

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNOLOGOS**

**MATRIZ DE EMBUTICIÓN Y CORTE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL  
LABORATORIO DE MATRICERÍA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA**

**FUENTES QUISAGUANO MAYRA XIMENA  
MULLAPA RUMIPAMBA MARTHA**

**DIRECTOR: ING. RODRIGO RUIZ**

**Quito, Enero 2008**

## DECLARACIÓN

Nosotras, Fuentes Quisaguano Mayra Ximena y Mullapa Rumipamba Martha declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Fuentes Q. Mayra Ximena

---

Mullapa R. Martha

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mayra Ximena fuentes Quisaguano y Martha Mullapa Rumipamba, bajo mi supervisión.

---

Ing. Rodrigo Ruiz  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## INTRODUCCIÓN

La construcción de la matriz se realizó secuencialmente con el proceso de embutido y corte, obteniendo piezas de forma determinada, cumpliendo normas y especificaciones técnicas lo que permitió alcanzar el objetivo.

Se procedió a:

- Dimensionar los elementos de la matriz
- Seleccionar los materiales de los elementos con la finalidad de garantizar un buen funcionamiento.
- Para la construcción de la matriz se empleó máquinas herramientas como: torno, fresadora, taladro de banco, y otros.
- Montaje de la matriz que garantice un buen acople.
- Seleccionar un adecuado tratamiento térmico de los elementos que lo requiera.

El proyecto tiende a seguir una secuencia básica de fácil entendimiento; con planos, hojas de procesos y anexos, detallando la información necesaria para una mejor interpretación pero considerando las exigencias del caso. Se puede indicar que el objetivo planteado se lo ha logrado con óptimos resultados.

Todos los capítulos incluyen la teoría que justifica cada paso que se ha seguido:

El primer capítulo hace una breve referencia general de la matricería lo cual es necesario para poder entender todo lo relacionado con el tema. Se ha puesto mayor énfasis en el estudio de la embutición, este proceso de estampado es una mezcla de las operaciones de doblado y estirado.

En el segundo capítulo se anota detalladamente los principales elementos que conforman una matriz.

En el tercer capítulo, se procedió a dimensionar y seleccionar los materiales para cada uno de los elementos que conforman la matriz. Posterior al dimensionamiento de los elementos, se detallan los pasos que se deben seguir para su construcción.

En el cuarto capítulo, se describe la secuencia del montaje de la matriz, las pruebas realizadas, resultados obtenidos y un manual de uso.

Finalmente, después de cumplir con el objetivo del presente trabajo se dan las conclusiones y recomendaciones.

En los anexos, se exponen diagramas utilizados para calcular la fuerza de embutición, tablas y normas empleadas, así como los planos.

## RESUMEN

La matricería es un proceso que se utiliza para obtener piezas de chapa metálica; el presente trabajo pretende resolver un problema, como es el de embutir y cortar en una sola matriz la cual permite obtener la pieza final deseada.

Inicialmente se planificó construir una matriz con un prensa chapa para la embutición el cual iba a constar de muelles pero con el estudio realizado se llegó a la conclusión de que existen otros materiales como es el caso de las gomas uretánicas que pueden sustituir y cumplir con las mismas funciones, además este material tiene la característica de distribuir la fuerza uniformemente.

En este proyecto se realizó un estudio minucioso de la pieza a obtener, haciendo hincapié en la embutición, ya que la falta de experiencia en el tema puede llevar a cometer errores lo cual conlleva a perder el tiempo y dinero durante la ejecución.

Una de las ventajas que presenta este proyecto es de sustituir elementos nuevos del mercado que cumplan con las mismas funciones de los elementos tradicionales.

Pero a la vez la construcción de la matriz representa un costo elevado y por esta razón es importante que se emplee en la producción en serie ya que solo así se justifica su construcción.

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I

#### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE MATRICERÍA

		<b>Pag.</b>
1.1	Introducción.....	1
	1.1.1 Definición.....	1
1.2	Clasificación de los Procesos de Matricería.....	2
	1.2.1 Punzónado.....	2
	1.2.2 Corte.....	2
	1.2.3 Doblado.....	3
	1.2.4 Embutición.....	4
1.3	Conceptos Generales de Embutición.....	4
	1.3.1 Embutido.....	4
	1.3.2 Deformación en la embutición.....	5
	1.3.3 Tipos de embutición.....	6
	1.3.4 Influencia de los materiales de embutir.....	9
	1.3.5 Juego entre matriz y punzón.....	10
	1.3.6 Fuerza ejercida por el punzón para embutir y desprender.....	10
	1.3.7 Desarrollo de un elemento embutido.....	11
	1.3.8 Lubricante a usar en la embutición al material a deformar.....	11

### CAPÍTULO II

#### ELEMENTOS QUE CONFORMAN UNA MATRIZ

2.1	Parte Móvil.....	14
	2.1.1 Macho.....	15
	2.1.2 Freno de punzones.....	15
	2.1.3 Placa porta punzones.....	15
	2.1.4 Punzón.....	16
	2.1.5 Prensa Chapa.....	17
3.2	Parte Fija.....	18
	2.2.1 Columnas y casquillos laterales.....	18
	2.2.2 Placa matriz.....	19

2.2.3 Topes.....	21
2.2.4 Extractor.....	21
2.2.5 Zócalo.....	22

### **CAPÍTULO III**

#### **DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE EMBUTICIÓN**

3.1	Criterios sobre la elección del sistema constructivo de una matriz.....	23
3.2	Criterios para la elección del material a utilizar en la construcción.....	24
3.3	Elección del tipo de estampa.....	24
3.4	Forma y dimensionamiento de la pieza a obtener.....	25
3.5	Forma, dimensionamiento de los elementos que conforman la matriz y elección del tipo de material a utilizar en la construcción.....	26
3.5.1	Parte móvil.....	27
3.5.1.1	Freno de punzón.....	27
3.5.1.2	Casquillo.....	28
3.5.1.3	Placa porta punzones.....	29
3.5.1.4	Punzón de embutición.....	30
3.5.1.5	Punzón de corte.....	32
3.5.1.6	Prensa chapas.....	34
3.5.2	Parte fija.....	36
3.5.2.1	Zócalo o placa inferior.....	36
3.5.2.2	Porta Matriz.....	36
3.5.2.3	Matriz de Embutición.....	37
3.5.2.4	Guías Laterales.....	38
3.5.2.5	Extractor.....	39
3.5.2.6	Elementos de fijación.....	40
3.6	Construcción de los elementos.....	40
3.6.1	Elaboración de los planos de los elementos de la matriz de embutición.....	40
3.6.2	Construcción de los elementos de la matriz .....	41



## **CAPÍTULO IV**

### **MONTAJE, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ELABORACIÓN DE PIEZAS DE MUESTRA**

4.1	Montaje del conjunto (Punzón-Matriz).....	61
4.2	Pruebas de funcionamiento de los elementos, sin carga.....	65
	4.2.1 Plan de prueba.....	65
	4.2.2 Descripción de la prueba.....	67
4.3	Prueba de embutición, obteniendo la pieza embutida.....	68
4.4	Análisis de la pieza obtenida.....	71
4.5	Resultados.....	72
	Manual de uso.....	73

#### **4.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones.....	74
Recomendaciones.....	74

## **BIBLIOGRAFIA**

### **ANEXO 1**

- Diagrama de Fuerza de embutición según Siebel y Oehler
- Ejercicio: Cálculo de la fuerza de embutición

### **ANEXO 2**

- Tabla 1; Elementos de superficie para el cálculo de recorte
- Tabla 2; Lubricantes a usar en la embutición, en relación al material a utilizar.
- Tabla 3; Propiedades, ventajas y limitaciones de los cuatro tipo de goma Uretánica derivados del Polímero Líquido adreno

### **ANEXO 3**

- Plano general
- Planos de despiece
- Planos de construcción

# **CAPÍTULO I**

## **1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE MATRICERÍA**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El estudio del ciclo de trabajo relativo a una matriz consiste en definir una serie de operaciones tecnológicas ordinarias que transforman una forma inicial en otra final.

Para alcanzar un resultado prácticamente realizable, es necesario recurrir a frecuentes pruebas de laboratorio y de taller, haciendo además, durante el desarrollo de alguna de las fases de trabajo, frecuentes comprobaciones.

Los factores que contribuyen a hacer difícil la solución teórica de determinados problemas son:

- La forma geométrica irregular de algunas piezas.
- La calidad del material que constituye la plancha de embutir.
- El modo cómo se ha de construir la matriz.

#### **1.1.1 DEFINICIÓN DE ESTAMPADO**

Es el conjunto de operaciones con las cuales, sin producir virutas, se somete una chapa plana a una o más transformaciones, con el fin de obtener una pieza que tengan forma geométrica propia, sea esta plana o hueca, es decir, es una deformación plástica.

## **1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESO DE MATRICERÍA**

Las operaciones del estampado de la chapa se subdivide en:

- a) Punzonado
- b) Corte
- c) Doblado
- d) Embutido

### **1.2.1 PUNZONADO**

El punzonado es una operación básica de perforación en la que se obtiene un producto recortado o terminado a cierto tamaño.

Las fuerzas para el punzonado están relacionadas directamente con el límite elástico antes de ser cortado y conforme el punzón va introduciéndose en la tira del metal, la fibra del mismo tiende a estirarse progresivamente hasta rebasar el límite elástico y es cuando se corta. Debido a la elasticidad del material, tienen lugar reacciones internas que se manifiestan en fibras cortadas, lo que produce rozamiento dentro de las paredes de la matriz.

En la operación de punzonado, los punzones y matrices suelen diseñarse de tal manera que las sucesivas fases se realicen en la misma matriz. Así también en la mayoría de las operaciones de punzonado el troquel o “dado” incluye tres factores esenciales: El punzón debe coincidir en forma y tamaño con el troquel. Además, se debe incluir algún dispositivo para que cuando se retire el punzón el material formado no se adhieran al punzón.

### **1.2.2 CORTE**

El corte sin arranque de viruta es un proceso de conformado mecánico, en la cual el corte mismo del metal implica someterlo a tensiones cortantes, arriba de su resistencia, hasta obtener la separación del metal.

Las máquinas cortadoras o tijeras para láminas son muy adaptables, poco costosas, sencillas para manejar y mantenerlas, aunque la producción sea lenta.

Clasificación del corte:

- a) El que utiliza guillotina o un tipo similar de máquina universal de corte (cizalla) para cortar metal a una forma o dimensión deseada.
- b) El que usa herramientas o dados específicos para cortar una forma determinada de lámina, este proceso también se lo llama troquelado.

Cizallado, es un proceso de corte para láminas y placas sin arranque de viruta, mediante dos cuchillas una móvil y una fija.

### **1.2.3 DOBLADO**

El doblado es un proceso de conformado mecánico por flexión en la que el metal es obligado a tomar nuevas formas por movimiento o flujo plástico sin alterar su espesor, de forma que todas las secciones permanezcan constantes.

Para las operaciones de doblar en general, es necesario tener en cuenta los siguientes factores: el radio de curvatura, esto es importante para no estirar excesivamente la fibra exterior y para garantizar un doblado sin rotura; y la elasticidad del material, esto es importante en el doblado, pues la fuerza para realizar este proceso está directamente relacionado con el límite elástico del material (el límite elástico depende de la estructura del material y la composición de la aleación).

Clasificación de los procesos de doblado: el doblado abarca tres procesos a saber: el plegado, el perfilado y el rolado.

## 1.2.4 EMBUTICIÓN

Es el proceso de conformado en frío por el que se transforma una chapa plana en un cuerpo hueco, adaptándola a la forma definida por la matriz del útil, mediante la presión ejercida por el punzón. Se trata de un proceso de conformado de chapa por deformación plástica en el curso de el cual la chapa sufre simultáneamente transformaciones por estirado y por recalado produciéndose variaciones en su espesor.

## 1.3 CONCEPTOS GENERALES DE EMBUTICIÓN

### 1.3.1 EMBUTIDO

Se emplea el término embutido según Rossi para indicar la operación mediante la cual se somete una chapa bajo la forma de un cuerpo cóncavo. La operación de embutir consiste en transformar una chapa plana de metal laminado en un cuerpo cóncavo por medio de alargamiento<sup>1</sup>.

En este proceso teóricamente no se altera el espesor de la lámina, aunque en la práctica no se verifica con exactitud.

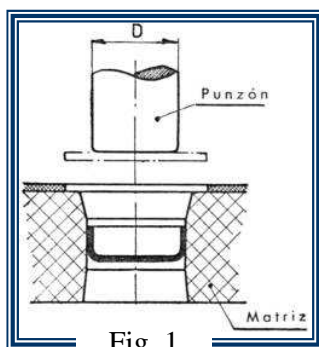


Fig. 1

El procedimiento base que proporciona el concepto del embutido es el de obligar a un disco metálico a pasar, mediante la presión ejercida por un punzón, a través de un agujero cilíndrico de diámetro superior a dos veces el espesor del disco (Fig.1). La parte del material obligada a pasar entre el espacio definido por el punzón y la matriz sufre una compresión que impide la formación de los pliegues que, de otro modo, serían inevitables.

La compresión se produce en todo el borde del recipiente, mientras el fondo debe resistir el empuje del punzón.

<sup>1</sup> ROSSI MARIO; Estampado en Frío de la Chapa; Madrid 1979, 8va ed.; Pag. 66

### 1.3.2 DEFORMACIÓN EN LA EMBUTICIÓN

La deformación se puede ver en la fig.2, donde un disco A ha sido embutido en un cilindro hueco B. Aquí el disco del fondo del cilindro B no ha sufrido ninguna deformación, pero la pared cilíndrica ha sido deformada a una altura  $h$ , ya que inicialmente componía la corona circular de anchura  $h_0$ . Así también, el elemento  $S_0$  experimenta una variación durante el embutido, cambiando su forma trapezoidal por la rectangular  $S$ ; al mismo tiempo, el elemento  $S_0$  se ha doblado a  $90^\circ$ . Para el cambio de forma se verifica que la altura  $h$  del cilindro es mayor que la altura  $h_0$  del elemento trapezoidal plano<sup>2</sup>.

