

2ej 1979.

# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



TROQUELES. DISEÑO, CONSTRUCCION  
Y ENSAMBLE

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A

ESPIRIDION TERRAZAS SOTO

MEXICO, D. F.

1979



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

	Página
Introducción.....	1
Clasificación general de troqueles.....	3
Troqueles cortadores y punzonadores.....	4
Troqueles de extractor fijo.....	24
Troqueles de ganchos extractores.....	25
Troquel de extractor sólido.....	27
Troqueles de extractor flotante.....	34
Troqueles de retorno.....	37
Troqueles invertidos.....	40
Troqueles compuestos de corte y punzonado.....	44
Troqueles de secciones.....	45
Troqueles de secciones compuestas.....	48
Troqueles de reglas de acero.....	49
Efectos de corte y cizallado.....	53
Matrices y portamatrices.....	55
Punzones y portapunzones.....	63
Extractores.....	72
Portatroqueles.....	75
Clasificación de troqueles de doblado y conformado.....	85
Troqueles de doblado en V.....	89
Troqueles de doblado en U, con pisador.....	102
Troquel doblador en el borde.....	118

	Página
Troquel doblador en el borde invertido.....	120
Troqueles conformadores.....	121
Troquel conformador sólido.....	121
Operaciones de realzado en relieve.....	123
Troqueles de rebordear y enrollar.....	126
Rebordeado de agujeros o troqueles de extrusión.....	128
Troqueles de acuñar.....	131
Troqueles de estampar.....	133
Troquel de punzones oscilantes.....	134
Troquel con punzón rotativo.....	135
Troquel doblador de tubos.....	136
Troquel de doblar y curvar simultáneamente.....	137
Embutido.....	139
Troqueles sin dispositivo de control de flujo de la plantilla.....	141
Troqueles con dispositivo de control de flujo de la plantilla.....	144
Troqueles con pisador de plantilla.....	145
Troqueles invertidos.....	148
Reembutado.....	160
Troquel sin dispositivo de control de flujo de la -- plantilla.....	161
Troquel con dispositivo de pisado.....	162

Troquel invertido.....	162
Troquel de acción de reembutido inversa a la convencio-- nal.....	168
Troqueles combinados.....	168
Extrusión.....	184
Sistema Positivo.....	188
Método de Hooker.....	188
Sistema Negativo.....	190
Troqueles Progresivos.....	201
De corte y punzonado.....	208
De doblado y corte.....	215
De embutido y corte.....	217

## I N T R O D U C C I O N

Un troquel es un conjunto de piezas (metálicas) adecuadamente diseñadas, maquinadas y ensambladas. Los troqueles se usan en prensas y tienen como fin transformar lámina plana, en cualquiera de los procesos que se darán en la presente obra.

Si observamos los diferentes artículos que utilizamos en nuestra vida diaria nos daremos cuenta que una gran cantidad -- fueron procesados por troqueles, como son: llaves para candados, cerraduras, cubiertos, recipientes metálicos, cucharones, partes de licuadoras, de ventiladores, de exprimidores para jugo, de la radio, de la televisión, de lavadoras, de estufas, de refrigeradores, de bicicletas, de motocicletas, de automóviles, del metro, de tranvías, etc.

Las industrias que utilizan troqueles son:

- a) Automotriz.
- b) Línea blanca.
- c) Electrónica.
- d) Juguetera.

Si imaginamos la cantidad de empresas que requieren troqueles para la fabricación de artículos, aparatos, instrumentos y equipos para satisfacer el mercado mundial o de nuestro país -- nos daremos cuenta cual es el lugar de los troqueles en la industria.

La mayoría de las piezas troqueladas son hechas de acero-

rolado en frío (C.R.S.), S.A.E. 1010 a S.A.E. 1030, pero también, entre otros, se pueden trabajar los siguientes materiales: aluminio, latón, bronce, cobre, acero inoxidable, acero al silicio, fibras, cuero, plástico, corcho, cartón, etc.

T R O Q U E L E S

## CLASIFICACION:

Troqueles cortadores y/o punzonadores

Troqueles formadores

Troqueles estampadores

Troqueles de embutido

Troqueles de extruido

La secuencia del temario será la siguiente: Conforme se van describiendo los temas, se darán las subdivisiones de troqueles y sus partes, así como su fijación, normas de diseño, - construcción, ensamble y dureza.

**TROQUELES CORTADORES Y PUNZADORES**

**Troqueles de extractor fijo**

**Troqueles de extractor flotante**

**Troqueles de retorno**

**Troqueles invertidos**

**Troqueles compuestos de corte y punzonado**

**Troqueles de secciones**

**Troqueles de secciones compuestas**

**Troqueles de reglas de acero**

TROQUELES CORTADORES Y/O PUNZONADORES

El troquel mostrado en la Fig. 1 puede ser de corte o punzonado, dependiendo exclusivamente del uso para el cual ha sido diseñado.

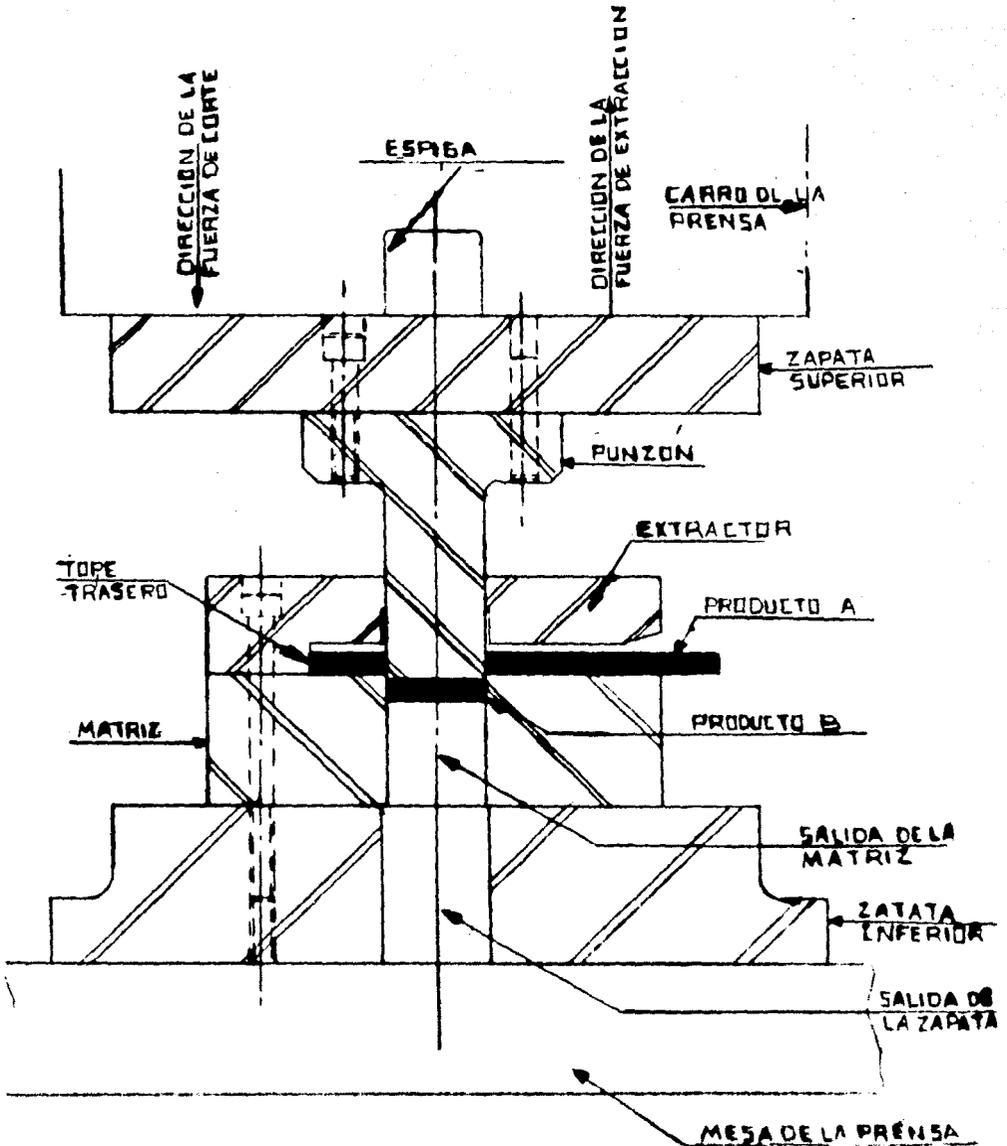


Fig. 1.- Designación de partes de un troquel simple de corte y/o punzonado.

Se llama troquel de corte si su objeto es producir piezas de corte (B) (ver Fig. I), de contorno y tamaño deseado de la tira. En la mayoría de los casos el material sobrante se considera como desperdicio.

Si el propósito del útil es hacer huecos de forma y tamaño -deseados en el material requerido (A), se le llama troquel punzonador.

Los elementos constitutivos de ambos troqueles son idénticos.

La pieza de corte (B) o la pieza punzonada (A) se llama plan-tilla si, en ella se hará una operación (de troquelados) posterior.

Para fines de éste trabajo la palabra chapa, tira y cinta serán sinónimos y se refieren a láminas de poco espesor (cualita-tivamente).

#### DESCRIPCION DEL PROCESO DE CORTE.

En el corte del metal entre las componentes de dos filos-(punzón y matriz) la cinta es sometida a esfuerzos de tensión y-compresión, como se ilustra en la Fig. 2.

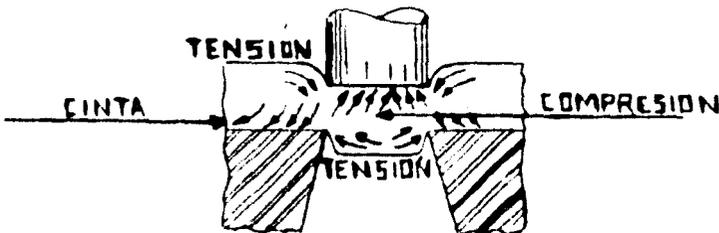


Fig. 2.- Esfuerzos a que se somete la cinta.

El corte lo describiremos en tres estaciones (Fig. 3)

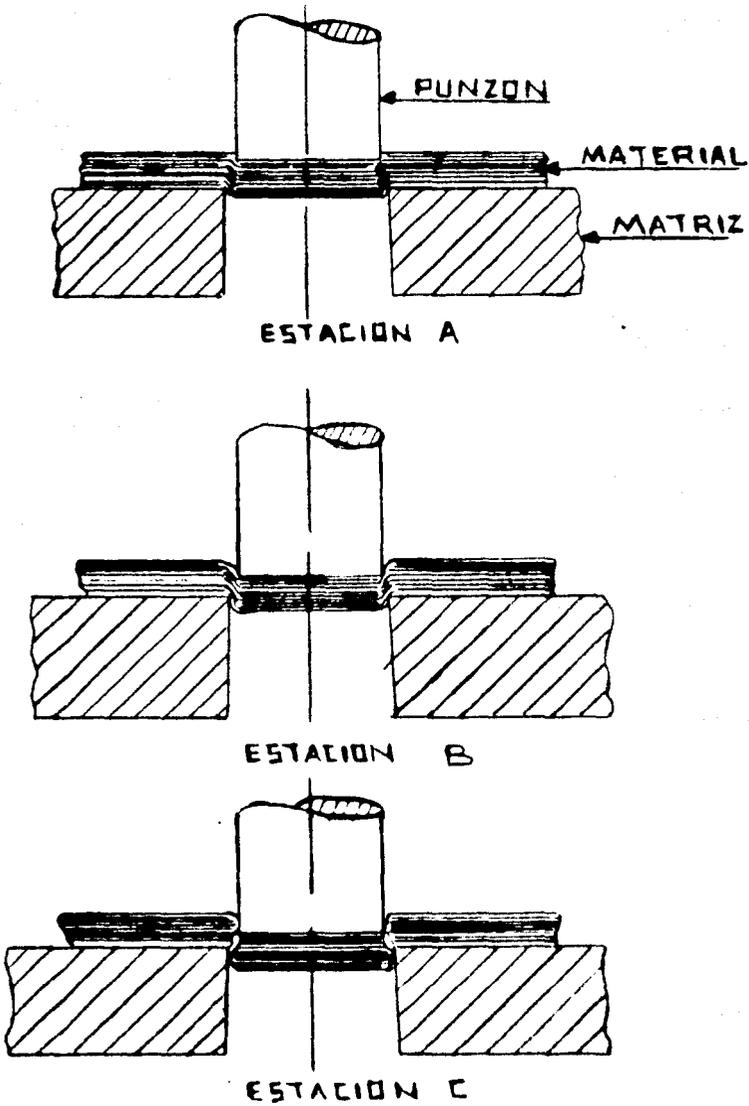


Fig. 3.- Estaciones críticas en el corte de un metal.

Estación A.- Deformación plástica. La cinta es prensada entre el punzón y la matriz, hasta el punto donde empieza la deformación plástica.

Estación B.- Penetración. A medida que la fuerza continúa, el punzón es obligado a penetrar el material, entrando un volumen igual a la matriz. Y es, realmente aquí, cuando ocurre el corte (cizallamiento).

Estación C.- Fractura. Al seguir aplicando la fuerza en el punzón, se produce el arranque del material entre los filos de corte. En estos puntos existe una gran concentración de esfuerzos.

Las características aparentes de la pieza troquelada es un factor significativo del útil. De un simple examen visual de la plantilla podemos determinar: si el claro no es el correcto entre los filos, si no existe una alineación correcta entre la matriz y el punzón y el grado de afilado de la herramienta.

#### HOLGURA Y CLARO DE CORTE.

De la Fig. 4 concluiremos.

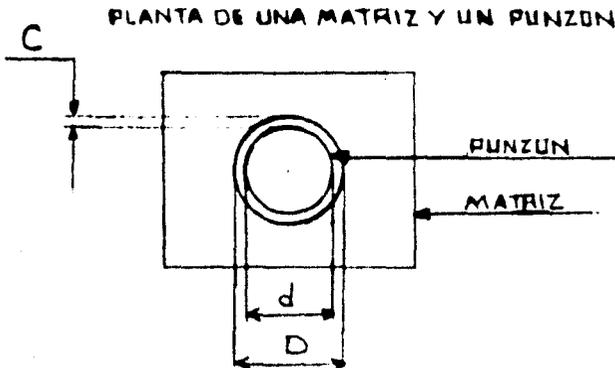


Fig. 4.- Concepto de claro y holgura.

La holgura  $H$  se define como:

$$H = D - d$$

Y el claro  $C$  por lado

$$C = H/2 = (D - d)/2$$

CLARO DE CORTE OPTIMO

La Fig. 5 muestra un corte de material en condiciones óptimas.

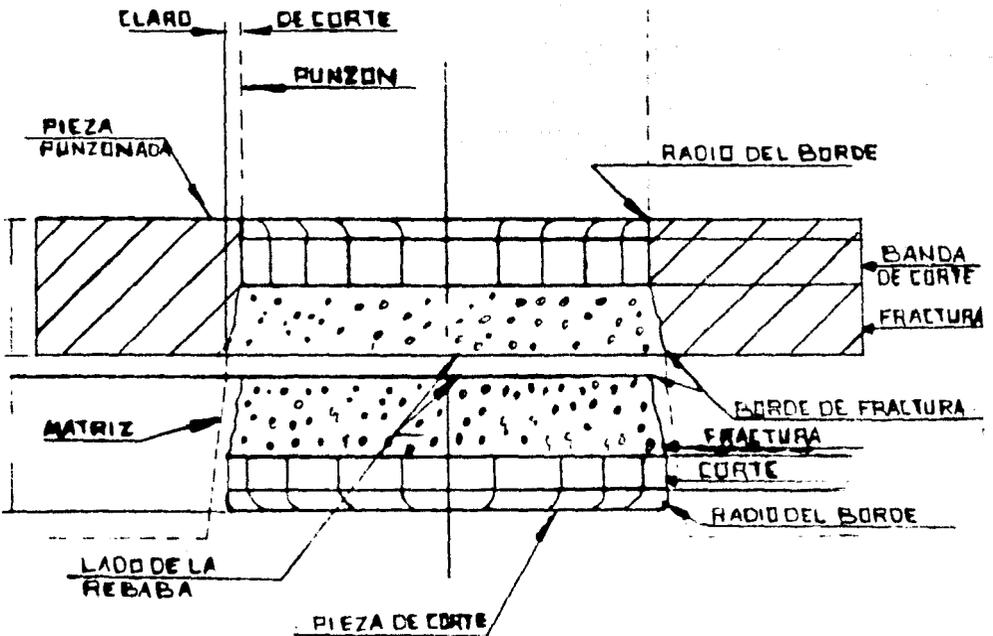


Fig. 5.- Condiciones óptimas de claro de corte.

Los radios del borde son el resultado de la deformación-plástica (estación A) (ver Fig. 3).

La banda de corte parece estar pulida y resulta de la penetración (estación B). El espesor de esta banda es de aproximadamente  $T/3$ .

Las  $2/3$  partes de  $T$  son el resultado de la estación C, - arranque.

En la Fig. 5 se ve claramente la pieza punzonada como la pieza de corte en condiciones idénticas invertidas.

#### CLARO DE CORTE EXCESIVO.

La Fig. 6 describe el resultado de un claro de corte excesivo.

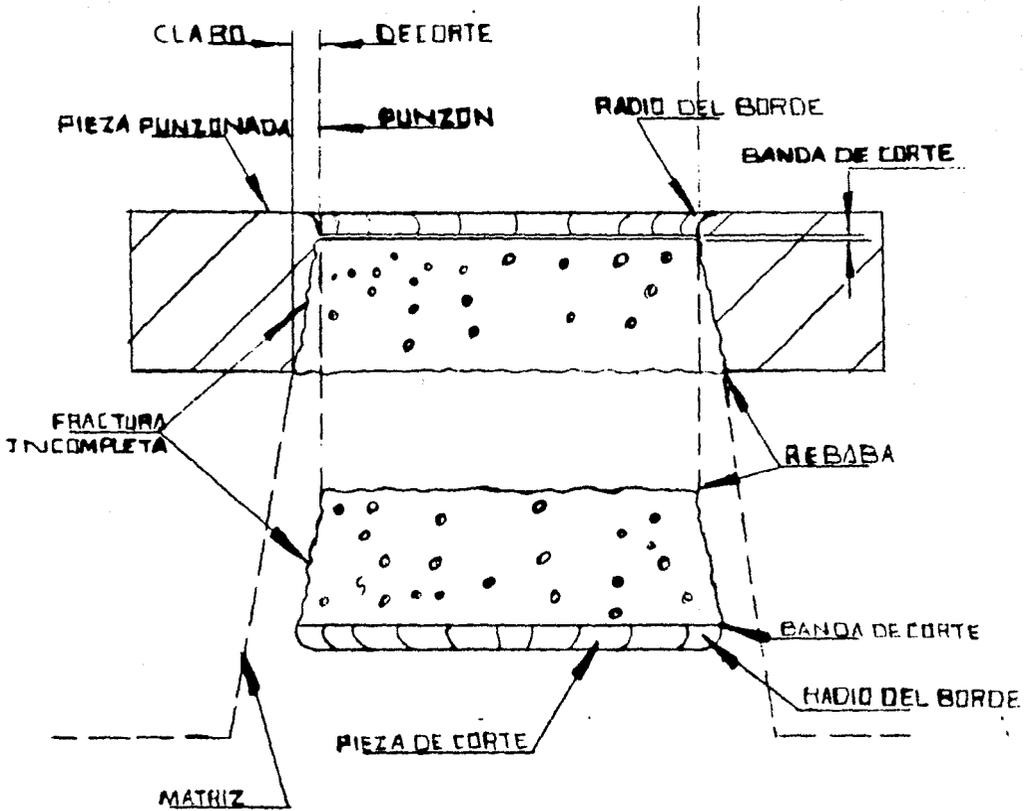


Fig. 6.- Condición con claro de corte mayor.

Los radios del borde son grandes.

La banda de corte es mas pequeña.

El arranque (banda de fractura) es grande debido al desgarre de las fibras. Estas irregularidades se extienden hasta la - banda lisa y ocasionalmente hasta los radios del borde.

En los bordes de la fractura generalmente queda rebaba. -  
Esto se debe a que al empezar la fractura en el camino normal, - están los filos, pero no completan la fractura a causa del claro excesivo.

La fuerza de troquelado es menor que la normal con claro correcto.

#### CLARO DE CORTE INSUFICIENTE.

La Fig. 7 describe el resultado de un juego insuficiente.

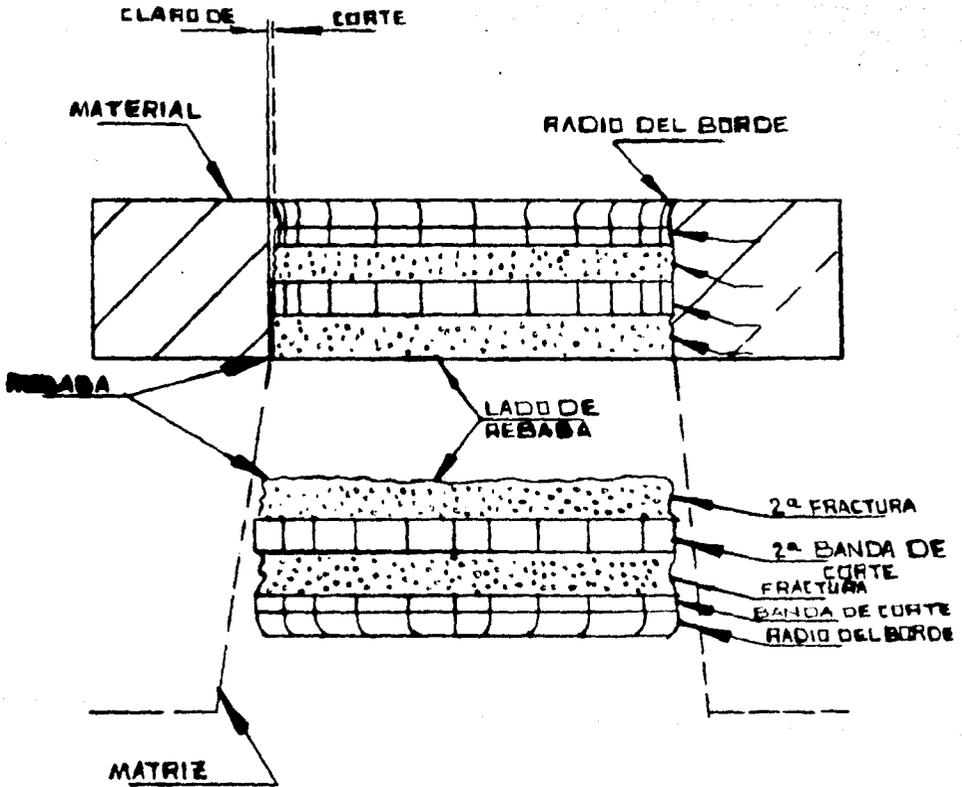


Fig. 7.- Condición con claro de corte insuficiente.

La Fig. 7 se ha idealizado para representar la pieza terminada. El claro pequeño de corte incrementa la fuerza requerida para el troquelado y además hace reaccionar al material de tal forma que presenta dos o mas bandas lisas de corte. La presión acumulada causa la fractura inicial (no los filos de corte). Las fracturas iniciales en la banda de arranque se extienden pero no se unen, dando como resultado una banda parcial de arranque. La presión acumulada causa una segunda acción de corte, resultando una segunda banda de arranque o fractura la cual presentará una pequeña rebaba (ver Fig.7).

En el caso de claro excesivo la banda de arranque es causada por el arrastre del material. Con claro insuficiente las -bandas de arranque son causadas por fuerzas de compresión.

#### MALA ALINEACION ENTRE PUNZON Y MATRIZ.

La Fig. 8 indica las características de corte cuando la matriz y el punzón han sido alineados incorrectamente. Aquí se unen las condiciones de claro insuficiente y claro excesivo para dar como resultado el corte ilustrado.

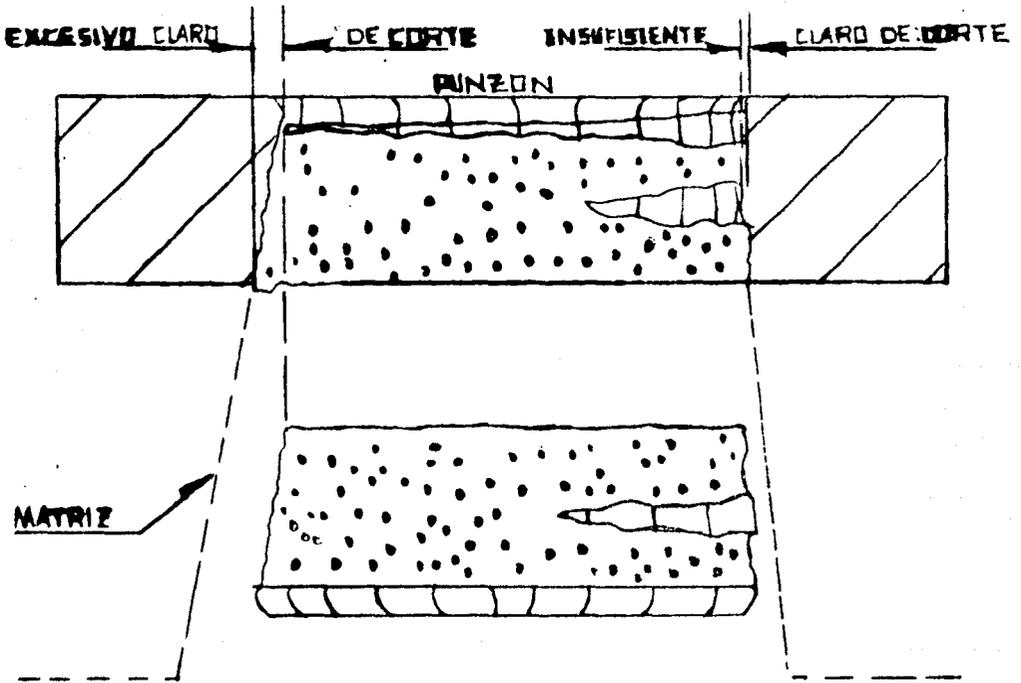


Fig. 8.- Combinación de claro insuficiente y claro excesivo.

