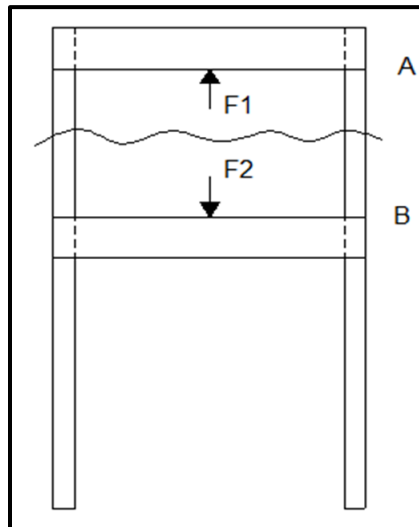


Fig. 26 Seccionamiento de las fuerzas aplicadas.

Para el diseño de la estructura de la troqueladora, se analizó las condiciones aparentes de funcionamiento.

Como se determinara las dimensiones de la estructura sabemos que los perfiles que sirven como base tanto como del actuador y del molde, están sometidos a flexión aislada procedemos a calcular.

Datos:

$$F_T = 12000 \text{ kgf}$$

$$F_1 = F_2 = 12000 \text{ kgf}$$

Tanto la  $F_1$  como  $F_2$  tienen el mismo valor ya que vamos a realizar el análisis para el mayor esfuerzo.

Se procedido a dividir o seccionar para realizar el análisis por separado.

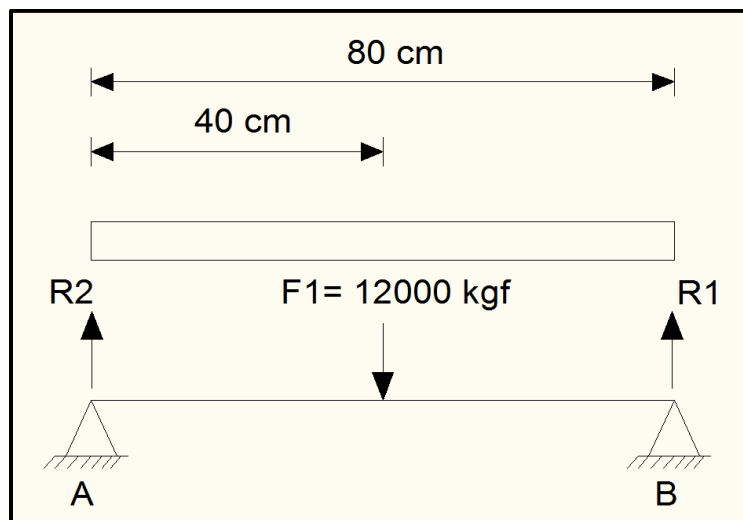


Fig. 27 Diagrama de cuerpo libre.

Análisis:

$$\Sigma f_x = 0$$

$$\Sigma f_y = 0$$

$$F_1 - R_2 - R_1 = 0$$

$$R_1 = F_1 - R_2 \quad (1)$$

$$\Sigma \text{mom } A = 0$$

$$F_1(40\text{cm}) - R_1(80\text{cm}) = 0$$

$$R_1 = \frac{F_1(40\text{cm})}{80\text{cm}} \quad (2)$$

Iguualamos (1) y (2)

$$\frac{F_1(40\text{cm})}{80\text{cm}} = F_1 - R_2$$

$$F_1(40\text{cm}) = F_1(80\text{cm}) - R_2(80\text{cm}) \quad (F_1 = 12000 \text{ Kg})$$

$$(12000 \text{ Kg}) 40\text{cm} = (12000 \text{ Kg}) 80\text{cm} - R_2(80\text{cm})$$

$$480000 \text{ Kgcm} = 960000 \text{ Kgcm} - R_2(80\text{cm})$$

$$R_2 = \frac{480000\text{Kgcm}}{80 \text{ cm}}$$

$$R_2 = 6000 \text{ Kg}$$

En (1)

$$R_1 = F_1 - R_2$$

$$R_1 = 12000 \text{ Kg} - 6000 \text{ Kg}$$

$$R_1 = 6000 \text{ Kg}$$

$$R_1 = R_2$$

A continuación se realizó un análisis de tensiones en la viga.

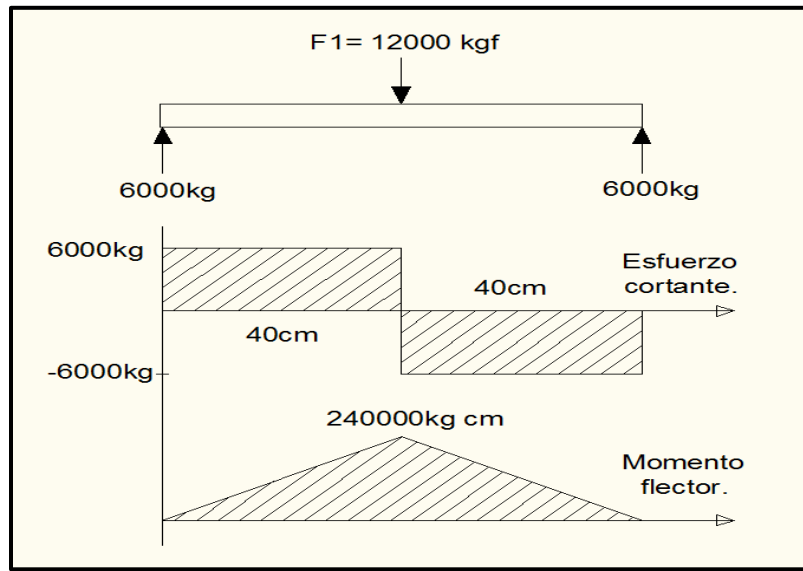


Fig. 28 Esfuerzo cortante y momento flector.

Primero se calcula el momento flector según la ecuación (3) tenemos.

$$M = F * d$$

$$M = 6000Kg (40cm)$$

$$M = 240000 Kg cm$$

#### e.2.4. Cálculo de las vigas y columnas de la máquina.

Utilizaremos un perfil U, UPN 120 x 55 (UPN 120)

Especificaciones técnicas de las UPN ver tabla 17 y según la tabla 3 tenemos.

$$I = 364 cm^4 \quad \text{Límite elástico del acero A36} = 2400 kgf/cm^2$$

$$c = 6 cm \quad \text{Límite de rotura del acero A36} = 4100 kgf/cm^2$$

Límite elástico = Esfuerzo permisible.

$$\sigma_{material} = 2400 kgf/cm^2 \Rightarrow \text{Material.}$$

Según la ecuación (4) se tiene:

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$\sigma = \frac{240000 \text{ Kg cm (6 cm)}}{364 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma = 3956.04 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma = \frac{3956.04 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{2}$$

$$\sigma = 1978.02 \text{ Kg/cm}^2$$

Realizamos una comparación entre el esfuerzo máximo producido por la carga y el límite elástico dado por el material.

$$\sigma \leq \sigma_{material}$$

$$1978.04 \text{ kg/cm}^2 \leq 2400 \text{ kg/cm}^2$$

- ✓ Podemos decir que el análisis es conservador, pues tenemos un factor de seguridad de 1.21 con respecto al límite elástico y un factor de seguridad de 2.073 con respecto al límite de rotura del material.

### e.2.5. Cálculo de pernos o pasadores de vigas.

El análisis y dimensionamiento de pernos se lo realiza en una sola articulación, ya que las características y las cargas son similares para los dos casos, a continuación procedemos a determinar.

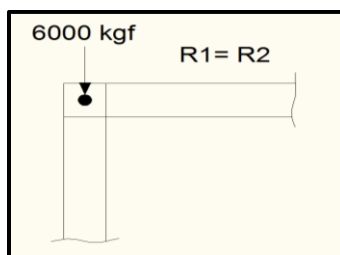


Fig. 29 Articulación en las vigas.



Datos:

$$R = 6000 \text{ Kg}$$

$$D \text{ del perno} = ?$$

El perno o pasador a utilizar estará sometido a un esfuerzo cortante transversal, para una sección circular trabajamos con la ecuación (5).

$$S_v(\text{max}) = \frac{4V}{3A}$$

$$V = 6000 \text{ Kg}$$

$$A = ?$$

$$S_v(\text{max}) = S_s \text{ Del material.}$$

$$S_s \geq \frac{4V}{3A}$$

Realizamos una desigualdad diciendo que el esfuerzo máximo cortante producido por la carga es igual o menor que el esfuerzo permisible del material entonces tenemos que el área sería la siguiente.

$$A \geq \frac{4V}{3S_s}$$

Se realizó el análisis para dos casos para un perno de acero de bajo carbono o acero al carbono grado SAE (2), y para un perno de acero al carbono, templado y revenido grado SAE (5) ver tabla 18.

### **Caso 1**

# De grado = 2

Carga de prueba = 33 Kpsi

$S_s =$  Carga de prueba.

$$S_s = 33000 \text{ Psi}$$

$$S_s = 2325.58 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A \geq \frac{4(6000 \text{ Kg})}{3(2325.58 \text{ Kg/cm}^2)}$$

$$A \geq \frac{24000 \text{ Kg}}{6976.74} \text{ cm}^2$$

$$A \geq 3.44 \text{ cm}^2$$

$$* A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = 2.09 \text{ cm} \Rightarrow 3/4 \text{ ''}$$

$D \Rightarrow \text{Ø Perno}$

## Caso 2

# De grado = 5

Carga de prueba = 74 Kpsi

$S_s = \text{Carga de prueba.}$

$$S_s = 74000 \text{ Psi}$$

$$S_s = 5214.94 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A \geq \frac{4(6000 \text{ Kg})}{3(5214.94 \text{ Kg/cm}^2)}$$

$$A \geq \frac{24000 \text{ Kg}}{15644.82} \text{ cm}^2$$

$$A \geq 1.534 \text{ cm}^2$$

$$* A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = 1.40 \text{ cm} \Rightarrow 5/8 \text{ ''}$$

**Tabla. 4:** Diámetro del perno para la articulación de las vigas.

# de grado del acero	Esfuerzo permisible (KPsi)	Diámetro del pasador (Pul)
SAE # 2	33	3/4
SAE # 5	74	5/8

### **e.3.Dimensionamiento del equipo hidráulico.**

#### **e.3.1. Generalidades.**

Para determinar el cilindro hidráulico nos basamos en el acápite 3.3.4. Que nos dice que las presiones varían entre 150 y 250 Bar en sistemas hidráulicos de alta presión.

#### **e.3.2. Selección de equipo.**

A continuación se va a detallar y calcular los datos necesarios para el sistema hidráulico, con los cuales vamos a poder seleccionar los distintos componentes de dicho sistema.