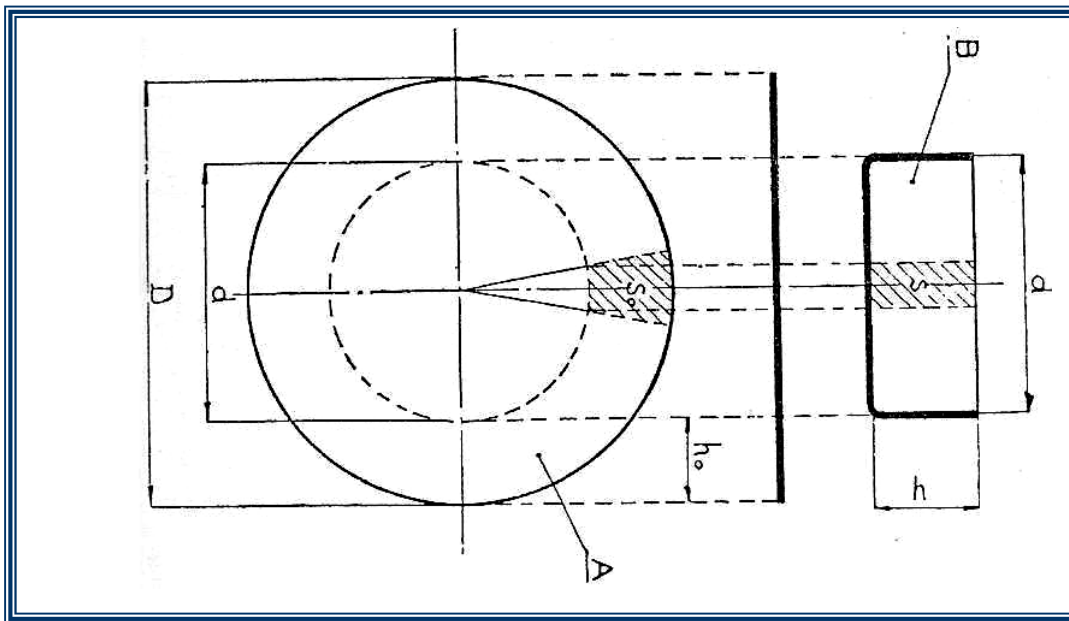


Fig.2 demostración práctica de la deformación que ha experimentado el material de un recipiente embutido.

Según lo anterior, se puede decir que cada elemento durante el embutido, está sometido por fuerzas radiales de tracción y por fuerzas tangenciales de compresión.

<sup>2</sup> ROSSI MARIO; Estampado en Frío de la Chapa; Madrid 1979, 8va ed.; Pág. 66

Para ver como se produce la deformación de las fibras, se marca un retículo de líneas cruzadas en el disco de la chapa a embutir y según la deformación que ha experimentado el retículo, una vez embutido, se puede conocer las variaciones del material y calcular con cierta aproximación los alargamientos que ha sufrido.

### 1.3.3 TIPOS DE EMBUTICIÓN

#### EMBUTICIÓN POR ESTIRADO

La operación de estirar consiste en disminuir, mediante sucesivas pasadas (Fig.3), el espesor de la pared cilíndrica de un recipiente previamente embutido, a fin de conseguir las dimensiones deseadas, es decir de una sección circular mas pequeña y una longitud mayor. El porcentaje de reducción del espesor, por cada pasada, depende de la calidad del material y su ductilidad.

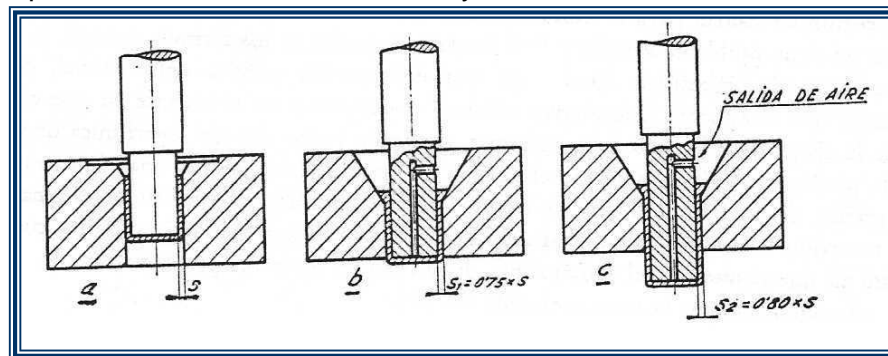


Fig.3: Embutición por Estirado.

La deformación se obtiene por la acción de las fuerzas axiales del punzón.

#### EMBUTICIÓN NEGATIVA

La embutición negativa es un proceso de estirado profundo que tiene como base modificar, en cada etapa de estirado, el flujo de líneas formadas en el material durante el proceso precedente.

Los estirados obtenidos por este procedimiento tienen generalmente un espesor uniforme y se pueden obtener piezas profundas en pocas etapas de formación. En la fig.4, se muestra un proceso de embutición negativa.

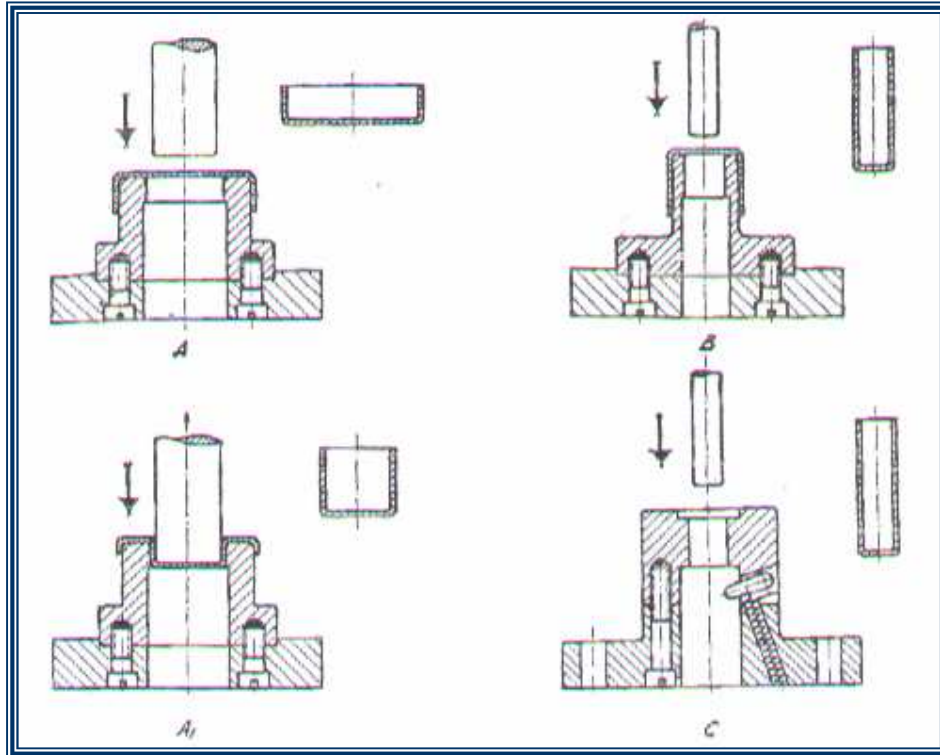


Fig. 4: Embutición Negativa.

Las reducciones obtenidas por este procedimiento pueden ser de 50 a 75%. Así también, los radios son más definidos cuanto mas profundo es el estirado que se efectúa.

### **EMBUTIDO CON PUNZÓN DE GOMA**

Este método de embutido es empleado especialmente en los trabajos de chapas metálicas ligeras (aluminio) que cumplen la propiedad de ser duro y elástico a la vez.

La matriz puede construirse de madera, material plástico o aleaciones de magnesio. El punzón se construye de goma semidura.



En la operación, primero el punzón de goma esta en contacto con la chapa ejerciendo la función de sujetador; luego este desciende obligando a la chapa a introducirse en el hueco de la matriz y a seguir la superficie de las paredes interiores (fig.5).

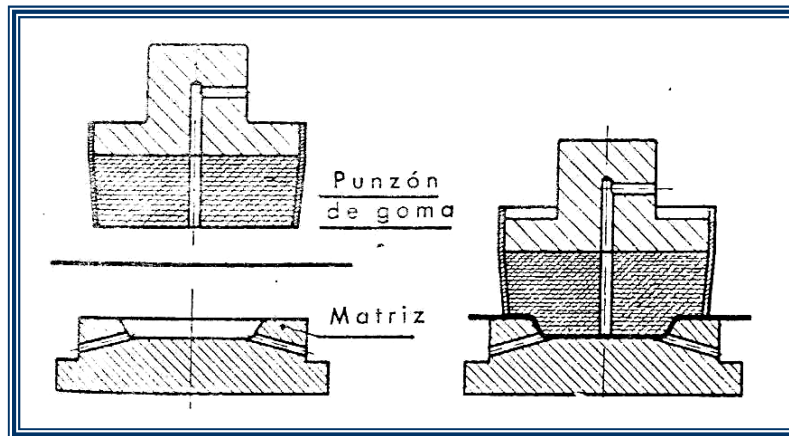


Fig.5. – Sistema de Embutición con Punzón de Goma

### **EMBUTICIÓN DIRECTA (EMBUTICIÓN DE GRAN SUPERFICIE)**

La embutición directa es para piezas de gran tamaño, donde se requiere que se corte primeramente un patrón plano, o pieza desarrollada, en matriz a parte y someterlo posteriormente a embutición.

En las piezas de gran superficie es necesario, en muchas ocasiones, efectuar más de una operación hasta conseguir tener la pieza terminada, recociendo las piezas entre operación y operación y aumentando el grado de formabilidad del material.

### **EMBUTICIÓN CON PRENSADISCOS**

La operación en que el estirado en una dirección va acompañado de compresión normal a esta dirección se denomina embutición con prensa discos.

El proceso en si, se puede representar en la embutición de un vaso con prensadiscos partiendo de un disco plano, donde lo más importante es el empleo de prensadiscos (Fig. 6). El anillo se aprieta contra el metal lo necesario para evitar la formación de arrugas, sin que la presión aplicada evite el resbalamiento.

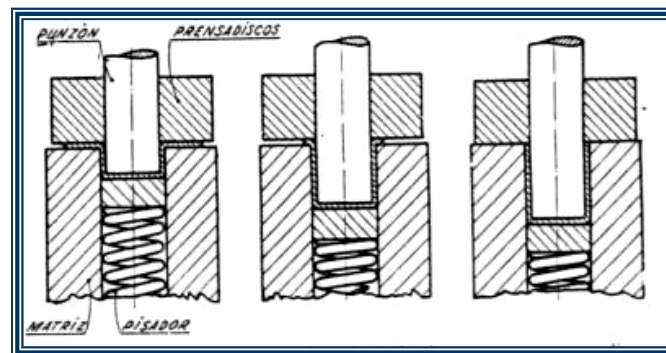


Fig. 6: Embutición con Prensadiscos.

A medida que desciende el punzón, el metal fluye alrededor del radio de embutición, es alargado a lo largo del eje del vaso y es comprimido en dirección circunferencial. Esta acción tiene lugar debajo del anillo prensadiscos y alrededor del radio de embutición, y no en el moldeo del mismo, lo que hace resaltar la importancia del anillo prensadiscos.

#### 1.3.4 INFLUENCIA DE LOS MATERIALES DE EMBUTIR

En la mayoría de casos el buen resultado del embutido depende de la calidad del material y su tratamiento. La chapa de cualquier metal, para responder a las características del embutido, debe ser dulce y recocida. Un material poco dúctil no se presta para embutir; ya que daría pésimos resultados y, en el mejor de los casos obtendríamos piezas agrietadas y sin resistencia.

Todo cuanto sucede lo origina la deformación de las fibras del material de la chapa, por lo que la calidad y el tipo del material tienen una gran influencia sobre el número de transformaciones que es necesario establecer para obtener, de una pieza plana de chapa, un objeto hueco.

### 1.3.5 JUEGO ENTRE MATRIZ Y PUNZÓN DE EMBUTICIÓN

Por juego entre matriz y punzón se entiende la diferencia de radios de la sufridera y el punzón. Como resultado de pruebas realizadas por Gütth, Schmidtke, Vonesser y Arend, recomienda que el juego idóneo ha de ser igual a 1.4 veces el espesor de la chapa que debe embutirse ( $J_e$ ):  $J_e = 1.4 \times e$ <sup>(3)</sup>

### 1.3.6 FUERZA EJERCIDA POR EL PUNZÓN PARA EMBUTIR Y DESPRENDER

La fuerza ejercida por un punzón en una embutición cilíndrica depende principalmente de la resistencia media a los cambios de forma, del diámetro de embutición, del diámetro del corte y del espesor del material.

La fuerza de embutición crece rápidamente al iniciarse la carrera del punzón y alcanza su valor máximo cuando este queda introducido hasta una profundidad determinada en el aro de embutición, profundidad que corresponde a la suma del radio de la arista de dicho aro con el radio del canto inferior del punzón. Para una pieza de embutición de poca altura, en la que los radios de redondeo de la arista de embutición y del punzón son grandes, no se presenta su fuerza máxima al principio, sino hacia la mitad del embutido.

Después de algunos estudios realizados por expertos, la fuerza de embutición  $P_z$  para piezas cilíndricas sencillas está dada por la siguiente formula:

$$P_z = 5 \cdot d \cdot s \cdot k_{fm} \cdot \ln \beta^4$$

d : diámetro del punzón de embutición

S : espesor de la chapa, en mm

$K_{fm}$  : resistencia media al cambio, en Kp/mm<sup>2</sup>

<sup>3</sup> OEHLER GERHARD; Herramienta de Troquelar, Estampar y Embutir; Barcelona 1977; Editorial Gustavo Gili, S.A.; ed. 6<sup>ta</sup>; Pág. 334

<sup>4</sup> OEHLER ERHARD; Herramienta de Troquelar, Estampar y Embutir; Barcelona 1977; Editorial Gustavo Gili, S.A.; ed. 6<sup>ta</sup>; Pág. 317

$\beta$ : D/d  
D: diámetro del recorte

Por la inconveniencia de calcular el  $\ln(D/d)$  y tomando en cuenta que el valor de  $K_{fm}$  se obtiene por medio de gráficos, la fuerza de embutición es más sencillo obtener por métodos gráficos. Ver anexo 1

### **1.3.7 DESARROLLO DE UN ELEMENTO EMBUTIDO**

Un problema que se presenta en el embutido, es el relacionado con la determinación de las dimensiones de la chapa, de la que a de salir el elemento deseado con el empleo de menor material posible; con este fin se han desarrollado métodos de cálculos que son fácilmente aplicables para cuerpos huecos de forma geométrica regular, líneas rectas y secciones circulares.

Para cuerpos de diferentes formas o irregulares, no siempre se pueden seguir un cálculo aproximado, es necesario valerse de pruebas de embutido.

En el anexo 2, se presenta la tabla 1 para calcular los desarrollos aproximados de varios objetos de forma geométrica regular.