EFFECTO DE LOS DIFERENTES CLAROS DE CORTE SOBRE METALES -  
BLANDOS Y METALES DUROS.

La Fig. 9 muestra explícitamente la apariencia caracterís-  
tica de piezas de corte de metales blandos y metales duros con -  
diferentes holguras. Y en las gráficas podemos ver la relación -  
de fuerza contra penetración en la lámina. Nótese que aunque la-  
fuerza requerida para el corte es mayor para metales duros, no -  
así la energía, y esto se debe a que el desplazamiento en meta-  
les blandos es mayor.

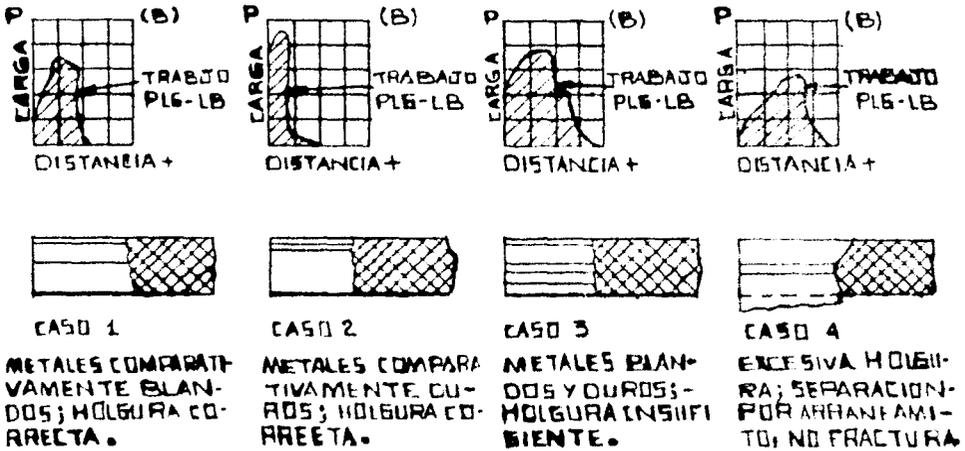


Fig. 9

CLARO ENTRE PUNZON Y MATRIZ

El claro entre la matriz y el punzón esta en función del espesor de la chapa y de las propiedades mecánicas de la misma.

Se ha encontrado practicamente que un buen claro de corte nos los da la siguiente gráfica. (Fig. 10)

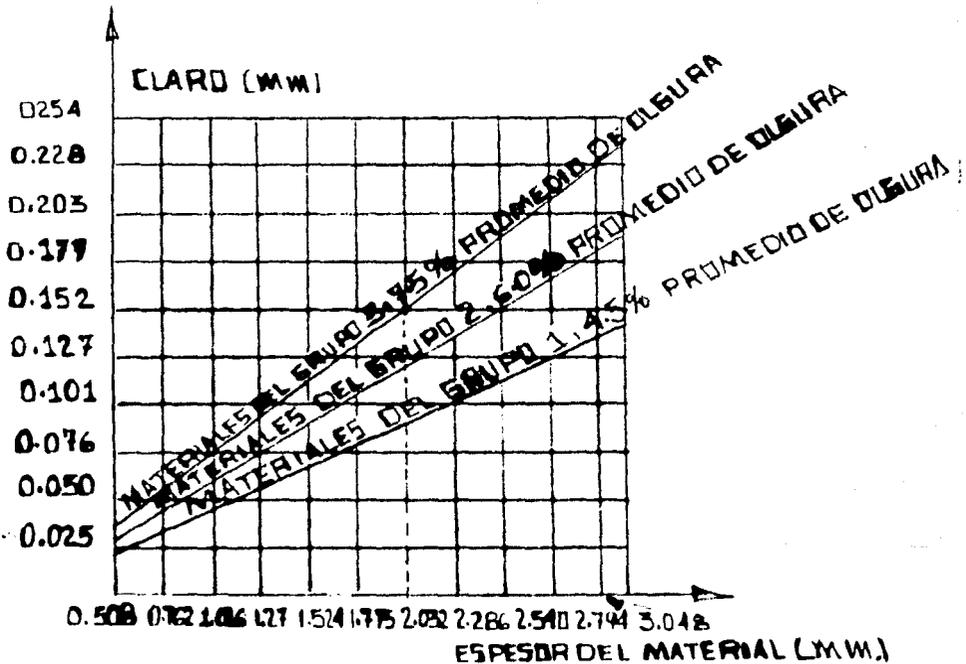


Fig. 10.- Claro de corte para diferentes metales.

Grupo 1.- Aleaciones de aluminio 11005 y 5052S, todas -- las durezas. Claro por lado promedio de 4.5% del espesor del ma terial es recomendado para corte y punzonado.

Grupo 2.- Aleaciones de aluminio 2024ST y 6061ST; latón,

todas las durezas; acero laminado en frío, completamente recocido; acero inoxidable blando. Se recomienda un promedio de claro por lado del 6% del espesor del material para corte y punzonado.

Grupo 3.- Acero laminado en frío, medio duro; acero inoxidable, medio duro y duro. Se recomienda un promedio de claro por lado de 7.5% del espesor del material para corte y punzonado.

Las siguientes tablas, también nos dan diferentes claros y holguras de corte para diversos materiales.

Claro de corte por lado (porcentaje del espesor del material)		
Material	Contorno irregular	Redondo
<u>Aluminio</u>		
blando, con un espesor menor de 1.168 mm	3%	2%
blando, con un espesor mayor de 1.168 mm	5%	3%
duro	5%-8%	4%-6%
<u>Bronce y Cobre</u>		
blando	3%	2%
1/2 duro	4%	3%
duro	5%-6%	4%
<u>Acero</u>		
bajo contenido de carbón	3%	2%
1/2 duro	4%	2%
duro	5%	3%
acero inoxidable	5%-8%	4%-6%

HOLGURA DE CORTE

Espesor del material en mm.	Acero suave	Acero semi-suave	Acero duro	Acero inoxidable	Bronce fosforoso	Latón	Cobre	Aluminio
0.25	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
0.50	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05
0.76	0.04	0.04	0.05	0.06	0.04	0.03	0.03	0.07
1.01	0.05	0.06	0.07	0.08	0.03	0.05	0.04	0.10
1.27	0.07	0.07	0.08	0.10	0.07	0.06	0.05	0.12
1.52	0.08	0.09	0.10	0.12	0.09	0.07	0.07	0.15
1.77	0.10	0.10	0.12	0.14	0.10	0.08	0.08	0.17
2.03	0.11	0.12	0.14	0.16	0.12	0.10	0.09	0.20
2.28	0.13	0.14	0.16	0.18	0.14	0.11	0.10	0.22
2.54	0.14	0.15	0.18	0.20	0.15	0.12	0.11	0.25
2.79	0.15	0.17	0.19	0.22	0.17	0.13	0.13	0.27
3.04	0.17	0.19	0.21	0.24	0.19	0.15	0.14	0.38
3.30	0.19	0.20	0.23	0.26	0.20	0.16	0.15	0.41
3.55	0.20	0.22	0.25	0.28	0.22	0.17	0.16	0.44
3.81	0.22	0.23	0.27	0.30	0.23	0.19	0.18	0.47
4.06	0.23	0.25	0.28	0.32	0.25	0.20	0.19	0.50
4.31	0.25	0.26	0.30	0.34	0.26	0.21	0.20	0.53
4.57	0.26	0.28	0.32	0.36	0.28	0.22	0.21	0.57
4.82	0.28	0.29	0.34	0.38	0.29	0.24	0.22	0.60
5.08	0.29	0.31	0.36	0.40	0.31	0.25	0.24	0.63
5.23	0.31	0.33	0.38	0.42	0.33	0.26	0.25	0.66
5.58	0.32	0.34	0.39	0.44	0.34	0.27	0.26	0.69
5.84	0.34	0.36	0.41	0.46	0.36	0.29	0.27	0.72
6.09	0.35	0.38	0.43	0.48	0.38	0.30	0.28	0.76
6.35	0.32	0.39	0.45	0.50	0.39	0.31	0.30	0.79

RELACION ENTRE LOS TAMAÑOS DE LA PIEZA TROQUELADA, LA MATRIZ Y EL PUNZON.

En base a la Figura II, vemos que:

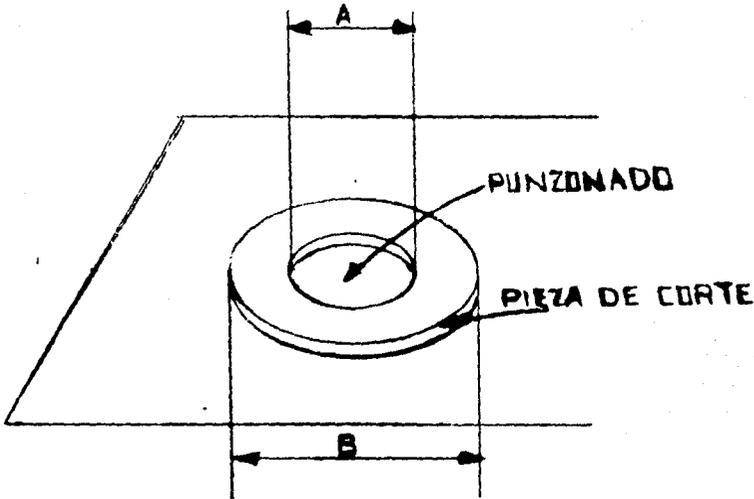


Fig. 11.- Pieza terminada.

Si deseamos hacer el punzonado, de diámetro  $A$ , el punzón se construirá de un diámetro igual a  $A$  y la matriz de un diámetro igual a  $A$  mas la holgura correspondiente.

Si deseamos hacer el corte, de diámetro  $B$ , la matriz se construirá de un diámetro igual a  $B$  y el punzón de un diámetro igual a  $B$  menos la holgura correspondiente.

La verificación cuidadosa de las dimensiones de la pieza de corte, muestra que sus dimensiones son mayores a la abertura de la matriz que la produce. Esto se debe a que la acción de corte comprime la pieza en la abertura de la matriz, luego que ésta ha pasado a través de la matriz, la presión se libera ocasionan-

do una ligera expansión. A la inversa, las aberturas punzonadas, serán ligeramente menores que el punzón que las produce. Cuando el punzón ha sido retirado de la pieza o plantilla, durante la etapa de extracción, la abertura se cierra ligeramente. La mayoría de los metales reaccionan de esta forma. Esta condición se compensa satisfactoriamente haciendo el punzón de 0.012 a 0.025 mm. mayor que la abertura que debe punzonarse. Si la pieza de corte o plantilla es el producto deseado, la abertura de la matriz deberá ser de 0.012 a 0.025 mm. menor que el tamaño de la pieza.

FUERZA NECESARIA PARA EL CORTE.

De acuerdo a la Fig. 12 obtendremos la fuerza necesaria para cortar cualquier material.

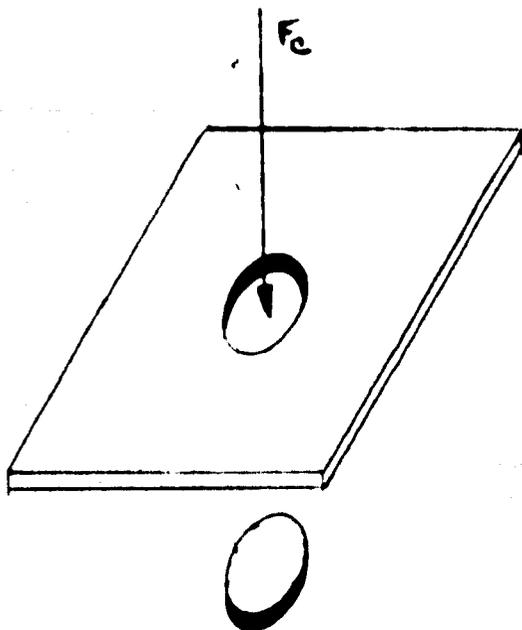


Fig. 12.- Corte o punzonado de un metal.

La fuerza necesaria para el corte nos lo da la siguiente

ecuación:

$$\sigma = \frac{F_c}{A}$$

$$F_c = \sigma A; \text{ Donde}$$

$F_c$  = fuerza necesaria para el corte ( $Kg_f$ )

$\sigma$  = resistencia final al corte del material ( $Kg_f/mm^2$ )

$A$  = área de corte de la pieza ( $mm^2$ )

La resistencia final al corte, para diferentes materiales, nos lo da la siguiente Tabla.

Resistencia última del material (Kgf/mm <sup>2</sup> )	
Material	Corte
Aluminio	
2S-0	7.44
2S-1/2 H	8.52
2S-H	10.07
24 S-0	13.95
24S-T	31.77
52S-0	13.95
52S-1/2 H	16.27
52S-H	18.60
Hojas de asbesto	3.10
Latón para cartuchos, Cu 70%, Zn 30%. Blando	24.80
Tiras roladas y láminas. Cu 65%, Zn 35%	
Blando	24.80
1/2 Duro	34.10
Duro	38.75
Para muelle	44.17
Bronce fosforado grado A	
Recocido	31.00
Temple para muelle	50.37
Cobre blando	18.60
Duro	28.67
Fibras duras	18.60
Oro 14 quilates, blando	32.55
Cuero y piel	5.42
Níquel o plata alemana. Ni 18%, Cu 65%, Zn 17%.Blando	27.12
Papel	9.30
Plata	20.92
Acero maleable	38.75
Placa para calderas	42.62
Acero al silicio	46.50
Acero inoxidable 18-8. Recocido	58.12
Acero inoxidable para cuchillería 410. Duro	112.37
Acero inoxidable para cucharas y tenedores 420. 1/4 - dureza	50.37
Acero inoxidable calidad embutido profundo	32.55
1/4 dureza	34.87
1/2 duro	38.75
duro	37.27
S.A.E. (rolado en frío)	
1010	32.55
1020	40.30
1030	48.82
1050	63.25

FUERZA NECESARIA PARA LA EXTRACCION, YA SEA DE LA MATRIZ O DEL PUNZON.

Es necesario conocer la fuerza de extracción para saber - el número de resortes que se colocaran en el extractor flotante, o bien para diseñar el extractor sólido.

Factores que afectan la fuerza de extracción:

- 1) Clase de material.
- 2) Claro de corte.
- 3) Pulido de punzón y matriz.

Y la fórmula práctica de extracción, dada la condición -- del problema es:

$$F_e = 6\% F_c \text{ a } 20\% F_c$$

donde:

$F_e$  = fuerza de extracción.

$F_c$  = fuerza de corte.

TROQUELES DE EXTRACCION FIJO (ESTATICO)

En el corte de metal, la cinta se recupera elásticamente - en toda la periferia del corte, ocasionando con esto que la pieza de corte presione fuertemente al núcleo de la matriz, y a su vez el esqueleto de la tira se adhiere al punzón.

En el caso de troqueles de corte y punzonado caída por -- gravedad (son aquellos en que la pieza de corte cae por su propio peso a través de un barreno que se le ha practicado a la mesa y sobremesa de la prensa), la extracción de la pieza de corte

es fácil ya que el punzón la expulsa de la matriz.

Para quitar el esqueleto al punzón es necesario adaptarle al troquel un extractor.

Los extractores se clasifican en: Extractores fijos (aplicables a punzones), extractores accionados por resortes (aplicables a punzones y matrices) y extractores de barra percutora - - (aplicable a matrices).

Los troqueles de extractor fijo son aquellos en los que el extractor permanece inmóvil. Los cuales describiremos a continuación:

#### TROQUELES DE GANCHOS EXTRACTORES.

En el troquel mostrado (Fig. 13), los cuatro ganchos grandes sirven como extractores y a la vez como guías de la cinta. - El pequeño perno (corte A-A) funciona como tope del material.

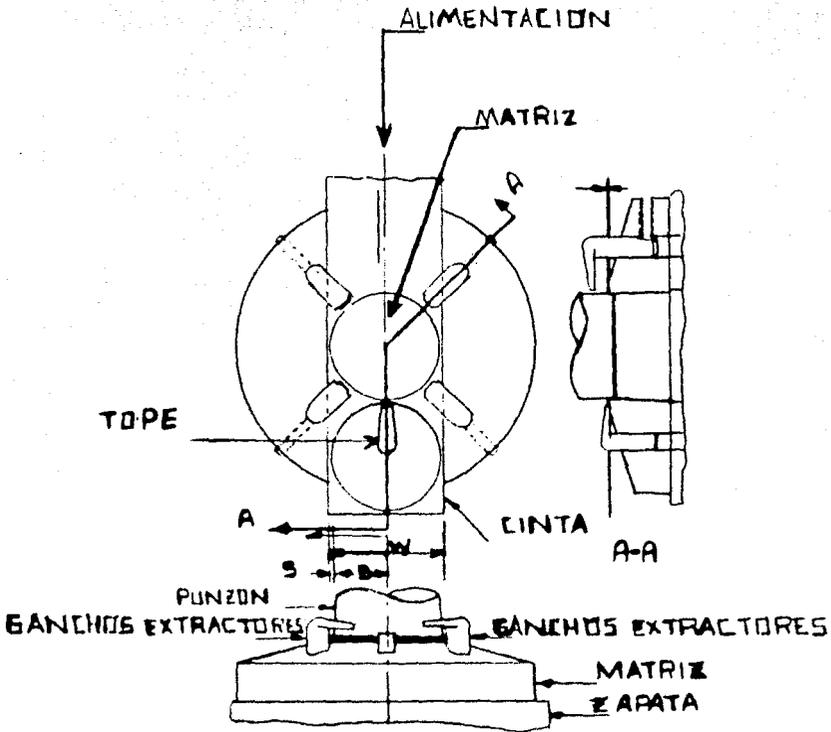


Fig. 13.- Troquel con extractor de ganchos.

La Fig. 14 muestra un gancho típico, el cual está provisto de una parte plana para evitar la rotación en la matriz.

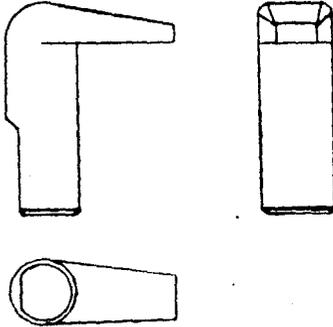


Fig. 14.- Gancho extractor.

Los ganchos son ajustados en la matriz, como se ve en la Fig. 13, y son asegurados por prisioneros por la parte de atrás.

Durante la extracción, el perno de tope al tener contacto con la cinta tiende a distorsionar el esqueleto de desperdicio. La distorsión tiende a incrementarse cuando el tamaño de la plantilla crece.

#### TROQUEL DE EXTRACTOR SOLIDO.

Este nombre se le da por el hecho de que las guías del material forman una parte integral con el plato extractor (Fig. 15).

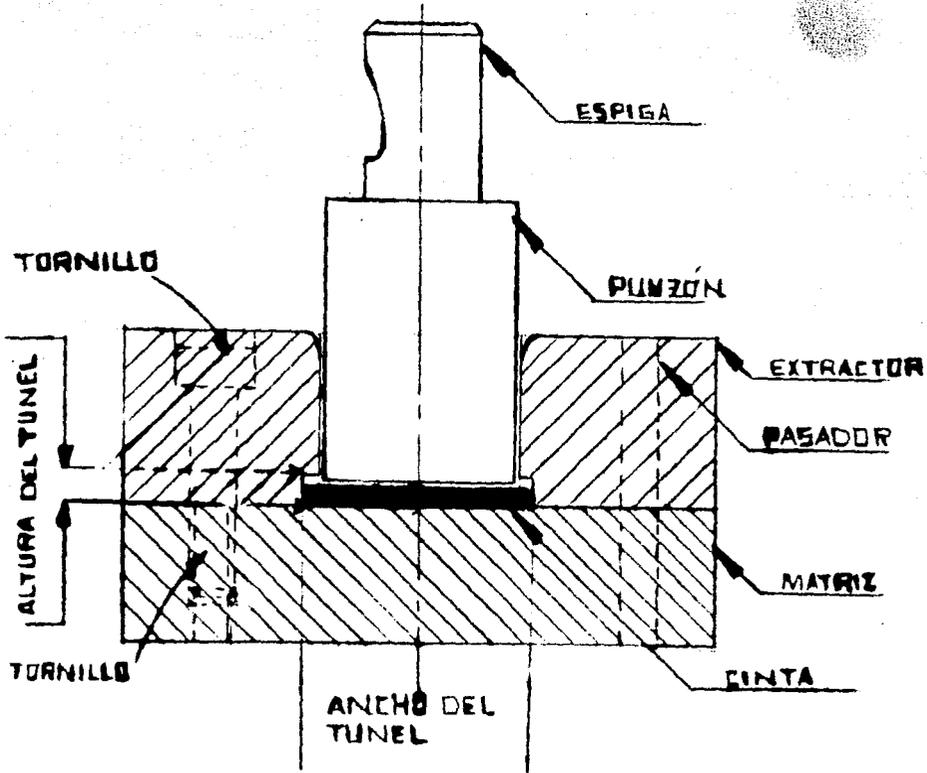


Fig. 15.- Troquel de extractor sólido.

En troqueles sencillos, el extractor puede sujetarse con los mismos tornillos y pasadores que sujetan a la matriz con la zapata inferior, y los alojamientos para las cabezas de los tornillos se abocardarán en el extractor. En herramientas más complejas y en matrices seccionadas, los tornillos para la matriz serán invertidos de ordinario y la sujeción del extractor será independiente.

El grueso del extractor debe ser suficiente para sopor--

tar las fuerzas requeridas para separar el material del punzón.

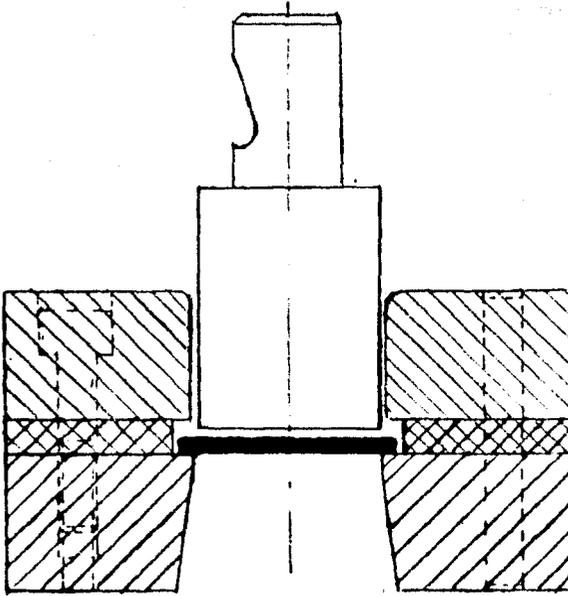
Excepto para heramientas muy pesadas o grandes áreas de corte, la altura requerida para el abocardado de los alojamientos para las cabezas de los tornillos, de 12.06 a 15.87 mm. será suficiente.

La altura del túnel para que permita un adecuado paso de la cinta será de 1.5 veces del grueso del material. Esta altura debe ser aumentada si el material debe ser levantado sobre un tope de perno fijo. El ancho del túnel deberá ser igual al ancho de la tira más una holgura deseada, la cual en función del espesor de la tira se recomienda como sigue:

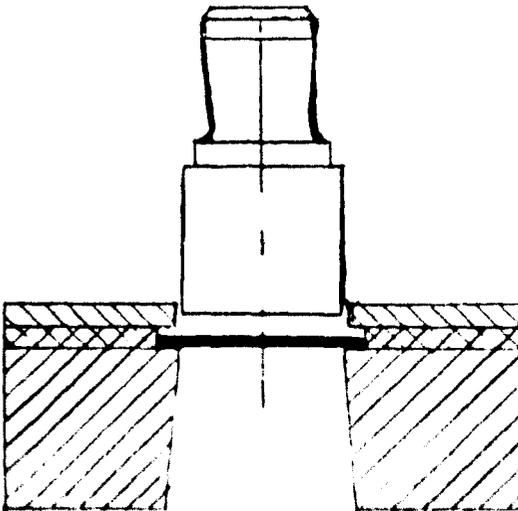
Espesor del material	Holgura recomendada
mm.	mm.
hasta 1.01	1.98
1.01 a 2.03	2.38
2.03 a 3.04	2.78
más de 3.04	3.17

Así como la matriz lleva un claro (de corte), al extractor se le aplica un claro. Esto se hace con el fin de evitar interferencia con el punzón y demás porque el maquinado es más fácil (no se necesita rectificando). El claro por lado del extractor no debe ser menor al claro de corte, ni mayor a 1/2 del espesor de la chapa para evitar deformaciones en la plantilla durante la extracción.

Variaciones del troquel de extractor sólido son mostradas en la Fig. 16 (A,B,C).