##### **e.3.2.1.Fuerza del Cilindro.**

Es La fuerza necesaria que debe ejercer el cilindro para poder realizar el estampado en la lámina de acero es:

$$F = 12000 \text{ Kg}$$

### e.3.2.2. Presión de Trabajo.

Es la presión a la cual va a trabajar el sistema hidráulico.

$$P = 150 \text{ Bar} = 2175.57 \text{ PSI}$$

$$P = 2175.57 \text{ lib/pul}^2 = 153.279 \text{ kg/cm}^2$$

### e.3.2.3. Área del Actuador (Pistón).

Determinamos el área del actuador de acuerdo a la fórmula (15).

$$P = \frac{F}{A}$$

$$A_p = \frac{F}{P} = \frac{12000 \text{ kg}}{153.279 \text{ kg/cm}^2} = 78.29 \text{ cm}^2$$

$$A_p = 78.29 \text{ cm}^2$$

### e.3.2.4. Diámetro del pistón.

Siendo el área donde se aplica la presión una circunferencia y según la ecuación (7) tenemos.

$$A = \frac{\pi * D_p^2}{4}$$

$$D_p = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 (78.29 \text{ cm}^2)}{\pi}}$$

$$D_p = 9.98 \text{ cm}$$

Vamos a trabajar con un cilindro hidráulico normalizado de 4 pulgadas con lo que tenemos:

$$A_p = 81.07 \text{ cm}^2$$

$$D_p = 10.16 \text{ cm}$$

### e.3.2.5. Velocidad de salida del Vástago.

En la fig. 29 se muestra la longitud de carrera del cilindro, y el tiempo que estimamos para realizar la carrera es de diez segundos. Según la ecuación (16) tenemos:

$$Vel_p = \frac{L}{t}$$

$$L = 15 \text{ cm}$$

$$t = 10 \text{ seg}$$

$$Vel_p = \frac{15 \text{ cm}}{10 \text{ seg}} = 1.5 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

$$Vel_p = 1.5 \frac{\text{cm}}{\text{seg}}$$

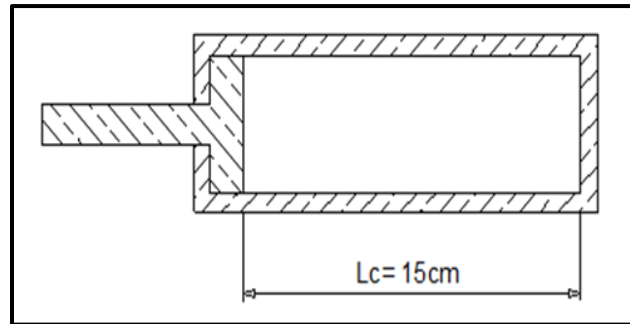


Fig. 30 Carrera del cilindro hidráulico.

### e.3.2.6. Caudal necesario para realizar una carrera.

Calculamos el caudal necesario en la carrera de avance del pistón con la ayuda de la ecuación (14).

$$Q = A_p * Vel_p$$

$$Q_n = 81.07 \text{ cm}^2 * 1.5 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} = 121.6 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}}$$

$$Q_n = 121.6 \frac{\text{cm}^3}{\text{seg}} \Rightarrow 0.1216 \frac{\text{lit}}{\text{seg}} \Rightarrow 7.29 \frac{\text{lit}}{\text{min}}$$

El caudal se lo multiplica por el rendimiento volumétrico para obtener el caudal real que vamos a tener en el sistema.

$$\eta_v = 0.95$$

$$Q_r = \frac{Q_n}{\eta_v}$$

$$Q_r = \frac{0.1216 \text{ lit}/\text{seg}}{0.95}$$

$$Q_r = 0.128 \frac{\text{lit}}{\text{seg}}$$

### **e.3.2.7. Volumen de una carrera.**

Calculamos la capacidad de aceite del cilindro para ello aplicamos la ecuación (8) y procedemos a determinar el volumen en sentido de avance.

$$V_c = A * L$$

$$V_c = 81.07 \text{ cm}^2 * 15 \text{ cm}$$

$$V_c = 1216.05 \text{ cm}^3 \Rightarrow 1.216 \text{ lit}$$

### **e.3.3. Diámetro interior de la tubería.**

Para poder determinar el diámetro interior de la tubería utilizamos el caudal necesario para realizar una carrera.

La velocidad del fluido está determinada según el ábaco cual nos da velocidades recomendadas en líneas de presión que oscilan entre 2.1 y 4.6  $m/\text{seg}$  ver fig. 41.

Para lo cual hemos adoptado una velocidad de  $Vel_f = 3 \text{ m}/\text{seg}$ . Según la ecuación (14) y despejando tenemos:

$$Q_r = Vel_f * A$$

$$A = \frac{Q_r}{Vel_f}$$

$$Vel_f = 3 \text{ m/seg} \Rightarrow 300 \text{ cm/seg}$$

$$A = \frac{128 \text{ cm}^3/\text{seg}}{300 \text{ cm/seg}}$$

$$A = 0.4266 \text{ cm}^2$$

Teniendo el área procedemos a determinar el diámetro interior de la tubería, con la ayuda de la ecuación (7) y despejando tenemos:

$$A = \frac{\pi * D_t}{4}$$

$$D_t = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

$$D_t = \sqrt{\frac{4 (0.4266 \text{ cm}^2)}{\pi}}$$

$$D_t = 0.73 \text{ cm} \Rightarrow 7.3 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

#### **e.3.4. Pérdidas de presión.**

Las pérdidas de presión en los sistemas hidráulicos no deben exceder del 5 al 10 % de su presión de trabajo o de lo contrario el sistema no se desempeñara con su máxima eficiencia.

De los acápites anteriores tenemos los siguientes datos:

Diámetro de la tubería= 0.8 cm

Viscosidad del aceite 10W= 0.353 cm<sup>3</sup>/seg

Velocidad del fluido= 300 cm/seg

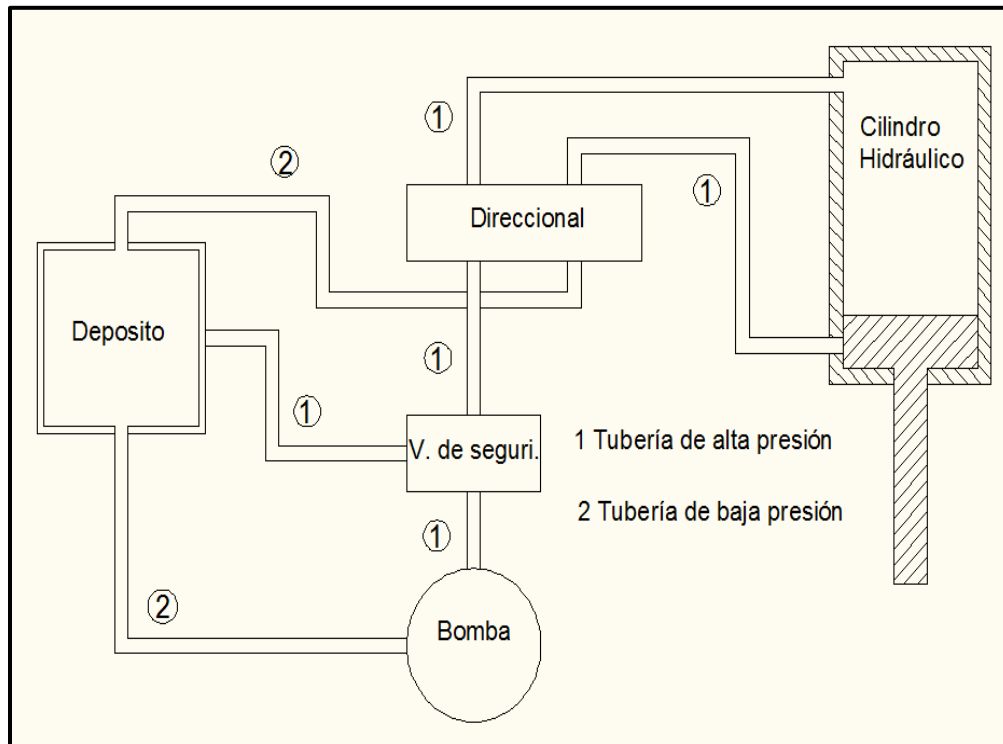


Fig. 31 Tuberías del sistema hidráulico.

#### e.3.4.1. Tubería de alta presión.

En esta parte de la tubería es donde se genera la afluencia de esfuerzos y fenómenos por la elevación de la temperatura y la presión de trabajo, el total de la tubería de alta presión estimamos que sea de 4 m entonces mediante la ecuación (10) procedemos a calcular el número de Reynolds.

$$R_e = \frac{D \cdot Vel}{\nu}$$

$$R_e = \frac{0.8cm (300cm/seg)}{0.353cm^2/seg}$$

$$R_e = 679.886 < 2000$$

Con la igualdad anterior y con el acápite 3.3.6. Tenemos que el flujo presente en los tramos de alta presión es un flujo laminar.



Por lo tanto el coeficiente de rozamiento en régimen laminar según la ecuación (12) es:

$$\lambda = \frac{64}{679.886}$$

$$\lambda = 0.0941$$

La caída de presión de la tubería de alta presión se la obtiene con la ecuación (11):

$$\Delta P = \lambda * \frac{L * Vel^2}{D * 2g}$$

$$\Delta p = \frac{0.0941 * 400cm * (300cm/seg)^2}{0.8cm * 2 * 981cm/seg^2}$$

$$\Delta p = 2155.96 cmH_2O * \frac{1m}{100cm} = 21.55 mH_2O$$

$$\Delta p = 21.55 mH_2O * \frac{0.09991kg/cm^2}{1 mH_2O} = 2.15 kg/cm^2$$

$$\Delta p = 2.15 kg/cm^2$$

#### **e.3.4.2. Tubería de baja presión.**

Este tramo de tubería consiste solo la succión de la bomba y el retorno al depósito, en este tramo de tubería no se generan presiones críticas.

#### **e.3.4.3. Comprobación de la caída de presión.**

La presión a la que trabaja el sistema es  $153.279 kg/cm^2$  y por lo tanto el 10% será  $\Delta P_s = 15.32 kg/cm^2$ , cantidad a la cual la caída de presión no deberá superar ya que de lo contrario el sistema no se desempeñara con la máxima eficiencia.

Ahora comprobamos de la caída de presión, lo que involucra las tuberías de alta y baja presión así como en los equipos y accesorios que conforman todo el sistema, ahora para compensar la caída de presión que se generan en los accesorios multiplicamos el resultado por tres y luego verificamos si es mayor al 10% de la presión de trabajo.

$$\Delta P_p = 3 \Delta p$$

$$\Delta P_p = 3 (2.15 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\Delta P_p = 6.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta P_p < \Delta P_s$$

$$6.45 \text{ kg/cm}^2 < 15.32 \text{ kg/cm}^2$$

### **e.3.5. Potencia del grupo moto-bomba.**

Según la ecuación (18) y con los datos de los acápites anteriores se determinara la potencia necesaria para el grupo moto-bomba.

$$\eta_{bomba} = 0.8$$

$$P_{motor} = \frac{P * Q}{\eta}$$

$$P = 150 \text{ Bar} \Rightarrow 15000000 \text{ Pa}$$

$$Q_r = 0.128 \text{ lit/seg} \Rightarrow 1.28 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$P_{motor} = \frac{15000000 \text{ N/m}^2 \times 1.28 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}}{0.8}$$

$$P_{motor} = 2400 \text{ Watts} \Rightarrow 3.22 \text{ HP} \Rightarrow 4 \text{ HP}$$

#### **e.3.5.1. Selección del motor eléctrico.**

Por características de diseño y por la bomba que vamos a utilizar en la máquina trabajaremos con un motor de 10 HP, Las características para el motor eléctrico son:

- ✓ Motor trifásico 220V
- ✓ Potencia 10 HP

- ✓ Velocidad de giro 3600 rpm
- ✓ Patas para fijación al suelo
- ✓ Protección IP22

#### **e.3.5.2. Selección de la bomba hidráulica.**

La bomba hidráulica para el sistema de presión es del tipo de desplazamiento positivo de engranajes externos con las siguientes características:

- ✓ Presión límite de trabajo 150 bar
- ✓ Caudal de trabajo 3 GPM
- ✓ Diámetro de succión media pulgada
- ✓ Diámetro en la descarga media pulgada
- ✓ Velocidad de giro 1500 rpm

#### **e.3.6. Dimensionamiento del depósito de aceite.**

Para dimensionar el depósito tomamos en cuenta factores que influyen en su correcta elección; por lo tanto el depósito será cerrado sin presión interna y de forma rectangular, sus ventajas son:

- ✓ Fácil construcción y montaje
- ✓ Sencilla instalación de accesorios del sistema
- ✓ Rápida inspección de los elementos de trabajo
- ✓ Mayor seguridad en cuanto a accidentes
- ✓ Fácil llenado y drenado del aceite

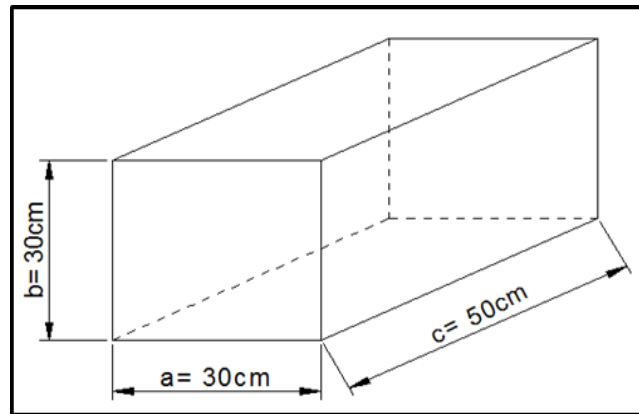
El depósito tendrá un volumen de 3 veces el caudal suministrado por la bomba en un minuto según la ecuación (17).

$$V_{dep} = 3 * Q * 1min$$

$$V_{dep} = 3 * 7.68 \frac{lit}{min} * 1min$$

$$V_{dep} = 23.04 lit$$

24 litros es el volumen que debe tener el recipiente para asegurar el suministro promedio hacia la bomba, la capacidad real del depósito la obtenemos dando medidas en forma rectangular y obteniendo una capacidad mayor que la teórica, estas medidas se dan en la fig. 32.