### **1.3.8 LUBRICACIÓN A USAR EN LA EMBUTICIÓN EN RELACIÓN AL MATERIAL A CONFORMAR**

Para transformar una chapa plana en un cuerpo hueco mediante el embutido se a de proceder con una fuerza axial que castiga, entre ciertos límites, las fibras del material.

El punzón y la matriz, a los cuales se les ha asignado la función de moldear, tienen que vencer el efecto producido por las fuerzas laterales; estas fuerzas originan un importante frotamiento entre las paredes.

El material de la chapa, que tiende a escaparse y dominar desordenadamente, es obligado a extenderse uniformemente en el espacio

definido entre el punzón y la matriz. En otros términos: se modifica la disposición interna de las fibras de la chapa y se les hace seguir otra nueva.

Para facilitar esta labor y reducir las posibilidades de romper las fibras del material, es necesario que durante el embutido se lubrifiquen abundantemente con sustancias fluidas todas las superficies de frotamiento de la estampa con la chapa. De este modo se prolonga la duración de la misma estampa.

Según los diversos materiales con que se trabaja, el lubricante puede ser de varias clases como se puede ver en la tabla 2 (Aexo2)

### **GRASAS LUBRICANTES**

Se denomina grasa lubricante a la mezcla, sólida o semisólida de un lubricante fluido.

**FLUIDO:** Aceite natural (petróleo)  
Producto sintético

Se utiliza las grasas cuando se quiere que el lubricante mantenga su posición original en el mecanismo. Debido a la naturaleza esencialmente sólida, las grasas no pueden cumplir funciones de refrigeración o de limpieza la en forma que lo hacen los lubricantes líquidos.

### **CARACTERISTICAS DE LAS GRASAS**

Las siguientes son propiedades que tienen mayor significado en las grasas lubricantes.

<b>CONSISTENCIA:</b>	Esta propiedad se expresa comúnmente en términos de penetración.
<b>PUNTO DE GOTEO:</b>	Esta característica se asocia indebidamente con la temperatura máxima de trabajo.
<b>RESISTENCIA AL AGUA:</b>	Es otra propiedad de las grasas y ello depende primordialmente del tipo de jabón base con que se haya elaborado. Algunas tienen disolventes de agua, mientras otras se sostienen firmemente ante la presencia de la misma.

## CAPÍTULO II

### ELEMENTOS QUE CONFORMAN UNA MATRIZ DE EMBUTICIÓN

Uno de los modelos más corrientes construidos de chapa, para embutir piezas de pequeñas y medianas dimensiones, se muestra en la Fig.7 con sus elementos más importantes y los secundarios se mencionaran en el desarrollo de este capítulo.

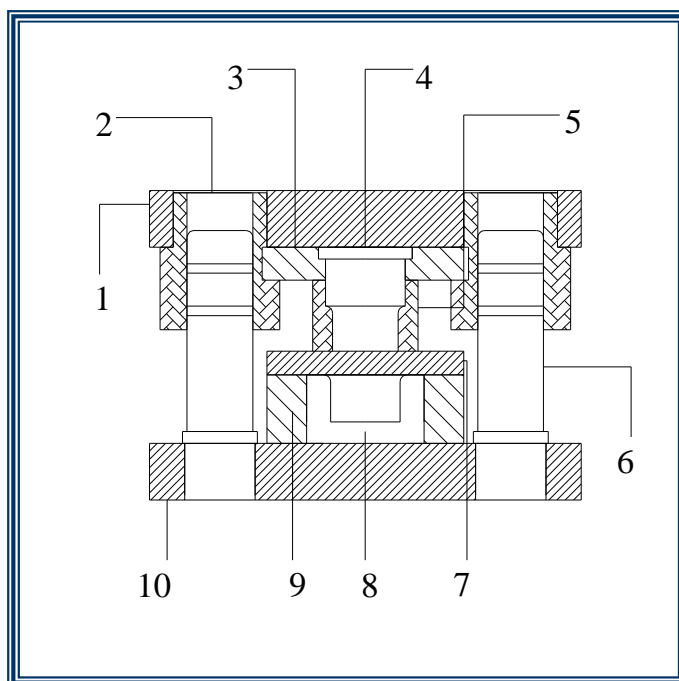


Fig. 7: Modelo para Embutir.

1. FRENO DE PUNZÓN O PLACA SUPERIOR
2. CASQUILLOS
3. PORTA PUNZON
4. PUNZON
5. ELEMENTO ELASTICO
6. COLUMNAS O GUIAS
7. PRENSA CHAPAS
8. MATRIZ
9. PORTA MATRIZ
10. ZOCALO O PLACA INFERIOR

## 2.1. PARTE MÓVIL

### 2.1.1 MACHO

El macho tiene por finalidad unir a la matriz con la prensa y este baja conjuntamente con ella, como se ve en la Fig. 8

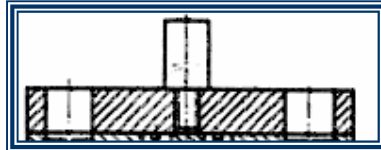


Fig. 8: Macho

### 2.1.2 FRENO DE PUNZON O PLACA SUPERIOR

La placa freno de punzón es la que va unida al macho, tiene por función frenar al punzón.

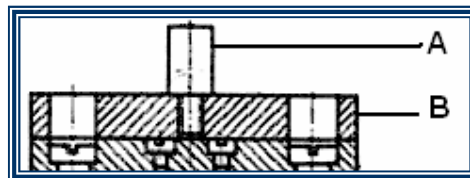


Fig. 9: Freno de punzón.

### 2.1.3 PLACA PORTA PUNZON

La sufridera (Fig.10) o porta punzones, es el elemento destinado a llevar el punzón. En esta placa se realiza los agujeros del mismo diámetro que el punzón, de tal manera que quede bien asentada a presión o mediante una raíz cilíndrica y tornillos.

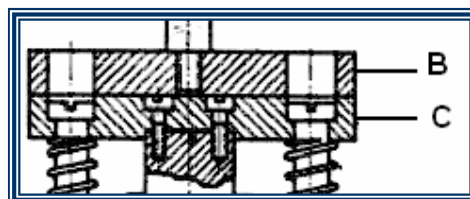


Fig. 10: Placa porta punzón (elemento C)



La sufridera puede disponerse de uno o más punzones ensamblados en la base de este.

#### 2.1.4 PUNZÓN

El punzón D es usado para diferentes construcciones y finalidades.

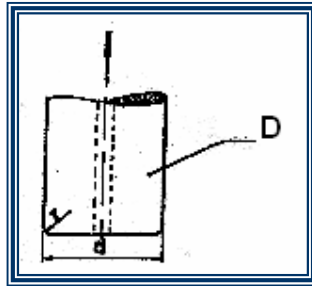


Fig. 11. Punzón

Las formas geométricas de su parte de trabajo se escogen según el destino y la forma de la pieza a embutir, pudiendo ser estas cilíndricas cónicas, esféricas, rectangulares, perfiladas, etc.

Los bordes de los punzones o matrices se hacen redondeado (Fig. 8-D) y el tamaño de los mismos influyen en el esfuerzo de embutición, grado de formación, posibilidad de la formación de pliegues en la brida.

La fijación de los punzones a la parte móvil superior de la prensa puede hacerse según las funciones:

- De las dimensiones
- De su forma
- Del modo en que debe trabajar
- Del espesor de la capa a trabajar
- De la cantidad de piezas a producir

Para un solo punzón puede construirse integralmente, es decir, introducir en la parte superior cilíndrica en la parte macho de la prensa y fijado lateralmente con tornillos.

Para varios punzones (Fig.12), la fijación se realiza mediante un órgano intermedio llamado placa porta punzones C, la misma que esta unido a la placa superior B, mediante tornillos.

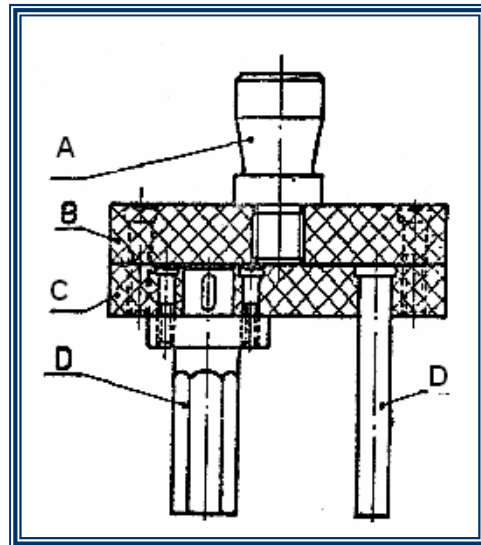


Fig.12: Punzones

Para los punzones (D) de mayor dimensión, se hace mediante una raíz cilíndrica y tornillos; y la fijación mediante una chaveta. En caso de estampas de precisión se puede interponer entre la placa superior y la placa porta punzones, una placa de acero bonificado o cementado y templado, para impedir que las cabezas de los punzones se incrusten en la parte blanda.

Otros sistemas de fijación de los punzones pueden ser mediante tornillo mariposa, tornillos y espárragos, tornillos laterales aplicados al punzón, y para una mejor garantía mediante el apoyo de la corona sobre el asiento cónico y la retención del brazo cilíndrico con una tuerca empotrada en la placa.

### 2.1.5 PRENSA CHAPAS

El prensa chapas (el elemento E de la Fig.13), es un elemento que evita la formación de arrugas de la chapa, esta unido al elemento C.

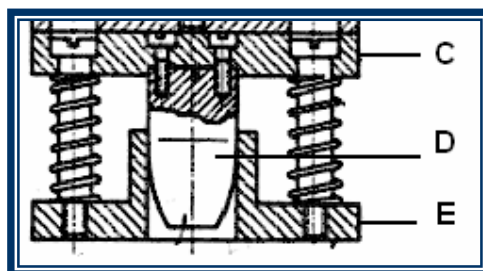


Fig. 13: prensa Chapa.

## 2.2 PARTE FIJA

### 12.2.1 COLUMNAS Y CASQUILLOS LATERALES

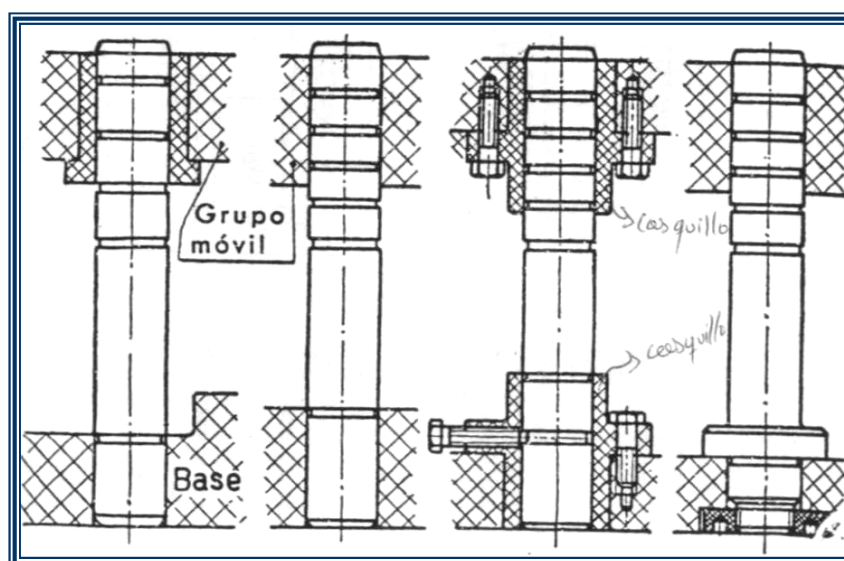


Fig.14: Columnas

Las guías columnas (Fig.14), son accesorios en forma de barras cilíndricas fijadas en las matrices, estas aseguran la coincidencia exacta de la parte fija y parte móvil de la estampa de embutición, es decir, la coincidencia exacta de los punzones y matrices de embutir. La utilización de estos elementos simplifica la instalación y el ajuste de la estampa sobre la prensa.

Las columnas guías son empotradas en la placa inferior de la estampa y, los casquillos en la superior. También puede ser a lo inverso, según las necesidades.

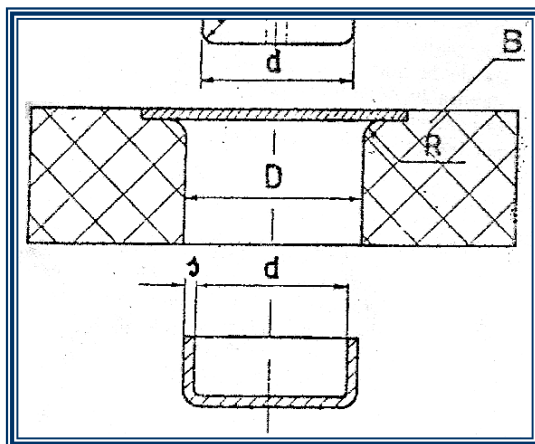
En los casquillos y a veces en las columnas se hacen ranuras para el lubricante a menudo, se emplean casquillos provisto de un collar con bolas o rodillos, lo que permite reducir las pérdidas por frotamiento, sobre todo, en el estampado acelerado.

Para cada estampa se necesita por lo general dos columnas de alineación o centrado, que se disponen en la mejor forma a fin de no obstaculizar los movimientos del operario.

Las dos columnas de una misma estampa pueden tener el mismo diámetro.

### 2.2.2 PLACA MATRIZ

La matriz (Fig.15), es el elemento que guía y moldea el objeto en la operación de embutición. La placa matriz puede llevar un porta matriz o ser fijadas directamente a la placa inferior



Las matrices pequeñas se empotran a presión en los portadores que se fijan, por medio de tornillos y clavijas a la placa inferior.

Fig. 15: Placa Matriz

Las matrices se fabrican del mismo material del punzón. A veces se puede utilizar matrices y punzones fabricados de plástico sobre armazones metálicos,

que son menos resistentes pero baratos. Así también, para la producción de artículos estampados en lotes pequeñas en la embutición y el moldeo se utiliza punzones y matrices fundidos de aleaciones fusibles.

Para que una matriz cumpla adecuadamente su función debe estar provista de órganos apropiados llamados porta matrices (Fig.16).

Esto es necesario por los siguientes motivos:

- Necesidad económica de reducir el empleo de los aceros especiales
- Comodidad de poder regular la alineación
- Facilidad de solo cambiar la matriz.

Así también, las principales características que debe cumplir una base porta matriz son las siguientes:

- Los medios para fijar la matriz,
- Los medios para fijar la base porta matriz sobre la mesa.

La matriz puede ser fijada al porta matriz (elemento A) por tornillos (elemento B), clavijas tangenciales, tornillos de presión, tornillos ala de mosca que se encajan en la propia matriz y aseguradas con clavijas cónicas. También pueden ser posicionadas mediante varias regletas fijadas contra el plano inclinado por los tornillos, las regletas pueden ser de diferente espesor.