A



B

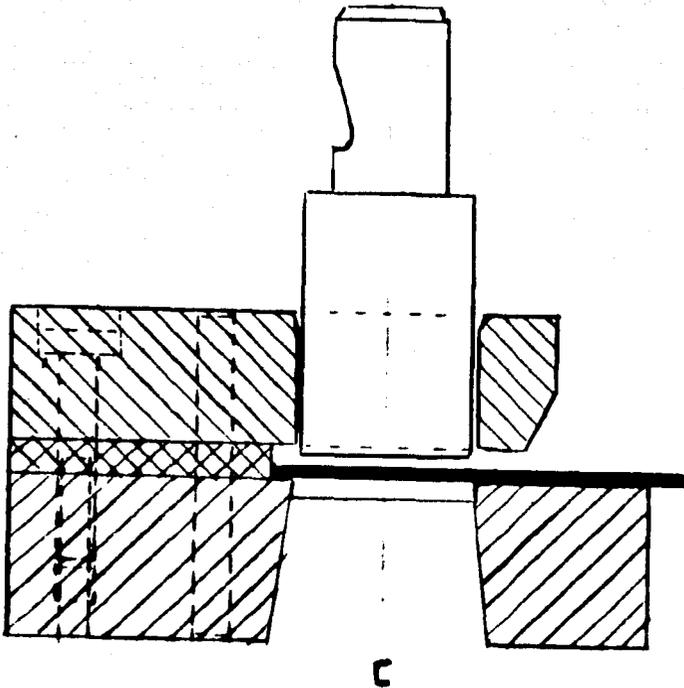


Fig. 16.- Variantes de extractor sólido.

En la Fig. 16 A nótese que el plato extractor es una pieza independiente de las guías del material. Las ventajas con respecto al extractor sólido son: mínimo maquinado y materiales mas apropiados para las guías como para el plato extractor (las guías son sometidas a fuerza de fricción mientras que el plato extractor a fuerzas de impacto). Como desventaja; se requieren más tornillos y pasadores para el ajuste de las piezas.

El extractor de la Fig. 16B puede usarse eficientemente - en troqueles sencillos de corte de plantilla. Esto se debe a que si llegara a haber una distorsión en el momento de extraer, ésta se llevaría a cabo en el esqueleto (desperdicio).

La característica principal del extractor de la Fig. -- 16C es que se usa cuando se va a punzonar plantillas muy grandes, como por ejemplo, podría ser la puerta de un refrigerador, etc.

Comparación de los extractores fijos con los extractores accionados por resortes.

Ventajas de los extractores fijos: Están constituidos de pocos elementos, sencillos, fácil maquinado y en consecuencia -- económicamente deseables y además sólidos.

Desventajas: No se pueden usar en troqueles invertidos, -- ni retornables (éstos no son de caída por gravedad), no se obtiene una presión de pisado de la lámina, esto puede ocasionar que se rompa el punzón (ver Fig. 17A) o que la cinta si es muy delgada, se deforme en la acción de corte y extracción (Fig. -- 17B y 17C).

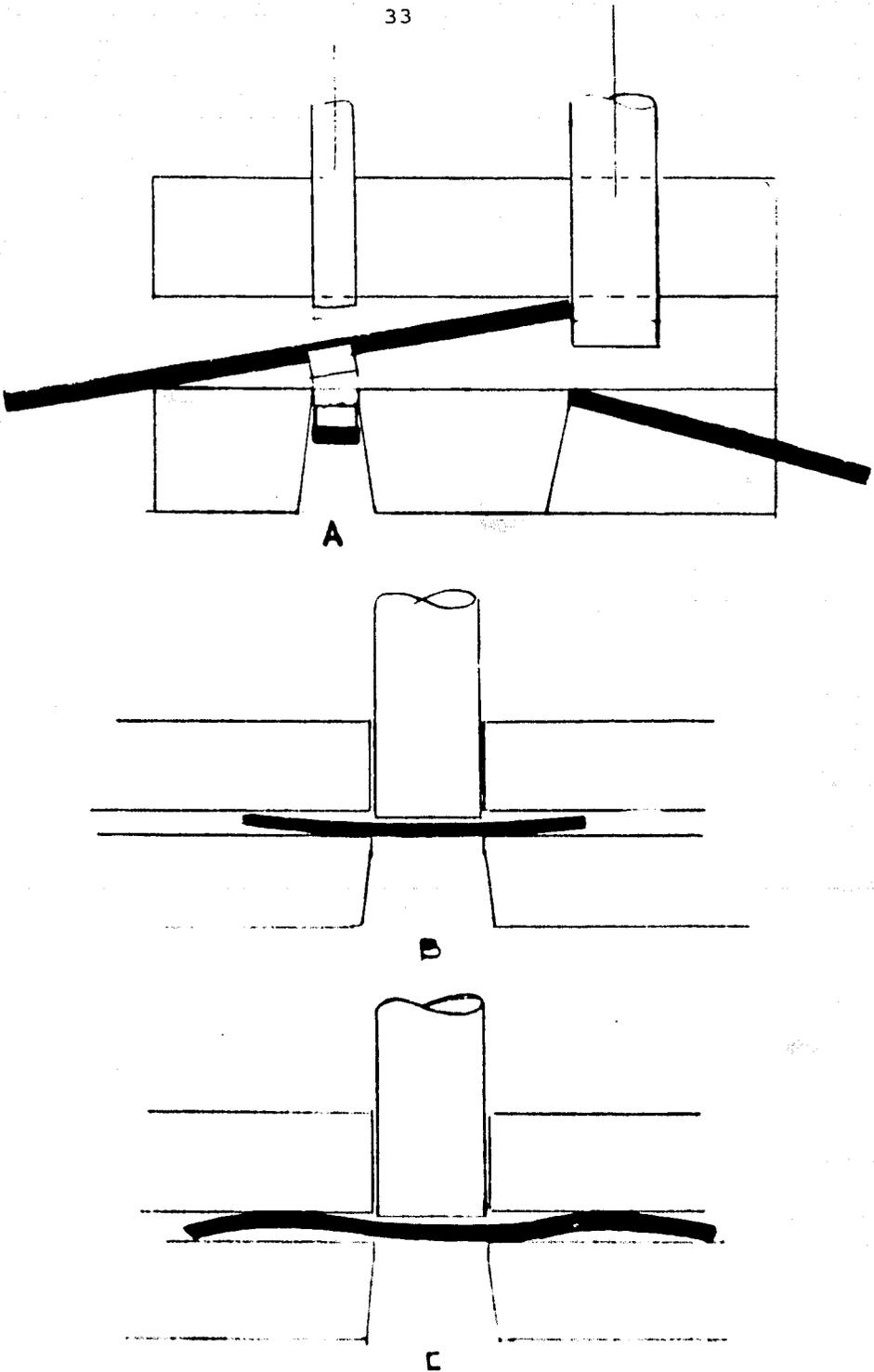


Fig. 17.- Representación de rotura de un punzón y deformación de la cinta durante el proceso.

TROQUELES DE EXTRACTOR FLOTANTE

Un troquel de extractor flotante caida por gravedad, es - aquel en el cual la extracción del esqueleto de la cinta (adheri da al punzón) la realiza un extractor flotante. Un extractor flo tante es una placa de metal accionado por resortes o por cojines de hule y se encuentra unido a la parte móvil del troquel.

La Figura 18 describe éste tipo de troquel y las varian-- tes de como colocar los resortes o el cojín de hule.

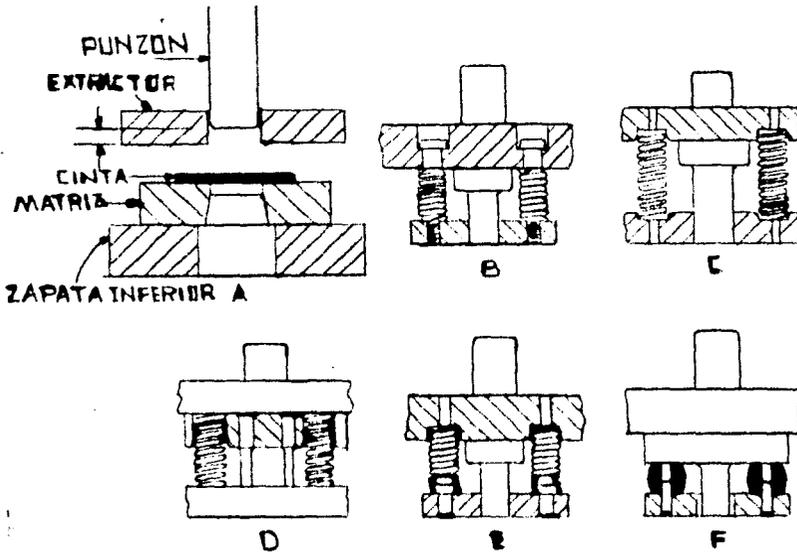


Fig. 18.- Troquel de Extractor Flotante y métodos de fijar los resortes o el cojín de hule.

El funcionamiento del útil es el siguiente.- (Fig. 18A). En el golpe descendente de la prensa, el extractor choca contra la cinta presionándola contra la cara de la matriz, mientras el corte se realiza y los resortes se han comprimido. En la carrera

ascendente del ariete, los resortes regresan a su forma natural, ocasionando con ésto que la placa extractora retire el esqueleto de material del punzón.

Vista 18B.- Aquí los resortes se colocan alrededor de -- tornillos guía. Este es el método mas usado por la condición -- que impide que el resorte al ser comprimido pudiera salir disparado y accidentará al operario de la máquina.

Vista 18C.- Para evitar el movimiento lateral de los resortes, éstos se colocan en los barrenos practicados a la zapata superior y al extractor. El agujero M se practica a las dos piezas unidas (zapata y extractor) y es usado para transferir - la localización de las cavidades mayores.

La profundidad G, del barreno practicado al extractor es tá en función del espesor H, esta cavidad no debe debilitar seriamente la placa. Como referencia, cuando se usen resortes hasta de 25.4 mm. de diámetro es requerida una profundidad G de -- por lo menos 3.17 mm. para estabilizar el resorte. G debe ser proporcionalmente mayor cuando el resorte es mas grande.

Vista 18D.- Los resortes están dentro de la cavidad practicada al portapunzón. Este método es aceptable siempre y cuando la abertura N no sea mayor que el diámetro del resorte.

Vista 18E.- Aquí se muestran unos pernos fijadores, los cuales se pueden colocar a presión y achatar su extremo para -- evitar que los resortes se salgan durante la operación, o bien roscarlos.

Vista 18F.- Resortes de hule Standard pueden proporcionar suficiente presión de resorte, a un bajo costo, y son de fácil aplicación. Sin embargo son afectados en forma adversa -- por los componentes utilizados en el troquelado. Son apropiados únicamente para bajas producciones.

Ventajas de usar un Extractor Flotante:

- a).- Se obtienen piezas mas exactas debido a que el extractor aplana la cinta antes del corte.
- b).- Buena visibilidad del operario en producción.
- c).- Los punzones no están expuestos a roturas por el hecho de que el esqueleto de la cinta se extrae inmediatamente.

Para asegurar que el desperdicio de material sea removido del punzón, el extractor debe exceder una distancia  $S$  al punzón (Fig. 18A). Se sugiere

$S = 0.12$  mm para pequeñas producciones

$S = 1.58$  mm para grandes producciones

Aunque en la práctica se acostumbra hacer  $S$  como mínimo un espesor de la cinta.

### TROQUELES DE RETORNO

Los troqueles de corte de plantilla de retorno, son usados en piezas grandes e irregulares, donde el barreno del núcleo de la prensa no es lo suficientemente grande como para permitir la caída por gravedad de la pieza.

Los troqueles de retorno básicamente están constituídos de los mismos elementos que los troqueles de corte o punzonado-caída por gravedad, la única diferencia de construcción es una placa extractora que sirve para retornar la pieza, de ahí su nombre de retornables.

La desventaja de éste tipo de troqueles, es que, son mas costosos para construir y lentos en operación.

La Fig. 19 muestra las características de construcción de un troquel de retorno.

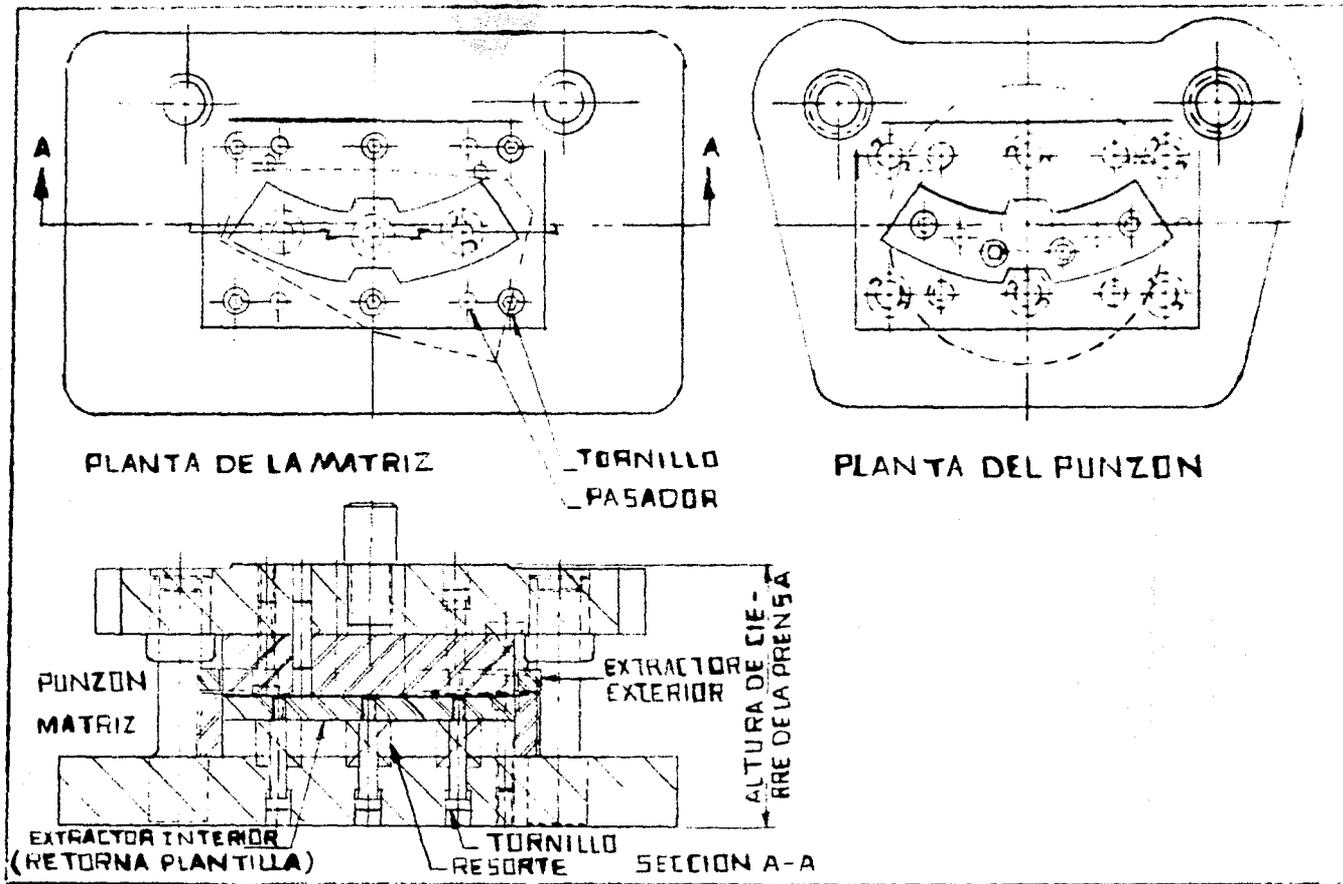


Fig. 19.- Troquel de corte tipo de retorno.

En el golpe **descendente** de la prensa; el extractor exterior presiona la plantilla, posteriormente se efectúa el corte de la pieza entre los filos del útil (matriz y punzón), el extractor interior al tener comprimidos sus resortes, en el viaje ascendente de la prensa, retorna la pieza a la superficie, entanto que el extractor exterior retira el esqueleto el punzón.

En la posición abierta del troquel, se recomienda que - el extractor interior sobresalga de la matriz unos 0.127 mm para que pueda extraer la pieza.

Es importante notar que la matriz no tiene angulo de salida.

TROQUELES INVERTIDOS

Cuando un troquel de retorno no tiene el suficiente espacio para instalar el número de resortes necesarios, para dar la presión de extracción, se invierte el útil quedado la matriz fija a la zapata superior y el punzón en la zapata inferior, de -- aquí el nombre de troquel invertido. La extracción de la pieza -- se puede hacer por medio de una barra percutora (aprovechando la energía de prensa), por resortes, hules o un cojín hidráulico o neumático.

La Fig. 20 represente un tipo de troquel invertido.

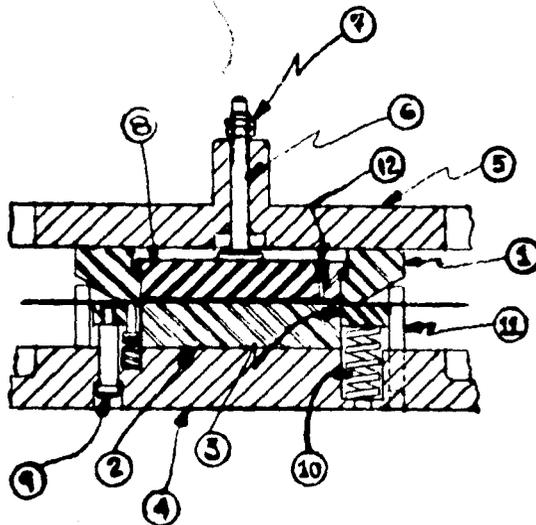


Fig. 20.- Troquel Invertido. Sus principales componentes son:

- 1.- Matriz, 2.- Punzón, 3.- Pizador, 4.- Zapata Inferior,
- 5.- Zapata Superior, 6.- Barra percutora.- 7.- Tuercas, -
- 8.- Extractor, 9.- Tornillos, 10.- Resortes, 11.- Pernos-
- guía de lámina, 12.- Perno de aceite.

El troquel se encuentra en su posición cerrada y su funcionamiento será dado a continuación.

La Fig. 21 muestra diferentes etapas en el viaje del troquel.

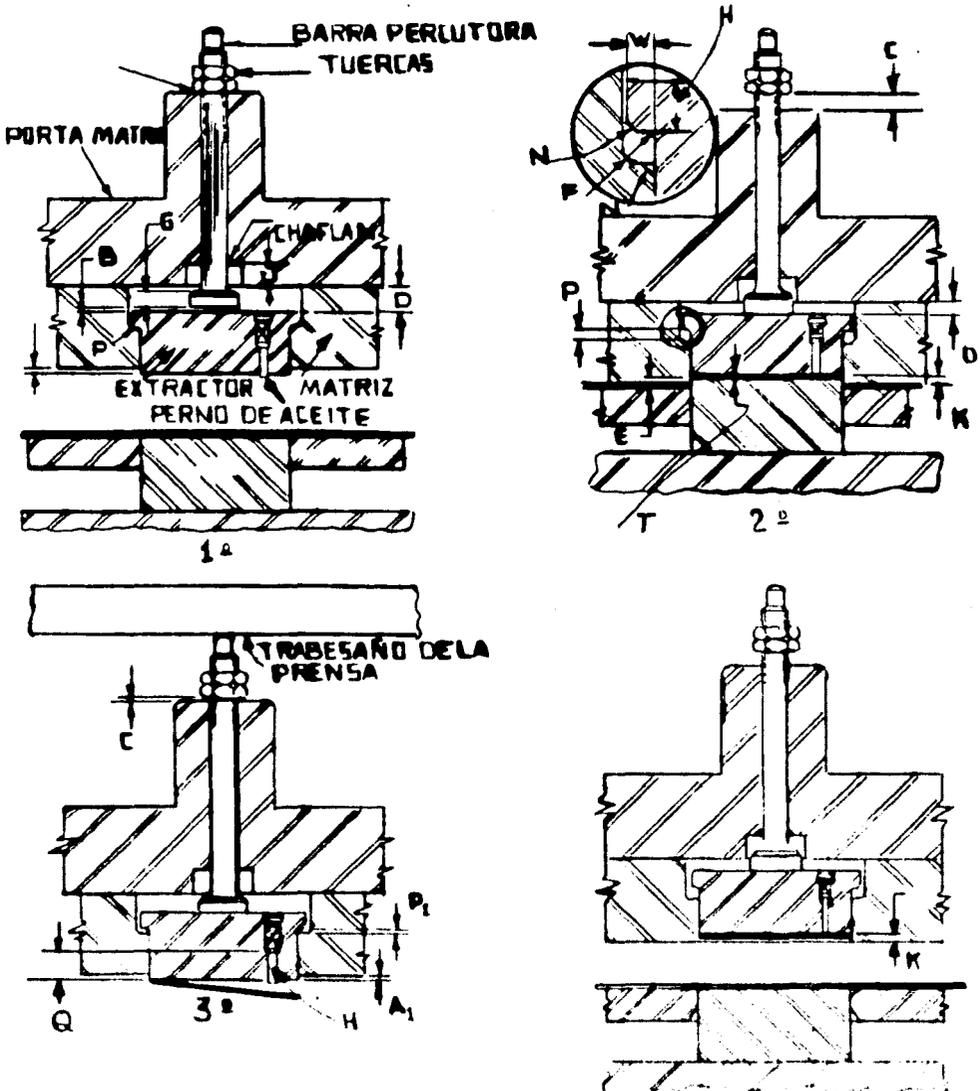


Fig 21.- Representación esquemática del troquelado.

En la primera Fig. el troquel aparece en el punto superior de la prensa. El extractor descansa en P y las tuercas re tienen la barra percutora descansando en C para dar el espacio B.

Las mínimas distancias A y B recomendadas son:

$$A = 1.188 \text{ mm}$$

$$B = 0.127 \text{ mm}$$

Estas dimensiones pueden ser aumentadas con un consecuente aumento en D.

La distancia J debe ser lo suficientemente grande para permitir la entrada total del extremo de la barra percutora.

En la segunda Fig. el troquel aparece en su posición cerrada y se recomienda hacer

$$W = 1.587 \text{ mm}$$

$$H \geq 1 \frac{1}{2} W$$

y proveer los radios (F) por lo menos de 0.254 mm. Hacer el chaflan N para que no haya interferencia con F. La dureza en el área superior del extractor debe ser alrededor de 47 Rockwell C. T es el espesor de la lámina, E es la distancia que entra el punzón en la matriz. K es la distancia que el extractor sube y es igual a E+T. El viaje total del extractor es P=A+K (ver Fig. 21, 2a.). C=P-B. En esta estación D mínima será de 2 1/2 T o bien 2.275 mm.

En la tercera Fig., carrera ascendente de la prensa, está a punto de realizarse la extracción por medio de la barra percuro

tora, la pieza es retenida en la matriz a una distancia  $K$  y el perno de aceite está comprimido.

En la cuarta Fig. El perno de aceite a liberado su energía almacenada y el extractor a realizado su función.

$$A_1 = P_1$$

$$C = 1/2 P$$

Y las dimensiones óptimas dadas en la segunda Fig. son:

$$A = 0.79 \text{ mm}$$

$$P = 0.79 \text{ mm}$$

$$C = 0.39 \text{ mm}$$

Notar que la matriz no tiene ángulo de salida.

TROQUELES COMPUESTOS DE CORTE Y PUNZONADO

Un troquel compuesto de corte y punzonado es aquel que realiza dos o mas operaciones, de corte y punzonado, en un sólo golpe de la presan. Este tipo de operaciones se puede realizar ya sea en troqueles sencillos o bien en un troquel progresivo -- (el cual se describirá mas adelante). La ventaja de hacer un -- troquel compuesto es que nada mas es un solo útil para varias -- operaciones y además las operaciones se realizan en una sola es -- tación (en un troquel progresivo las operaciones se harían en -- varias estaciones.

En la Fig. 22 aparece un troquel compuesto de corte y -- punzonado.

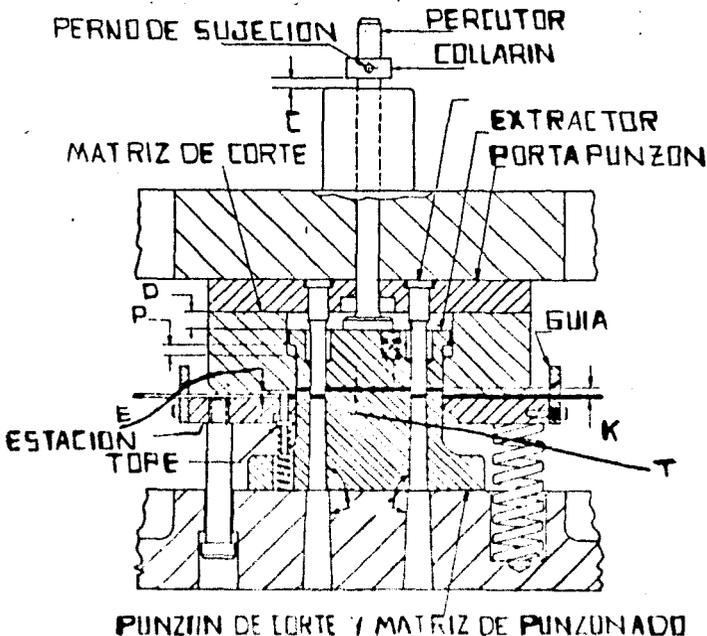


Fig. 22.- Troquel Compuesto de Corte y Punzonado.

Al igual que el troquel invertido, en este tipo de útil-compuesto la matriz de corte no debe tener ángulo de salida.

Las matrices de punzonado si deben tener ángulo de salida para permitir que caiga el desperdicio.

En la ilustración el troquel está cerrado, carrera final de la prensa. Las relaciones C.D.E.K, y P son las mismas que -- fueron dadas en la figura 21.- 1a, 2a, 3a y 4a.