**Fig. 32** Dimensiones del Depósito.

Con la ecuación (10) de volumen para cuerpos rectangulares tenemos:

$$V_p = a_1 * a_2 * h$$

$$V_o = 30 \text{ cm} * 50 \text{ cm} * 30 \text{ cm}$$

$$V_o = 45000 \text{ cm}^3$$

Una vez obtenido las dimensiones del depósito se debe tener en cuenta que las medidas reales o las de trabajo deben dar un volumen mayor que el teórico:

$$V_o > V_{dep}$$

$$45000 \text{ cm}^3 > 24000 \text{ cm}^3$$

### **e.3.7. Filtro.**

En todo sistema hidráulico es imprescindible la eliminación de contaminantes, por lo contrario, circularían continuamente dentro del sistema y podrían bloquear los componentes del mismo generando una erosión y desgastes rápidos. Por lo general se calcula un filtro para la salida del depósito y otro para la llegada del mismo, y según el acápite 3.4.9.3. Son válidos los siguientes.

Salida del depósito (succión)  $\Rightarrow 160 \mu$  (*micras*)

Llegada del depósito (retorno) 1500 a 2000  $\mu$  (*micras*)

### **e.3.8. Selección de las válvulas para el sistema hidráulico**

Para obtener un control en todo el sistema hidráulico, es conveniente que se realice las siguientes acciones; regular la presión del fluido, regular el caudal y distribuir el aceite de forma secuencial para el trabajo del cilindro hidráulico, evitando pérdidas de presión dando un buen funcionamiento del mismo. En las válvulas se tiene que las pérdidas de carga no deben exceder el 4%, para evitar todo esto se seleccionó las siguientes válvulas:

- ✓ Válvula direccional
- ✓ Válvula de seguridad o de alivio
- ✓ Válvula check

#### **e.3.8.1. Selección de la válvula direccional.**

Las dimensiones del distribuidor se calcularon en función del tiempo que se prevea para cada recorrido de ida y vuelta. En nuestro caso solo tomamos en cuenta el recorrido de ida.

Para una correcta selección debemos recordar el proceso que va a desempeñar el cilindro hidráulico; necesariamente debe trabajar a una presión constante, de la misma manera va a realizar dos carreras (avance y retroceso) por lo tanto debe poseer las siguientes características, en la fig. 33 se muestra un esquema de estas válvulas:

- ✓ Presión límite de trabajo 150 bar
- ✓ Elemento interno distribuidor de asiento cónico
- ✓ Caudal 3 GPM
- ✓ Accionamiento manual
- ✓ Cuatro vías tres posiciones (3/4)
- ✓ Para tubería roscada

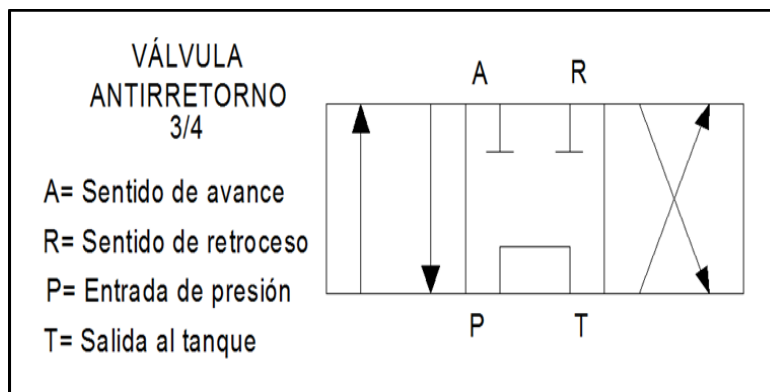


Fig. 33 Esquema de la válvula de Direccional.

### e.3.8.2. Válvula de seguridad.

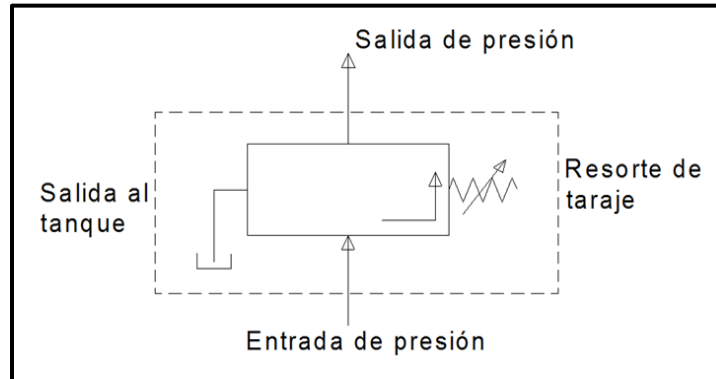
Para esta selección daremos prioridad a la seguridad industrial; para cumplir con esto daremos un paso muy importante en proteger al sistema contra una eventual sobre presión seleccionando una válvula de seguridad o de alivio (ver fig. 34), normalmente abierta (N/A) y de tres vías, la que debe ser ubicada lo más cerca de la bomba encargada de suministra el fluido, también debe tener un taraje que no sea igual a la presión límite de trabajo; esto ocasionaría perdidas excesivas de aceite. Para esta daremos un valor de taraje del 10% de la presión límite de trabajo teniendo un margen considerable de sobrepresión, y aplicando la ecuación (19) tenemos:

$$P_{ser} = 150 \text{ Bar}$$

$$P_{ta} = P_t * 1.1$$

$$P_{ajus} = 150 \text{ Bar} * 1.1$$

$$P_{ajus} = 165 \text{ Bar} \Rightarrow 2393.12 \text{ Psi}$$



**Fig. 34** Válvula de seguridad o de Alivio.

### **e.3.9. Esquema del sistema hidráulico.**

Por medio del grupo moto bomba damos la presión de trabajo necesaria para que funcione el sistema hidráulico de la maquina troqueladora, la válvula direccional es la que nos ayuda a dar el recorrido de ida y vuelta del vástago del cilindro hidráulico ya que el sistema consta de un cilindro de doble efecto; si en el sistema ocurre una sobre presión actuara la válvula de seguridad esta se activa al llegar el sistema a la presión de ajuste con lo cual el fluido retorna al depósito de aceite.

Es necesario que los sistemas hidráulicos contengan filtros, por lo general un filtro para la salida del depósito y uno para la llegada al mismo, estos nos permiten eliminar las impurezas y residuos sólidos que fluyen en el sistema que pueden tapan los conductos y producir perdidas de presión.

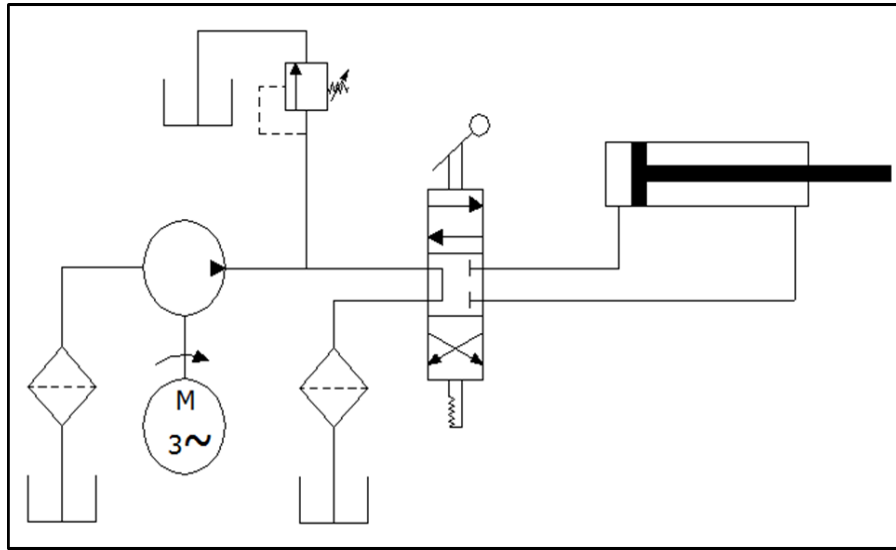


Fig. 35 Esquema del sistema hidráulico.

Simbología.

SÍMBOLO	DETALLE
	CILINDRO HIDRÁULICO.
	DEPOSITO DE ACEITE.
	GRUPO MOTO - BOMBA.
	FILTRO DE ACEITE.
	VÁLVULA DE SEGURIDAD.
	VÁLVULA DIRECCIONAL.

Fig. 36 Simbología del sistema hidráulico.



#### **e.4. Análisis de la relación de transmisión.**

##### **e.4.1. Generalidades.**

La relación de transmisión que vamos a utilizar en la máquina que consta de un motor de 10 HP de 3600 revoluciones por minuto, es una transmisión por bandas y tenemos los siguientes datos nominales:

$$P = 10 \text{ HP} \Rightarrow 7.4 \text{ KW}$$

$$n_0 = 3600$$

$$n_f = 1500$$

##### **e.4.2. Cálculo de la transmisión entre ejes**

Con los datos anteriores y mediante la fórmula (20) se calculó la relación de transmisión:

$$i = \frac{n_0}{n_f}$$

$$i = \frac{3600}{1500} = 2.4$$

##### **e.4.3. Selección de la banda.**

De acuerdo con la fig. 43 la banda seleccionada es tipo A.