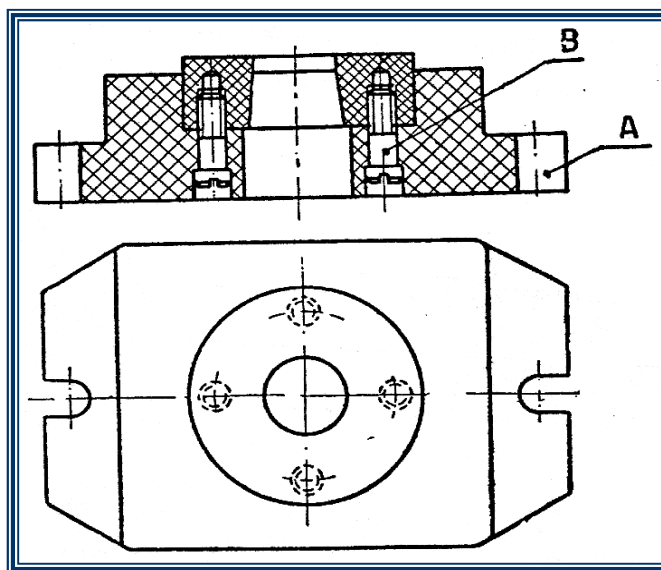


Fig.16 Porta matriz de asiento cilíndrico

### 2.2.3 TOPES

Los topes son accesorios y la colocación de la chapa metálica sobre la matriz de la estampa de embutición para lograr una adecuada fijación del desarrollo de la chapa a embutir. Se regula de forma automática y precisa por medio de tope, cuyos tipos principales son: rígidos, de balancín, de corte auxiliar

### 2.2.4 EXTRACTOR

Los extractores (Fig.17) sirven como elementos auxiliares. Estos evitan el enganche o arrastre de la chapa por parte del punzón durante el retroceso, se emplean distintos dispositivos extractores, situados en el punzón o en la matriz

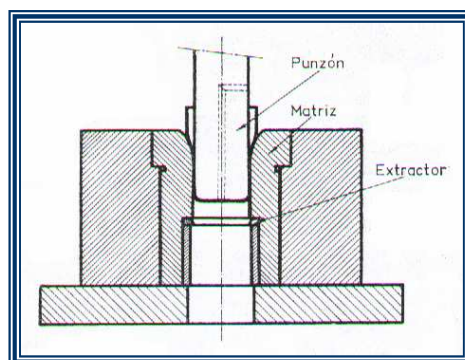


Fig. 17: Extractor

Los extractores en punzones extraen la chapa, y además sirven de guías a los punzones evitando su desviación. Los extractores en matrices previenen que la embutición quede adherida a la placa. Los extractores pueden ser accionados mediante muelles o goma.

### 2.2.5 ZÓCALO

El zócalo (Fig.18), este sirve como asiento para la matriz cuando esta desciende. Es decir, cuando la presión ejercida por el punzón alcanza el límite de resistencia de las agujas elásticas, estas comienzan a descender, y una vez que la matriz descansa sobre el zócalo, la pieza es estampada energicamente por el punzón.

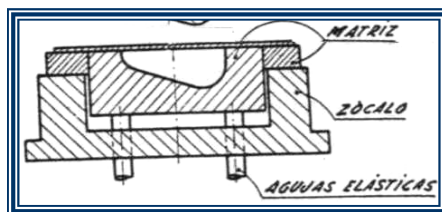


Fig. 18: Zócalo

## **CAPÍTULO III**

### **DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ DE EMBUTICIÓN**

#### **3.1 CRITERIOS SOBRE LA ELECCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE UNA MATRIZ**

Para crear un conjunto de mecanismos que sean aptos para la fabricación física de una chapa embutida se debe tener en consideración los siguientes factores.

1. Características de la pieza a obtener
2. Cantidad de piezas a obtener
3. Producción diaria
4. Habilidad del personal para la fabricación en serie

##### **1.- Características de la pieza a obtener**

Entre las características que influyen al momento de la elección del sistema constructivo son las siguientes:

- a) Dimensiones de la pieza a obtener
- b) Grado de precisión requerido
- c) Material que constituye la pieza

##### **2.- Cantidad de piezas a obtener**

Es el factor que influye en la elección del sistema, ya que esto se debe dar según las exigencias y conveniencias requeridas.

##### **3.- Producción Diaria**

Es cuando se trata de fabricar una importante cantidad de piezas o producción en serie; si la producción diaria es elevada se puede utilizar estampas para el embutido progresivo.



#### **4.- Habilidad del personal para la fabricación en serie**

Es un factor que influye en la determinación de la estampa de embutir. Si estas deben ser manipuladas por personal inexperto será necesario emplear muchos conocimientos para hacer fáciles las maniobras. También se debe tener en cuenta los tipos de máquinas que se tiene al alcance.

### **3.2 CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL MATERIAL A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN**

Elegir un determinado tipo de material de acuerdo con la función que debe cumplir la matriz de embutición se debe seleccionar en relación a los siguientes factores:

- a) Según las dimensiones de la estampa;
- b) Según el tipo de matriz;
- c) Según la temperatura a trabajar ya sea en frío o en caliente;
- d) Según el tipo de material a embutir

### **3.3 ELECCIÓN DEL TIPO DE ESTAMPA**

Teniendo presente todo lo que se ha dicho, el estampado de piezas puede obtenerse según los sistemas que a continuación se indica; las operaciones de embutido pueden ser realizadas:

- a) A mano, empleando moldes de madera;
  - b) En la prensa, mediante:
    - 1. Estampas de madera;
    - 2. Estampas de fundición;
    - 3. Estampas de acero;
    - 4. Estampas con punzón de goma.
- a) Los Moldes de madera para el embutido a mano sirven para moldear piezas relativamente grandes.

- b) Las estampas de madera para usar en las prensas, sirven para moldear piezas de chapa de aleaciones ligeras.
- c) Las estampas de fundición son empleadas para moldear elementos de chapa de acero de figuras muy complejas.
- d) Las estampas de acero, para prensas, sirven para producir elementos pequeños en los cuales deben obtenerse un determinado grado de precisión. Representa un utillaje completo.
- e) Las estampas con punzones o matrices de goma, para prensas, son empleadas para embutir chapa de material ligero como el aluminio.

Según los criterios anteriores se escoge el literal d (estampa de acero). Así también para obtener un borde bien cortado se ha visto en la necesidad de incorporar una matriz de corte por lo que se construirá una matriz combinada (Embutición-Corte). Esta matriz combinada constara con los siguientes elementos principales: 1) **PARTE MÓVIL:** Freno de punzón, Casquillos, Placa porta punzón, Punzón de embutición, Punzón de corte, Prensa Chapas. 2) **PARTE FIJA:** Zócalo, porta matriz., matriz de embutición, matriz de corte, Columnas Laterales.

### 3.4 FORMA Y DIMENCIONAMIENTO DE LA PIEZA A OBTENER

La forma del recipiente a obtener mediante la embutición será un recipiente con una pestaña de 5mm,  $\Phi$  ext. 30mm, y una profundidad de 10mm. El material a utilizar es aluminio con un espesor de 0.5mm. Figura 19

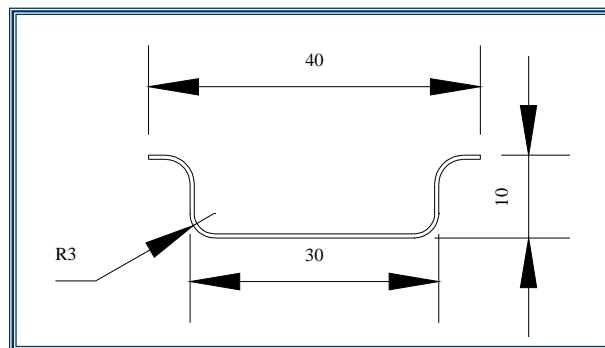


Fig. 19

Para obtener el recipiente es necesario realizar el cálculo del desarrollo del elemento. Para lo cual se ha utilizado la fórmula dada en la tabla 1 (elementos de superficie para el cálculo de corte, incorporados en el anexo 2).

**Formula:**  $D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$

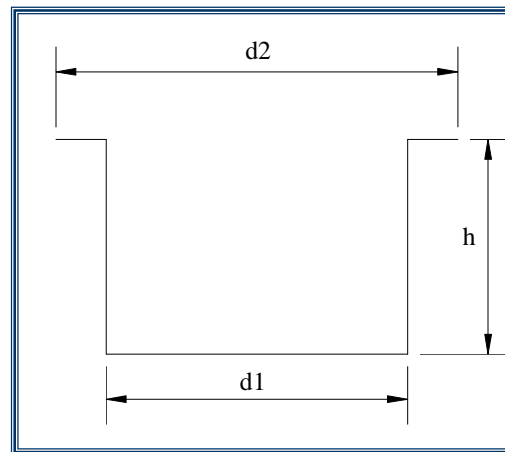


Fig. 20

$$D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$$

$$D = \sqrt{40^2 + (4 * 30 * 10)}$$

$$D = 52.9\text{mm}$$

### 3.5 FORMA, DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA MATRIZ Y ELECCIÓN DEL TIPO DE MATERIAL A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN

La matriz combinada por razones mencionadas anteriormente será de una longitud de 260mm, ancho de 200mm y una altura de 131mm. Como se muestra en la figura 21.

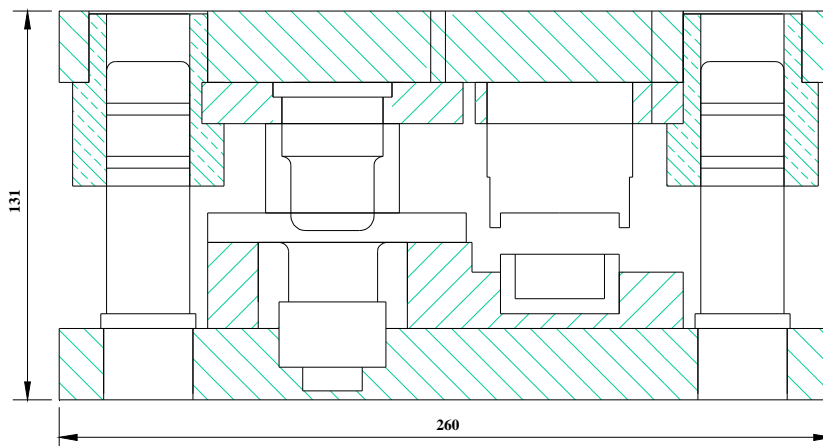


Fig. 21

### 3.5.1 PARTE MÓVIL

#### 3.5.1.1 FRENO DE PUNZÓN

El freno de punzón por no estar sometido a esfuerzos especiales, el material a utilizar será un acero 1045.

El cual se describe a continuación.

**ACERO**                    **AISI 1045**  
                                   **DIN CK45**  
                                   **W.N 1.1191**

Tipo de Aleación:            C0.45%, Si 0.3%, Mn 0.7%

Estado de Suministro:      Dureza natural 193 HB

#### **ACERO FINO AL CARBONO DE ALTA CALIDAD**

Gran pureza lograda con un proceso especial de fabricación y estricto control de calidad.

## APLICACIONES

Partes de maquinarias y repuestos sometidos a esfuerzos normales, árboles de transmisión, ejes, pernos, tuercas, ganchos, pines de sujeción, pasadores, cuñas, chavetas, etc.

También para herramientas de mano, **Porta Matrices**, Matrices, etc.

Este material cumple con las necesidades requeridas. La placa tiene las siguientes dimensiones 260x200x24mm. Figura 22

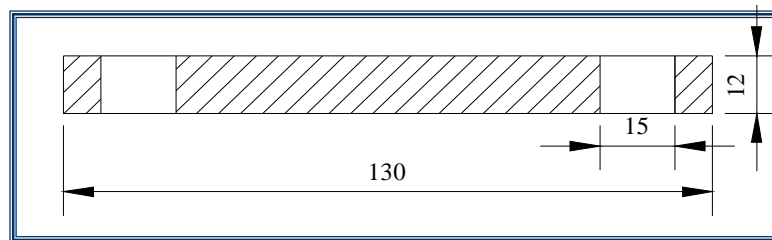


Fig. 22

### 3.5.1.2 CASQUILLOS

El casquillo será de Bronce ya que cumple con las siguientes características.

**BRONCE SAE 40**

**CALIDAD BS 1400 LG-2**

#### **CARACTERISTICAS GENERALIDADES DE BRONCE SAE40:**

Aleación de cobre de buenas cualidades elásticas y de resistencia al desgaste. Alta pureza de material, con la eliminación total de porosidad interna. Buena conductividad térmica, resistencia a la corrosión y facilidad al maquinado.

Tipo de aleación: Cu 85%, Sn 5%, Pb 5%, Zn 5%

**APLICACIONES:**

Donde hay aplicaciones de cargas ligeras y velocidades de baja a media, con sistemas de lubricación normal. Respaldos de cojinetes, arandelas de empuje de transmisión automáticas automotrices, cojinetes múltiples, manguitos de bombas y **bocines**

Las dimensiones del casquillo están dadas en el siguiente gráfico. Figura 23

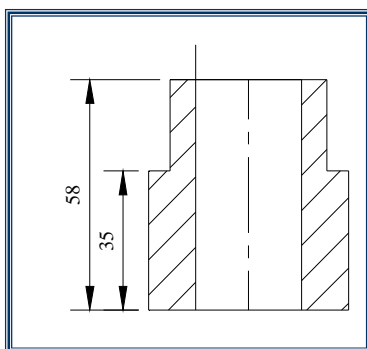


Fig. 23

**3.5.1.3 PLACA PORTA PUNZONES**

La placa porta punzones esta dividida en dos secciones, el material a utilizar será un acero 1045, y como se indico anteriormente las características de este material, también se lo puede utilizar para la elaboración del porta matriz. Las medidas de las placas son las siguientes: Figura 24

Placa porta punzón de embutición.