#### TROQUELES DE SECCIONES

Este puede ser cualquiera de los explicados anteriormente pero se llama de secciones por el hecho de que la matriz es de varias secciones ensambladas adecuadamente.

Cuando se desea cortar piezas grandes (como referencia - con perímetro exterior mayor de 25.4 cm) es recomendable hacer la matriz de secciones, por el hecho de que en el tratamiento -- térmico sufriría una deformación considerable. O bien cuando la matriz tenga esquinas agudas o piezas difíciles para facilitar el maquinado. El manejo de materiales se reduce. La ventaja de las secciones es que si falla alguna nada mas se cambia esta.

La Fig. 23 describe un troquel invertido en secciones.

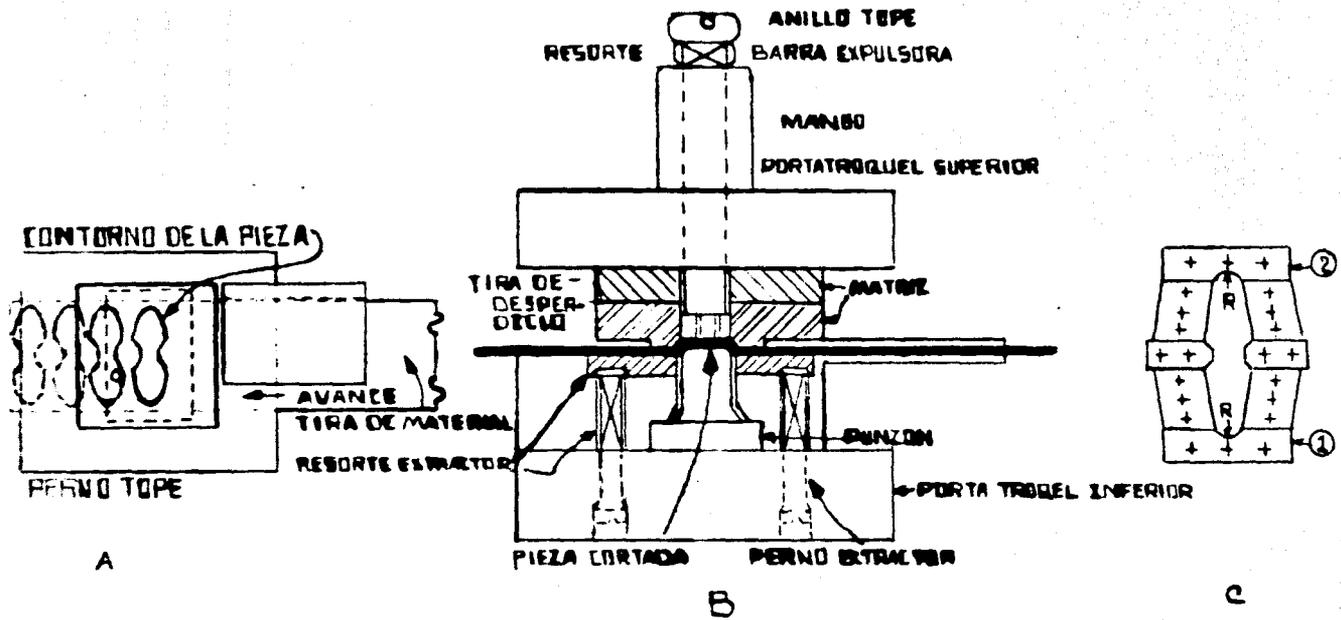


Fig. 23.- Troquel de secciones tipo invertido.

En la Fig. 23A aparece la vista de planta de la parte - del útil.

La Fig. 23B describe el conjunto del troquel.

En la Fig. 23C aparece la vista de planta de la matriz - y se ven claramente las secciones. El borde cortante de cada -- sección no debe incluir puntos y contornos intrincados para fa- cilidad de construcción, reafilado y resistencia.

Las secciones 1 y 2 fueron trazadas para incluir el con- torno semicircular completo.

TROQUELES DE SECCIONES COMPUESTAS

Estos útiles son similares a los troqueles de secciones, la diferencia radica en que cuando las piezas a producir son demasiado grandes, las partes de afuera de la matriz son de fierro y las que van a efectuar el corte de acero.

La Fig. 24 muestra la vista de planta de una matriz de secciones compuestas.

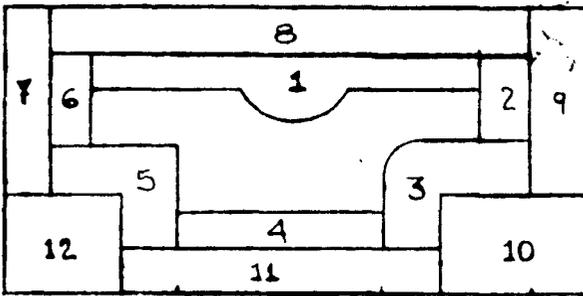


Fig. 24.- Matriz de secciones compuestas.

Las secciones 1,2,3,4,5 y 6 son de acero especial para el corte y las 7,8,9,10,11 y 12 son de fierro.

Las características de este troquel son las mismas que para el troquel de secciones dado anteriormente. Lo único que puede variar son los métodos de fijación de las secciones.

TROQUELES DE REGLAS DE ACERO (SUAJES)

Este tipo de troqueles tienen una amplia aplicación en la industria. Son de fácil manufactura, bajo costo de sus elementos y normalmente se construyen en poco tiempo. Se utilizan principalmente para el corte de papel, cartón, caucho, algunos plásticos, metales blandos de poco espesor, etc. Se usan para producciones pequeñas.

Los troqueles de reglas de acero (suajes) se llaman así precisamente por el hecho de que los miembros de corte son reglas de acero adecuadamente ensambladas en un bloque de madera.

La Fig. 25 muestra una matriz de reglas de acero.

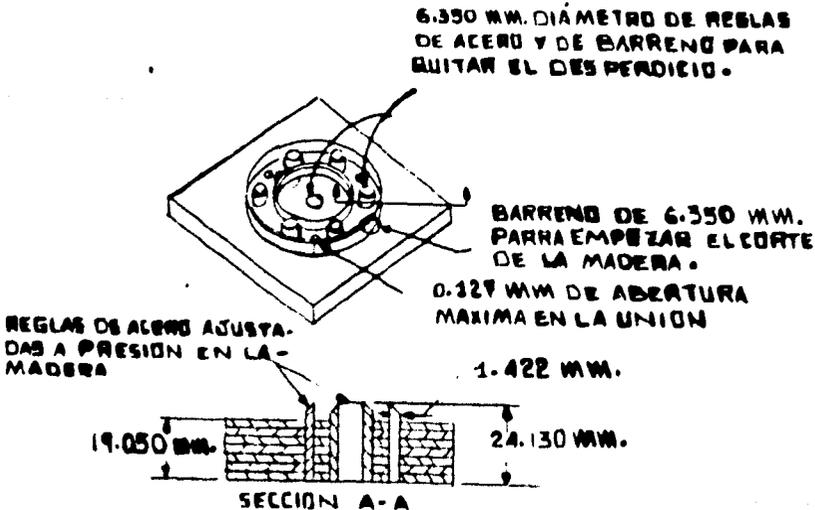


Fig. 25.- Matriz de Reglas de Acero.

La matriz se coloca directamente sobre la mesa de la prensa.

En el ariete de la prensa se coloca (el punzón) ya sea -- una placa de acero blando con su cara de ataque plana o bien un bloque de madera dura.

Las reglas de acero tienen un borde filoso y están dentro de una hendidura hecha en la madera que tiene la misma forma que las reglas. Se recomienda que la hendidura sea de 15.875 a --- 19.050 mm y esté compuesta de 5 a 7 capas de madera. El ancho de las reglas puede ser de 23.317 a 23.799 mm.

Para fijar las reglas de acero; primero se dibuja con --- plantilla el contorno de la pieza deseada sobre la madera, des-- pués, con una sierra muy delgada se corta la misma; posteriormen-- te, con una máquina especial para doblar reglas de acero, se --- efectúa el doblado deseado; finalmente, con un mazo de bronce se coloca la regla de acero dentro de la hendidura hasta que se ali-- nea completamente. Las tolerancias en el alineamiento son de ---  $90 \pm 1/4^\circ$ . La dureza sugerida de las reglas es de 40-50 Rockwell C.

La pieza terminada es extraída por medio de dispositivos-- elásticos (colocados dentro de las reglas de acero) contruídos de hule, corcho o neopreno y en ocasiones de resortes. El espe-- sor del hule debe sobresalir de la superficie de las reglas para que pueda ser extraída la pieza.

Los troqueles de reglas de acero pueden usarse además --

como útiles compuestos de corte y punzonado como lo indica la -  
Fig. 26.

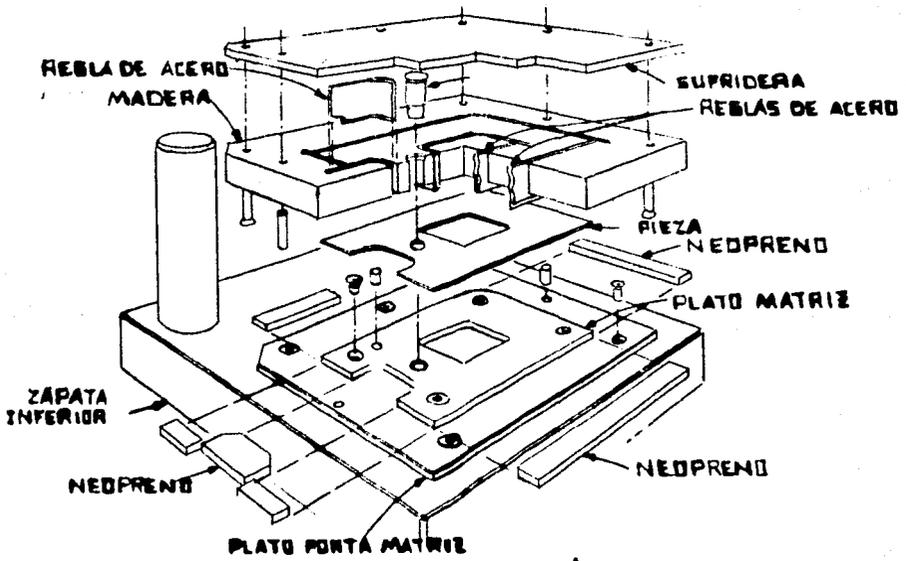


Fig. 26.- Troquel Compuesto de Reglas de acero de corte y Punzonado.

Los elementos del troquel se han montado en un portatroquel standard. En la zapata superior se ha colocado una sufridera (de acero) que es la que soporta las fuerzas del punzón y de las reglas de acero, las cuales van adecuadamente ajustadas al bloque de madera. Y en la zapata inferior se ha colocado el portamatriz (de acero), la matriz y los extractores (de neopreno). En la Fig. 26 aparece la pieza terminada después de la operación.

El filo de las reglas de acero se representa en la Fig.- 27.- El porcentaje se refiere al espesor de la regla de acuerdo a las condiciones del material a cortar. Se recomienda usar pa-

ra las reglas; acero con alto contenido de carbón como S A E -- 1080 o 1095 o bien aceros aleados como S A E 4130 o 8630 con su adecuado tratamiento Térmico.

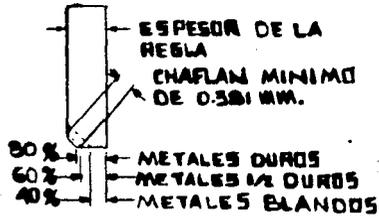


Fig. 27.- Especificaciones de filo para las reglas de acero.

**Efectos de corte y cizallado**

**Matrices y portamatrices**

**Punzones y portapunzones**

**Extractores**

**Portatroqueles**

EFFECTOS DE CORTE Y CIZALLADO

El punzonado lo podemos realizar en dos formas a saber:

1o. corte instantáneo de la pieza (Fig. 28A) y 2o. corte progresivo de la pieza (cizallado, Figs. 28B y C), ésto se hace con el fin de reducir la fuerza de corte.

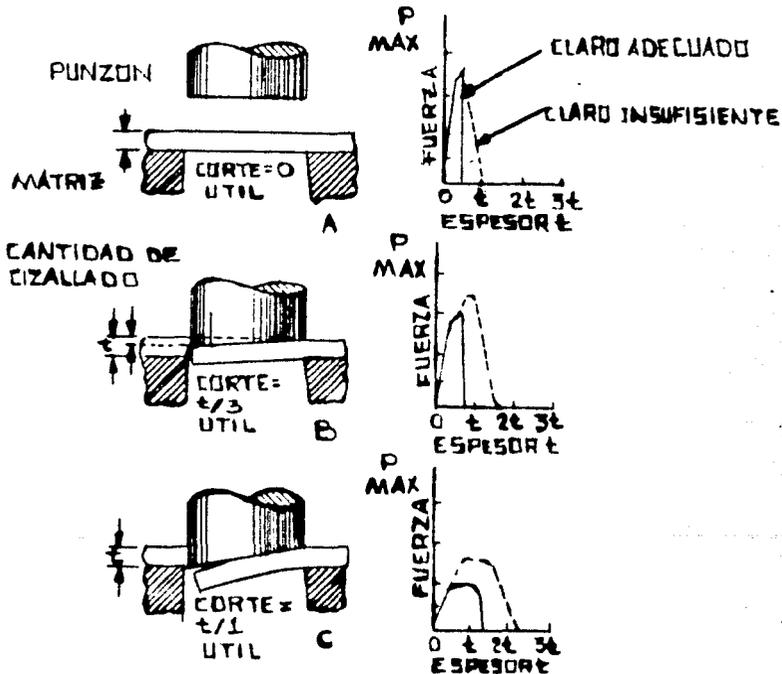


Fig. 28.- Diferentes formas de punzonado.

En la Fig. 28 se ha graficado la fuerza de corte (P) contra el espesor (T) de la pieza. Aquí se puede ver claramente la variación de la fuerza requerida para realizar el mismo corte.

La Fig. 29 muestra diferentes formas de afilado del punzón o de la matriz para efectuar el corte progresivo del material.

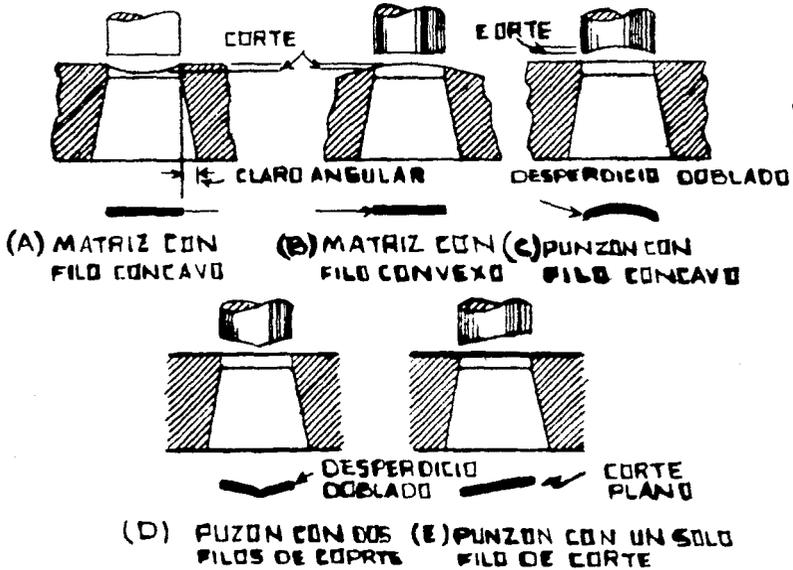


Fig. 29.- Diferentes formas de afilado de la matriz o del punzón.

El método a seguir en el afilado del troquel depende de la operación de corte o punzonado.

#### MATRICES Y PORTAMATRICES.

Las dimensiones de la matriz se determinan en base a resistencia de materiales, por el espacio necesario para montar los tornillos y pasadores así como para la colocación de la placa extractora. Las esquinas agudas en el contorno pueden conducir a roturas en el tratamiento térmico, y se requiere, por tanto, un espesor de pared mas grande en tales puntos.

El espesor de las matrices, debe resistir la fuerza de -- cortes y dependerá del tipo y espesor del material a cortar. Para materiales muy delgados (cinta) un espesor de 12.7 mm será su ficiente pero, excepto para herramientas temporales, el espesor de acabado muy pocas veces será menor de 22.22 mm.

De acuerdo a la experiencia (Fig. 30), suponiendo que la matriz es de acero para herramientas, se sugieren los siguientes espesores (e) de acuerdo al perímetro de corte.

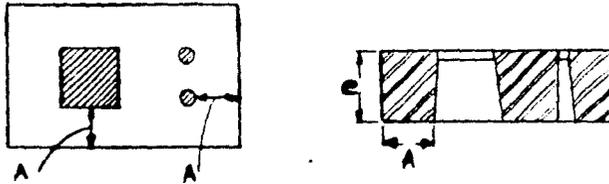


Fig. 30.- Matriz de Punzonado.

$e = 19.05$  mm para perímetros de corte de 76.2 mm o menores

$e = 25.4$  mm para perímetros de corte entre 76.2 y 127 mm

$e = 31.75$  mm para perímetros de corte entre 127 y 177.8 mm

$e = 38.10$  mm para perímetros de corte entre 177.8 y 254 mm

Para perímetros de corte mayores de 254 mm se acostumbra seccionar la matriz.

De acuerdo a la Fig. 30 la distancia A deberá ser:

$$A \geq 1.5 e$$

y para contornos redondos en matrices (Fig. 31)

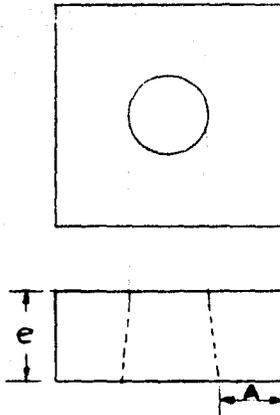


Fig. 31.- Matriz de punzonado con el perfil de corte redondo.

$$A \geq 1e$$

Tipos de ángulos de salida en matrices.- Después del corte de la cinta, el producto de corte sufre una recuperación elástica tan vigorosa que las piezas quedan retenidas lateralmente dentro de la matriz. La acción de corte de una segunda pieza presionará sobre la primera facilitando su expulsión, sin embargo, el esfuerzo requerido en el segundo corte será superior al primero, ya que se suma al esfuerzo cortante la resistencia lateral, por fricción, de la primera pieza cortada. Si este se repite varias veces (a lo largo del espesor de la matriz) se desarrollara un gran esfuerzo lateral en dicha placa, que puede originar la rotura de la misma.

Por lo anteriormente dicho se debe dar un ángulo de salida a la matriz (Fig. 32).

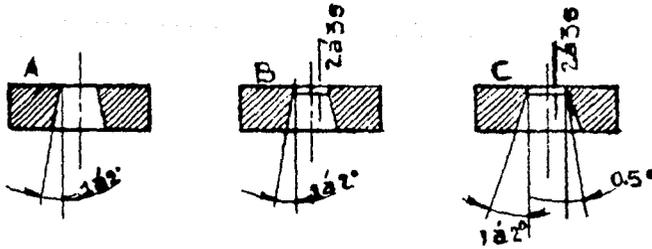


Fig. 32.- Diversos ángulos de salida en matrices.

- A) A partir de la misma arista de corte. Se hace así frecuentemente en matrices destinadas al corte de metales blandos, como, por ejemplo: latón, aluminio, plomo, etc.
- B) Dejando una parte recta a partir de la arista de corte, con una profundidad de dos o tres veces el espesor del material cortado (o bien de 3.175 mm). Este sistema se aplica en matrices destinadas a cortar metales duros, por ejemplo, hierro, acero, etc. con perfiles muy exactos.
- C) A partir de la arista de corte de la matriz el contorno, en un espesor de dos a tres veces el espesor del material, es ligeramente cónico y, a partir del espesor indicado, la conicidad aumenta rápidamente en un número mayor de grados. Este procedimiento también se aplica a metales muy duros, que no requieren precisión en su contorno.

El contorno a usar se elige en base a producción, máquina do, afilado y precisión.

MÉTODOS DE FIJAR Y CENTRAR LAS MATRICES

En troqueles, es muy importante centrar y posicionar sus partes para evitar que estas se deterioren.

Las matrices generalmente se unen a la zapata inferior o bien a una placa (portamatriz), la cual en éste caso se une a la zapata inferior.

Con el uso de portamatrices se obtienen las siguientes ventajas:

- 1.- Se reduce considerablemente el costo de materiales, porque disminuye el empleo de aceros especiales.
- 2.- Comodidad de poder regular la alineación.
- 3.- Facilidad de cambiar solo la matriz.

Existen dos métodos para fijar y posicionar las matrices:

- 1) Por medio de tornillos y pasadores.

Deberán proveerse dos pasadores únicamente en cada matriz para asegurar un posicionamiento preciso. Deberán colocarse tan separados como sea posible para efecto máximo de localización de ordinario casi diagonalmente en esquinas opuestas. Se emplearon dos o mas tornillos, dependiendo del elemento montado. Es preferible colocar los tornillos y los pasadores a una y media veces sus diámetros desde los bordes exteriores del contorno de corte (Fig. 33).

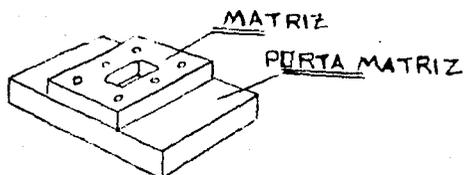


Fig. 33.- Fijación de una matriz por medio de tornillos y pasadores.

La matriz se ha fijado al portamatrix por medio de cuatro tornillos colocados en las esquinas y se ha centrado por medio de dos pasadores.

Para unir la matriz al portamatrix, las siguientes reglas proveerán una construcción sólida.

En matrices de hasta  $4624 \text{ mm}^2$  emplear dos tornillos -- allen de diámetro 9.5 mm y dos pasadores de 9.52 mm de diámetro.

En secciones hasta  $6432 \text{ m}^2$  emplear tres tornillos y dos pasadores.

Para troquelar material pesado, utilizar tornillos y pasadores de 12.7 mm de diámetro. Abocardar el alojamiento para la cabeza de los tornillos 3.17 mm más profundo que lo usual, para compensar el afilado de la matriz.

2) La matriz se puede posicionar por tornillos y centrar por medio de un encajonamiento en la porta matriz.

La Figura 34.- A, B y C muestra algunas variantes de este método.

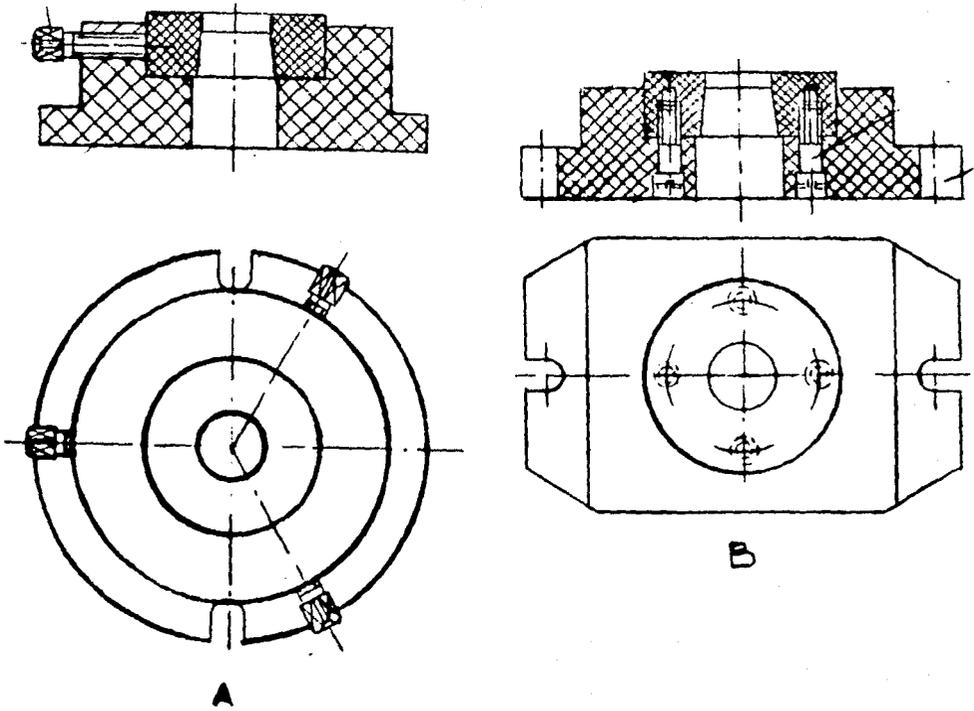


Fig. 34.- Diversos métodos de fijación de matrices en portamatrices.

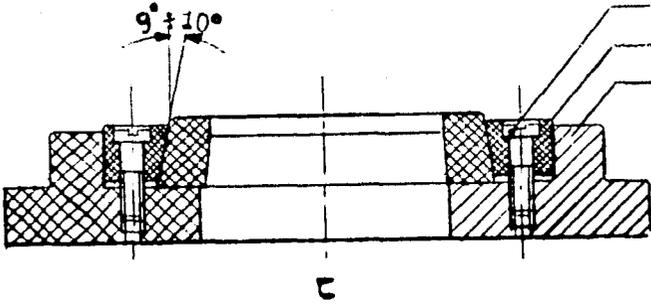


Fig. 34.- Diversos métodos de fijación de matrices en portamatrices.

En el caso de que se presenten punzonados de uno o mas -- agujeros con sección diferente a la redonda, resulta conveniente una construcción como la indicada en la Figura 35.