Según la tabla 19 tomamos el diámetro de la polea conductora.

$$d_1 = 76 \text{ mm}$$

##### **e.4.4. Cálculo del diámetro de la polea conducida.**

Según la ecuación (20) y despejando tenemos:

$$i = \frac{d_2}{d_1(1-S)}$$

$$d_2 = i \times d_1(1 - S)$$

$$d_2 = (2.4)(76)(0.99)$$

$$d_2 = 180.576 \text{ mm}$$

De acuerdo a la tabla 20 tomamos el diámetro de la polea conducida.

$$d_2 = 180 \text{ mm}$$

#### **e.4.5. Distancia entre ejes**

Con los datos obtenidos anteriormente procedemos a calcular la distancia entre ejes con la ayuda de las ecuaciones (21), (22), (23).

$$d_2 = 180 \text{ mm}$$

$$d_1 = 76 \text{ mm}$$

$$i = 2.4$$

$$a_{min} = 0.75 (d_1 + d_2)$$

$$a_{min} = 0.75 (76 + 180)$$

$$a_{min} = 192 \text{ mm}$$

$$a_{max} = 2 (d_1 + d_2)$$

$$a_{max} = 2 (76 + 180)$$

$$a_{max} = 512 \text{ mm}$$

$$a_{med} = \frac{a_{min} + a_{max}}{2}$$

$$a_{med} = \frac{192 + 512}{2}$$

$$a_{med} = 352 \text{ mm}$$

#### **e.4.6. Largo de la banda**

Con la ayuda de la ecuación (24) procedemos a calcular el largo de la banda:

$$L_p = 2a_{med} + 0.57 (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a_{med}}$$

$$L_p = 2 (352) + 0.57 (76 + 180) + \frac{(180 - 76)^2}{4(352)}$$

$$L_p = 704 \text{ mm} + 401.92 \text{ mm} + 7.68 \text{ mm}$$

$$L_p = 1113.6 \text{ mm}$$

Mediante la tabla 22 tomamos el largo de la banda normalizada que es de  $L_p = 1100 \text{ mm}$ .

#### **e.4.7. Ángulo de abrazamiento.**

Mediante la ecuación (25) tenemos:

$$\alpha = 180 - 57 \left( \frac{d_2 - d_1}{a_{med}} \right)$$

$$\alpha = 180 - 57 \left( \frac{180 - 76}{352} \right)$$

$$\alpha = 163.159$$

Con los datos obtenidos procedemos a fijar los siguientes factores para poder determinar el número de bandas a utilizar.

Determinamos el factor por ángulo de contacto con ayuda de la tabla 23 y tenemos:

$$C_\alpha = 0.959$$

Mediante la tabla 22 determinamos el factor por corrección en longitud:

$$C_L = 0.91$$

Para determinar el factor de servicio nos valemos de la tabla 24, este factor es el coeficiente que toma en cuenta las jornadas de trabajo.

$$f_s = 1$$

Para determinar la potencia unitaria según el diámetro de la polea menor nos valemos de la tabla 25 mediante interpolación tenemos los siguientes datos:

**Tabla. 5:** Interpolación para calcular la potencia unitaria según el diámetro de la polea menor.

r.p.m.	Diámetro polea menor (76 mm)
500	0.489
1000	0.816
1500	1.053
2000	1.234

Mediante extrapolación lo potencia unitaria para 3600 revoluciones por minuto tenemos:

$$N_c = 2.4$$

La potencia adicional para 3600 revoluciones por minuto es la siguiente ver tabla 26 y extrapolando tenemos:

$$N_{ad} = 0.72$$

#### **e.4.8. Número de bandas**

Con los datos anteriores y con la ayuda de la ecuación (26) procedemos a calcular el número de bandas necesarios que vamos a utilizar en la máquina:

$$Z = \frac{N_e \times f_s}{(N_c + N_{ad}) C_\infty \times C_L}$$

$$Z = \frac{5.59 \times 1}{(2.4 + 0.72) 0.959 \times 0.91}$$

$$Z = 2.05$$

#### **e.5.Sistema eléctrico.**

A continuación detallaremos los circuitos de mando, circuito de fuerza y la simbología del sistema eléctrico.

### e.5.1. Circuito de mando.

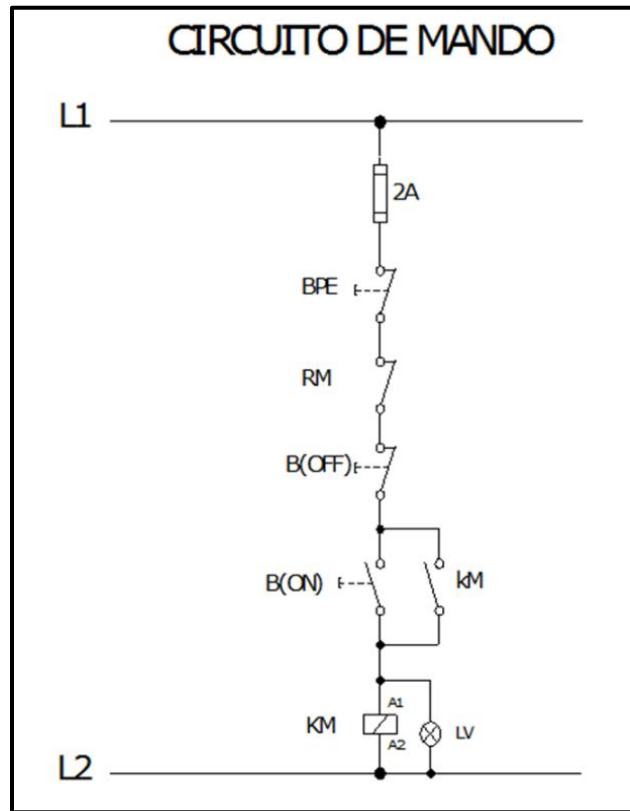


Fig. 37 Circuito de mando del sistema eléctrico de la máquina troqueladora.

Materiales:

Cable 18 AWG 4m flexible.

1 porta fusible para riel DIN.

1 fusible para porta fusible de riel DIN de 2A – 220V.

1 botonera de arranque-parada.

1 luz piloto verde,  $\varnothing$  22mm, 220V.

16 terminales tipo pin para cable 18AWG.

1 botón para parada de emergencia tipo hongo.

1 caja de 30x40x20 y riel DIN

### e.5.2. Circuito de fuerza.

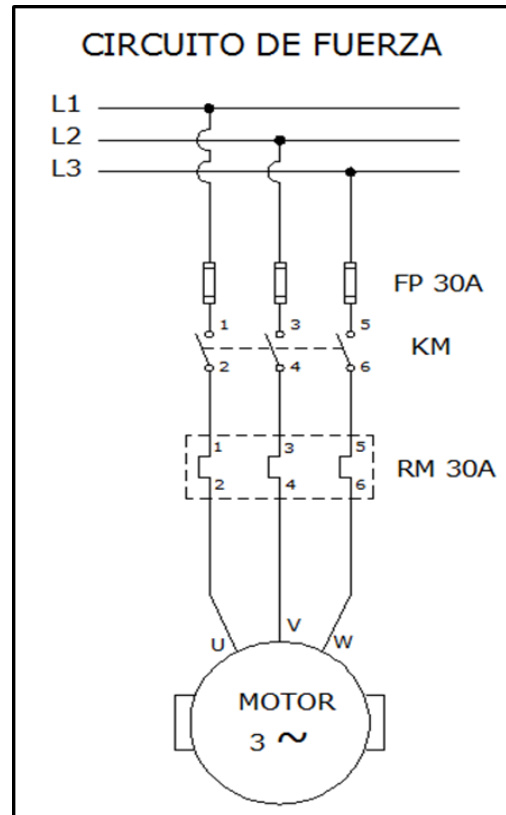


Fig. 38 Circuito de fuerza del sistema eléctrico de la máquina troqueladora.

Materiales:

1 relé térmico trifásico de 220V – 30A tipo SIRIUS.

1 contactor trifásico de 220V – 30A con bobina de 220V, y contacto auxiliar NO.

6m de cable concéntrico 10AWG flexible.

2 borneras trifásicas de 220V – 30A.

Simbología.


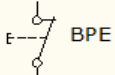

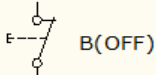
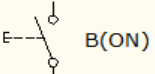



<i>SÍMBOLO</i>	<i>DETALLE</i>
	FUSIBLE
	BOTÓN DE PARADA DE EMERGENCIA
	CONTACTO AUXILIAR NORMALMENTE CERRADO DEL RELÉ TERMICO
	BOTÓN DE PARADA (NORMALMENTE CERRADO)
	BOTÓN DE ARRANQUE (NORMALMENTE ABIERTO)
	BOBINA DEL CONTACTOR
	CONTACTO AUXILIAR DEL CONTACTOR (NORMALMENTE ABIERTO)
	LUZ GUIA DE ENCENDIDO

Fig. 39 Simbología del sistema eléctrico.

## e.6. Valoración técnico económica ambiental.

### e.6.1. Valoración técnica.

Los materiales a utilizar en este diseño son de reconocidas marcas a nivel mundial, por este motivo tiene un costo considerable. Los operarios de la máquina deben tener en cuenta que la máquina trabaja a 2000 psi que es una presión relativamente alta, por lo tanto deben tomar las medidas de seguridad necesarias; como usar mandil, guantes, casco, gafas. Para poder evitar accidentes tales como la salpicadura de residuos o virutas hacia la cara o a los ojos debido a la presión que se ejerce entre las matrices al realizar el estampado, o se produzcan cortaduras al manipular las láminas de acero.

### e.6.2. Valoración económica.

**Tabla. 6:** Costo de accesorios sistema hidráulico.

<b>Detalle.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Valor unitario.</b>	<b>Valor total.</b>
<b>Sistema Hidráulico.</b>			
Bomba hidráulica.	1	364.27	<b>364.27</b>
Cilindro hidráulico.	1	600.00	<b>600.00</b>
Filtro en succión.	1	33.60	<b>33.60</b>
Filtro en descarga.	1	29.53	<b>29.53</b>
Accesorio de filtro de succión.	1	16.16	<b>16.16</b>
Válvula direccional.	1	219.25	<b>219.25</b>
Depósito de aceite.	1	50.00	<b>50.00</b>
Aceite hidráulico. (Galón)	2	44.50	<b>89.00</b>
Manguera hidráulica 5/8 " de 80cm con acoples.	2	22.77	<b>45.54</b>
Manguera hidráulica 5/8 " de 70cm con acoples.	1	19.64	<b>19.64</b>
Manguera hidráulica 5/8 " de 120cm con acoples.	1	25.67	<b>25.67</b>
Manguera hidráulica 1/2 " de 120cm con acoples.	1	24.60	<b>24.60</b>
Manguera hidráulica 1/2 " de 50cm.	1	6.60	<b>6.60</b>
Tapones de acero de 5/8 ".	3	2.68	<b>8.04</b>
Tapones galvanizados de 5/8 ".	2	0.225	<b>0.45</b>
T galvanizada 5/8 ".	1	0.49	<b>0.49</b>
Manómetro.	1	42.86	<b>42.86</b>
T acerada de 1/2 ".	1	7.01	<b>7.01</b>
Neplos acerados de 5/8 ".	2	7.59	<b>15.18</b>
Espiga macho.	1	1.56	<b>1.56</b>
Adaptador acerado de 1/2 ".	2	2.28	<b>4.56</b>
Adaptador acerado de 5/8 ".	1	2.54	<b>2.54</b>



Adaptadores con cánulas de 5/8 ".	2	4.02	<b>8.04</b>
Teflón.	2	0.3125	<b>0.625</b>
Abrazadera.	1	0.50	<b>0.50</b>
Juego de cánulas.	1	1.79	<b>1.79</b>
Válvula check horizontal de 1/2 "	1	15.96	<b>15.96</b>
Bushing de 1" x 1/2 "	1	0.51	<b>0.51</b>
Unión de acero de 1/2 "	1	0.38	<b>0.38</b>
Tapón galvanizado de 1/2 "	1	0.35	<b>0.35</b>
<b>COSTO DEL SISTEMA HIDRÁULICO</b>			<b>1634.705</b>