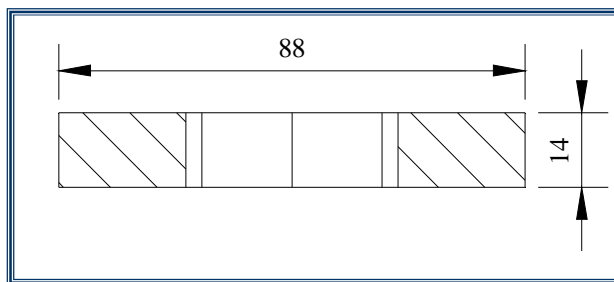


Fig. 24

Placa porta punzón de corte. Figura 25

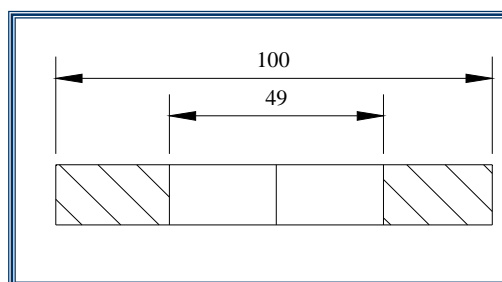


Fig. 25

### 3.5.1.4 PUNZÓN DE EMBUTICIÓN

El punzón de embutición, por ser el elemento principal debe poseer elevadas propiedades mecánicas como es de tener alta dureza, ser resistente al desgaste y tener alta tenacidad; en virtud a esto, el material a utilizar será un Acero DF-2. Para este caso el punzón ha sido sometido al Temple.

Las características del material son:

#### ACERO DF-2

#### AISI 01

Tipo de aleación: C0.90%, Mn 1.20%, Cr 0.50%, W0.50%, V0.10%

#### GENERALIDADES:

Acero al manganeso- cromo – tungsteno, templable en aceite para uso general apto para una gran variedad de aplicaciones de trabajo en frío buena maquinabilidad, estabilidad dimensional en el temple y buena combinación de dureza y tenacidad tras temple y revenido.

#### APLICACIONES:

Corte hasta 3mm de espesor; cizallado, punzonado, troquelado, desbastado, tronzado, desde 3mm a 10mm.

Conformado: doblar, acuñar, embutición profunda, repujado y conformado por estirado.

Troqueles pequeños de acuñar en frío, expulsadores, brocas y machos de roscar de tamaño pequeño y mediano.

El punzón de embutición tendrá la forma que se muestra en la figura 26.

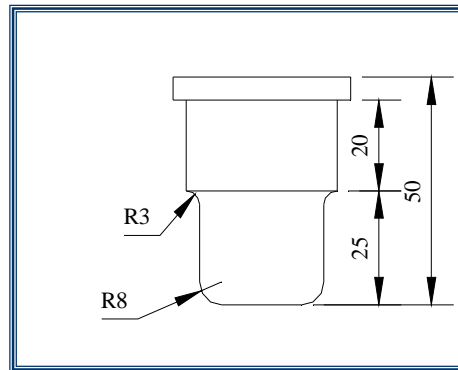


Fig. 26

Un aspecto fundamental a tener en cuenta en el dimensionamiento de este elemento es la arista del punzón, ya que si el redondeado es demasiado pequeño este puede cortar el material; por lo que algunos autores recomiendan un radio de 3 a 5 veces mayor que el redondeado de la arista de embutición ( $R_M$ ):

$$3R_M \leq R_P \leq 5R_M^{(5)}$$

#### Cálculo de la Arista del Punzón:

$$3R_M \leq R_P \leq 5R_M$$

$$3 \cdot 2.5\text{mm} \leq R_P \leq 5 \cdot 2.5\text{mm}$$

$$7.5\text{mm} \leq R_P \leq 12.5\text{mm}$$

<sup>5</sup> OEHLER, GERHARD; Herramientas de troquelar, Estampar y Embutir; Barcelona 1977; Editorial Gustavo Pili, S.A.; sexta edición; Pg. 333



Este cálculo da el redondeado aproximado de la arista del punzón; pero como esto no es exacto se procede a escoger el radio que sea conveniente durante la elaboración del elemento.

### 3.5.1.5 PUNZÓN DE CORTE

El punzón de corte por estar expuesto a esfuerzos dinámicos de corte debe tener elevada dureza, ser resistente al desgaste y tener estabilidad térmica, especialmente el filo del corte; razón por la cual el material será el mismo que se va a utilizar en el punzón de embutición, un acero DF-2 que cumple con estos requerimientos. Otra razón para utilizar este material es por que va a trabajar en un material ligero como es el aluminio y de un espesor de 0.5mm.

El punzón será sometido a un temple y cuyas medidas principales se detallan a continuación en el siguiente gráfico. Figura 27

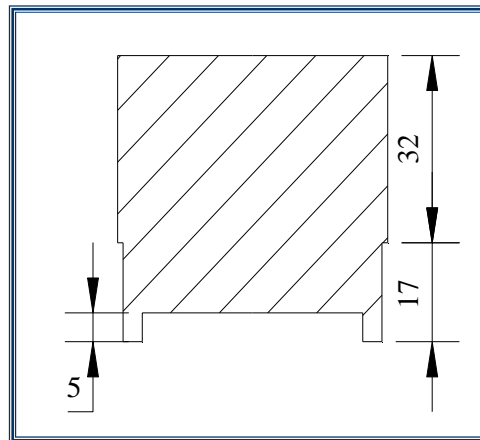


Fig. 27

En esta parte es importante tomar en consideración el juego que debe existir entre el punzón de corte y la matriz, y esto a su vez depende del espesor de la chapa y de la calidad del material, que podrá ser duro, dulce o blando.

La ASTM (Asociación Americana de Ingenieros de Manufactura de Metales) divide a los metales en tres grupos: Primer grupo: Aleaciones de aluminio ligero. Segundo Grupo. Aleación de aluminio duro, latón, bronce, Acero

dulce. Tercer Grupo: acero inoxidable, acero medio duro, acero duro. Indicando los siguientes juegos entre punzón y matriz: Primer Grupo: 4.5% del espesor; Segundo Grupo: 6% de espesor del metal y Tercer Grupo: 7.5% del espesor del metal<sup>6</sup>.

### CALCULO DEL JUEGO PARA EL CORTE

Aplicando lo dicho anteriormente el juego que debe existir es de:

$$J_c = 6\% * E$$

$$J_c = 0.06 * 0.5mm$$

$$J_c = 0.03mm$$

Otro método de obtener el juego para el corte es mediante el gráfico: Espesor de la chapa – tipo de material:

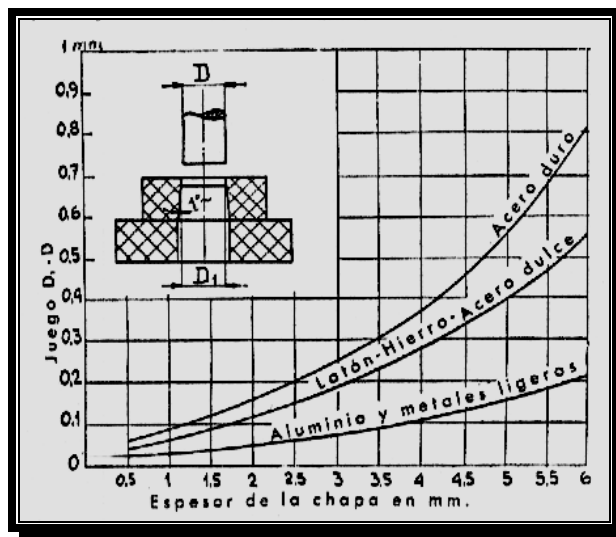


Fig. 28

Según el gráfico el juego que debe existir entre el punzón de corte y la matriz debe ser aproximadamente 0.025mm.

### 3.5.1.6 PRENSA CHAPAS

<sup>6</sup> ASTME; Die Design Handbook; Second Edition, Mc Graw Hill Co; Nueva York 1965; Pgs. 4-4,4-5

EL prensa chapa esta formado por una placa de acero 1045, la misma que cumple con lo requerido. Las dimensiones son de 120x80x10mm y con un elemento elástico, una pieza de goma uretánica que sustituye al muelle, esta pieza debe estar centrada.

Las gomas uretánicas son los nuevos materiales sintéticos que tienen las siguientes propiedades:

- ✓ Resistencia a la abrasión;
- ✓ Resistencia a la rotura por tracción;
- ✓ Resistencia al choque (superior a las otras gomas);
- ✓ Notable elasticidad;
- ✓ Gran resistencia al aceite, al calor, a la oxidación y a la acción del ozono.



Fig. 29

La goma uretánica es un derivado de los polímeros del adipeno los cuales, en estado bruto son líquidos. Con la vulcanización de estos polímeros se obtienen las gomas “uretánicas”. En el anexo 2, tabla 3 se muestra las ventajas y propiedades de las gomas uretánicas.

La goma uretánica utilizada garantiza la presión constante del sujetador durante el tiempo de operación.

Rossi recomienda para la chapa de aluminio la presión inicial de 8 a 10  $\text{kg/cm}^2$ , y para calcular la presión total P se debe aplicar la siguiente formula:

$$P = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) * p^7$$

$$P = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) * p$$

$$P = \frac{\pi}{4} (4.7^2 - 3.0^2)$$

$$P = 117.81 \text{kg/cm}^2$$

La barra uretanica de diámetro 50mm presenta una elevada resistencia a la presión con altos contenidos de fibra. Ofrece una resistencia a la presión de  $270 \text{kg/cm}^2$  como máximo. Según lo requerido y con los cálculos realizados es la que cumple con las propiedades que se busca.

Placa: prensa chapa

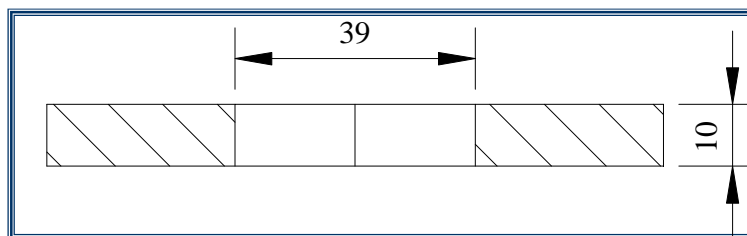


Fig. 30

Elemento elástico:

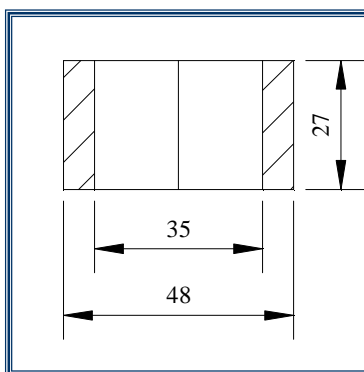


Fig. 31

<sup>7</sup> ROSSI, MARIO; Estampado en Frio de chapa; Madri 1979; 8va ed.; Pág. 104

### 3.5.2 PARTE FIJA

#### 3.5.2.1 ZÓCALO O PLACA INFERIOR

Por las mismas razones expuestas en el freno de punzó. Para el zócalo, el material a utilizar será un acero 1045. La placa tendrá las dimensiones de 260X200X24mm. Como se muestra en la siguiente figura:

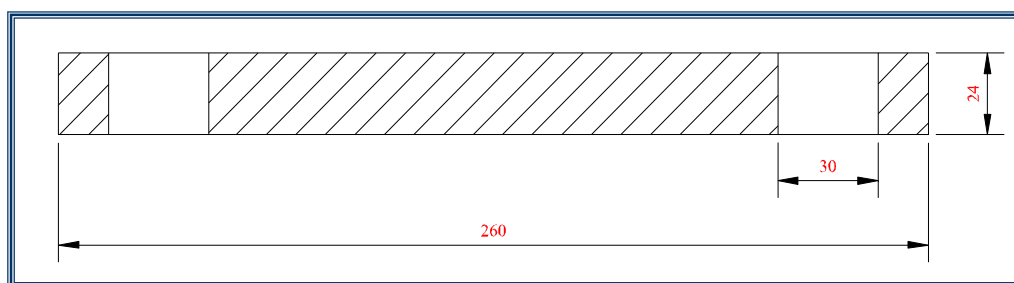


Fig. 32

#### 3.5.2.2 PORTA MATRIZ

Para la placa porta matriz, el material a utilizar será un acero 1045 (anexo 4: catalogo de Aceros BOHLER). Este material es un acero fino al carbono de alta calidad, compuesto de un elevado contenido de silicio y manganeso. Los mismo que elevan considerablemente el límite de fluencia del acero y sus propiedades mecánicas.

Las dimensiones se detallan en el siguiente grafico:

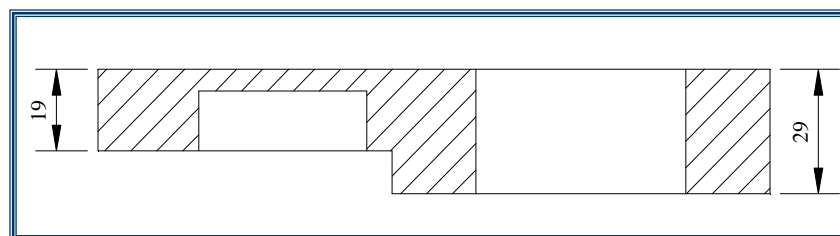


Fig. 33

### 3.5.2.3 MATRIZ DE EMBUTICIÓN

El material a utilizar para la matriz de embutición será un acero DF-2; este es un acero al Manganeso-Cromo-Tungsteno y que sometido a un temple y revenido se puede obtener buenas características (resistente al desgaste, alta dureza y tenacidad) del material.

Por consiguiente se tiene un eje de diámetro ext.50mm con una longitud de 30mm de espesor, en la cual se ha realizado un agujero de diámetro de 30mm, esto considerando el juego que debe existir entre la matriz y el punzón de embutición.

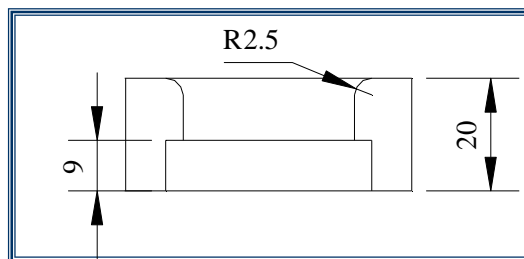


Fig. 34

El primer aspecto a considerar en el dimensionamiento de este elemento es el juego de embutición que debe existir entre el punzón de embutición y la matriz, sí el juego se hace mayor, el esfuerzo necesario para la embutición disminuye; pero si este aumento de la holgura es excesiva lleva consigo una serie de inconvenientes, como la desviación probable del punzón, pliegues y arrugas en las superficies laterales. Por esta razón se utilizará la formula recomienda en el capítulo uno.