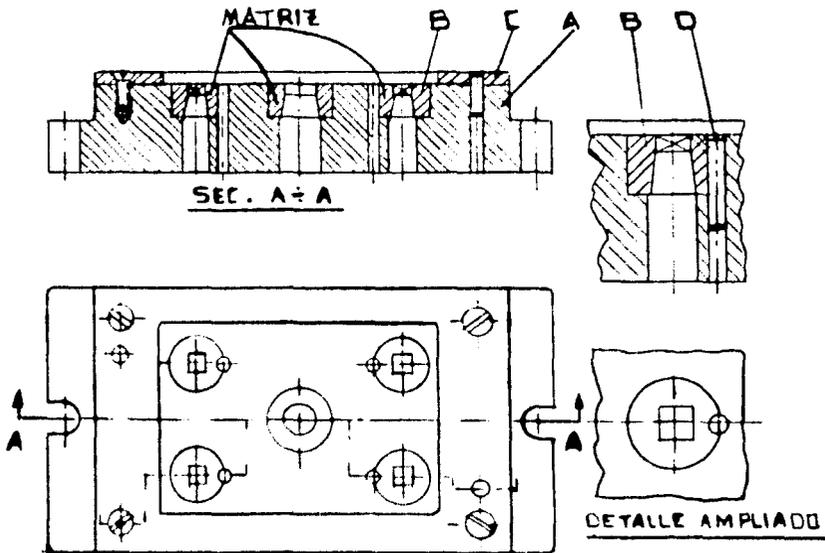


Fig. 35.- Portamatriz de varios asientos.

Las matrices B encuentran su asiento en la placa base A (portamatrices) y son centradas por pasadores D. La plaquita C sirve para alojar la pieza que será punzonado.

Las matrices con agujeros redondos también pueden adoptar la forma con valona; en estos casos su cuerpo entra a presión en el agujero de la placa portamatrices, de forma que la parte de la valona está en contacto con el plano de la placa base (Figura 36). Son fáciles de construir y además son intercambiables.

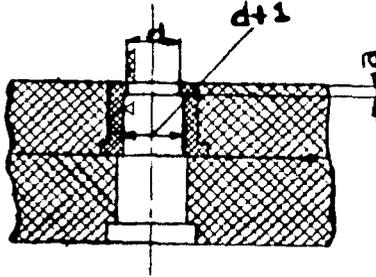


Fig. 36.- Matriz con casquillo intercambiable.

#### PUNZONES Y PORTAPUNZONES

La determinación de las dimensiones del punzón se han basado sobre la experiencia práctica.

Para encontrar el diámetro mínimo de un punzón (en un barrenado redondo) se recomienda usar la siguiente relación.

$$\frac{d}{t} = 1.1$$

donde:

d = diámetro mínimo del punzón

$t$  = espesor de la plantilla

Experimentalmente se encontró la siguiente relación, para punzones de acero templado y plantillas de hierro.

$$\frac{d}{t} = 0.83$$

Esta relación se encontró para condiciones extremas.

De las relaciones anteriores podemos encontrar los diámetros mínimos de los punzones. Sin embargo, esto no quiere decir que agujeros que tengan diámetros menores (a los dados por las relaciones anteriores) no puedan ser perforados con éxito. El -- punzonado de tales agujeros puede ser facilitado por:

- 1.- Acero para punzones de gran resistencia a compresión.
- 2.- Holguras mayores que el promedio.
- 3.- Rigidez óptima del punzón.
- 4.- Acción de cizalado sobre el punzón, la matriz o ambos.
- 5.- Prevención del deslizamiento del material.
- 6.- Diseño óptimo del extractor.

La longitud máxima permisible de un punzón (redondo) puede calcularse de la fórmula.

$$L = \frac{\pi d}{8} \left( \frac{E}{\sigma_c} \frac{d}{t} \right)^{\frac{1}{2}}$$

donde:

$L$  = Longitud máxima del punzón (mm)

$d$  = diámetro del punzón (mm)

$E$  = módulo de elasticidad (Kgs/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_c$  = resistencia al corte del material (Kg+/mm<sup>2</sup>)

$t$  = espesor de la plantilla (mm)

METODOS DE FIJACION DE LOS PUNZONES.

La fijación de los punzones puede efectuarse de diversos métodos, que están en función:

- a) de las dimensiones del punzón
- b) de su perfil
- c) de la forma en que debe trabajar
- d) del espesor de la cinta (plantilla)
- e) de la producción

En las operaciones de corte de la chapa de bastante espesor, es necesario fijar rígidamente los punzones para que resistan la fuerza de extracción. En el caso en que la fuerza de extracción sea mínima, se puede recurrir a formas constructivas --mas sencillas.

Si el troquel posee un solo punzón, éste puede construirse integralmente con el mamelón o espiga, Figura 37.

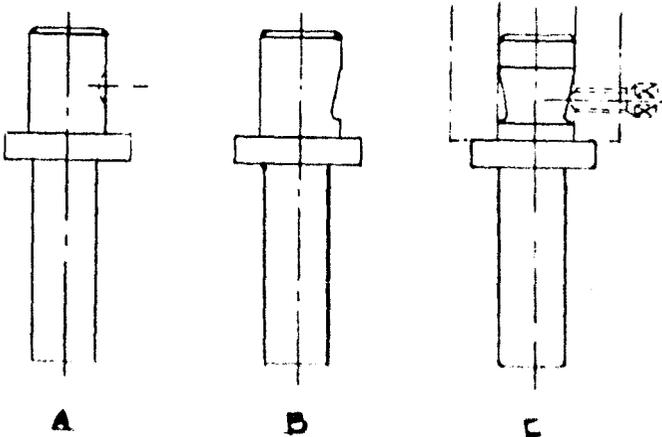


Fig. 37.- Tipos de punzones y espigas de una sola pieza.

Su sujeción se realiza introduciendo la espiga en el portamachos de la prensa y fijándola lateralmente con un tornillo; en la espiga puede haber una muesca lateral (Fig. 37A) o un plano inclinado (Fig. 37B) o un trozo completamente cónico (Fig. - 37C).

Si, en cambio, el troquel lleva mas punzones, éstos se fijan mediante un órgano intermedio llamado placa portapunzones. El sistema de fijación expuesto en la Fig. 38A, está constituido por la placa portapunzones A por la zapata superior B; y la espiga C. La unión de la placa portapunzones a la zapata superior es por medio de tornillos y pasadores. En la placa portapunzones se hacen los agujeros del mismo diámetro que los punzones.

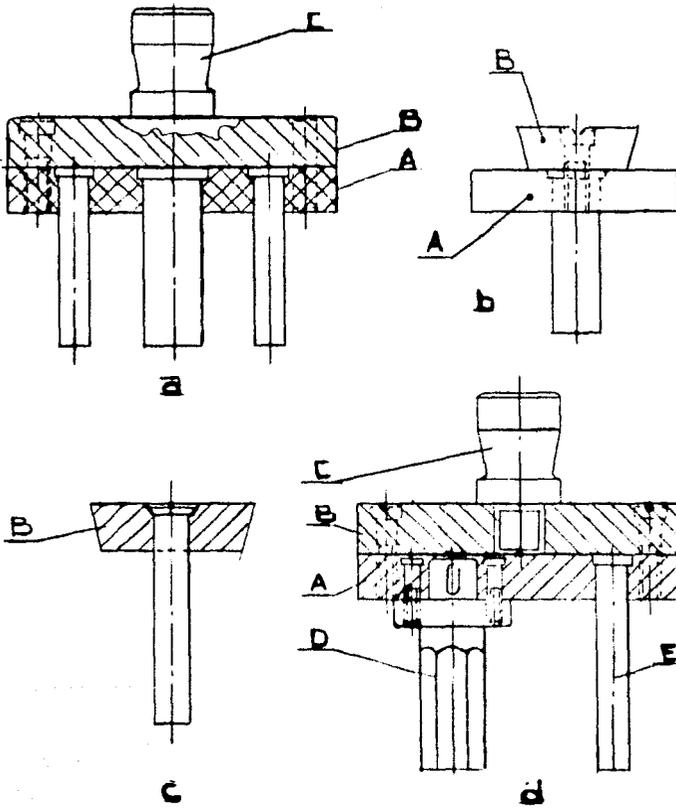


Fig. 38.- Algunos sistemas de sujeción de punzones.

La fijación con la corredera de la prensa puede hacerse -- también por la espiga (B) en forma de ala de mosca o directamente por la placa (Fig. 38B y C). En la Fig. 38D, puede verse que la sujeción del punzón D (de mayores dimensiones) con la placa portapunzones A se ha hecho mediante una raíz cilíndrica y tornillos; la fijación se obtiene mediante una chaveta. El punzón pequeño E es retenido por una valona ejecutada en la cabeza y asentada en el hueso de la placa.

En **troqueles** de precisión o bien si se usan punzones de poco diámetro, es común interponer entre la zapata y el portapunzones una plaquita de acero (sufridera) con las superficies rectificadas (Fig. 39). Su objeto es impedir que las cabezas de los punzones por la sucesión de los golpes, se lleguen a incrustar en la parte blanda (zapata) siendo la causa de los juegos.

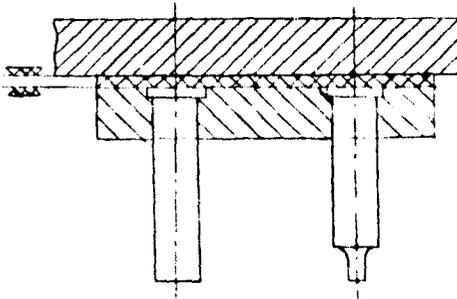


Fig. 39.- Punzones cuyas cabezas se apoyan en la sufridera.

La Fig. 40 representa otros sistemas de fijación de los punzones; en la Fig. 40a el punzón se ha encajado en la placa portapunzones por medio de un mango cilíndrico remachado en la parte superior y se impide su rotación por medio de una valona de forma rectangular que se asienta en el hueco de la placa.

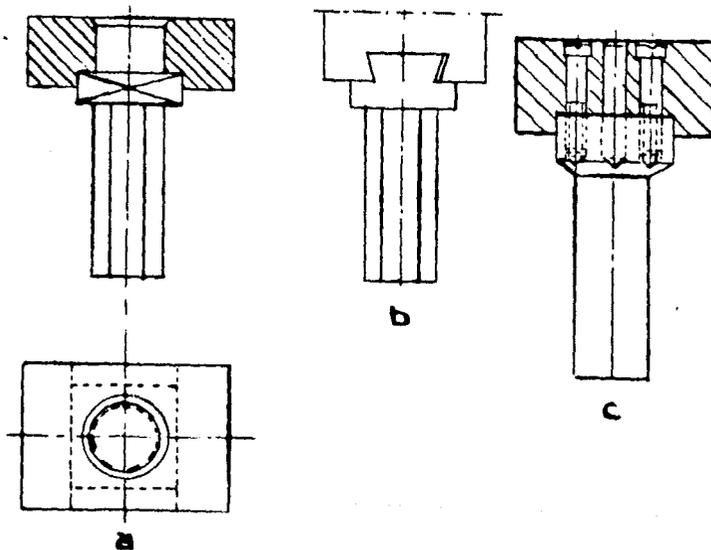


Fig. 40.- Algunos sistemas de fijación de punzones.

En la Fig. 40b tenemos el punzón integral fijado por su parte superior mediante una ala de mosca. En la Fig. 40c, se representa el tipo de punzón unido con tornillos y pasadores; es empleado en los casos de corte y doblado de plantillas delgadas.

Algunos sistemas de sujeción de punzones para agujerear se muestran en la Fig. 41. Los tipos A y B son parecidos, la di-

ferencia consiste en que uno presiona directamente sobre el fondo del portapunzón y el otro sobre la corona; la fijación viene hecha mediante tornillos laterales. Los tipos C, D, E y F se emplean preferentemente en aquellos casos en que no es posible alcanzar, mediante tornillos laterales, el trozo cilíndrico encajado; de estos tipos el F es el más caro aunque presenta las mejores garantías de buen funcionamiento; la sujeción se obtiene mediante el apoyo de la corona sobre el asiento cónico y la retención del brazo cilíndrico con una tuerca empotrada en la placa.

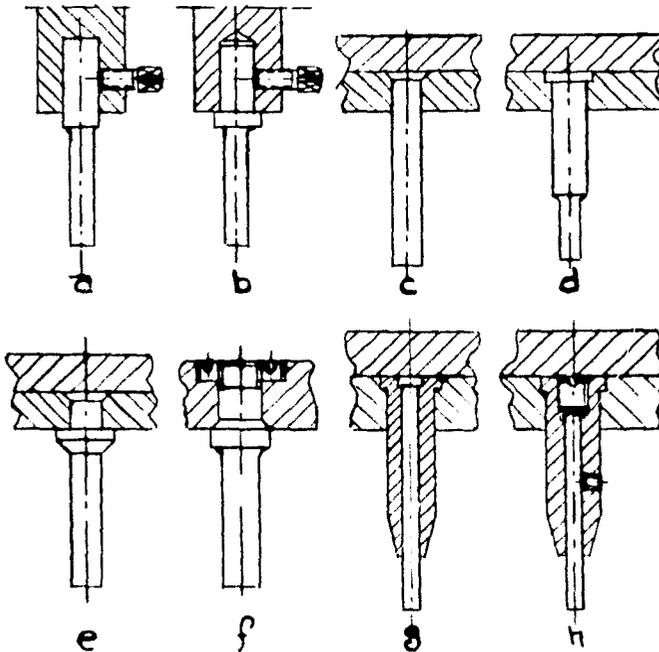


Fig. 41.- Sistemas de fijación de punzones para agujerar.

En el caso de agujeros pequeños en relación con el espesor de la plantilla, se emplea los tipos de sujeción mostrados en G y H, el punzón es una simple varilla introducida en un casquillo; en el tipo G, la reacción se obtiene por el choque de la cabeza del punzón sobre la placa, mientras que en el tipo H la reacción se produce mediante un tornillo en la cabeza que, -- además, permite una regulación para los sucesivos afilados de la punta; en este caso, se necesita también un tornillo lateral para fijar el punzón al casquillo. Este último método se emplea para chapas delgadas de material dulce (latón, aluminio, etc.).

EXTRACTORES

De éstos elementos ya se habló en el tema de troqueles de extractor fijo y en troqueles de extractor flotante. Lo único - que nos resta tratar es su diseño en cuanto a resistencia de materiales.

## DISEÑO.

El extractor es una placa sometida a fuerzas cortantes y momento flexionantes, por lo que, sus dimensiones las obtendremos a partir del momento flexionante máximo y de acuerdo al número y dimensiones de los tornillos y pasadores para su fijación.

En la Figura 42 aparece una placa que podría ser un extractor sólido o bien uno flotante.

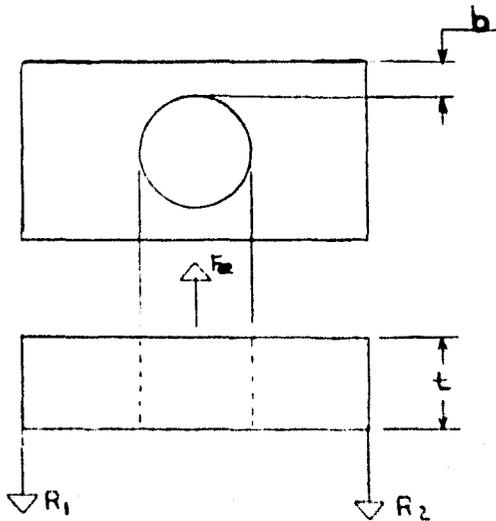
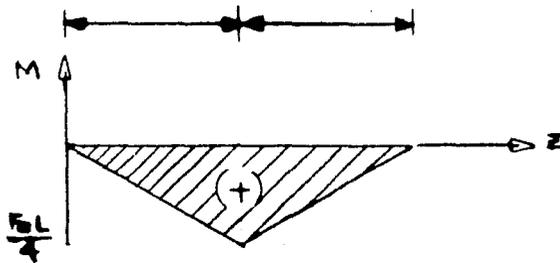
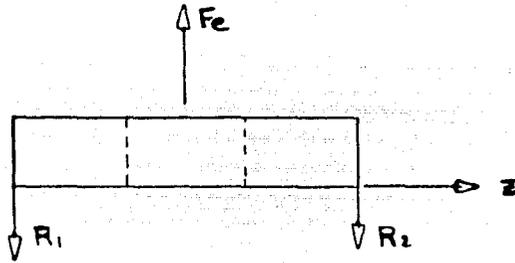


Fig. 42.- Placa extractora.

Pensemos en que se trata de un extractor sólido. En la Fig. 42 aparecen la fuerza  $F_e$  necesaria para la extracción y las reacciones  $R_1$  y  $R_2$ .

Obtengamos al diagrama de momento flexionante.

Las reacciones  $R_1$  y  $R_2$  por simetría son iguales y tienen un valor de



$$R_1 = R_2 = \frac{F_c}{2}$$

$$0 \leq z \leq \frac{L}{2}$$

$$M = -R_1 z + \frac{F_e}{2} z$$

$$\text{Si } z = 0, M = 0$$

$$z = \frac{L}{2}, M = -\frac{F_e}{2} \frac{L}{2} + \frac{F_e}{2} \frac{L}{2} = -\frac{F_e L}{4} + \frac{F_e L}{4} = 0$$

$$\frac{L}{2} \leq z \leq L$$

$$M = -R_1 z + F_e (z - L/2)$$

$$\text{Si } z = \frac{L}{2}, M = -\frac{F_e}{2} \frac{L}{2} + \frac{F_e}{2} \frac{L}{2} = -\frac{F_e L}{4} + \frac{F_e L}{4} = 0$$

$$z = L, M = \frac{F_e}{2} L - \frac{F_e}{2} L = 0$$

De la formula de escuadria y del momento máximo flexio--  
nante obtenemos las dimensiones de la placa extractora.

$$\sigma = \frac{N_z}{A} + \frac{M_y}{I_y} \frac{M_x Y}{I_x}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo resistente del extractor (Kgf/mm<sup>2</sup>)

$N_2$  = Fuerza normal (Kgf)

$A$  = Area en que es aplicada la fuerza normal (mm<sup>2</sup>)

$M_y$  = Momento flexionante con respecto a y (Kgf x mm)

$I_y$  = Momento de inercia con respecto a y (mm<sup>4</sup>)

$M_x$  = Momento flexionante con respecto a X (Kgf c mm)

$Y$  =  $\frac{t}{2}$

$I_x = \frac{bt^3}{12}$  = Momento flexionante on respecto a X (mm<sup>4</sup>)

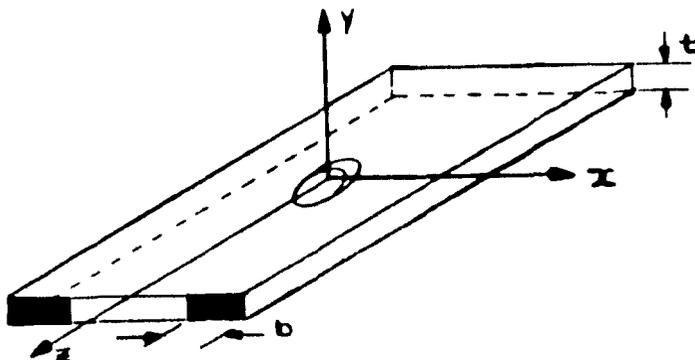


Fig. 43.- Deducción de las dimensiones de la placa extractora.

De la fórmula general de la escuadria

$$\frac{M_x}{\sigma} = \frac{I_x}{Y}$$

por tener dos áreas resistentes al momento flexionante, como lo indica la Fig. 43 en la parte sombreada, tenemos.

$$I_x = 2 \frac{bt^3}{12} = \frac{bt^3}{6}$$

Y teniendo los valores de:  $Y$ ,  $I_x$ , ,  $M_x = M_{Fmax}$  sustituímos en la formula y obtenemos los valores deseados.

### PORTATROQUELES

Un porta troquel es un conjunto de piezas que le sirven de base y unión al troquel. La Fig. 44 describe un portatroquel.

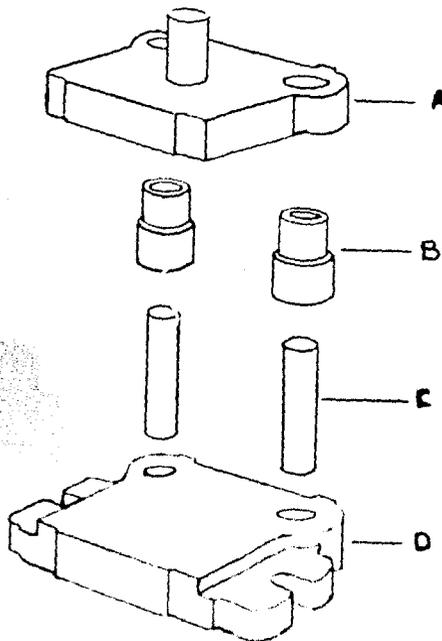


Fig. 44.- Componentes de un portatroquel.

Sus componentes son:

- A. Zapata superior
- B. Tasas
- C. Columnas guía
- D. Zapata inferior

En el montaje de las piezas, los extremos inferiores de las columnas guía se introducen a presión en la zapata inferior y la parte superior de las tasas se introducen a presión en la zapata superior. Las tasas se acoplan en las columnas guías con un ajuste deslizante, exacto, para que proporcionen una alineación precisa.

Ventajas con el uso de porta troqueles:

- 1.- Los miembros se mantienen en alineación correcta durante el proceso de corte aunque exista alguna holgura en la prensa.
- 2.- Se aumenta la duración de la matriz.
- 3.- Las matrices se pueden instalar en las prensas en un tiempo mínimo a causa de que son unidades independientes.
- 4.- Se facilita el almacenamiento. No hay posibilidad de pérdida de partes sueltas.
- 5.- Las matrices correctamente diseñadas se pueden afilar sin desmontar los miembros de corte.

**EXACTITUD.**

De acuerdo a la exactitud, a los porta troqueles los divi diremos en: precisos y comerciales. Ambos troqueles tienen las mismas tolerancias para las zapatas, la diferencia radica en --- las tolerancias de ajuste entre las tasas y las columnas guía. - Para juegos de precisión las tolerancias entre las tasas y las - columnas guía es de 0.0050 a 0.0101 mm.

**MATERIALES.**

Los materiales se seleccionan de acuerdo a la resistencia del útil. Hay tres clases:

- 1.- Semiacero (contiene un 7% de acero y se considera como fundición)
- 2.- Todo acero.
- 3.- Combinación, en la cual la zapata superior semiacero- y la zapata inferior de acero.

**ZAPATA SUPERIOR.**

Las superficies A están acabadas (Fig. 45). Se les emplea por el matricero para escuadrar y situar las piezas que colocará en la zapata. Las superficies B también están acabadas. La superior descansa o se apoya en la parte inferior del pisón de la -- prensa. Los componentes del punzón son fijados en la superficie inferior.

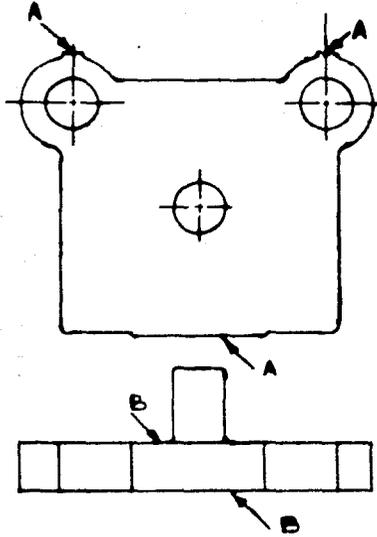


Fig. 45.- Zapata superior.

## ZAPATA INFERIOR

Su forma corresponde a la de la zapata superior (Fig.- 46) salvo que está provista de nervios de sujeción A que tienen ranuras para sujetarse con la placa de solera de la prensa.

Se emplean superficies mecanizadas B para el encuadrado y el posicionado de los componentes de la matriz, también las superficies C están acabadas. La inferior descansa sobre la placa de solera y la matriz y los otros componentes se fijan sobre la superior.

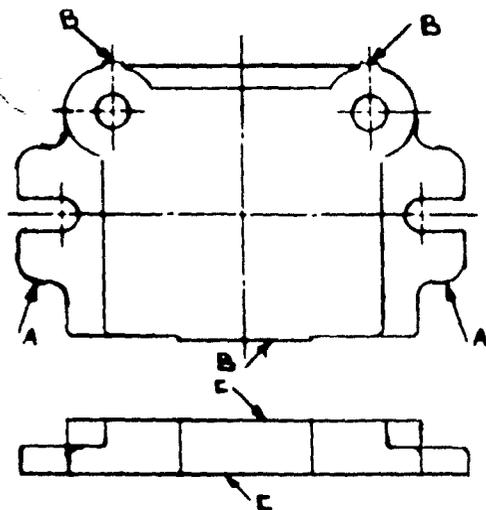


Fig. 46.- Zapata inferior

## COLUMNAS GUIA.

Existen seis tipos, a saber (Fig. 47):

- 1.- Columnas guías pequeñas, ordinariamente templadas y rectificadas sin centro, particularmente para los tipos comerciales de portatroqueles.
- 2.- Columnas de mayor diámetro, rectificadas entre centros después del temple.
- 3.- Columnas con rebaje en lo que será la superficie de la matriz. Este rebaje suele ser aplicado a las columnas de precisión.
- 4.- Columna guía con mecanizado para evitar agarrotamiento en un extremo. Además proporcionan facilidad y rapidez en el montaje y desmontaje.
- 5.- Columnas guía con resalto, se emplean conjuntamente con tasas que tienen el mismo diametro de ajuste. En la fabricación de portatroqueles especiales, las zapatas se unen y los agujeros se taladran a través de ambas para el acoplamiento de tasas y columnas.
- 6.- Columnas guía desmontables, pueden ser sacadas fácilmente de la zapata para el afilado de la matriz.