**Tabla. 7:** Costo de accesorios sistema mecánico.

<b>Detalle.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Valor unitario.</b>	<b>Valor total.</b>
<b>Diseño mecánico</b>			
Perfil U UPN120	1	136.34	<b>136.34</b>
Recorte de plancha de 25x25 cm de 20mm	2	26.00	<b>52.00</b>
Recorte de plancha de 17x13 cm de 10mm	1	4.50	<b>4.50</b>
Recorte de plancha de 15x13 cm de 10mm	1	3.50	<b>3.50</b>
Recorte de plancha de 12x5.5 cm de 20mm	4	3.00	<b>12.00</b>
Recorte de plancha de 23x23 cm de 10mm	1	11.00	<b>11.00</b>
Recorte de plancha de 25x25 cm de 8mm	1	10.50	<b>10.50</b>
Recorte de plancha de 18x10 cm de 4mm	1	2.00	<b>2.00</b>
Platina 240cm de 2" 1/2 x 1/4 pul	1	11.56	<b>11.56</b>
Platina 200cm de 1" 1/2 x 1/4 pul	1	7.34	<b>7.34</b>
Platina 10cm de 4x 1/4 pul	1	1.75	<b>1.75</b>
Tubo cuadrado de 1" 1/4 x 2mm	1	14.44	<b>14.44</b>

Angulo de 1" 1/2 x 3/16 pul	1	15.82	<b>15.82</b>
Plancha galvanizada de 2mm	1	54.07	<b>54.07</b>
Polea de acero de 3" x 2A	1	12.95	<b>12.95</b>
Polea de aluminio de 7" x 2A	1	7.14	<b>7.14</b>
Banda dentada A38	2	5.89	<b>11.78</b>
Galón de pintura anticorrosiva gris	1	10.27	<b>10.27</b>
Lija #60 para hierro	2	0.55	<b>1.10</b>
Electrodos 6011	2 lib	1.75	<b>3.50</b>
Chavetero polea de acero de 3"	1	8.00	<b>8.00</b>
Chavetero polea de aluminio de 7"	1	5.00	<b>5.00</b>
Pernos de acero de 3/4 x 2" completos.	8	2.00	<b>16.00</b>
Pernos de acero de 3/4 x 2 1/2" completos.	4	2.25	<b>9.00</b>
Pernos de acero de 1/2 x 1 1/2" completos.	8	0.80	<b>6.40</b>
Pernos de acero de 1/2 x 1" completos.	14	0.70	<b>9.80</b>
Pernos de acero de 3/8 x 3/4" completos.	4	0.40	<b>1.60</b>
Pernos de acero de 1/4 x 1" completos.	2	0.30	<b>0.60</b>
<b>COSTO DEL SISTEMA MECÁNICO.</b>			<b>439.96</b>

**Tabla. 8:** Costo de accesorios sistema eléctrico.

<b>Detalle.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Valor unitario.</b>	<b>Valor total.</b>
<b>Sistema eléctrico.</b>			
Motor eléctrico trifásico de 10HP	1	550.00	<b>550.00</b>
Cable 18AWG flexible.	4m	0.35	<b>1.40</b>
Porta fusible para riel DIN.	1	3.30	<b>3.30</b>
Fusible para porta fusible de riel DIN de 2A–220V.	1	0.50	<b>0.50</b>
Botonera de arranque-parada.	1	5.00	<b>5.00</b>

Luz piloto verde, $\phi$ 22mm, 220V.	1	1.80	<b>1.80</b>
Terminales tipo pin para cable 18AWG.	16	0.12	<b>1.92</b>
Botón para parada de emergencia tipo hongo.	1	6.50	<b>6.50</b>
Caja de 30x40x20 y riel DIN	1	42.00	<b>42.00</b>
Relé térmico trifásico de 220V–30A tipo SIRIUS.	1	37.00	<b>37.00</b>
Contactador trifásico de 220V–30A con bobina de 220V, y contacto auxiliar NO.	1	35.00	<b>35.00</b>
Cable concéntrico 10AWG flexible.	6m	3.30	<b>19.80</b>
Borneras trifásicas de 220V–30A.	2	1.75	<b>3.50</b>
<b>COSTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.</b>			<b>707.72</b>

**Tabla. 9:** Costo de diseño e investigación.

<b>Detalle.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Valor unitario.</b>	<b>Valor total.</b>
Internet.	100h	0.50	<b>50.00</b>
Transporte.	10	5.00	<b>50.00</b>
Impresiones.	---	---	<b>80.00</b>
Copias.	1000	0.02	<b>20.00</b>
Materiales de oficina.	---	---	<b>30.00</b>
Impresión de planos.	---	---	<b>45.00</b>
<b>COSTO DE DISEÑO E INVESTIGACIÓN.</b>			<b>275.00</b>

**Tabla. 10:** Costo total del proyecto de tesis.

<b>Detalle.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Valor unitario.</b>	<b>Valor total.</b>
-----------------	------------------	------------------------	---------------------

<b>Sistema hidráulico.</b>			<b>1634.705</b>
<b>Sistema mecánico.</b>			<b>439.96</b>
<b>Sistema eléctrico.</b>			<b>707.72</b>
<b>Diseño e investigación.</b>			<b>275.00</b>
<b>COSTO TOTAL.</b>			<b>3057.385</b>

### **e.6.3. Valoración ambiental.**

Como ya es de conocimiento el siguiente proyecto se basa en el diseño y construcción de una máquina troqueladora, por lo que es necesario realizar una valoración ambiental. Durante el proceso de construcción los agentes contaminantes expuestos al medio ambiente son mínimos ya que estos son residuos de pintura.

Además como los residuos de pintura son mínimos; estos no constituyen un riesgo para el medio ambiente, ya que pueden eliminarse de forma normal debido a que son pequeñas cantidades. Considerando que en caso de existir alguna sustancia peligrosa en el proceso de construcción de la máquina troqueladora que pueda afectar el medio ambiente estos residuos serán tratados de acuerdo al grado de contaminación que presente, con la finalidad de vivir en armonía el hombre y el medio ambiente.

El impacto ambiental que se produjera al implementar el sistema se evalúa mediante el análisis de las siguientes ventajas y desventajas:

#### **Ventajas**

- ✓ El sistema diseñado no emite gases al ambiente, por no contar con partes que realicen combustión.
- ✓ Los mecanismos son de larga vida útil, lo que implica menos residuos.
- ✓ Emite un ruido mínimo.

- ✓ No ocupa un espacio físico considerable.

### **Desventajas**

- ✓ El sistema oleo-hidráulico, necesita mantenimientos periódicos, lo que resulta constantes residuos líquidos, que no se pueden reciclar fácilmente.
- ✓ Las partes móviles resultan ser lubricadas constantemente.

De lo resaltado anteriormente se puede concluir, que el impacto ambiental es mínimo.

### **e.7.Pruebas de funcionamiento de la máquina troqueladora.**

La presión de trabajo escogida para el diseño del sistema hidráulico es de 2000 psi, se reguló la válvula de seguridad o de alivio a una presión de 1200 psi, ya que esta es la presión máxima que soporta la estructura de la máquina, luego se procedió a realizar la primera prueba de elaboración de los paneles metálicos con que se obtuvo un corte de la lámina debido a que se ejerce mucha presión sobre esta como podemos evidenciar en la fig. 40.



**Fig. 40** Primera prueba realizada de los paneles metálicos.

Mediante las pruebas realizadas se pudo comprobar que la presión necesaria para realizar el estampado con el diseño de matriz obtenido es de 500 psi. Se procedió a regular la válvula de alivio a esa presión con lo que se obtuvo el producto terminado como se observa en la fig. 41.



**Fig. 41** Panel metálico.

Ya que las matrices son desmontables para realizar el estampado con otro diseño de matriz se tiene que realizar pruebas para determinar la presión óptima para realizar el trabajo.

Procedemos a comparar las medidas establecidas para el diseño del panel con las medidas del panel fabricado, con lo que obtuvimos los siguientes resultados.

**Tabla. 11:** Comparación de las medidas establecidas para el diseño del panel y las medidas del panel fabricado.

		<b>Dimensión de diseño</b>	<b>Dimensión del producto</b>
Primera saliente de estampado.	Diámetro exterior.	150mm.	150.7mm.
	Diámetro interior.	120mm.	119.6mm.
Segunda saliente de estampado.	Diámetro exterior.	90mm.	89.5mm.
	Diámetro interior.	40mm.	40.4mm.
Altura de estampado		5mm	4.8mm.

Mediante la tabla anterior Podemos observar que las medidas varían dentro del rango de tolerancia que elegimos para la mecanización de las matrices. Se considera que esta bien

dimensionado la holgura y el radio de borde de la matriz ya que la lámina no sufrió cortaduras durante el proceso de fabricación.

Con el producto elaborado se procedió a realizar una encuesta para conocer la aceptación del producto en el mercado local, en el anexo 2 podemos observar el esquema de la encuesta.

**Tabla. 12:** Aceptación de los paneles metálicos en el mercado local.

<b>NOMBRE DE LA EMPRESA.</b>	<b>ACEPTABLE</b>	<b>REGULAR</b>	<b>NO ACEPTABLE</b>
Macrisli.		X	
Dipac.	X		
Taller mecánico el Científico.	X		
Taller mecánico Villamagua.	X		
Dymetal.	X		
Metal industria morocho.		X	
Unimax.		X	
Metal mecánica “EL GATO”.	X		
Taller industrial Capa.	X		

Mediante la encuesta realizada a los distintos talleres mecánicos que trabajan con los nombrados paneles metálicos y empresas que venden este tipo de productos en la ciudad de Loja se demuestra que los paneles metálicos construidos con la máquina troqueladora tienen una gran aceptación en el medio local.

## f. DISCUSIÓN.

Luego de la construcción de la máquina se espera que los resultados obtenidos satisfagan a los futuros usuarios de los trabajos realizados con la máquina troqueladora. También se espera que el resultado del producto final permita competir con los ya existentes en el mercado local. Esto se lo puede lograr debido a que la entrega del producto será en un menor tiempo lo que permite reducir gastos de traslado, lo que es ventajoso para obtener el valor final del producto.

Se determinó que el diseño realizado es el más óptimo debido a que no ocupa mucho espacio físico, cuenta con un mando eléctrico y un sistema hidráulico semiautomático, todos los accesorios y componentes fueron diseñados, dimensionados y posteriormente seleccionados de acuerdo a un análisis completo de las necesidades que se presentaban en cada una de las fases propuestas para el desarrollo de todo el proceso.

Para la fabricación de las matrices se tuvo algunos inconvenientes ya que en la ciudad no se encontró un lugar determinado para la elaboración de las matrices, se averiguo en la ciudad de Quito en la empresa llamada “FUNDICOL” en la cual el costo para la fabricación de las matrices es de 500 dólares, por lo que se decidió realizar un diseño que se lo pueda trabajar en el torno y su costo de fabricación fue de 200 dólares. Con lo que se estableció un ahorro del 150%.

Para realizar el estudio económico del producto terminado se tomó en cuenta todos los gastos como el eléctrico, mano de obra, material y gastos del sistema hidráulico, como se lo detalla en la siguiente tabla.

**Tabla. 13:** Gastos existentes en la fabricación de paneles metálicos.

Gastos.	Cantidad.	V/ Unitario. x cada hora de trabajo (dólares)	Número de unidades producidas.	V/ Total. (dólares)
Eléctrico	1	1.16		0.09
Mano de obra	2	1.63		0.25



Material	1	15.88	13 piezas x cada hora de trabajo.	1.22
Sistema hidráulico	1	0.42		0.03
Total:				1.59

En lo que se refiere a los gastos del material se averiguo el valor de la plancha de acero de 1/32 que es de 22 dólares en Dipac, y de la cual se obtienen 18 recortes de 60cm x 25cm, y el gasto del sistema hidráulico se tomó en cuenta el cambio de aceite y filtros.