El segundo aspecto importante a tomar en cuenta, es el radio de la arista de embutición (RM). Para el redondeo de las aristas de embutición. Rossi

recomienda un radio de 3 a 5 veces el espesor (e) de la chapa a embutirse ( $R_M$ ):

$$3e \leq R_M \leq 5e^8$$

### **Cálculo de la arista de embutición aplicando la formula de Rossi:**

- REDONDEADO DE LAS ARISTAS DE EMBUTICIÓN.-

$$3e \leq R_M \leq 5e$$

$$3 \cdot 0.5 \leq R_M \leq 5 \cdot 0.5 \text{mm}$$

$$1.50 \leq R_M \leq 2.50 \text{mm}$$

Según el resultado se tiene un rango, y por las necesidades requeridas se escogerá el radió más apropiado durante la elaboración del elemento indicado entre este rango. Esto es por que en el proceso de elaboración se va ir comprobando, hasta obtener los mejores resultados.

- **JUEGO DE EMBUTICIÓN**

$$J = 1.4e$$

$$J = 1.4 \times 0.5 \text{mm}$$

$$J = 0.7 \text{mm}$$

### **3.5.2.4 GUÍAS LATERALES**

Las guías laterales, por estar sometidas a fuerzas de rozamiento deben ser rígidas, tener elevada elasticidad y poseer buenas propiedades mecánicas; por esta razón se utiliza un acero de transmisión.

Como se describe a continuación.

#### **ACERO SAE 1018**

#### **EJE DE TRANSMISIÓN**

Tipo de aleación: C0.15-0.20%, Mn 0.6-0.90%, P0.040%, S0.050%

### **APLICACIONES**

---

<sup>8</sup> ROSSI, MARIO; “Estampado en Frío de la Chapa”; Madrid 1979; 8va ed.; Pág. 92

Donde se requiere aplicaciones con cargas mecánicas no muy severas, pero con un cierto grado de tenacidad, como por ejemplo perno y tuercas, piezas de maquinas pequeñas, ejes, bujes, pasadores, grapas, etc. Factible de cementación con buena profundidad de penetración debido a su alto contenido de manganeso.

Las guías laterales deben ser rectificadas, con el propósito de disminuir las fuerzas de rozamiento, obteniendo un acabado superficial de  $0.8\mu\text{m}$  que equivale a una calidad ISO N6.

Las guías son dos, las cuales tienen un diámetro de 28mm y una longitud de 115mm y algunos detalles como se muestra en el siguiente gráfico.

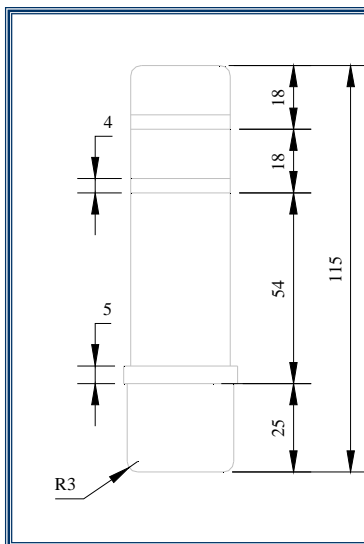


Fig. 35

### 3.5.2.5 EXTRACTOR

El extractor estará formado de dos elementos: 1) eje central con las dimensiones detalladas en el gráfico. Cuyo material es un acero 1045; 2) muelle, este se conseguirá en el mercado.

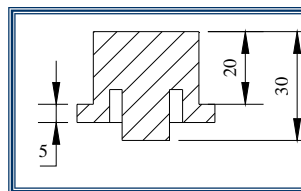


Fig. 36



### 3.5.2.6 ELEMENTOS DE FIJACIÓN

De acuerdo a lo descrito en el capítulo 2 y a la investigación realizada se ha llegado a la conclusión de que la fijación se realizara mediante pernos.



Fig. 37

## 3.6 CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS

### 3.6.1 ELABORACIÓN DE LOS PLANOS DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ DE EMBUTICION.

Para la construcción de los elementos que conforman la matriz de embutición se ha requerido la elaboración de los siguientes planos:

DENOMINACIÓN	NÚMERO DE PLANO
• PLANO GENERAL	001
• PLACA SUPERIOR	101
• CASQUILLOS	102
• PORTA PUNZÓN DE EMBUTICIÓN	103
• PUNZON DE EMBUTICIÓN	104
• MUELLE	105
• PORTA PUNZÓN DE CORTE	106
• PUNZON DE CORTE	107
• COLUMNA O GUIAS	108
• PLACA INFERIOR	109
• PORTA MATRIZ	110
• MATRIZ DE CORTE	111
• MATRIZ DE EMBUTICIÓN	112
• PRENSA CHAPAS	113

**Nota:** Todos los planos se encuentran detallados en el anexo 3.

### 3.6.2 CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ

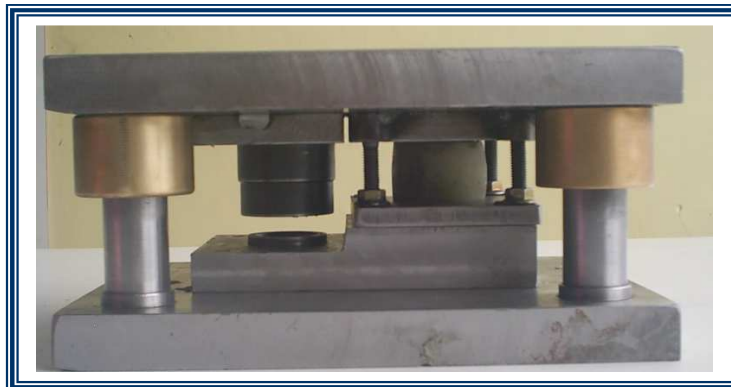


Fig. 38

Para la elaboración de los elementos de la matriz se ha utilizado la hoja de proceso de cada parte, esto es con la finalidad de mejorar los tiempos de construcción. Se procede a elaborar las hojas de procesos, en las cuales se encuentra toda la información, para reducir las funciones del operador de las máquinas herramientas.

**NOTA: DE LA PAGINA 51-69 VAN INCLUIDAS LAS HOJAS DE PROCESOS LA MISMAS SE DETALLAN EN EL ARCHIVO DE AUTO CAD AL IGUAL QUE LOS PLANOS.**









































## CAPÍTULO IV

### MONTAJE, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y ELABORACIÓN DE PIEZAS DE MUESTRA

#### 4.1 MONTAJE DEL CONJUNTO (PUNZÓN-MATRIZ)

El montaje se realiza manualmente, con leves golpes utilizando martillo de goma, especialmente donde existe apriete.

A continuación se describe el montaje realizado:

##### 1. Parte móvil

- Acoplar Bocín a la placa superior, su ajuste se realiza con martillo de goma

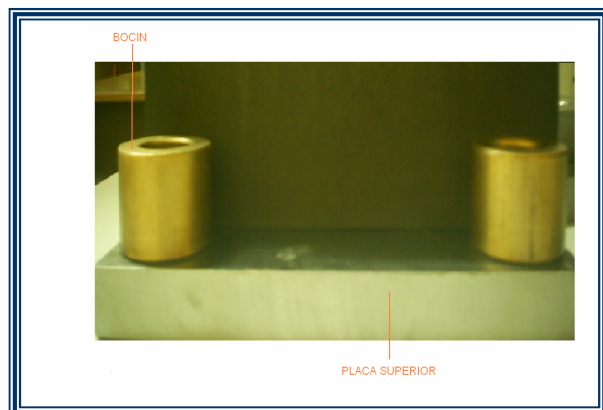


Fig. 39

- Acoplar placa porta punzón-punzón de embutición.

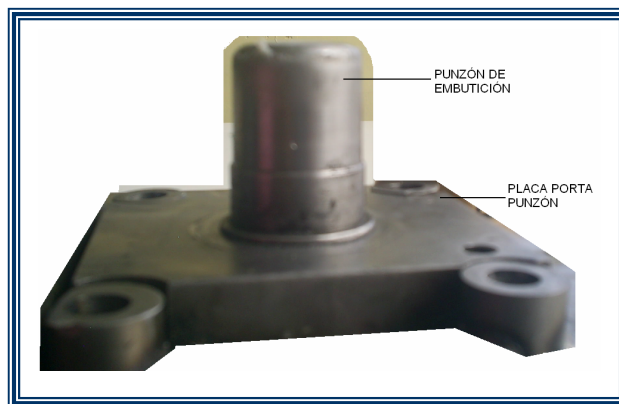


Fig. 40

- Acoplar la placa porta punzón- con el punzón de corte

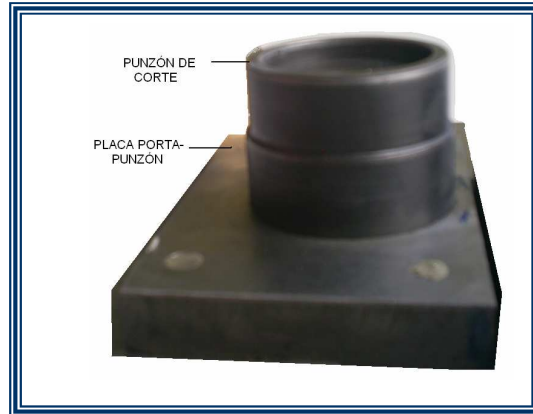


Fig. 41

- Acoplar Elemento Elástico al punzón de embutición.

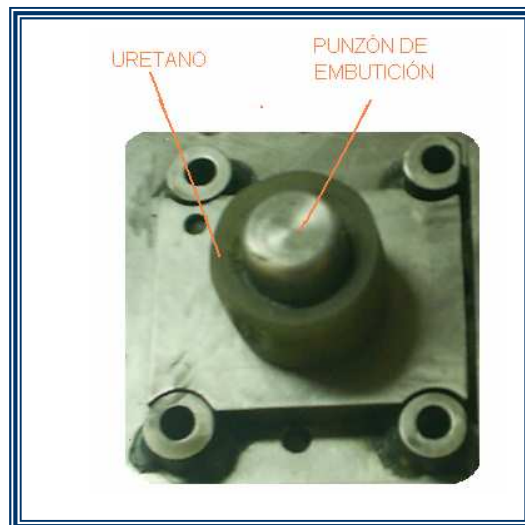


Fig. 42

- Acoplar placa superior-placa porta punzones, mediante pernos.

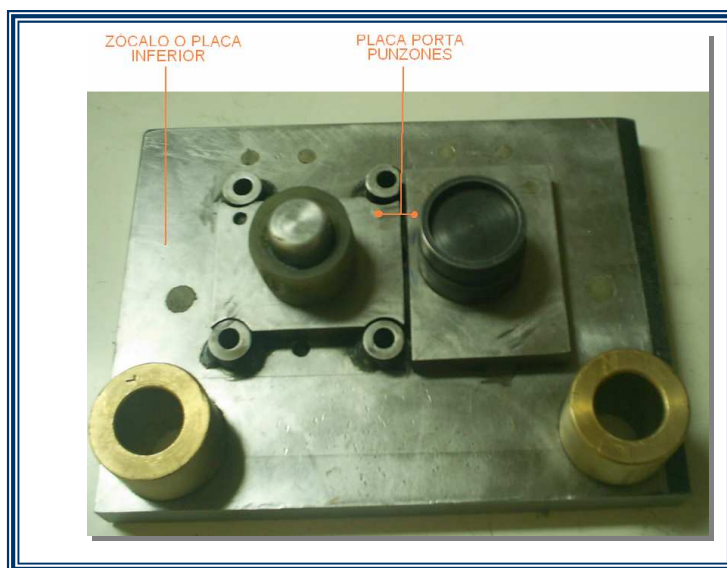


Fig. 43

- Acoplar placa prensa chapa a la placa superior mediante pernos y colocar anillo de goma uretánica al punzón de corte.



Fig. 44



## 2. Parte Fija

- Acoplar guías al zócalo, su ajuste se realiza mediante martillo de goma.

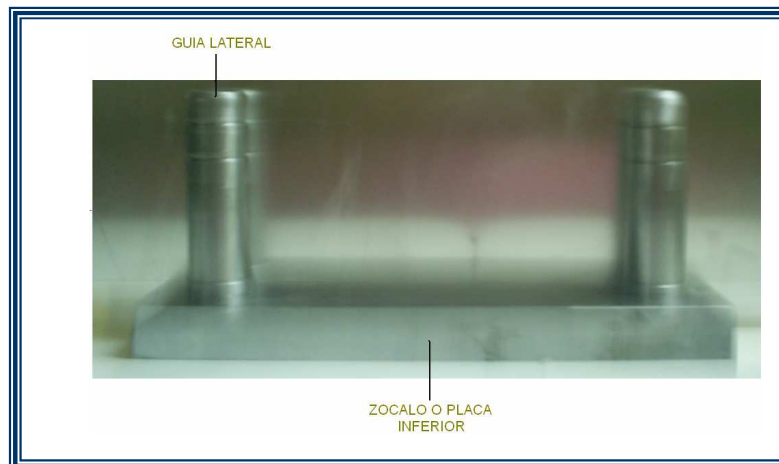


Fig. 45

- Acoplar matrices a la Placa Porta matriz según corresponda.

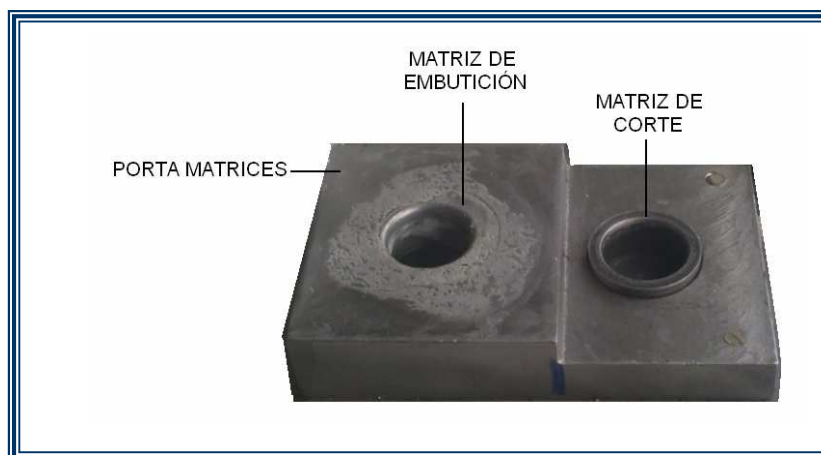


Fig. 46

- Unir porta matriz-zócalo mediante pernos.