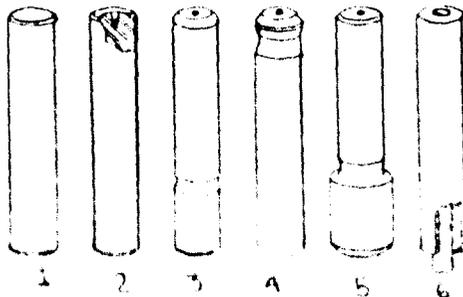


Fig. 47

Tipos de columnas guía.

Las columnas guía para los portatroqueles de precisión - tienen un revestimiento de cromo duro que provee un alto grado de resistencia al desgaste (reduce el rozamiento en mas del 50%).

Cuando el troquel esta en su posición cerrada, las columnas guía no deben sobresalir del mismo. Dejar, por lo mismo, un espacio de 6.25 mm entre las partes superiores de las guías y la zapata.

#### ARMAZONES CON COJINES DE BOLAS.

Algunos portatroqueles están provistos de cojinetes de bolas en lugar de casquillos guía (Fig. 48). Las columnas de guía están introducidas a presión en la zapara superior y se les acoplan cojinetes de bolas A, que a su vez están guiados por manguitos templados B introducidos a presión en la zapata inferior. - Los cojinetes son precargados para eliminar el juego lateral. La lubricación se efectúa por un engrasador colocado en la instalación.

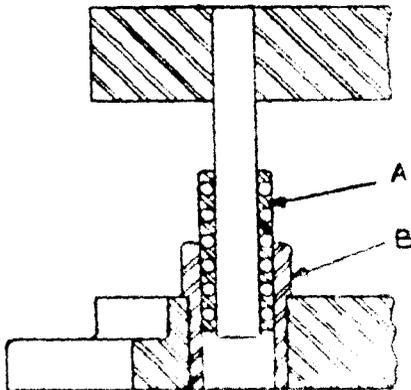


Fig. 48.- Montaje en que se utiliza cojinetes de bolas en lugar de casquillos guía.

La mayoría de las tasas son de acero para herramientas - aunque también se fabrican de bronce. Existen dos tipos (Fig.49):

- 1.- Tasas sencillas que son simples manguitos introducidos a presión en la zapata.
- 2.- Tasas con resalto que entra a presión en la zapata -- con el resalto.

Para las tasas sencillas existen dos dimensiones: normal y largo. Las tasas de resalto se suministran en tres longitudes: normal, larga y extralarga. Entre mas larga sea una tasa mas --- área guiará y por tanto la operación será mas precisa.

Las columnas y las tasas se ensamblan con ajuste de contracción en agujeros taladrados en las zapatas. Las columnas y las tasas son sometidas a un tratamiento de profundo enfriamiento, reduciendo por consiguiente sus diámetros, luego se les inserta en las zapatas y se les calienta hasta temperatura ambiente, con lo que se expanden y se obtiene un ajuste entre los componentes.

Los casquillos guía están provistos de ranurado para el engrase. Se mecanizan ranuras helicoidales en las superficies internas para la retención y la distribución del lubricante.

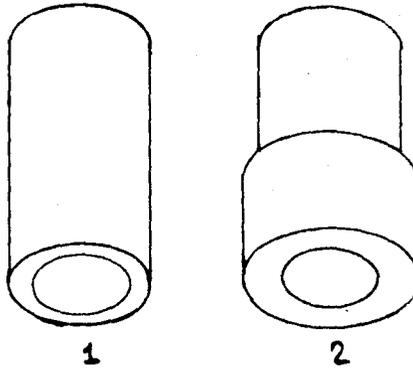


Fig. 49.- Tipos comunes de tasas.

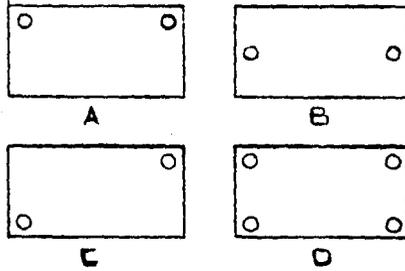
#### DISPOSICION DE LAS COLUMNAS.

Las columnas guía pueden ser colocadas de una de estas -- seis maneras (Fig. 50):

- A.- Se aplican dos columnas en la parte posterior del por tatroquel. Este es el método que se usa más comunmen- te en la disposición de dos columnas.
- B.- Se colocan las columnas lateralmente cuando se alimen ta la tira de delante hacia atrás.
- C.- Columnas colocadas diagonalmente. Y en D se utilizan- cuatro columnas. Estos son los standars existentes.

Para la alimentación de tiras lateralmente en grandes pro ducciones, algunos diseñadores prefieren aplicar las columnas en la parte anterior y posterior como se muestra en E. Otros dispo- nen tres pilares para mayor estabilidad como se representa en F.

## NORMAL



## ESPECIAL

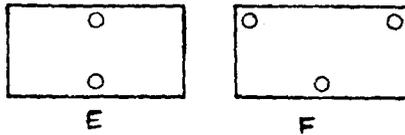


Fig. 50.- Diferentes formas de colocar las columnas guías en el portatruque.

## EPIGAS.

La epiga tiene la misión de efectuar el enlace entre el - troquel y la prensa.

Normalmente, la espiga, es una pieza de forma cilíndrica, con uno de sus extremos roscado (cuerda fina) que se adapta a - la zapata superior. La superficie del cilindro puede ser comple - tamente lisa, Fig. 51 A o bien presentar una faceta tallada -- (Fig. 51B), que asegura una sólida fijación a la prensa. En --- otras ocasiones suele construirse en forma de cono (Fig. 51C)

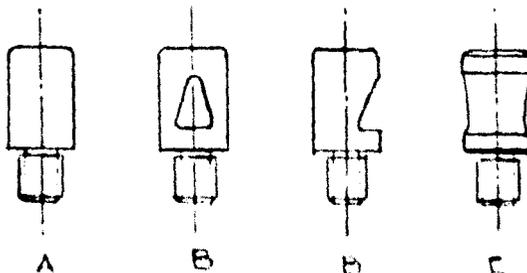


Fig. 51

Tipos de Epigas.

### DOBLADO

Troquel de doblado en V

Troquel de doblado en U, con pisador

Troquel doblador en el borde

Troquel doblador en el borde invertido

### CONFORMADO

Troquel conformador sólido

Troquel realzador

Troquel de rebordear y enrrollar

Troquel de rebordeado de agujeros o de extrusión

Troquel de acuñar

Troquel de estampar

DOBLADO

El doblado es una deformación plástica uniforme de un material alrededor de un eje recto y la terminología nos la dá la Fig. 52.

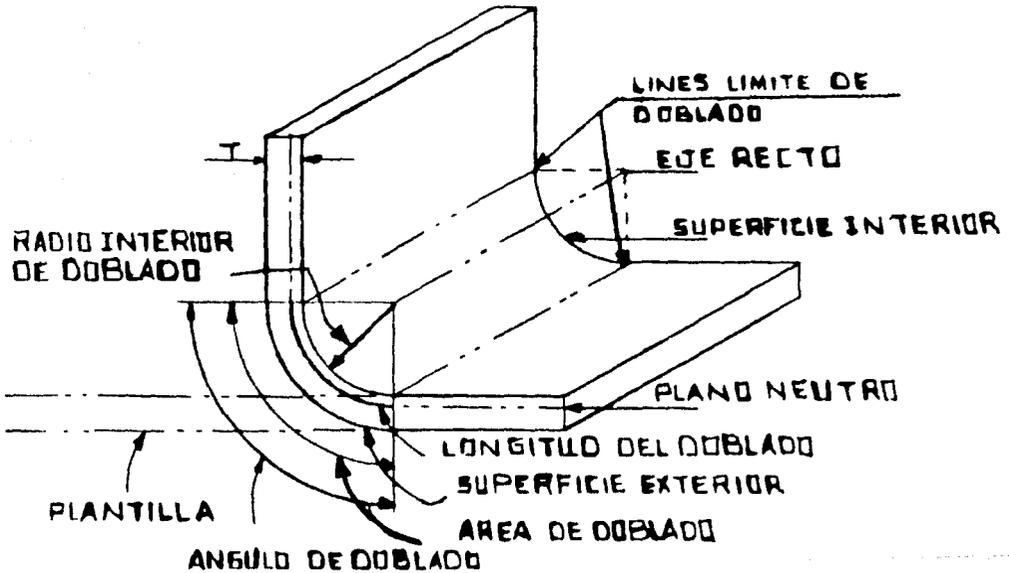


Fig. 52.- Elementos de doblado.

El tipo de esfuerzos a que es sometida una barra cuando se le aplica una fuerza de flexión es ilustrado en la Fig. 53.

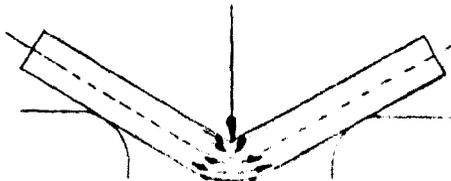


Fig. 53.- Tipo de esfuerzos en el doblado.

La longitud del plano neutro, por no estar sujeto a tensión ni a compresión, es la misma para la pieza doblada como para la plantilla.

El área interior al plano neutro es sometido a esfuerzos de compresión y la exterior a esfuerzos de tensión, como lo indican las flechas en la Fig. 53.

Para propósitos de ilustración, la deformación plástica en el doblado, la describiremos en base a la Fig. 54.

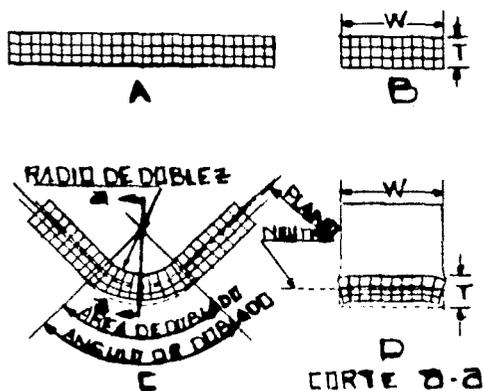
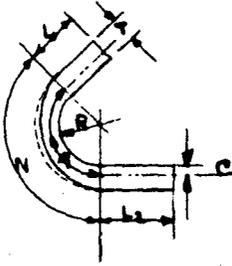


Fig. 54.- Deformación en el doblado.

Las vistas A y B representan la plantilla dividida en unidades cúbicas iguales. En la vista C, la pieza está doblada. En la vista D aparece un corte de la pieza y es aquí donde podemos ver la deformación de las unidades cúbicas. El espesor T en el área de doblado disminuyó, en ancho W en el lado de compresión aumentó y en el lado de tensión disminuyó.

Para producir una pieza doblada debemos conocer su desa--

rrollo (dimensión de la plantilla). Al no cambiar la dimensión del plano neutro, esta será la de la pieza plana de partida y de acuerdo a la Fig. 55.



T = espesor

R = radio interior

N = ángulo

L = longitud recta

C = distancia del plano interior al plano neutro.

Fig. 55.- Cálculo de la plantilla.

La longitud de la plantilla está dada por:

$$B = L_1 + A + L_2$$

donde:

$$A = \frac{2\pi}{360} N (R+C)$$

El radio R no es un verdadero arco, pero, para fines de cálculo se considera como tal.

La distancia C es variable y depende de la relación del espesor T a el radio de doblado R. Prácticamente C se puede tomar como sigue:

donde:	$R < 2T;$	$C = 0.33T$
	$2T \leq R \leq 4T;$	$C = 0.4T$
	$R > 4T;$	$C = 0.5T$

En casos especiales, en donde se indiquen esquinas agudas, el cálculo para la distancia A puede ser simplificado por -

la siguiente relación:

Para doblados a  $90^\circ$

donde  $R = 0$  ,  $A = 0.5T$

Ángulos diferentes a  $90^\circ$  son proporcionales.

Prácticamente en un ángulo con esquina aguda, su radio  $R$  varía de 0.12 mm a 0.48 mm. En este caso para doblados a  $90^\circ$ .

Donde	$T \leq 0.48$ mm.	$A = 0.4T$
	$T = 1.57$ mm.	$A = 0.45T$
	$T > 3.14$ mm.	$A = 0.5T$

El radio de dobles mínimo varía para los diversos materiales. Para metales recocidos el radio puede ser igual al espesor de la plantilla sin sufrir rajaduras ni debilitamiento.

#### TROQUEL DE DOBLADO EN V

Estos troqueles son llamados así por el hecho de que su cuerpo en su sección se asemeja a la letra V (Fig. 56).

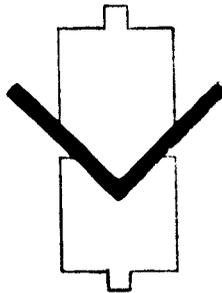


Fig. 56.- Troquel doblador en V.

Este útil es ampliamente usado en prensas de cortina por el hecho que puede producir un amplio rango de ángulos de dobles

simplemente, por el ajuste del martinete de la prensa que asegure diferente entrada del punzón, como sea requerida. Este tipo de operación, donde el punzón no toca el fondo de la matriz, es llamado doblado al aire. Naturalmente, las piezas obtenidas por doblado al aire son menos exactas que cuando se les dá una presión de conformado (el punzón desciende y presiona la pieza contra las caras de la matriz).

En la acción de doblado, el punzón actúa como cuña (Fig. 57) y la matriz debe ser lo suficientemente resistente para soportar las fuerzas laterales.

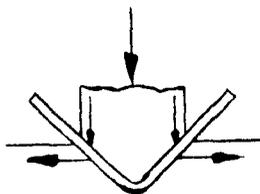


Fig. 57.- Acción de cuña en troqueles de doblado en V.

Los radios óptimos de la matriz  $R_2$  (Fig. 58A), dependen de las circunstancias particulares de trabajo. Para condiciones promedio, radios de  $\frac{T}{2}$  a  $T$  son generalmente prácticos. Las plantillas con espesor ( $T$ ) grandes requieren radios mayores que materiales delgados. En las piezas de metales blandos debe dárseles radios  $R_2$  mayores que si se tratase de piezas duras. Plantillas muy gruesas necesitan radios de  $2T$  o más.

Piezas pequeñas (Fig. 58B) y poco ángulo de doblés (Fig. 58C) aceptan radios  $R_2$  completamente chicos ( $R \leq \frac{T}{2}$ ).

Para matrices de canales simétricos, el tamaño de ambos radios debe ser idéntico. Si el radio es diferente, la pieza sale de balance y produce un momento al punzón, lo mismo ocurre si el acabado en los radios difiere.

Para operaciones asimétricas de doblado, Fig. 58D,  $R_2$  necesita ser mayor (para que permita que el material resbale maslibremente) que  $R_3$  para igualar las reacciones en la matriz y evitar un momento flector punzón.

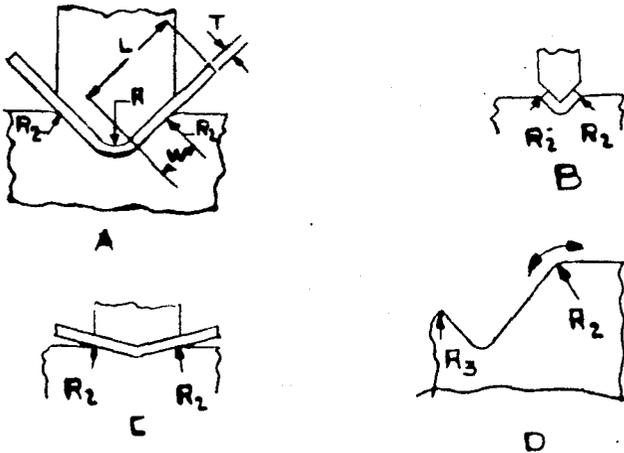


Fig. 58.- Proporciones de una matriz de doblado en V.

Para condiciones promedio de trabajo, el tamaño de la matriz no es crítico. Una pieza puede ser producida por un amplio rango de canales.

Como guía, no como regla, se recomienda hacer el tamaño de la ranura como sigue:

Asumiendo que  $T$  es de 0.78 mm a 6.35 mm, donde  $L$  varía -

de  $4T$  a  $10T$ ,  $W$  debe ser de  $4T$  a  $10T$  en proporción a  $L$ . Esta aplicación se usa para ángulos de pieza mayores a  $90^\circ$ .

El radio  $R$  del punzón debe ser el de la pieza y el del -- fondo de la matriz es igual a  $R + T$ .

FUERZA DE DOBLADO

De acuerdo a la figura 59 deduciremos la ecuación para la fuerza de doblado.

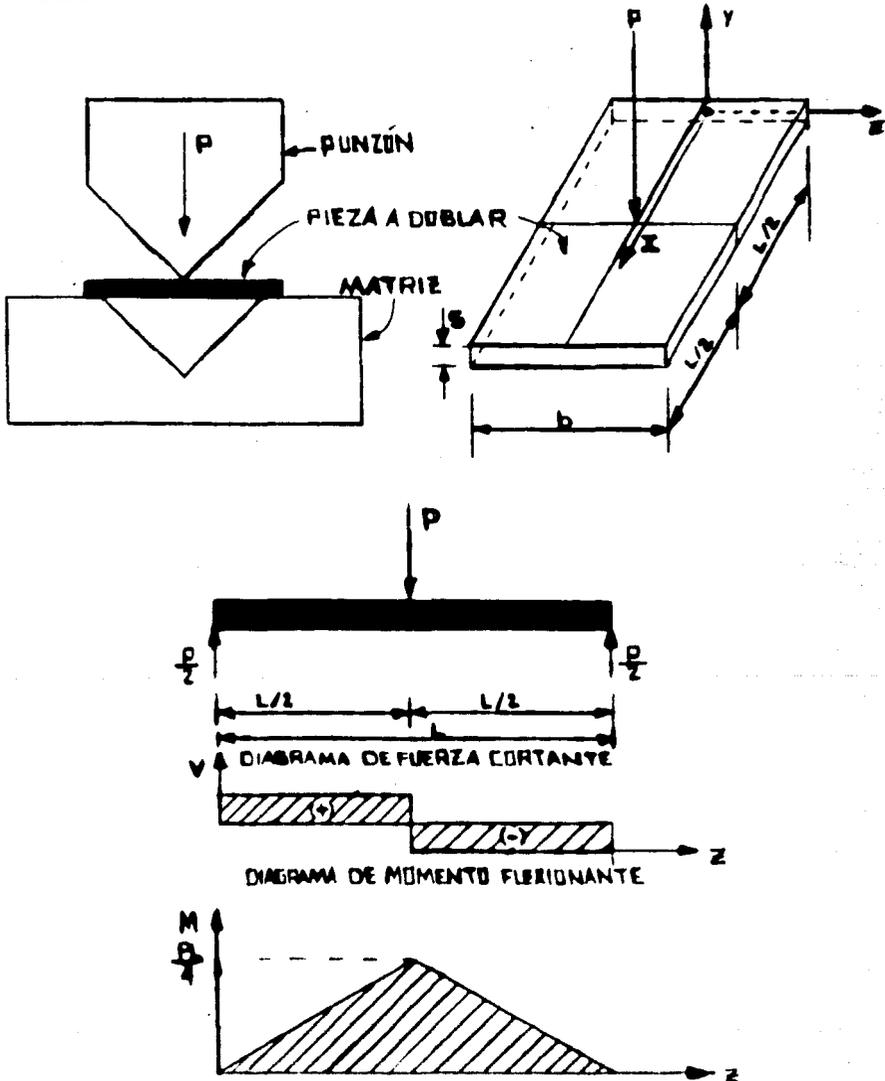


FIG. 59-ESQUEMATIZACIÓN PARA DETERMINAR LA FUERZA DE DOBLADO

De la formula general de la escuadría

$$\sigma = \frac{N}{A} - \frac{M_x}{I_x} X + \frac{M_y}{I_y} Y$$

$$\frac{M_x}{\sigma} = \frac{I_x}{Y}$$

$$\frac{M_{\max}}{\sigma} = \frac{I_x}{Y}$$

Diagramas de momento flexionante y fuerza cortante. Las reacciones en los extremos de la plantilla son iguales y valen  $P/2$ .

Momentos

$$0 \leq Z \leq \frac{L}{2}$$

$$M = \frac{P}{2} Z$$

$$\text{Si } Z = 0, M = 0$$

$$Z = \frac{L}{2}, M = \frac{PL}{4}$$

$$\frac{L}{2} \leq Z \leq L$$

$$M = \frac{P}{2} Z - P \left( Z - \frac{L}{2} \right)$$

$$\text{Si } Z = \frac{L}{2}, M = \frac{PL}{4}$$

$$Z = L, M = \frac{PL}{2} - P \left( L - \frac{L}{2} \right) = 0$$

Fuerza Cortante

$$0 \leq Z \leq \frac{L}{2}$$

$$V = \frac{dM}{dz} = \frac{P}{2} = \text{cte.}$$

$$\frac{L}{2} \leq Z \leq L$$

$$V = \frac{dM}{dz} = \frac{P}{2} - P = -\frac{P}{2} = \text{cte.}$$

Del diagrama de momento, vemos el máximo y con la fórmula.

$$\frac{M_{\text{max}}}{\sigma_d} = \frac{I_x}{Y}$$

donde

$$M_{\text{max}} = \frac{PL}{4} \quad \text{momento flexionante máximo}$$

$$\sigma_d = \text{resistencia al doblado de la plantilla}$$

$$\sigma_c = \text{resistencia al corte de la plantilla}$$

$$I_x = \frac{bs^2}{12} = \text{momento de inercia con respecto a X.}$$

$$Y = \frac{b}{2}$$

Sustituyendo en la fórmula encontramos:

$$\frac{\frac{PL}{4}}{3 \sigma_d} = \frac{\frac{bs^3}{12}}{\frac{s}{2}}$$

$$\frac{PL}{12 \sigma_c} = \frac{bh^2}{6}$$

$$P = \frac{2bs^2 \sigma_c}{L}$$

P = fuerza necesaria para el doblado en V.

#### RETORNO ELASTICO.

Se han efectuado miles de pruebas para determinar el retorno elástico y se han tabulado para diferentes ángulos de doblés;- así como, para diferentes materiales. Sin embargo es difícil determinar, éste retorno elástico, exactamente dada la condición inherente del problema, así, lo más recomendable es obtener el retorno elástico a partir de pruebas prácticas en la plantilla y en-

base a ésta, diseñar el útil. Sin embargo, se puede partir de las tabulaciones existentes o bien de las siguientes formulas empíricas.

$$X = 100AC + \frac{0.025(A-B)D}{0.0005} + EG + F$$

Donde:

X= Desviación angular en grados

A= Ajuste entre punzón y matriz (cuando el troquel está cerrado) en pulgadas.

B= Espesor mínimo de la plantilla, en pulgadas.

C= Factor de ajuste del útil al máximo espesor del material

D= Factor por diferencia entre el ajuste del útil y el máximo espesor del material.

E= Factor por variación de dureza

F= Constante por diferencia entre el ajuste del dado (troquel) y el mínimo espesor del material.

G= Diferencia de dureza en la plantilla en escala Rockwell-B.

Los valores C, D, E y F para ciertos materiales son enlistados como sigue:

Material (Dureza media solamente)	Factor C	Factor D	Factor E
Acero	0.08	0.19	0.05
Latón	0.00	0.13	0.04
Aluminio	0.12	0.12	0.00
Material	Cuando el mínimo espesor es:		Factor F
Acero	mayor al 95% del ajuste entre punzón y matriz		0.50
Acero	menor al 95% del ajuste entre - punzón y matriz		1.40
Latón	mayor al 95% del ajuste entre -- punzón y matriz		0.80
Latón	menor al 95% del ajuste entre -- punzón y matriz		2.00
Aluminio	Para todos los espesores		0.50

Para aclarar ideas veamos el siguiente ejemplo.

Se desea una doblés en V a  $90^{\circ}$ , en lámina de acero, con un espesor de 0.032 in. con una variación de + 0.003in y -0.002in; el rango de dureza Rockwell B es de 71 a 82, el ajuste del dado (punzón y matriz) es de 0.034 in. Encontrar el retroceso elástico. (Ver fig. 60).

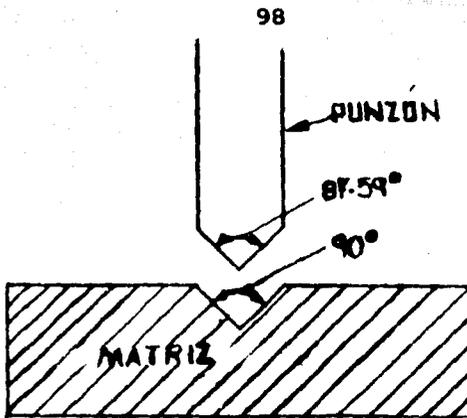


Fig.60.- Doblado en V a 90°

Para encontrar F, tenemos:

$$\frac{0.032 \text{ espesor material}}{0.035 \text{ ajuste del dado}} \times 100 = 91\% < 95\%$$

$$F = 1.40$$

De datos de tabla:

$$A = 0.035 \text{ in}$$

$$B = 0.030 \text{ in}$$

$$C = 0.08$$

$$D = 0.19$$

$$E = 0.05$$

$$G = 11$$

$$F = 1.40 \quad \text{luego,}$$

$$X = 100 AC + \frac{0.095(A-B)}{0.0005} D + EG + F$$

$$X = 100 \times 0.035 \times 0.08 + \frac{0.095(0.035-0.030)}{0.0005} \times 0.19 + 0.05 \times 11 + 1.40$$

$$X = 2.41^\circ$$

SOBREDOBLADO.

El problema de retorno elástico se puede resolver doblando la plantilla unos grados más, para que al recuperarse elásticamente quede con el ángulo deseado. En troquel de doblado en V, se sobre dobla la pieza haciendo el ángulo M (fig.61) menor al requerido.