Para obtener el valor de cada pieza terminada para la venta al público se partió del resultado de 1.59 dólares, luego le ponemos nuestra utilidad que es del 55 %, de donde se obtuvo el valor de 2.50 dólares por cada pieza terminada.

Con esto se determinó que el valor de cada panel metálico es menor del que se comercializa en nuestra ciudad, ya que el valor es de 3.50 dólares, este valor se lo obtuvo indagando en la ciudad en un almacén llamado Macrisli en este lugar se encontró un panel con las mismas dimensiones del producto que se realizó, con lo que se estableció que existe un 40% menor costo.

**Tabla. 14:** Depreciación de la máquina troqueladora.

Años	Valor Activo	Valor Residual	Depreciación	Valor Activo
0	3500	350	-	3150
1	3150	-	315	2835
2	2835	-	315	2520
3	2520	-	315	2205
4	2205	-	315	1890
5	1890	-	315	1575
6	1575	-	315	1260
7	1260	-	315	945
8	945	-	315	630

9	630	-	315	315
10	315	-	315	0

Para determinar el tiempo en el cual se pagará la máquina se partió del costo total de la máquina que es de 3500 dólares y la vida útil que es de 10 años, se tomó como referencia que en cada semana se podrían vender 23 paneles metálicos esto se lo multiplica por 4 semanas que comprende un mes y esto por 12 meses con lo cual se obtendrá el valor de ventas en un año, lo que dio un total 1104 paneles vendidos al año y esto por 3.5 que serían los años en lo que pretenderíamos acabarla de pagar a la máquina troqueladora esto nos da 3864 paneles metálicos y a esto se lo multiplica por la utilidad de cada panel metálico que es de 0.91 dólares con lo que se obtiene 3516,24 dólares en los tres años y medio.

## **g. CONCLUSIONES.**

- ✓ Se ha logrado realizar una propuesta aceptable para la elaboración de los paneles metálicos, mediante un diseño mecánico basado en modelos anteriormente realizados, pero que no tenían como finalidad la fabricación de los paneles metálicos.
- ✓ El sistema de control y mando semiautomático que se plantea en el presente proyecto, cumple a plenitud con las rutinas necesarias de producción, permitiendo maniobrar, reconfigurar y adaptarse de manera sencilla a las diversas situaciones que se puedan presentar en el campo de trabajo, sin dejar de lado la seguridad funcional de los componentes de potencia y el nivel de exactitud requerido.
- ✓ El tiempo de entrega de los paneles metálicos será mínimo y su costo es de un 40% menor a los paneles que se venden en nuestra ciudad, ya que contamos con una máquina troqueladora en nuestro medio local.
- ✓ Mediante las pruebas realizadas y los ajustes necesarios, se verificó el óptimo funcionamiento de la máquina.
- ✓ La calidad del producto final es acogida en el mercado local, ya que el acabado superficial de los paneles metálicos es aceptable.
- ✓ Se socializó el presente trabajo de investigación mediante la entrevista realizada en distintos talleres y empresas del medio local, también se publicó un video en la página del taller mecánico de la Universidad Nacional de Loja <http://aeirnr.unl.edu.ec/energia/>.

#### **h. RECOMENDACIONES.**

- ✓ Antes de poner en funcionamiento la máquina verificar que el sentido de giro del motor sea el mismo sentido de giro en el cual trabaja la bomba, para evitar que sufra desperfectos, la bomba trabaja en sentido horario viéndola de frente.
- ✓ El operario de la máquina debe trabajar con todas las medidas de seguridad necesarias ya que la máquina trabaja a grandes presiones, con lo cual el operario puede evitar sufrir algún accidente.
- ✓ La máquina debe constar con botones de parada de emergencia de fácil acceso de los operarios, para poderla apagar en caso de que ocurra algún desperfecto en la máquina.
- ✓ Regular la presión de trabajo de la máquina, caso contrario puede sufrir daños; ya que el sistema hidráulico esta dimensionado hasta una presión máxima de 3000 psi, al sobrepasar esta presión puede sufrir un desperfecto algún componente del sistema.

## **i. BIBLIOGRAFÍA.**

### **LIBROS:**

**GONZÁLEZ, Gonzalo. 1999.** *Apuntes para el calculo de transmisiones por correas en V.* Habana : ISPJAE, 1999.

**HALL, Allen, HOLOWENCO, Alfred y LAUGHLIN, Herman. 1995.** *Diseño de Maquinas.* mexico : McGraw-Hill, 1995.

**MOTT, Robert. 1996.** *Mecanica de fluidos aplicada.* México : Prentice-Hall, 1996.

**NASH, William. 1993.** *Resistencia de Materiales.* Mexico : McGraw-Hill, 1993.

**ROLDAN, Jose. 1995.** *neumatica, hidraulica y electricidad aplicada.* magallanes : PARANINFO. S.A., 1995.

**TIPPENS, Paul. 1992.** *fisica.* México : McGRAW-HILL, 1992.

### **PÁGINAS WEB:**

**[http://www.construmatica.com/construpedia/Estructuras\\_Met%C3%A1licas#Generalidades](http://www.construmatica.com/construpedia/Estructuras_Met%C3%A1licas#Generalidades).** Estructuras Metalicas. [En línea] [Citado el: 25 de septiembre de 2011.] <http://www.construmatica.com>.

**<http://es.scribd.com/doc/3603199/5-Tecnicas-de-DobladoASCAMM>.** tecnicas de doblado. [En línea] [Citado el: 15 de 04 de 2011.] <http://es.scribd.com/doc/3603199>.

**<http://es.scribd.com/doc/49118162/calculo-fuerzas-para-doblez>.** Proyecto de mejoramiento de tecnología de estampado y troquelado. [En línea] [Citado el: 13 de agosto de 2011.] <http://es.scribd.com/doc/49118162>.

**[http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba\\_hidr%C3%A1ulica](http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_hidr%C3%A1ulica).** Bomba Hidráulica. [En línea] [Citado el: 20 de septiembre de 2011.] <http://es.wikipedia.org>.

**j. ANEXOS.**

## ANEXO 1.

**Tabla. 15:** Especificaciones técnicas para planchas laminadas.

### PLANCHAS LAMINADAS AL FRIO

#### Especificaciones Generales

##### Norma

- ✓ ASTM A36
- ✓ JIS 3141 SPCC
- ✓ SAE 1008
- ✓ SAE 1010

**Espesores** 0,40 a 1,90

**Rollos** X 1219

**Planchas** 4 X 8 y medidas especiales

#### Calidad Estructural

NORMA	COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS				NORMA EQUIVALENTE
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°	
ASTM A-588M GRADO A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min		
ASTM A-283 GRADO C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015
JIS G-3101 SS41 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min		

**Tabla. 16:** Tabla de resistencia de materiales laminados.

MATERI AL	Resist. a la rotura Kg.mm2		Resist. al corte Kg.mm2		Peso especif.
	Recocido	Crudo	Recoc.	Crudo	
Acero laminado con 0,1 % de C.	31	40	25	32	
Acero laminado con 0,2% de C.	40	50	32	40	
Acero laminado con 0,3% de C.	44	60	35	48	
Acero laminado con 0,4% de C.	56	70	45	56	
Acero laminado con 0,6% de C.	70	90	56	72	7,8-7,9
Acero laminado con 0,8% de C.	90	110	72	90	
Acero laminado con 1,0% de C.	100	130	80	105	
Acero laminado inoxidable	65	75	52	60	
Acero laminado al silicio	56	70	54	56	
Aluminio	7,5-9	16-18	6-7	13-15	2,7
Anticordal	11-13	32-36	9-10	25-29	2,8
Avional (duraluminio)	16-20	38-45	13-16	30-36	2,8
Aluminio en aleación (siluminio)	12-15	25	10-12	20	2,7
Alpaca laminada	35-45	56-68	28-36	45-46	8,3-8,45
Bronce	40-50	50-75	32-75	40-60	8,4-8,9
Cinc	15	25	12	20	7,1-7,2
Cobre	22-27	31-37	18-22	25-30	8,9-9
Estaño	4-5		3-4		7,4
Fibra			17		
Latón	28-37	44-50	22-30	25-40	8,5-8,6
Oro			18	30	19,8-19,35
Plata laminada	29	29	23,5	23,5	10,5
Plomo	2,5-4		2-3		11,4

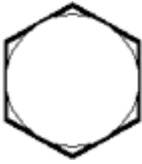
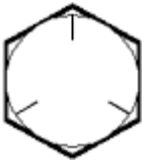
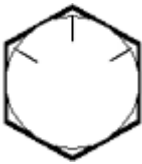

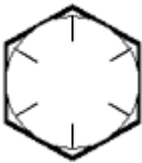



Tabla. 17: Características estáticas de perfiles UPN.

Productos de acero laminados		PERFILES U PN															TABLA 8 . 6					
Perfil [ PN	A cm <sup>2</sup>	P kg/m	DIMENSIONES										Agujeros		TERMINOS DE SECCION							Suministro
			h	b	e	e <sub>1</sub> -r	r <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	u	c	m	w	a	S <sub>x</sub>	I <sub>T</sub>	I <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	I <sub>ξ</sub>	W <sub>ξ</sub>	
8	11,0	8,64	80	45	6	8	4	46	312	14,5	26,7	25	13	15,9	2,24	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	C
10	13,5	10,6	100	50	6	8,5	4,5	64	372	15,5	29,3	30	13	24,5	2,96	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	P
12	17,0	13,4	120	55	7	9	4,5	82	434	16,0	30,3	30	17	36,3	4,30	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	P
14	20,4	16,0	140	60	7	10	5	98	489	17,5	33,7	35	17	51,4	6,02	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	P
16	24,0	18,8	160	65	7,5	10,5	5,5	115	546	18,4	35,5	35	21	68,8	7,81	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	P
18	28,0	22,0	180	70	8	11	5,5	133	611	19,2	37,5	40	21	89,6	9,98	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	P
20	32,2	25,3	200	75	8,5	11,5	6	151	661	20,1	39,4	40	23	114	12,6	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	P
22	37,4	29,4	220	80	9	12,5	6,5	167	718	21,4	42,0	45	23	146	17,0	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	P
24	42,3	33,2	240	85	9,5	13	6,5	184	775	22,3	43,9	45	25	179	20,8	3600	300	9,22	248	39,6	2,42	P
26	48,3	37,9	260	90	10	14	7	200	834	23,6	46,6	50	25	221	23,7	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	P
28	53,3	41,8	280	95	10	15	7,5	216	890	25,3	50,2	50	25	266	33,2	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	P
30	58,8	46,2	300	100	10	16	8	232	950	27,0	54,1	55	25	316	40,6	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	P
32	75,8	59,5	320	100	14	17,5	8,75	246	982	26,0	48,2	55	25	413		10670	679	12,1	597	80,6	2,81	C
35	77,3	60,6	350	100	14	16	8	282	1047	24,0	44,5	55	25	459		12840	734	12,9	570	75,0	2,72	C
38	80,4	63,1	380	102	13,5	16	8	313	1110	23,8	45,8	60	25	507		15760	829	14,0	615	78,7	2,77	C
40	91,5	71,8	400	110	14	18	9	324	1182	26,5	51,1	60	25	618		20350	1020	14,9	846	102	3,04	C
ANOTACIONES ABREVIADAS UTILIZADAS EN LAS TABLAS																						
A	Area bruta de la sección																					
P	Peso en Kg. por metro lineal del perfil																					
h	Altura del perfil																					
h <sub>1</sub>	Altura de la parte plana del alma																					
b	Anchura del ala del perfil																					
e	Espesor del alma																					
w	Gramil o distancia entre agujeros																					
d	Diámetro del agujero																					
c	Posición del eje y-y respecto de la cara exterior del alma (perfiles [ )																					
m	Distancia del eje y-y al centro de esfuerzos cortantes (perfiles [ )																					
u	Perímetro de la sección																					
I <sub>x</sub>	Momento de inercia de la sección respecto al eje x-x																					
I <sub>y</sub>	Momento de inercia de la sección respecto al eje y-y																					
I <sub>η</sub>	Momento de inercia de la sección respecto al eje η-η																					
I <sub>ξ</sub>	Momento de inercia de la sección respecto al eje ξ-ξ																					
I <sub>T</sub>	Módulo de torsión de la sección																					
I <sub>A</sub>	Módulo de alabeo de la sección																					
W <sub>x</sub>	Módulo resistente de la sección respecto al eje x-x																					
W <sub>y</sub>	Módulo resistente de la sección respecto al eje y-y																					
W <sub>η</sub>	Módulo resistente de la sección respecto al eje η-η																					
W <sub>ξ</sub>	Módulo resistente de la sección respecto al eje ξ-ξ																					
S <sub>x</sub>	Momento estático de media sección respecto al eje x-x																					