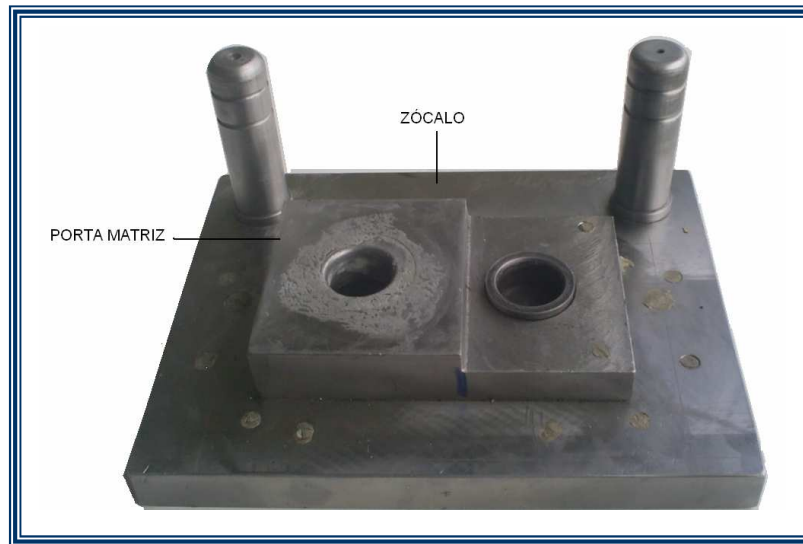


Fig. 47

## 4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTOS DE LOS ELEMENTOS SIN CARGA

La prueba de funcionamiento se realiza para posibles ajustes entre guías y casquillos, así también para verificar el funcionamiento de la placa prensa chapas para evitar los pliegues, estiramiento del material que provocarían roturas.

### 4.2.1 PLAN DE PRUEBAS

Para el plan de pruebas se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Obtención del material a ser embutido,
- Lugar donde se ha de realizar la prueba, para este caso se realizara en dos prensas:

**Plegadora Hidráulica de 50T:**

Fig. 48

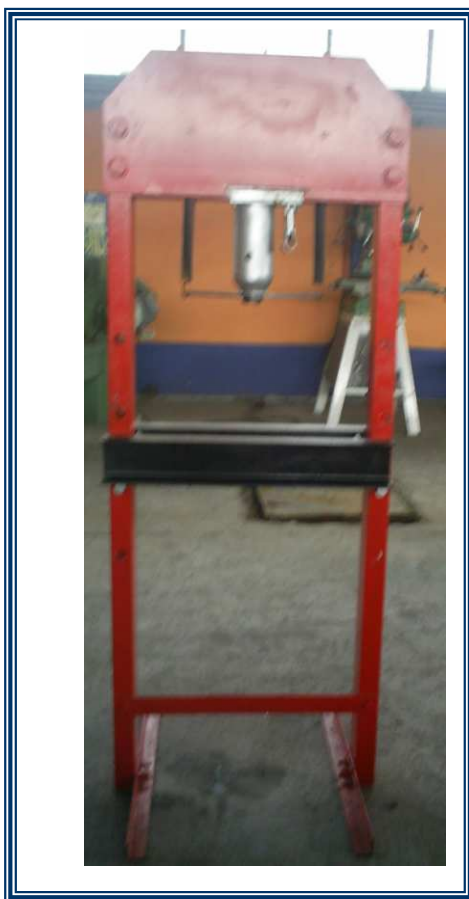
**Prensa Hidráulica manual 12T:**

Fig. 49

#### 4.2.2 DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

Se coloca la parte inferior de la matriz en la prensa, posterior a esto se debe verificar que las superficies estén paralelas. Esto mediante los siguientes elementos de comprobación:

Escuadras:



Fig.50

A continuación posicionar la parte superior para controlar que todos los elementos de la matriz estén cumpliendo con sus funciones:

Que el ajuste de las guías sea el adecuado y sobre todo que el prensa chapa este centrado y nivelado adecuadamente esto se lo puede comprobar mediante un nivel o también examinando que no exista luz entre las placas. Como se muestra en el siguiente gráfico:

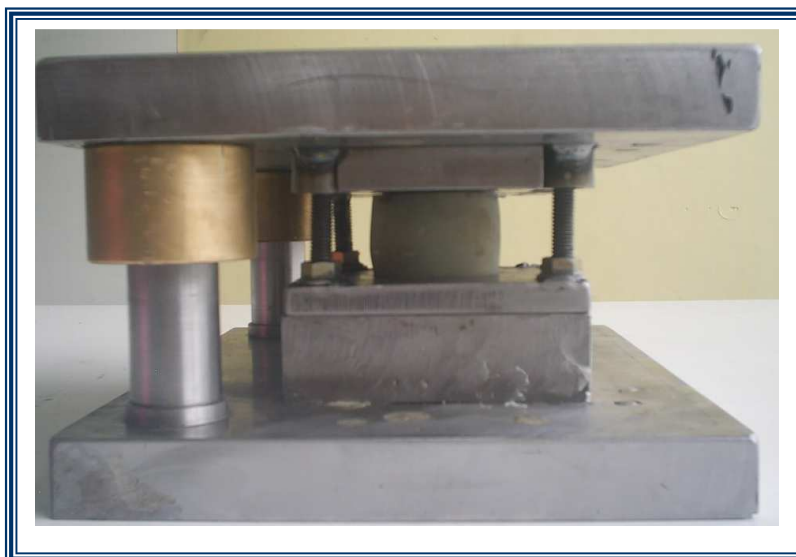


Fig.51

### 4.3 PRUEBAS DE EMBUTICIÓN, OBTENIENDO LA PIEZA EMBUTIDA

Para realizar las pruebas se utilizó lo siguiente: Plegadora hidráulica de 50T, y una prensa manual hidráulica de 12T.

#### 1<sup>ERA</sup> PRUEBA

La primera prueba realizada con la matriz de embutición no se logró los resultados deseados, ya que hubo problemas con el prensa chapas; este elemento no le permitió fluir libremente al material entre la superficie de la matriz y el prensa chapa. Así también hubo demasiada presión en un extremo razón por la cual el material se rompió al iniciarse el embutido de la lamina.



Fig. 52

#### 2<sup>da</sup> PRUEBA

Para la segunda prueba se tuvo que mejorar y calibrar el prensa chapa. Para lo cual se sustituyó los muelles por una pieza Elástica de goma Uretánica y este

material debía ejercer una presión aproximada de  $150\text{kg/cm}^2$ . Adicional a este mejoramiento también se tuvo que rectificar las guías laterales.

En la segunda prueba se utilizó una plegadora de 50T. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios ya que se logro embutir el material. También cabe recalcar que para obtener los resultados se vario el desarrollo del material; es decir, el desarrollo fue variando desde 70 a 55mm con lo cual conseguimos obtener una embutición correcta sin pliegues, sin rotura pero no se logro obtener material suficiente para el corte.

La profundidad máxima obtenida en la embutición fue de 13mm; esto con un desarrollo de 55mm.



Fig. 53

### 3<sup>era</sup> PRUEBA

La tercera prueba se realizó en el taller Procesos de Producción Mecánica con una prensa hidráulica manual de 12t. En esta prueba existió dificultad ya que el prensa chapas se descalibró, no se alcanzó la velocidad de embutición y no existió la suficiente lubricación.

Una vez solucionado el problema del prensa chapa se procedió a embutir obteniendo los siguientes resultados:

- 1) Con un desarrollo de 55mm no se logró embutir ya que se rompió al iniciarse el proceso de embutición. Esto se debió a que no alcanzó la velocidad de embutición como sucedió con la plegadora de 50 toneladas.



Fig.54

- 2) Para lograr el objetivo se tuvo que variar el desarrollo desde 55 a 50mm de diámetro, esto hasta obtener la pieza.
- 3) Con un desarrollo 50mm se logró embutir una profundidad de 10mm y suficiente material para cortar el borde de 5mm, alcanzándose el objetivo. También para lograr este propósito se tuvo que utilizar suficiente lubricante y un correcto posicionamiento de la matriz con respecto al tornillo.



### Material embutido para cortar los bordes

- 4) Una vez obtenida la pieza embutida se procede a cortar el borde; existiendo buenos resultados. En lo previsto el diámetro fue el correcto.



Fig., 56

- 5) No solo en aluminio se puede embutir si no que también se lo puede realizar en otro tipo de material como es un acero galvanizado de un espesor de 0.5mm.



Fig. 57

#### 4.4 ANÁLISIS DE LA PIEZA OBTENIDA



1. De la primera prueba se pudo analizar que el material no fluyó uniformemente, ya que en un extremo hubo demasiada presión y en otro extremo no. Esto ocasionó que material se rompa donde hubo demasiada presión como también se forme pliegues en donde no hubo.
2. En la segunda prueba se puede ver que hubo un buen deslizamiento del material ya que no hubo la formación de arrugas ni roturas. Esto se debió a una buena presión del prensa chapas y también una adecuada velocidad de embutición
3. En la tercera prueba al igual que la primera se descalibró el prensa chapas, ya que hubo problemas con la velocidad, por lo que se rompieron las láminas.
4. En la prueba siguiente hubo una presión uniforme pero no fluyó el material entre la superficie del prensa chapas y la superficie de la matriz. Con esto se deduce que no se alcanzo la velocidad adecuada para la embutición.
5. Con un desarrollo de 50mm se obtuvo una pieza excelente ya que el material pudo fluir uniformemente y embutirse con facilidad, no hubo pliegues ni roturas. Cabe indicar que cuando empieza el proceso de embutición la velocidad debe ser uniforme; de lo contrario se puede romper el material como en los casos anteriores.
6. En el caso del corte no se presentaron inconvenientes, ya que el material se cortó con facilidad sin ningún problema.

#### **4.5 RESULTADOS**

Los resultados obtenidos en la última prueba son los siguientes:

- Una pieza sin pliegues en la superficie,
- Se observó una presión adecuada por parte del prensa chapas,

- Buen deslizamiento del material,
- Los parámetros de embutición fueron adecuados,
- El espesor de la chapa fue uniforme,
- Como resultado de la embutición se pudo observar que hubo una buena alineación entre matriz y el punzón.
- Uno de los aspectos importantes es la velocidad con la que se embute como se observó en los resultados. Ya que con un desarrollo mas grande de lo establecido y con una velocidad baja el material se rompe fácilmente; razón por la cual el desarrollo no debe excederse.
- En el proceso de corte se observó que el material se cortaba con facilidad

### **MANUAL DE USO:**

- ✓ Preparar una chapa de 50mm de diámetro
- ✓ Eliminar las rebabas; para que el material pueda deslizarse,
- ✓ Lubricar las dos caras de la chapa con suficiente grasa,
- ✓ Preparar la prensa con sus respectivo utillaje,
- ✓ Colocar la parte inferior de la matriz en la prensa,
- ✓ Colocar el desarrollo sobre la superficie de la matriz de embutición,
- ✓ Colocar los topes en las guías laterales,
- ✓ Colocar la parte superior y verificar que este bien posicionado,
- ✓ Aplicar la carga
- ✓ Retirar la carga,
- ✓ Retirar el elemento embutido y colar en la matriz de corte,
- ✓ Retirar los topes de las guías,
- ✓ Aplicar la carga y cortar
- ✓ Terminado el trabajo, limpiar la matriz con una franela con precaución y guardarlo.

## 4.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Al finalizar el proyecto se llegó a las siguientes conclusiones:

- Es importante el dimensionamiento de los elementos de la matriz para evitar desperdicios de material y cada elemento debe ser distribuido de la mejor manera para aprovechar el espacio y abaratar costos.
- Al trabajar con planos se evita cometer errores en la fabricación
- La selección del material para cada elemento es importante ya que cada uno cumple con una función específica, para lo cual se acude a catálogos.
- Las especificaciones utilizadas en el plano de fabricación es de mucha utilidad, ya que con esto, el operador trabaja sin dificultad.
- En el montaje se puede ver que cada elemento debe ser acoplado secuencialmente.
- Las pruebas de funcionamiento son necesarias para verificar que cada elemento funcione correctamente.
- Las pruebas realizadas en la matriz son satisfactorias, incluso realizando el procesos de embutido y corte en otro tipo de material.
- Las pruebas determinan que todos los elementos que conforman la matriz están perfectamente diseñados para una vida útil larga.
- El trabajo desarrollado permite tener mayor conocimiento sobre el proceso de embutición.

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una investigación profunda sobre el proceso de embutición, especialmente lo referente a los punzones, las matrices y sobre todo al prensa chapas.
- Para el dimensionamiento se recomienda analizar el funcionamiento que va a cumplir cada elemento.
- A si también es importante estudiar el mercado donde se pueda obtener los materiales.
- Se recomienda realizar los plano aplicando las normas de dibujo.
- Para la fabricación de los elementos se recomienda tener ayuda de un experto en el manejo de maquinas herramientas.
- Para el montaje se recomienda tener las herramientas adecuadas para realizar los respectivos acoples.
- Para realizar las pruebas se recomienda lo siguiente:
  - Al realizar el embutido con una prensa manual, se debe proceder a embutir con un desarrollo de chapa, con un máximo de 50mm.
  - Se debe posicionar adecuadamente la parte superior de la matriz con respecto a la parte inferior, guiado por las columnas.
  - Así también se debe verificar que el prensa chapa este calibrado y posicionado correctamente; es decir, que no exista demasiada luz entre las superficies del material a embutir.
  - Se recomienda aplicar suficiente lubricante en el material a embutir
- La limpieza de la matriz se debe realizar cuidadosamente utilizando todos los implementos necesarios.

**BIBLIOGRAFÍA:**

**ROSSI, MARIO (1979)**, Estampado en frío de la chapa

**OEHLER – KAISER (1977)**, Herramientas de troquelar estampar y embutir

**DALLAS, DANIEL B. (1979)**, Diseño y Manufactura

**IVAN BOHMAN C.A**, Materiales de ingeniería

**LOPEZ VICENTE (1987)**, Madrid – España, Colección Mecánica de Taller

**MARCOS, E (1983)**, Madrid España, Tecnología Practica de embutición

<http://www.usuarios.ycos.es/juballesteros/matriceria/embuticion.htm>.