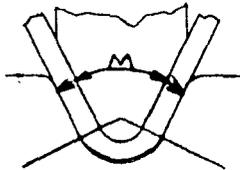


Fig.61.- Sobredoblado de un troquel en V.

Para aceros blandos; latón, bronce, aluminio y cobre el retorno elástico varía de  $0^{\circ}$  a  $1^{\circ}$ . Para materiales  $1/4$  a  $1/2$  de dureza, el retorno es de  $1^{\circ}$  a  $5^{\circ}$ . En materiales duros el retorno es de  $12^{\circ}$  a  $15^{\circ}$  o más.

PRESION DE CONFORMADO EN EL DOBLADO.

El método más efectivo para eliminar el retorno elástico -- es aplicar una presión de conformado en el área del doblado. En ca sos donde el retroceso elástico es extremo, se puede combinar el - dobredoblado y el conformado para no debilitar exesivamente la pie za. La fig. 62 describe la condición de conformado.

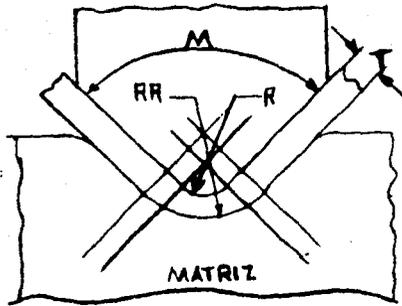


Fig.62.- Ilustración del conformado del metal.

El conformado se realiza principalmente en el área del doblado, causando una compresión adicional en el radio interior del doblado. El esfuerzo de compresión vence las características del retorno elástico normal en el doblado. El conformado es más exacto y consistente que el sobre doblado.

El radio RR, es hecho de una manera tal que aprieta el material. Un pequeño apriete es suficiente. Compresiones en el rango de 2 a 4% de T son generalmente recomendadas.

El filete de la matriz RR debe ser un poco mayor que el radio de la superficie en el área de doblado. El tamaño del filete es determinado por experimentos o por comparación con un matriz similar en existencia.

Un método para determinar el tamaño del filete es hacer -- primero el punzón y con el realizar ya sea un doblado al aire o un doblado a mano, posteriormente el retroceso elástico es corregido por un conformado .. en el área de doblado. Los lados de la --

pieza deben ser maquinados después del doblado, quitando las esquinas del material (ver fig. 54,D). La pieza puede ser usada como plantilla para terminar la matriz.

Otro método es hacer el filete (RR) igual a  $R+5/4 T$ . posteriormente se ajusta al radio adecuado, en pruebas prácticas. Este método asume que es un doblado a  $90^\circ$  en acero blando donde el radio R es igual a  $T/2$ .

Tener en cuenta que el material en el área de doblado se hace más delgado conforme el ángulo crece y además el adelgazamiento es más pronunciado como el tamaño del radio R decrece. Para dobleces a  $90^\circ$  en aceros blandos, el espesor del material en el centro del área de doblado es aproximadamente:

96% donde  $R= 2 T$

94% donde  $R= T$

92% donde  $R= T/2$

Ventajas de éste método:

No debilita la pieza puesto que el conformado no es excesivo.

Desventajas:

Mayor tiempo empleado; por ésto, es más caro.

La fig. 63 describe otro método de neutralizar el retroceso elástico.

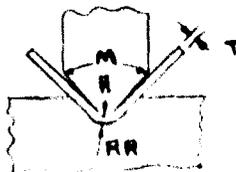


Fig.63.- Punzón y matriz con diferente ángulo de doblado.

Aquí el ángulo provisto a la matriz y al punzón, es diferente y variable de acuerdo a la condición específica de trabajo. El ángulo reducido de el punzón permite el sobredoblado en la pieza.- No es necesario hacerle filete de la matriz mayor, como en el método anterior. El radio RR debe ser igual a  $R+T$ .

Ventajas de éste método:

Simple

Muy efectivo

Facil de modificar si es necesario

Bajo costo

No debilita apreciablemente la pieza

No afecta la apariencia de la pieza.

#### TROQUELES DE DOBLADO EN U, CON PIZADOR

Estos troqueles se les ha llamado así por el hecho de que el doblado producido en la pieza es parecido a la letra U. Usualmente son equipados con pizador, el cual tiene la función de detener la pieza durante el doblado y de extraerlo de la matriz.

Comunmente los pisadores son accionados por resortes o por cojines de hule; cuando se requiere de mayor presión se puede usar un sistema neumático o hidráulico.

La acción del pisador es descrita en la fig 64, en donde el doblado se ha realizado en 4 fases. vista A,B,C y D,

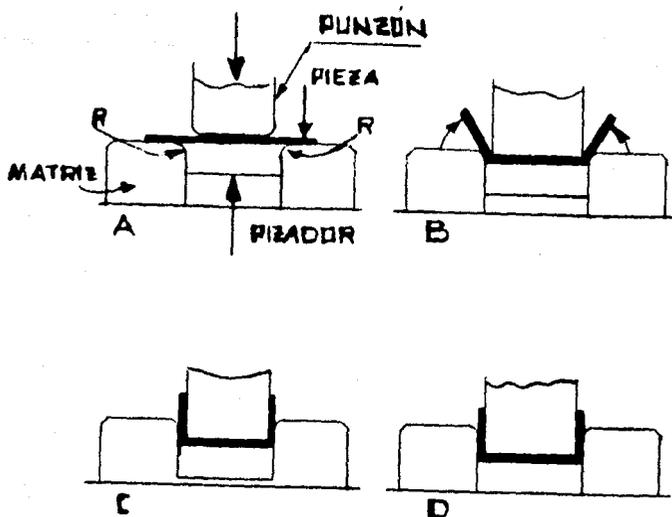


Fig.64.- Acción del doblado en U.

Vista A, el punzón desciende y hace contacto con la plantilla forzandola contra el pisador. Si el pisador es equipado -- con resortes o con hule la presión en su recorrido es variable.- En cambio si la presión dada al pisador es neumática o hidráulica, la fuerza será constante. Al seguir descendiendo el punzón, las piernas del doblado se balancean hacia arriba, como se muestra en B. Esta estación combina un balanceo y un estirado en el área de doblado.

En la vista C, las piernas del doblado han sido completadas, así se continua hasta la vista D.

#### CONSTRUCCION.

La fig. 65, representa un troquel en U equipado con un pi-

sador, el cual es accionado por un resorte que se instala en un -  
barreno provisto en la zapata inferior. Ocasionalmente, si el es-  
pacio es insuficiente, es necesario hacer una cavidad en el pisa-  
dor como es indicado por las líneas punteadas en la ilustración

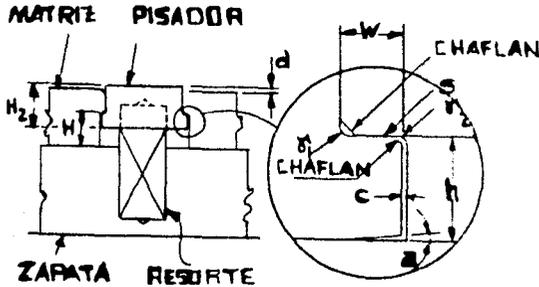


Fig.65.- Troquel doblador en U, equipado con pisador.

Cuando el troquel está en su posición abierta, la cara - -  
del pisador deberá salir una pequeña distancia  $d$  que asegure la  
pieza antes de empezar el doblado. Una distancia tan pequeña como  
0.02 mm puede ser efectiva. Por facilidad  $d$  usualmente se puede  
hacer de 0.12 mm a 0.25 mm.

La pared del pisador debe estar en ajuste cerrado con la -  
pared de la matriz, esto se hace con el fin de prevenir la desvia-  
ción del pisador durante el ciclo de doblado. Un ajuste cerrado,-  
además, previene la intrusión de partículas extrañas entre la ma-  
triz y el pisador, evitando con esto que la pieza se raye.

El claro  $C$  se hace con el fin de evitar un ajuste exacto y  
un buén acabado, Las esquinas formadas por el pisador, deben tener  
un pequeño radio  $r_1$  previsto para evitar concentraciones de esfu-

erzo; la matriz también debe proveerse de un pequeño radio  $r_2$ . - En la parte contraria a los radios debe existir un chaflán, como es mostrado.

En la carrera ascendente de la prensa, el pisador cuando es equipado con resortes choca contra la matriz en S, por lo que los miembros deben ser lo suficientemente resistentes para soportar el impacto. Asumiendo que la longitud periferal del pisador es la adecuada, se sugieren las siguientes alturas h mínimas:

Para pequeño a medio trabajo

$$h = 3 W/2$$

Para trabajo pesado

$$h = 2W$$

El tratamiento térmico correcto en el pisador es un factor muy importante. Debe ser endurecido de acuerdo a los requerimientos; generalmente un endurecimiento Rockwell C de 58 a 60 es bueno. En la parte de abajo se recomienda darle al pisador una dureza de Rockwell C de 44 a 48 para evitar que se rompa con los choques.

$H_2$  debe ser tan grande como para contener a H y se sugiere la siguiente relación como mínimo:

$$H_2 = H + 3.17 \text{ mm.}$$

Ventajas de los resortes interiores: La colocación es simple. En algunos casos se requiere menos trabajo en la construcción del troquel.

Desventajas: El golpeteo del pisador con la matriz.

La presión es limitada por el número de resortes que caben en el hueco. Existe una carencia de ajuste en el pisador.

Es posible que el resorte se rompa, causando un deterioro al útil. En la figura 66 el pisador es retenido por tornillos - guía.

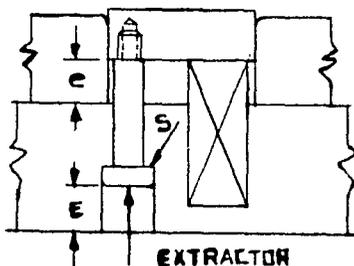


Fig.66.- Extractor retenido por tornillos.

Con esta construcción, la cabeza de los tornillos, golpea contra la matriz en el espacio S. Los tornillos deben ser lo suficientemente largos y el número adecuado, por lo que el pisador debe tener el área suficiente.

La distancia E debe ser lo suficientemente grande para permitir el viaje e, más un claro como seguridad, y se sugiere:

$$E = e + 3.17 \text{ mm.}$$

La figura 67 muestra un pisador accionado por un resorte exterior. En esta construcción es importante que el pisador no choque contra la matriz por lo que la altura H debe proveer el claro b (0.86 mm es suficiente). Se sugiere hacer:

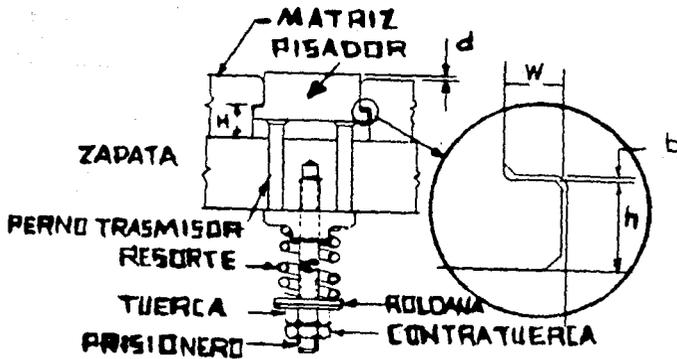


Fig.67.- Troquel doblador en U equipado con un resorte exterior.

Los pernos transmisores, para condiciones óptimas de trabajo, pueden ser tratados térmicamente y obtener una dureza entre 47 y RockwellC.

Ventaja de la construcción externa de resortes:

El pisador no impacta contra la matriz

La robustez de la zapata, por no existir barrenos para los resortes, es máxima.

Un resorte muy grande, puede ser colocado en una pequeña --  
área

La presión es ajustable.

Si el resorte se rompe, la matriz no sufre deterioro.

Una situación similar a la anterior es descrita por la fig. 17 y la diferencia radica en la forma del pisador y en los pernos-transmisores.

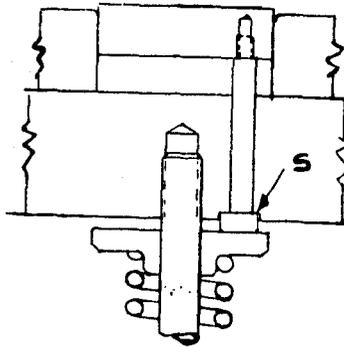


Fig. 68.- Los tornillos hacen a la vez la función de -  
pernos transmisores.

#### PROPORCION.

En un troquel de doblado en U con pisador, el radio de la-  
matriz debe ser de  $2T$  a  $4T$  (ver fig 69)

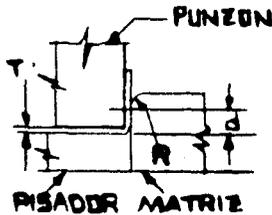


Fig. 69.- Proporciones de los radios y la altura de la matriz.

Cuando la cinta es de un espesor mayor de  $0.79$  mm hacer de  
como mínimo  $2T/2$ . Para chapas con un espesor menor de  $0.79$  mm  $d$  -  
será de  $2.58$  mm cuando menos.

#### FUERZAS LATERALES.

La figura 70 presenta las fuerzas laterales a que se some-  
te la matriz durante la operación de doblado.

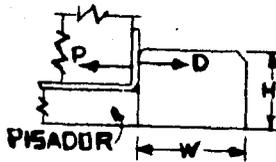


Fig. 70.- Fuerzas laterales en el doblado.

En el punzón, por ser las fuerzas P iguales y opuestas, no se produce ningún esfuerzo flector. En cambio la matriz tiende -- a desplazarse en la dirección D. En algunos casos, los pensadores de la matriz resisten las fuerzas laterales, por lo que deben ser más robustos a los normales. Se recomienda que el mínimo espesor- W de la matriz sea por lo menos igual a  $\frac{3H}{2}$

#### EXTRACTORES.

Los troqueles de doblado en U requieren dos operaciones de extracción. La primera es la de quitar la pieza de la matriz, función que es realizada por el pisador. La segunda acción de extracción es quitar la pieza del punzón y puede realizarse por medio de cualquiera de los tres métodos:

- a) Por pérnos accionados por resortes
- b) Por ganchos extractores
- c) Por la acción de percusión

#### PERNOS ACCIONADOS POR RESORTES.

Este sistema se describe en la Figura 71.

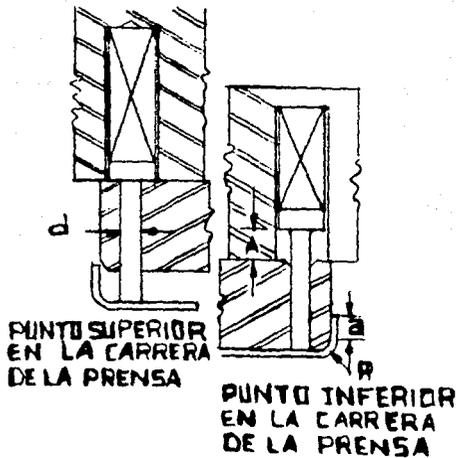


Fig.71.- Pernos extractores.

El perno tiene una carrera A para extraer la pieza El viaje A se deduce de la dimensión del doblado y está relacionado como sigue:

Para esquinas agudas donde

$$R = 1.59 \text{ mm}$$

$$A = a + 0.79 \text{ mm}$$

$$R = 3.17 \text{ mm}$$

$$A = a + R \text{ min}$$

$$R = 3.17 \text{ mm} \quad a \text{ 19.05 mm}$$

$$A = a + 3/4 R \text{ min}$$

$$R = 25. \text{ mm}$$

$$A = a + 1/2 R \text{ min}$$

$$A = a + 3/8 R \text{ min}$$

Los pernos deben proveer poca fuerza con el fin de no distorcionar la pieza y no deben encontrarse dentro del área de los radios R. Los pernos deben viajar libremente através del punzón - por lo que el diámetro debe ser de 0.050 mm a 0.12 mm menor que el

diámetro del barreno. El diámetro de la cabeza debe ser de 0.79 mm a 1.58 mm menor que el barreno para el resorte.

### GANCHOS EXTRACTORES

La Figura. 72 describe un troquel provisto con ganchos exteriores

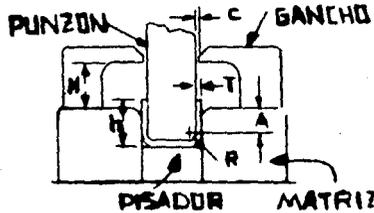


Fig.72.- Sistema de extracción por medio de ganchos.

El claro C entre los ganchos y el punzón no deben ser mayores de  $\frac{T}{2}$ . La altura H debe permitir la acción de doblado.

Para pequeños dobleses H debe ser igual a  $h + 6.35$  mm

Las dimensiones A y H están relacionadas con la carrera de la prensa. Para asegurar que la pieza sea liberada del punzón se debe cumplir que:

Donde

R= 1.58 mm	Carrera de la Prensa	}	H + A + 1.58 mm
R= 3.17 mm			H + A + 3/4 R
R > 3.17 mm			H + A + 1/2 R

Es practico considerar la carrera de la prensa mayor

### ACCION DE PERCUCION

Este método de extracción es usado para alta producción. La barra precurtora. Figura 73, debe ser tratada térmicamente para -

para obtener una dureza Rockwell C de 45 a 55 y debe proveerse de un chaflán en la parte superior para evitar roce con la espiga.

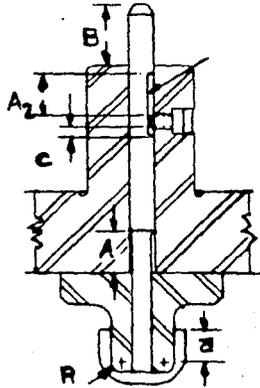


Fig.73.- Extracción de la pieza del punzón por medio del percutor.

La varilla es retenida por un tornillo. Cuando la varilla está en su posición superior, tener la certeza de un amplio claro- C y se sugiere como mínimo 1.58 mm. La distancia  $A_2$  debe ser mayor que A por lo menos 1.58 mm. La distancia B debe ser la adecuada de acuerdo a la prensa usada. El viaje de la varilla A debe asegurar extraer la pieza del punzón. En general éste debe requerir:

$$R \leq 3.17 \text{ mm}$$

$$R = 6.45 \text{ mm}$$

$$R = 9.52 \text{ mm}$$

$$R = 12.7 \text{ mm}$$

$$A = a + 3.75 \text{ mm}$$

$$A = a + R$$

$$A = a + \frac{3}{4} R$$

$$A = a + R/2$$

FUERZA DE DOBLADO EN U

De la Figura 74 deduciremos la ecuación para la fuerza de doblado.

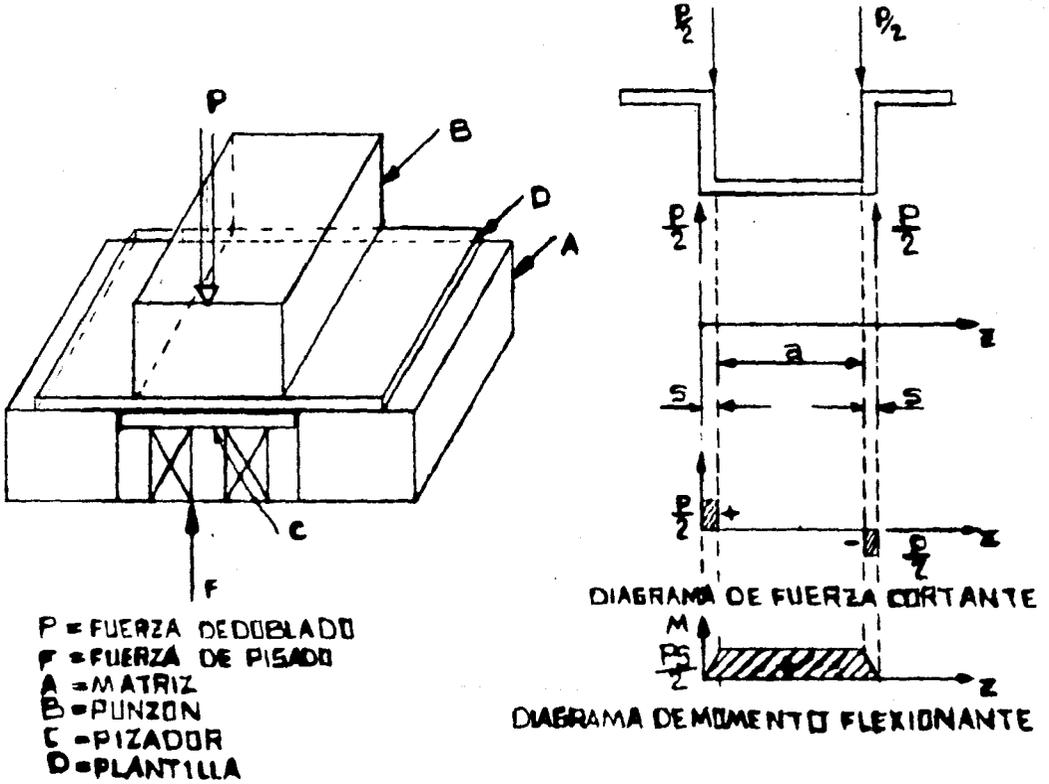


Fig. 74.- Dedución de la fuerza de doblado en U.

Diagrama de momentos flexionantes.

$$0 \leq Z \leq S$$

$$M = \frac{P}{2} Z$$

$$\text{Si } Z=0, M=0$$

$$Z=S, M=\frac{PS}{2}$$

$$S \leq Z \leq S+a$$

$$M = \frac{P}{2} Z - \frac{P}{2} (Z-S)$$

$$\text{Si } Z = S, M = \frac{PS}{2}$$

$$Z = S+a, M = \frac{P}{2} (S+a) - \frac{P}{2} [(S+a)-S] = \frac{P}{2} S$$

$$S + a \leq Z \leq 2S+a$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{P}{2} Z - \frac{P}{2} (Z-S) - \frac{P}{2} [Z-(S+a)] \\ &= \frac{P}{2} (Z-Z+S-Z+S+a) = \frac{P}{2} (2S+a-Z) \end{aligned}$$

$$\text{Si } Z = S+a, M = \frac{P}{2} [2S+a - (S+a)] = \frac{P}{2} S$$

$$Z = 2S+a, M = [2S+a - (2S+a)] = 0$$

De acuerdo a la fórmula general de la escuadría (dada en la deducción de la fuerza de doblado en V); tenemos:

$$\begin{aligned} \frac{M_{\max}}{I_d} &= \frac{I_x}{Y} \\ \frac{\frac{PS}{2}}{I_d} &= \frac{\frac{bS^3}{12}}{\frac{S}{2}} \\ \frac{PS}{2I_d} &= \frac{bS^2}{6} \\ P &= \frac{bS}{3} I_d \end{aligned}$$

Como

$$\sigma_d = 3 \sigma_c$$

$$P = bs \sigma_c$$

P= fuerza de doblado

S= espesor de la plantilla

$\sigma_c$ = Resistencia al corte del material (Plantilla)

Prácticamente se ha encontrado que la fuerza de pizado F - es aproximadamente el 20% de la fuerza de doblado, por lo que:

$$P = bs \sigma_c + F \quad \text{o lo que es lo mismo}$$

$$P = 1.2bs \sigma_c$$

#### DIRECCION DEL GRANO DE LA PLANTILLA

La dirección del grano de la plantilla es un factor que -- debe ser considerado en operaciones de doblado o formado. La más-favorable condición de doblado existe cuando el eje del doblado - es paralelo a la dirección del grano. La condición menos favora-- ble es cuando la dirección del grano es perpendicular a la direc-- ción del doblado.

Dureza o Temple de los Materiales Comerciales.- Para cold-rolled Ste el, el doblado práctico es indicado en la Figura 75.

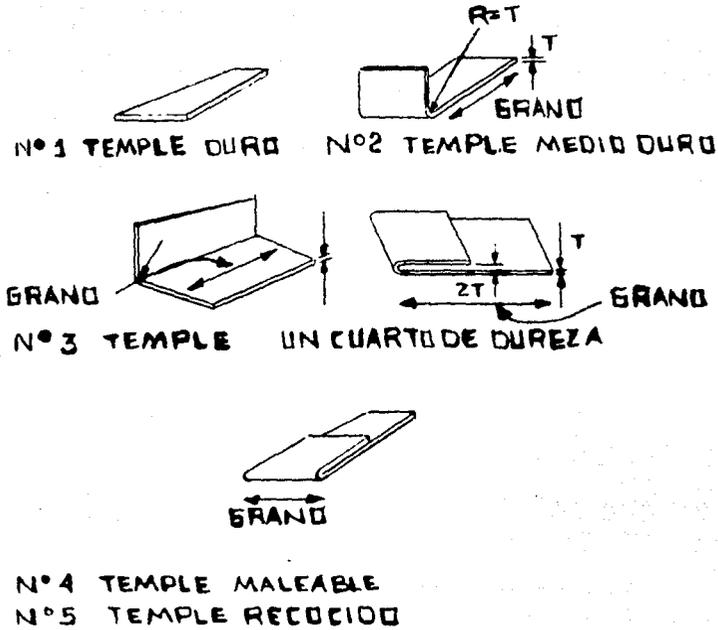


Fig.75.- Dirección del grano y forma de doblado.

No 1 Temple duro.- Este material es demasiado duro y tiene altas condiciones de retroceso elástico y es usado donde se requiere alta pleneidad y no se necesita doblar.

El porcentaje de carbón es de 0.25% o menos y la dureza mínima de 84 Rockwell B para espesores menores de 1.778 mm.

No 2 Temple Medio Duro.- Este material tiene una dureza moderada y es adecuado para dobles hasta de 90° máxima.