FUENTE: LARBURU, Nicolás. Prontuario máquina herramientas, Pg. 194

**Tabla. 18:** Resistencia de pernos de acero grado SAE.

Marcado de pernos de acero grado SAE					
Número de grado SAE	Rango del diámetro [inch]	Carga de prueba [kpsi]	Esfuerzo de ruptura [kpsi]	Material	Marcado de la cabeza
2	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55 33	74 60	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
5	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	Acero al carbono, Templado y Revenido	
5.2	$\frac{1}{4}$ - 1	85	120	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	Acero al carbono aleado, Templado y Revenido	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	Acero al carbono aleado, Templado y Revenido	
8.2	$\frac{1}{4}$ - 1	120	150	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	

**FUENTE:** Catálogo de productos American Screw.

El ábaco que se muestra en la figura 37, es válido para aceites con una viscosidad máxima de 9° E o 38°C, circulando a temperaturas que oscilen entre 20° y 68°C.

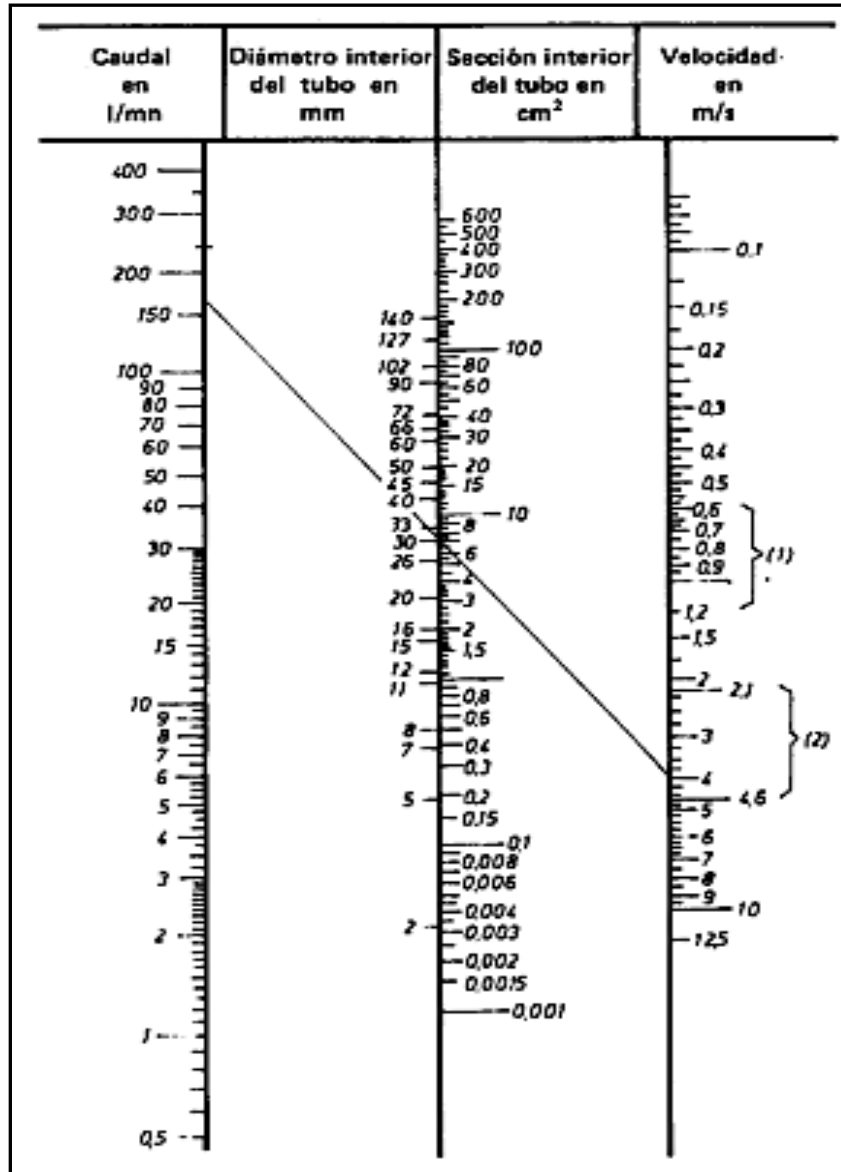


Fig. 42 Ábaco para determinar el fluido hidráulico que pasa por una tubería de un determinado diámetro, en función de su velocidad.

(1). Velocidad recomendada en conductos de aspiración

(2). Velocidad recomendadas en líneas de presión

**Tabla. 19:** Recomendación de diámetros primitivos mínimos de poleas (d1).

Perfil	A	B	C	D	SPZ	SPA	SPB	SPC
d <sub>min</sub> (mm)	76	137	229	330	71	100	160	250

**Tabla. 20:** Selección del diámetro de la polea conducida (d2).

**Serie de las poleas**

63, 71, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900

**Tabla. 21:** Valores típicos de coeficiente de deslizamiento.

Valores mínimos de $s$		$s$
Correas planas	Caucho, textiles, sintéticos	0.01
	Cuero	0.015
Correas trapeciales	Tejido cord	0.12
	Cordón cord	0.01

**Tabla. 22:** Coeficiente que toma en cuenta el alargamiento de la banda (CL)

<b>Lp</b>	<b>Z</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
400	0,88				
500	0,90				
600	0,92	0,80			
700	0,94	0,82			
800	0,96	0,84			
900	0,98	0,87	0,80		
1000	1,00	0,90	0,84		
1100	1,01	0,91	0,88		
1250	1,02	0,92	0,90		
1300	1,03	0,93	0,91	0,81	
1400		0,94	0,92	0,82	
1500		0,95	0,93	0,83	
1600		0,96	0,94	0,84	
1700		0,98	0,95	0,85	
1800		1,00	0,96	0,86	
1900		1,00	0,97	0,87	
2000		1,00	0,98	0,88	
2100		1,02	0,99	0,89	
2200		1,04	1,00	0,90	
2300		1,06	1,00	0,91	
2400		1,08	1,00	0,92	
2500		1,09	1,01	0,93	
2600		1,10	1,02	0,94	
2700		1,10	1,03	0,95	
2800		1,11	1,05	0,96	
2900		1,11	1,07	0,97	
3000		1,11	1,08	0,98	0,82
3200		1,12	1,09	0,99	0,83
3400		1,12	1,10	1,00	0,84
3600		1,12	1,11	1,00	0,85
3800			1,12	1,00	0,87
4000			1,13	1,01	0,89
4200			1,14	1,02	0,91
4400			1,15	1,03	0,93
4600			1,16	1,04	0,95
4800			1,17	1,05	0,97
5000			1,18	1,07	0,99
5500			1,19	1,09	1,00
6000			1,20	1,11	1,00
6500			1,21	1,13	1,00
7000			1,22	1,15	1,02

**Tabla. 23:** Elección del ángulo de abrazamiento ( $C\alpha$ ).

**Tabla C $\alpha$**

Angulo abrazado sobre la polca menor ( $\alpha$ )	180	170	160	150	140	130	120	100	90
$C\alpha$	1,0	0,98	0,95	0,92	0,89	0,86	0,82	0,73	0,63

**Tabla. 24:** Coeficiente que toma en cuenta las jornadas de trabajo ( $F_s$ ).

Tipo de servicio	Condiciones de trabajo	Motor eléctrico	Motor de explosión	
			N > 4	N < 4
Ligero	Servicio intermitente – funcionamiento < 6 horas, ninguna punta de carga.	1	1,1	1,2
Normal	Funcionamiento de 6+16 horas día- puntas de carga o puesta en marcha < 150% del trabajo a plena carga.	1,2	1,3	1,4
Pesado	Puntas de carga o puesta en marcha < 250% del trabajo a plena carga – servicio continuo 16+24 horas día.	1,4	1,5	1,6
Muy pesado	Puntas de carga > 250 del trabajo a plena carga, funcionamiento continuo.	1,8	1,9	2

**Tabla. 25:** Potencia unitaria Nc. Perfil A.

$n_1$ $\text{min}^{-1}$	Potencia nominal (N) según el diámetro de la polea menor $d_1$ (mm)													
	71	80	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	180
500	0,41	0,57	0,74	0,83	0,92	1,02	1,12	1,22	1,34	1,46	1,59	1,76	1,92	2,25
1000	0,65	0,95	1,27	1,43	1,59	1,78	1,97	2,16	2,37	2,59	2,83	3,13	3,43	4,01
1500	0,82	1,24	1,70	1,93	2,15	2,42	2,69	2,95	3,25	3,55	3,89	4,30	4,71	5,50
2000	0,94	1,47	2,06	2,35	2,63	2,97	3,30	3,62	4,00	4,37	4,78	5,28	5,77	6,71

**Tabla. 26:** Potencia adicional Nad perfil A.

$n_1$ $\text{min}^{-1}$	Potencia adicional [Nadic] (kW)			
	1,01-1,05	1,06-1,26	1,27-1,57	>1,57
500	0,01	0,05	0,09	0,10
1000	0,02	0,11	0,17	0,19
1500	0,03	0,16	0,26	0,29
2000	0,04	0,22	0,35	0,39

### Gráfico de selección del perfil de correa

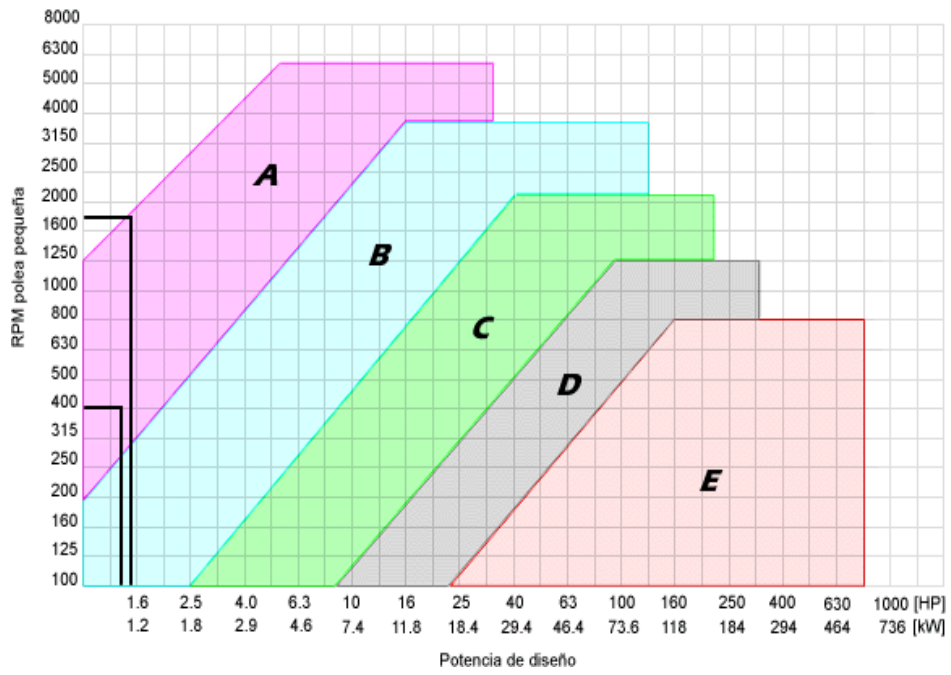


Fig. 43 Selección del perfil de correa.