<http://www.labecor.com/embuticion.htm>

<http://www.agapea.com/EMBUTICION>

## **ANEXOS GENERALES**

- 1. ANEXO 1**
- 2. ANEXO 2**
- 3. ANEXO 3**

# ANEXO 1

- **DIAGRAMA DE FUERZA DE EMBUTICIÓN**
- **EJERCICIO**

## DIAGRAMA DE FUERZAS DE EMBUTICIÓN SEGÚN SIEBEL Y OEHLER

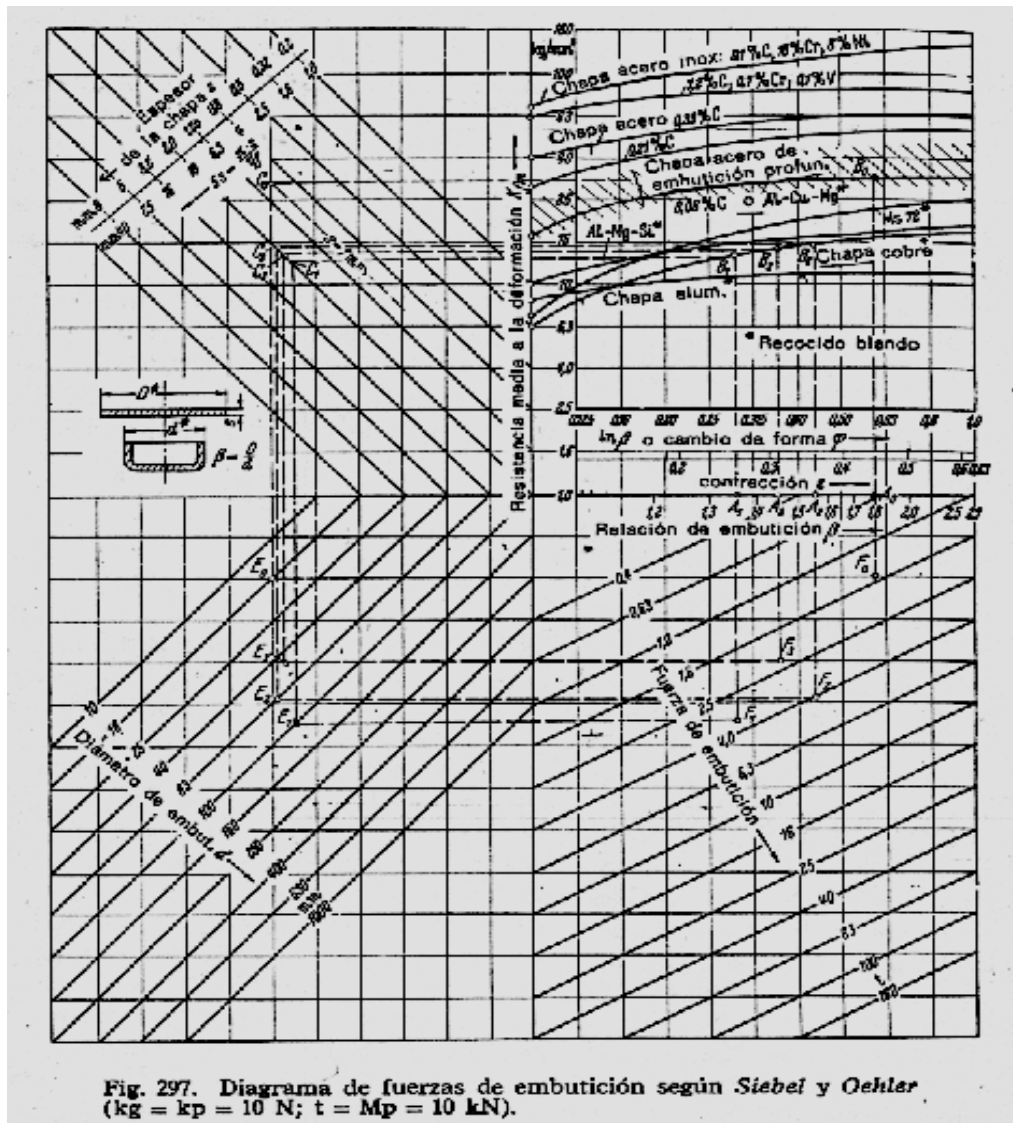


Fig. 297. Diagrama de fuerzas de embutición según Siebel y Oehler  
( $kg = kp = 10\text{ N}$ ;  $t = Mp = 10\text{ kN}$ ).



### Ejercicio: Cálculo de fuerza de embutición según Siebel y Oehler

Siguiendo el paso recomendado y considerando los datos a utilizar se procede a calcular la fuerza aproximada que se debe aplicar en la embutición:

Para un recipiente de:

Diámetro  $d=30\text{mm}$ ,

$D=52.9\text{mm}$  y

De un espesor  $0.5\text{mm}$ , material aluminio.


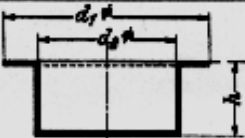
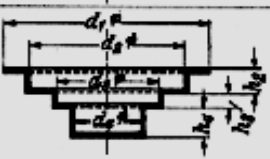

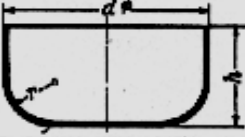



Para el cálculo se procede de la siguiente manera:

1. Calcular el  $\beta$ ;  $\beta = \frac{D}{d} = \frac{52.9}{30} = 1.76$ , este es la relación de embutición; el mismo que da el punto A.
2. Una vez encontrado el punto A se procede a trazar una vertical que se prolongue tanto hacia arriba como hacia abajo. Con la cual se corta la curva relativa del material en el punto B.
3. Desde el punto b se traza una horizontal que corta en el punto C a la recta inclinada de  $45^\circ$  correspondiente al espesor del material  $e=0.5\text{mm}$ .
4. Desde el punto C se traza una vertical que corta en el punto E a la línea inclinada de  $45^\circ$  correspondiente al diámetro del punzón  $d=30\text{mm}$ .
5. En el diagrama situado debajo a la izquierda. Se obtiene el valor F correspondiente a la fuerza de embutición, esto trazando la horizontal por el punto E hasta cortar la vertical que pasa por el punto a.
6. La fuerza de embutición es aproximadamente de  $0.5t$

## **ANEXO 2**

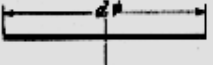
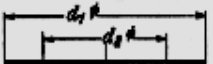
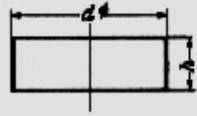

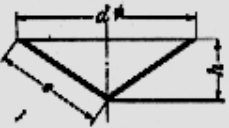


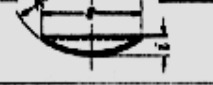
- **TABLA 1: ELEMENTOS DE SUPERFICIE PARA EL CÁLCULO DE CORTE.**
- **TABLA 2: LUBRICANTES A USAR EN LA EMBUTICIÓN**
- **TABLA 3: PROPIEDADES, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA GOMA URETÁNICA.**

## ELEMENTOS DE SUPERFICIE PARA EL CÁLCULO DE CORTE

Forma de recipientes	$\varnothing$ disco de chapa = $\sqrt{\frac{6}{\pi} F}$	Elementos
a 	$\sqrt{d^2 + 4dh}$	A + C
b 	$\sqrt{d_1^2 + 4d_2h}$	A + C + B = A1 + C
c 	$\sqrt{d_1^2 + 4(d_2h_1 + d_3h_2 + d_4h_3)}$	A + C + B + C + B + C + B = A1 + C1 + C2 + C4
d 	$\sqrt{(d - 2r)^2 + 2\pi r(d - 0,7r)}$	A + J
e 	$\sqrt{(d - 2r)^2 + 4d(h - r) + 2\pi r(d - 0,7r)}$	A + C + J
f 	$\sqrt{d_1^2 - d_1 + (d_2 - 2r)^2 + 2\pi r(d_2 - 0,7r)}$	A + J + B
g 	$\sqrt{d_1^2 + d_1}$	F + B
h 	$\sqrt{2d^2 + 4dh}$	F + C

diversas formas de recipientes

Forma de recipiente	$\varnothing$ disco de chapa = $\sqrt{\frac{4}{\pi} F}$	Elementos
<p>i</p>	$\sqrt{4d^2 + 4D^2}$ o $\sqrt{4d^2 + d^2 + 4D^2}$	H + C
<p>k</p>	$\sqrt{d^2 + 4h^2}$	H + B
<p>l</p>	$\frac{\sqrt{8 \cdot R \cdot h + \pi r (d - 0,2r)}}{n}$ $\sqrt{d^2 + 4(h^2 + \pi \cdot r (d - 0,2r))}$	H + L
<p>m</p>	$\sqrt{d^2 + 2s(d_1 + d_2)}$	A + D
<p>n</p>	$\sqrt{d^2 + 2s(d_2 + d_1) + 4d_2 h + d^2 - d^2}$	A + D + C + B
<p>o</p>	$\sqrt{d^2 + 4d_2 h_2 + 2s(d_1 + d_2) + 4d_2 h_1}$	A + C + D + C
<p>p</p>	$\frac{\sqrt{8 \cdot R \cdot h + 2s(d + s)}}{n}$ $\sqrt{d^2 + 4(h^2 + 2s(d + s))}$	H + D

Elementos de superficie	Area F	$\frac{4}{\pi} \cdot F$
A 	$\frac{\pi}{4} \cdot d^2$	$d^2$
B 	$\frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2)$	$d_1^2 - d_2^2$
C 	$\pi \cdot d \cdot h$	$4 \cdot d \cdot h$
D 	$\frac{\pi \cdot h}{2} \cdot (d_1 + d_2)$ $= \frac{\pi \cdot (d_1 + d_2)}{2} \cdot \sqrt{h^2 + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4}}$	$2h \cdot (d_1 + d_2)$ $= 2(d_1 + d_2) \cdot \sqrt{h^2 + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4}}$
E 	$\frac{\pi \cdot d \cdot s}{2} = \frac{\pi \cdot d}{2} \cdot \sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2}$	$2 \cdot d \cdot s = 2d \cdot \sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2}$
F 	$\frac{\pi \cdot d^2}{8}$	$2 \cdot d^2$
G 	$\pi \cdot d \cdot h$	$4 \cdot d \cdot h$
H 	$\pi \cdot d \cdot i = 2 \cdot R \cdot i \cdot \pi$ $= \frac{\pi}{4} \cdot (d^2 + 4i^2)$	$4d \cdot i = 8 \cdot R \cdot i = d^2 + 4i^2$



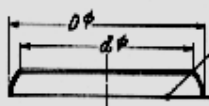

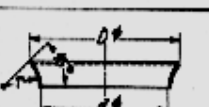

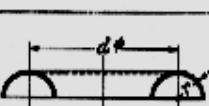
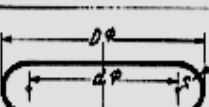
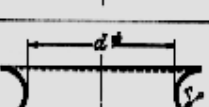
Elementos de superficie	Area $F$	$\frac{1}{\pi} \cdot F$
I 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{2} \cdot (d + 1,3 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{2} \cdot (D - 0,7 r)$	$2 \pi \cdot r \cdot (d + 1,3 r)$ $= 2 \pi \cdot r \cdot (D - 0,7 r)$
K 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{2} \cdot (d + 0,7 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{2} \cdot (D - 1,3 r)$	$2 \pi \cdot r \cdot (d + 0,7 r)$ $= 2 \pi \cdot r \cdot (D - 1,3 r)$
L 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (d + 0,4 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (D - 0,2 r)$	$\pi \cdot r \cdot (d + 0,4 r)$ $= \pi \cdot r \cdot (D - 0,2 r)$
M 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (d + 0,74 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (D - 0,68 r)$	$\pi \cdot r \cdot (d + 0,74 r)$ $= \pi \cdot r \cdot (D - 0,68 r)$
N 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (d + 0,2 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (D - 0,4 r)$	$\pi \cdot r \cdot (d + 0,2 r)$ $= \pi \cdot r \cdot (D - 0,4 r)$
O 	$\frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (d + 0,68 r)$ $= \frac{\pi^2 \cdot r}{4} \cdot (D - 0,74 r)$	$\pi \cdot r \cdot (d + 0,68 r)$ $= \pi \cdot r \cdot (D - 0,74 r)$
P 	$\pi^2 \cdot r \cdot d$	$4 \cdot \pi \cdot r \cdot d$
Q 	$\pi^2 \cdot r \cdot (d + 1,27 r)$ $= \pi^2 \cdot r \cdot (D - 0,73 r)$	$4 \cdot \pi \cdot r \cdot (d + 1,27 r)$ $= 4 \cdot \pi \cdot r \cdot (D - 0,73 r)$
R 	$\pi^2 \cdot r \cdot (d + 0,73 r)$ $= \pi^2 \cdot r \cdot (D - 1,27 r)$	$4 \cdot \pi \cdot r \cdot (d + 0,73 r)$ $= 4 \cdot \pi \cdot r \cdot (D - 1,27 r)$

TABLA 2

Lubricantes a usar en la embutición, en relación al material a deformar.

Tipo de trabajo	Tipo de lubricante	Lubricantes a usar			
		Aceros al carbono	Aceros inoxidables y aleados	aluminio	Cobre, latón, bronce
Embutición poco profundo	hidrosoluble	448	-	-	DO-17 O 421
	Oleosoluble	CC-2 o mezcla (1p.DO-2A+1p. aceite mineral)	DO-29 o mezcla (2p.DO-2A+1p. aceite mineral)	CC-2 o mezcla (1p.DO-2A+1p. aceite mineral)	CC-2 o DO-6 <sup>a</sup>
Embutición profunda	Hidrosoluble	448 o DC-k	-	-	448
	Oleosoluble	DO-29 o mezcla (2p.DO-2A+1p. aceite mineral)	DO-2 <sup>a</sup> o DO-29	DO-29 o mezcla (2p.DO-2A+1p. aceite mineral)	CB-66 o DO-29 o mezcla (2p.DO-2A+1p. aceite mineral)

TABLA 3

**Propiedades, ventajas y desventajas de los cuatro tipos de goma uretánica derivados del polímero líquido.**

Grado	L 420	L 100	L 167	L 315
Dureza	80 A	90 A	95 A	79 A
Carga de rotura a tracción (kg./cm <sup>2</sup> )	183	316	370	785
Deformación máxima (porcentaje)	35	30	25	5
Ventajas	Bajo esfuerzo de estampación requerido. El alto coeficiente de deformación permite una penetración mas profunda. Calidad muy adecuada para estampar materiales delgados.	Buena resistencia al desgarramiento. Buena resistencia al corte. Buena capacidad de carga (por presión). Óptima resistencia a la abrasión y al desgaste. (Este tipo es recomendable para la mayor parte de las aplicaciones.)	Optima resistencia al desgarramiento y al corte. Da los mejores de modelado con la mínima penetración de trabajo. Elevada capacidad de carga por presión.	Buena resistencia a la abrasión y al desgaste. Excelentes cualidades del trabajo. Capacidad de carga elevada por presión. Presenta elevada rigidez conservando sus posibilidades de penetración.
Desventajas	Baja resistencia al desgarramiento y al corte. Baja capacidad de carga por presión. Escasa definición de los detalles si se usa para dar forma.		Requiere un elevado esfuerzo para la penetración del punzón	Limitado a aplicaciones como el modelado, bloques para cortes, estampas para embutir.



## **ANEXO 3**

- **PLANOS GENERALES**
- **PLANOS DE DESPIECE**
- **PLANOS DE CONSTRUCCIÓN**