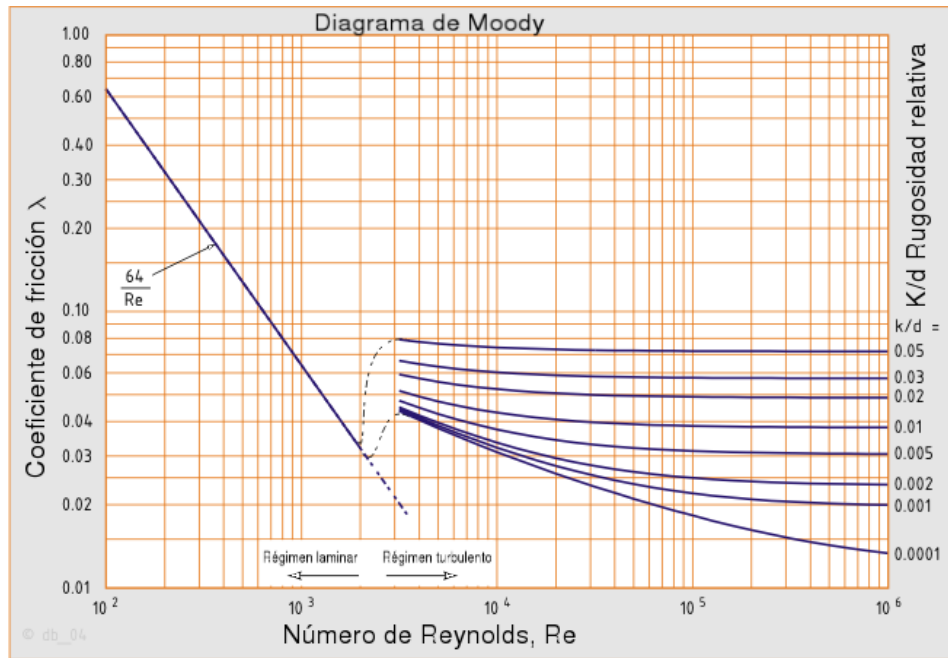


Fig. 44 Diagrama de Moody.



**ANEXO 2: ESQUEMA DE LA ENCUESTA REALIZADA.**



**ANEXO 3: PLANOS DE LA MÁQUINA TROQUELADORA.**

**ANEXO 4: MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA LA MÁQUINA  
TROQUELADORA.**

## **MANUAL DE USO Y OPERACIÓN**

**Para mantenimiento preventivo del sistema de bombeo considerar las siguientes sugerencias generales.**

Las siguientes reglas, evidentemente fundamentales, ayudarán a obtener el servicio más seguro, lograr el mantenimiento más económico y la mayor vida posible de todos los componentes hidráulicos del sistema de la maquina troqueladora. Planteada en el presente proyecto.

Como aspectos generales se debe mencionar las siguientes características del sistema diseñado.

Potencia del sistema: 10 Hp

Caudal: 3 gpm

Presión de trabajo: 150 bar

Tipo de aceite: 10 w 30 multigrado hidráulico.

Tiempo promedio de recambio del aceite: 2500 hrs

### **Diámetro de conexiones:**

- ✓ Tubería de alta presión: 12.7mm ( 1/2")
- ✓ Tubería de baja presión: 15.875mm (5/8")

El mantenimiento adecuado no comienza con la reparación o la reposición de las piezas dañadas, sino con una buena selección e instalación, es decir, evitando que haya que reponer o reparar. Estas reglas estarán basadas en cuatro temas diferentes: Selección, instalación, operación y mantenimiento, enunciadas a continuación:

- *De las condiciones y selección de los equipos.*

- ✓ Indicar al proveedor la naturaleza exacta del tipo de operación que la bomba va a realizar.
- ✓ Especificar los gastos o caudales máximos y mínimos que se necesitan, y la capacidad normal de trabajo (ver diseño del sistema hidráulico).
- ✓ Verificar los rangos de presión de descarga y accesorios acoplables para la futura instalación, basados en los planos y datos existentes en la memoria técnica del proyecto.
- ✓ Recalcar al proveedor el tipo servicio para el sistema, el cual es de orden continuo.
- ✓ Indicar de que tipo o tipos de energía se dispone para los diversos accionamientos.
- ✓ Especificar las limitaciones del espacio disponible (geometrías básicas de los equipos).
- ✓ Asegurarse que los equipos a adquirirse posean repuestos.
  
- ***De la instalación de los equipos.***
  - ✓ Las bases de los accionamientos y de la bomba deben ser rígidas.
  - ✓ Comprobar el alineamiento entre los accionamientos y las partes de fuerza.
  - ✓ Las tuberías no deben ejercer esfuerzos sobre la bomba.
  - ✓ Usar las tuberías del diámetro calculado y asegurarse que los acoples utilizados estén ajustados de manera correcta.
  - ✓ Instalar medidores de flujo y manómetros adecuados.
  
- ***Operación***
  - ✓ No debe mermarse nunca la succión de la bomba para disminuir el gasto o caudal.
  - ✓ La bomba no debe trabajar en seco.
  - ✓ Efectuar observaciones frecuentes al nivel de aceite en la reserva.
  - ✓ Inspeccionar el sistema cada 50 horas de uso.

✓ Montar un cuenta horas para poder organizar los mantenimientos.

- ***Mantenimiento y reparación***

✓ No debe desmontarse totalmente la bomba o los accionamientos para su reparación.

✓ En caso de requerirse el desmontaje de algún elemento, tomar en cuenta la posición de las partes.

✓ Es necesario un cuidado especial al examinar y reacondicionar los ajustes.

✓ Limpiar completamente todas las partes y los conductos antes de volver a ensamblarlos.

✓ Al iniciar una revisión total deben tenerse disponibles juntas nuevas.

✓ Llevar un registro completo de las inspecciones y reparaciones.

- ***Inspección de puntos importantes***

✓ Asegúrese que el suministro eléctrico este desconectado antes de realizar cualquier trabajo en los equipos.

✓ Antes de realizar la inspección y el chequeo general, limpie las partes cuidadosamente. Los residuos gomosos y espesos pueden quitarse mediante el uso de un detergente.

✓ No es necesario desconectar la tubería de succión o de descarga, ni cambiar la posición de la bomba para realizar algunas de las maniobras descritas en este manual.

✓ Revisar el nivel adecuado de aceite en la reserva.

✓ En el caso de cambio de filtros, consultar las horas de uso de los mismos.

✓ Verificar fugas internas, las cuales se pueden deducir por la reducción en las velocidades de desplazamiento o por pérdidas de potencia en cualquier parte del sistema.

- ✓ Verificar fugas externas, las cuales se pueden detectar por pérdidas de fluido en diferentes partes del cilindro, las mismas que ocasionan reducción de la velocidad, potencia y consumo de aceite.
- ✓ Verificar periódicamente, de manera visual el estado de los vástagos (rayas, poros, golpes, corrosión o flexión) y de la tubería de presión.
- ✓ Verificar fisuras en el diámetro exterior de la camisa, soldaduras y tapas frontal y posterior.
- ✓ Realizar inspecciones de la existencia de ruidos en operación, que se puedan presentar debido a desgastes en guías, movimientos forzados e incorrecta alineación en estructuras
- ✓ Mantener las partes móviles con lubricación adecuada.

### **Consideraciones básicas para la operación y el mantenimiento eléctrico existente en la maquina troqueladora.**

Utilizar la maquina troqueladora, siguiendo el procedimiento previsto en este manual, ya que la mala utilización puede ser peligrosa para el personal que utilice dicha máquina.

#### **Preparación**

- ✓ Las operaciones de reparación y/o mantenimiento deben ser ejecutadas por personas calificadas y las fases de operación del sistema.
- ✓ Mantener los cajetines de revisión eléctrica y de equipos de mando en perfectas condiciones de conservación. (limpia, sin humedad, libre de residuos grasosos, entre otros).
- ✓ Asegurar la correcta conexión de los equipos eléctricos, verificando la tensión nominal de los mismos (220V 3 fases).
- ✓ La empresa debe contar con una potencia nominal mínima de 6 KVA



## **CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL MANDO Y ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA**

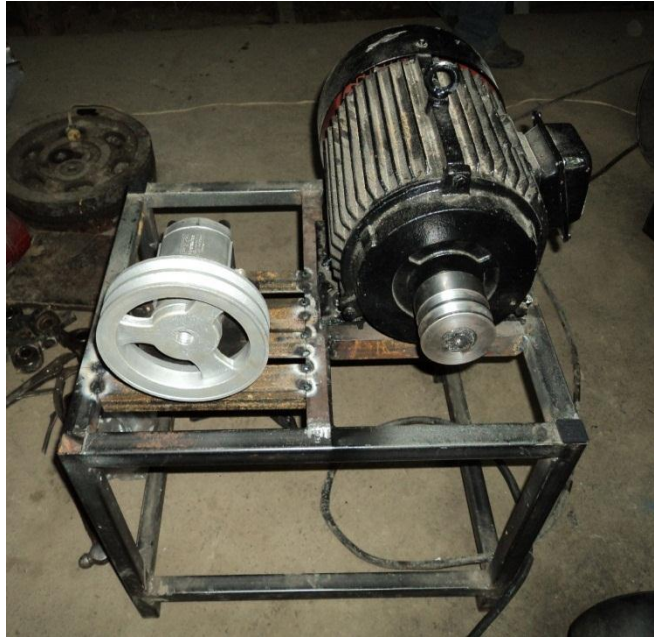
A continuación se detallan las siguientes fases que constituyen la construcción de paneles metálicos por medio de una máquina troqueladora.

1. Se prende el motor de la maquina troqueladora.
2. Con lo cual se pone en funcionamiento el sistema hidráulico.
3. Una vez obtenida la presión necesaria para poder moldear las láminas de acero.
4. Por medio de la válvula distribuidora se hace bajar el vástago del cilindro hidráulico para poder realizar la operación.
5. Hay que mencionar que las matrices deben estar bien posicionadas, y la lámina de acero puesta en el lugar deseado en el cual se va a realizar el estampado.
6. Una vez realizada la operación del estampado de la lámina de acero, mediante la válvula distribuidora se retrocede el vástago del cilindro hidráulico hasta su posición inicial.
7. Con lo cual podemos realizar un nuevo trabajo.

La información que contiene el presente manual se da con el fin de conocer las partes más importantes del sistema de control y mando y en caso de cualquier mantenimiento y/o remplazo de partes, estas deben de ser de las mismas características antes mencionadas.

**ANEXO 5: ANTEPROYECTO.**

**ANEXO 6: FOTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA  
TROQUELADORA.**



Construcción de la estructura de soporte.



Montura del cilindro hidráulico.



Matrices terminadas.



Conexiones de las mangueras de la red hidráulica.





Ajuste de la las matrices en la máquina.



Botonera de arranque parada.



Máquina troqueladora pintada y armada.



Producto terminado.



Máquina troqueladora.