En el doblado a 90° la dirección del grano debe ser perpendicular al eje de doblado y el radio anterior igual a un espesor del material como mínimo. El porcentaje de carbón en el mate-

rial debe ser de 0.25% como máximo y la dureza mínima de 70 Rockwell B y la máxima 85 Rockwell B.

No 3 Temple un cuarto de dureza.- Este material es medio -- blando y es adecuado para piezas dobladas, formadas y embutidas. - Con este material se pueden hacer doblados hasta de  $180^{\circ}$  y en éste caso el grano debe orientarse perpendicularmente el eje del doblado.

En caso de doblados a  $90^{\circ}$ , el sentido del grano puede ser -- paralelo con el radio de dobléz y al rededor de un radio igual al - espesor.

El porcentaje de carbón máximo en el analisis del material - es de 0.25% y la dureza Rockwell B. mínima de 60 y la máxima de 75.

No 4 Temple Maleable.- Este material es blando, dúctil y ro- lado en cintas para embutidos profundos donde se requiere un flujo- uniforme del material. Puede ser doblado en cualesquier dirección - del grano. Su porcentaje máximo de carbón es de 0.15%. Dureza máxi- ma 65 Rockwell B.

No 5 Temple Recocado.- Este material es blando y dúctil, es- usado cuando se requiere definitivo control de la deformación y - - flúides; es adecuado para embutidos extraprofundos y para dobleces- planos orientando el grano en el mismo sentido de la línea de do- - bléz.

El porcentaje máximo de carbón es de 0.15% y la dureza máxi- ma de 55 Rockwell B.

Latón Rojo y Latón para Cartuchos.- Este material es de temple medio duro, y en plantillas con espesores de 1.27 mm, pueden hacerse dobleces a  $90^{\circ}$  en cualquier dirección del grano sin producir fractura.

Latón Amarillo.- Este es semejante al anterior y puede doblarse a  $90^{\circ}$  en espesores hasta de 2.28 mm en cualquier dirección del grano sin producir fractura.

Cobre al Berilio.- Este es un material generalmente usado para sustituir al acero para muelle cuando hay problemas de corrosión y usado ser doblado a  $90^{\circ}$  en espesores hasta de 1.01 mm en cualquier sentido del grano sin producir fractura.

Bronce fosforado.- (5% de Estaño), éste material es de temple medio duro, puede sustituir al anterior y puede realizarse dobleces hasta de  $90^{\circ}$  en espesores de 1.77 mm en cualquier dirección del grano sin producir fractura.

Doblados en proximidad de agujeros punzonados.- Para que no se distorsione el barreno, previamente hecho a la plantilla. Figura 76, hacer

$$P = T/2 \text{ cuando menos.}$$

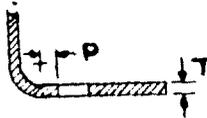


Fig. 76.- Punzonados previos al doblado.

#### TROQUEL DOBLADOR EN EL BORDE

Estos troqueles se utilizan en doblados muy exactos y don

de se requieren radios en las piezas muy grandes. Si éste tipo de doblés se hiciera en un troquel doblador en V, marcaría la pieza.

La Figura. 77 describe éste tipo de útil.

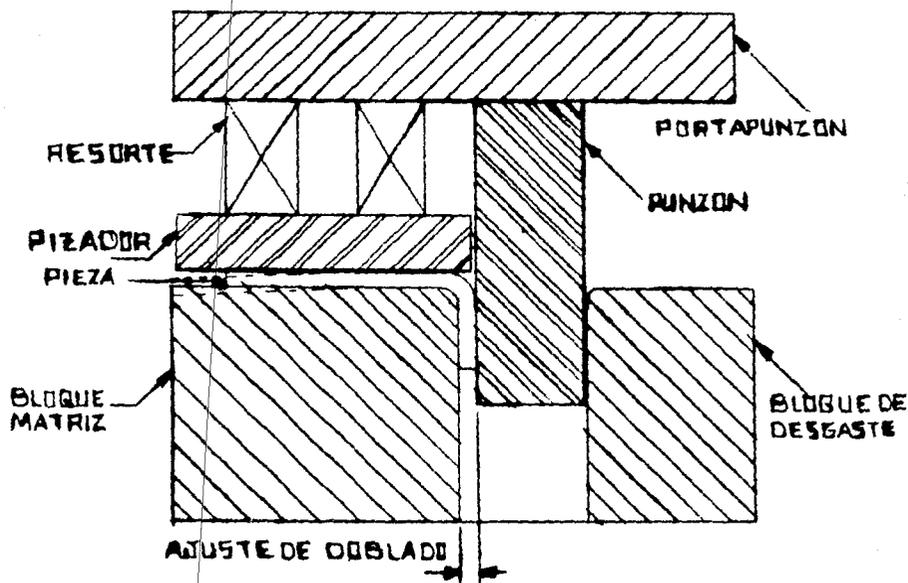


Fig.77.- Troquel doblador de bordes.

Al descender el ariete de la prensa, la plantilla primera merante es retenida por el pisador, por medio de la compresión de los resortes. En seguida, el punzón hace contacto con la chapa y la dobla. El bloque de desgaste le sirve al punzón para que soporte el momento flector a que es sometido.

Si se quiere dar un sobredoblado a la pieza para eliminar el retorno elástico, éste se logra quitando unos grados a la superficie de la matriz y lo mismo se hace con el pisador, como lo indican las líneas punteadas en la ilustración.

TROQUEL DOBLADOR DE BORDES INVERTIDO

El troquel tiene el mismo principio que el anterior, solo que la pieza, se dobla alrevez, como se aprecia en la Figura. 78

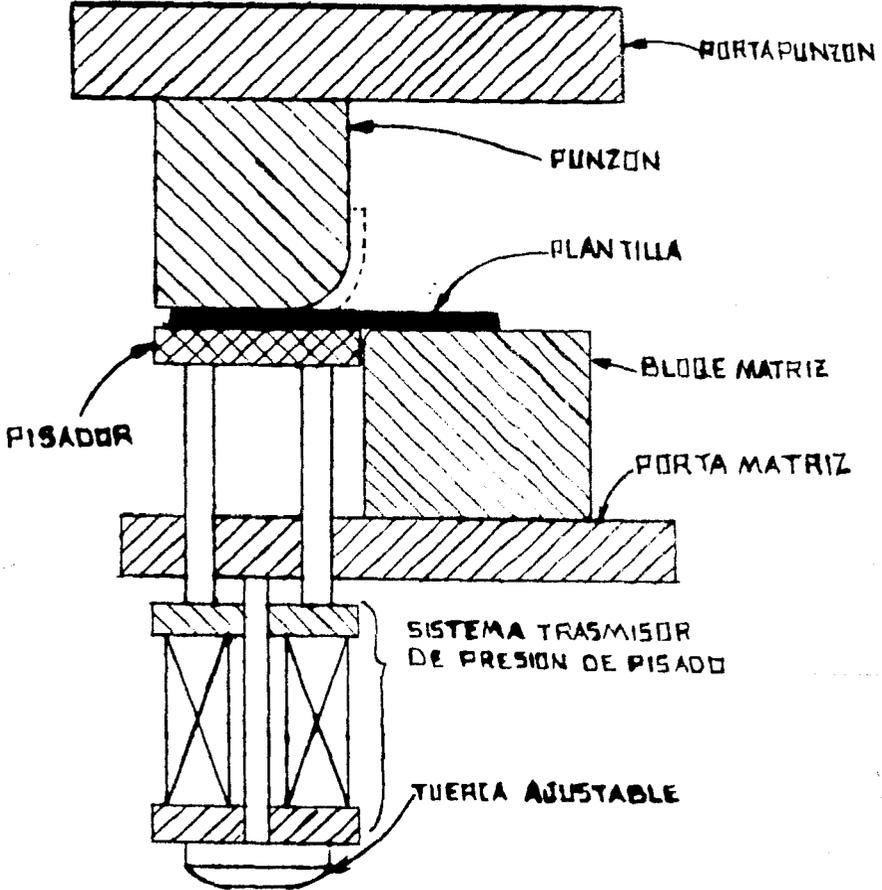


Fig.78.- Troquel doblador de bordes invertido.

TROQUELES CONFORMADORES

Los troqueles conformadores, considerados frecuentemente de la misma clase que los dobladores, son clasificados como he-

ramientas que conforman o doblan la parte cortada, a lo largo de un eje curvado, en lugar de un eje recto; como lo muestra la Figura. 79

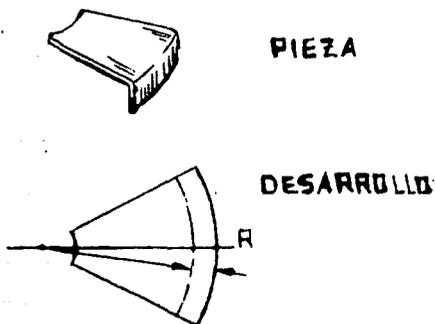


Fig.79.- Pestaña doblada que origina una contracción en el material.

En éste tipo de conformado (doblado), el plano medio (eje neutro en doblados rectos) es afectado por esfuerzos de tracción y compresión.

Las operaciones que se clasifican como conformado son: estampado en relieve, rebordeado de cantos, pestañeado y rebordeado de agujeros (extrusión)

La estampación de canales sencillos en producción limitada pueden ser hechos por un troquel clasificado como un troquel-conformador sólido.

#### TROQUEL CONFORMADOR SOLIDO

El troquel conformador sólido es de construcción y diseño sencillo. La estampación producida en estos troqueles son, de ordinario, del tipo enfaldillado, tales como pestañas de tubos, etc.

El estampado se hace generalmente en plantillas de grado blando, principalmente en material en forma de tiras, y con el grano paralelo a la forma. En el conformado se puede presentar alguna distorsión pero puede ser compensada en el diseño del troquel. La Figura 80 representa un troquel conformador sólido.

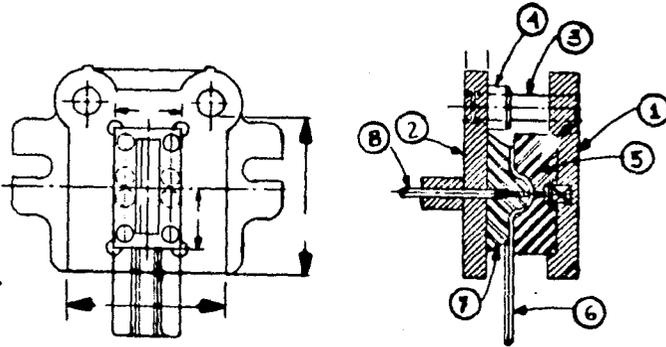


Fig.80.- Troquel conformador sólido.

Y sus componentes son:

- 1.- Zapata inferior
- 2.- Zapata superior
- 3.- Columnas guías
- 4.- Tasas
- 5.- Matriz
- 6.- Guías
- 7.- Punzón
- 8.- Varilla expulsora.

Los radios de la matriz y del punzón no deben ser menores a dos veces el espesor de la plantilla para evitar que esto se fatigue durante el estampado.

### OPERACIONES DEREALZADO EN RELIEVE

En las operaciones de realzado en relieve se forman detalles de la superficie poco profundas por desplazamiento del metal entre las superficies de las herramientas coincidentes y opuestas. El realzado se utiliza para varios propósitos el más común es la rigidización del fondo de un recipiente; el realzado se diseña para seguir la parte exterior de la pieza.

La construcción de la matriz de realzado depende del tamaño y forma de la parte, también de la precisión y planeidad requerida. Cuando se realizan formas sencillas, tales como nervaduras, no es necesario ajustar el troquel para que toque el fondo. El metal se deforma sobre el punzón y a través de los bordes redondeados del agujero de la matriz (Fig. 81).

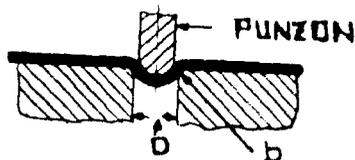


Fig.81.- Troquel realzador.

La abertura de la matriz tiene el mismo ancho que las nervaduras o resaltes, y a los bordes de la altura se añade un pequeño radio  $b$  para permitir el libre flujo del metal. El punzón se hace ligeramente más pequeño que la abertura de la matriz (menos dos espesores del material), para que no toque a lo largo de esta área. Haciendo la construcción de esta manera se reduce-

la presión requerida para estampar el realce.

Cuando la parte realizada es del tipo rotulo, tal como letras realizadas o depresionadas para placas de pobres, debe tenerse cuidado de ver que en ambas partes del troquel (matriz y punzón) estén colocadas en forma adecuada y sujetas por pasadores en su lugar. Las operaciones de estampado de ésta clase requiere un trabajo de precisión del ajustador de herramientas; los troqueles se dañan facilmente por desalineamiento.

Con frecuencia se utiliza un pequeño realce como punto de proyección para soldar. Estas salientes se emplean para soldar -- una parte con otra. Los hay de dos clases: Del tipo de botón que se utiliza para metal de calibre delgado, 2.38 mm o menos, y el de tipo cono, para metal de calibre más grueso (Fig.82)

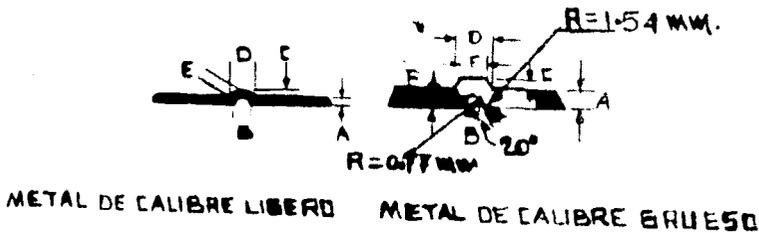


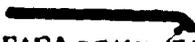
Fig.82.- Troquel para realizar proyecciones para soldar.

Guia para el diseño de proyecciones (acero calibre 24 al-5) para proyecciones en acero S.A.E. 1010)

TIPO	Calibre americana no.	A	B	C	D	E	F	G
Proyecciones tipo botón	24	0.63	1.27	0.63	2.76	0.63		
	23	0.71	1.27	0.63	2.76	0.63		
	22	0.79	1.27	0.76	3.17	0.76		
	21	0.87	1.27	0.76	3.17	0.76		
	20	0.95	1.27	0.88	3.17	0.88		
	19	1.11	1.27	1.01	3.17	0.88		
	18	1.27	1.27	1.01	3.96	1.01		
	17	1.42	1.39	1.01	3.96	1.15		
	16	1.58	1.52	1.15	4.36	1.27		
	15	1.78	1.89	1.15	4.36	1.39		
	14	1.97	1.89	1.27	4.59	1.65		
	13	2.48	1.48	1.27	4.59	1.65		
	Proyecciones tipo cono	12	2.776	2.05	1.39	4.36	2.05	2.28
11		3.175	2.05	1.39	4.36	2.05	2.54	3.51
10		3.571	2.05	1.52	4.36	2.05	2.79	3.68
9		3.967	2.05	1.52	4.36	2.05	3.10	3.93
8		4.364	2.05	1.52	4.82	2.05	3.51	4.22
7		4.783	2.05	1.77	5.15	2.38	4.21	4.69
6		5.159	2.05	1.77	5.15	- 11	4.62	5.23
5		5.539	2.05	1.89	5.33	2.54	5.08	5.58

TROQUELES DE REBORDEAR Y ENROLLAR

En el rebordeado y enrollado, los bordes del metal se enrollan o rizan. Esto se hace para reforzar la parte o para manufacturar un producto de mejor apariencia con un borde protegido. Los bordes curvados se emplean en la fabricación de bisagras, recipientes, charolas, etc.; el tamaño del enrollamiento debe ser regido por el grueso del material, no deberá tener un radio menor de dos veces el grueso del metal. Para hacer buenos rebordes, el material tendrá que ser dúctil, de otra forma no se enrollará y causará imperfecciones en el metal. Si este es demasiado duro, los rebordes se harán planos en lugar de redondos. Si es posible, el borde con rebaba de la pieza deberá ser el borde interior del reborde. Esta colocación facilita el flujo del metal y ayuda también al radio de la matriz en cuanto a desgaste y abrasión. Haciendo rebordes y pestañas, un radio inicial siempre es útil y de ser posible deberá ser proporcionado (Fig.83).



**RADIO PARA COMENZAR  
EL RADIO DEBERA SER SIEMPRE  
DEL TAMAÑO DEL REBORDE**

Fig.83.- Radio para comenzar el reborde.

El radio curvador del troquel debera estar siempre muy pulido. Cualquier ranura o rugosidad tenderá a regresar el metal -- cuando se está enrollando y causará rebordes defectuosos. La su-

perficie interior de la pieza debe sujetarse contra el radio curvador del punzón (Fig.84)

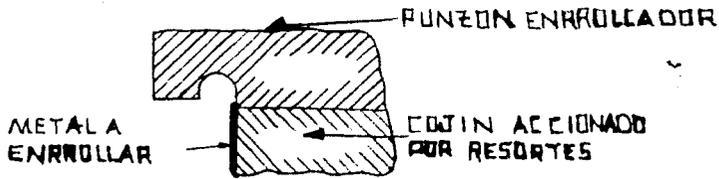


Fig.84.- Diseño de un punzón enrollador.

Cuando se enrollan o rebordean recipientes, charolas, -- botes o baldes, se colocan alambres, con frecuencia, en el interior de los arrollamientos para hacerlos más fuertes. El alambre se hace al contorno del enrollamiento del recipiente y coloca sobre un cojín de resortes. Cuando descende el punzón enrollador, el borde del recipiente es forzado a enrollarse al rededor del alambre como se muestra en la Fig. 85

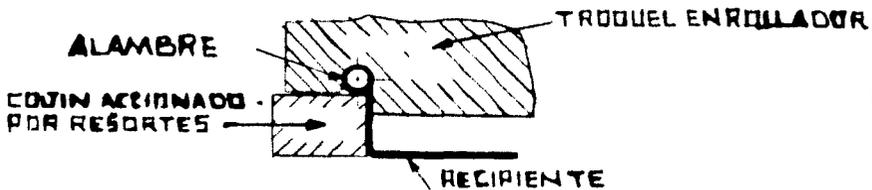


Fig.85.- Diseño de un troquel enrollador.

REBORDEADOS DE AGUJEROS O TROQUELES DE EXTRUSION

La formación o estiramiento de un reborde al rededor de un agujero en hojas de metal, se denomina rebordeado o extrusión. La forma del reborde puede variar de acuerdo con los requerimientos de la parte. Los rebordes se hacen como agujeros avellanados, embutidos o abollonados.

Cuando se hacen agujeros extrusionados con forma de avellanaado en acero, es necesario acufiar el metal al rededor de la cara superior y lados biselados para fijar el material. La Fig.86 muestra un troquel para éste propósito.

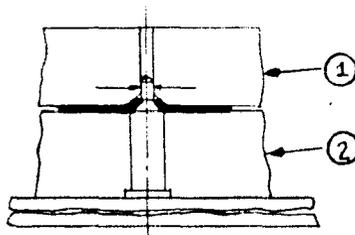


Fig.86.- Troquel conformador para agujeros avellanados.

La hoja se coloca sobre la guía de diámetro A, que la sitúa centrada en el troquel. El cuerpo del troquel (1), desciende y fuerza al metal alrededor de la superficie de reborde del punzón. Presión de resortes separa la parte del punzón y suelta la parte formada de la matriz.

El agujero puede ser punzonado antes de colocarlo en el troquel avellanador o puede ser conformado y perforado en un solo golpe de la prensa.

Reborde de agujeros a 90°.- Conformar un agujero previamente punzonado, a un ángulo de doblés de 90° (la operación más común) no es más que la formación de un reborde alargando su ángulo.

Un fabricante ha estandarizado anchos de rebordes (Fig.87, dimensión H) para agujeros a ser roscados en material de acero de bajo contenido de carbono, como sigue:

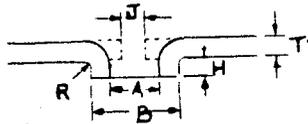


Fig.87.- Diseño de agujeros rebordados.

$$B = A + \frac{5}{4} T \quad \text{Cuando } T \text{ es menor de } 1.143 \text{ mm}$$

$$B = A + T \quad \text{Cuando } T \text{ es mayor de } 1.143 \text{ mm}$$

$$H = T \quad \text{Cuando } T \text{ es menor de } 0.889 \text{ mm}$$

$$H = \frac{4}{5} T \quad \text{Cuando } T \text{ esta entre } 0.889 \text{ y } 1.270 \text{ mm}$$

$$H = \frac{3}{5} T \quad \text{Cuando } T \text{ es mayor de } 1.270 \text{ mm}$$

$$R = \frac{T}{4} \quad \text{Cuando } T \text{ es mayor de } 1.143 \text{ mm}$$

$$R = \frac{T}{3} \quad \text{Cuando } T \text{ es mayor de } 1.143 \text{ mm}$$

$$J = \sqrt{\frac{TB^2 + 4TA^2 + 4HA^2 - 4HB^2}{9T}}$$

Con relación a la Figura 88, el radio P de la raíz del punzón debe ser de acuerdo al cuerpo del mismo, eliminando cualquier borde agudo que pudiera causar el rallado del metal. El radio sobre el cuerpo B o porción agrandadora del punzón debe ser tan - -

grande como sea posible.

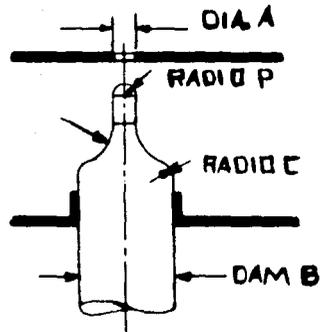


Fig. 88.- Diseño de un punzón rebordeador.

### TROQUELES DE ACUÑAR

Los troqueles de acuñar se utilizan para realizar sobre la parte los detalles grabados sobre la cara del punzón y de la matriz. Comprimiendo el metal entre el punzón y la matriz, el metal fluye dentro del detalle o realce. Los troqueles de acuñado producen monedas, medallones, partes para joyerías, artículos ornamentales, placas, escudos, etc.

De ordinario se emplean prensas hidráulicas o de junta articulada para realizar la operación de acuñado. Las presiones -- que se requieren para realizar esta operación son muy elevadas. -- Una de las razones por el alto tonelaje, es que cuando el metal se comprime, se endurece y se hace más tenáz (endurecimiento por el trabajo del metal).

Las superficies del bloque de la matriz, sobre la que están grabados los detalles, deben ser muy pulidas y libres de ralladuras o marcas. Esto es necesario por que las ralladuras o marca más ligera se realiza en la parte. Los lados de la matriz que controla el contorno exterior de la parte, deben ser ligeramente cónicos para permitir la remoción de la parte de la matriz.

Cuando se diseñan troqueles para operaciones de acuñado, -- deberá tomarse una precaución extra para construirlos lo suficientemente fuertes para soportar las severas presiones. El pulido y el acabado de las superficies de la matriz deben ser de lo mejor. La marca más ligera podría causar que se rompiese la matriz. Las

secciones coincidentes del troquel se harán a tolerancias muy estrechas, especialmente si el troquel tiene partes móviles. La avertura más ligera permitirá la extrusión del metal, o que éste fuese forzado en las aberturas, y podría ocasionar la rotura del troquel. El porta matriz y el portapunzón, son dimensionadas más gruesos, que para la mayor parte de los troqueles, debido al gran tonelaje recibido o requerido. Placas de acero para herramientas, endurecidas de 50 a 52 Rockwell, se utilizan para respaldar a las partes del troquel sobre el portapunzón y portamatriz para prevenir que las partes del troquel se undan, o se doblen, bajo la presión, Fig. 89

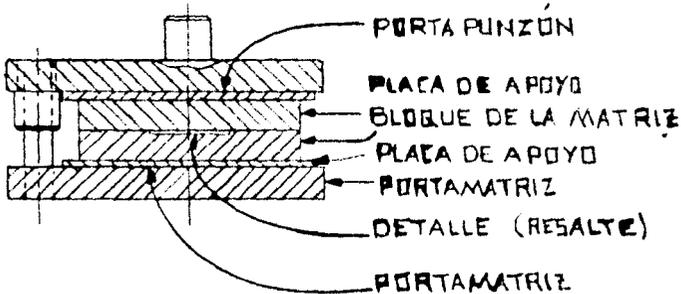


Fig.89.- Troquel de acuñar.

Los tornillos y pasadores deben ser colocados separados -- de los detalles del cuño, de manera que no marquen en las partes, ni debiliten el troquel. Los tornillos y los pasadores serán los suficientemente grandes para sujetar las piezas firmemente y con seguridad. Los troqueles para acuñar reciben un fuerte desgaste, y los detalles se irán borrando debido a la presión. Esto hace que

la duración del troquel sea corta, añadido al costo de la operación.

### TROQUELES DE ESTAMPAR

La operación de estampar es parecida a la de acuñar, excepto que el control de las partes no es tan preciso. El metal es obligado a fluir dentro de depresiones en las caras de las herramientas, pero el metal restante no queda confinado, y fluye de ordinario en ángulo con la dirección de las fuerzas aplicadas. El flujo del metal es restringido en algo por las superficies de la herramienta, pero de ordinario, se encuentran unos bordes de sobreflujo que deben ser quitados en una operación subsecuente. El recalcado de las cabezas de los pernos remaches, y muchas operaciones de forjado en frío y en caliente son clasificadas como operaciones de estampado. El prensado de las partes de función para dimensionarlas, que con frecuencia se nombran como aplanamiento, se clasifican también como estampado.

En estas operaciones se usan prensas hidráulicas y de junta articulada, de capacidad extrafuerte en tonelaje. Las prensas hidráulicas tienen una ventaja sobre las de junta articulada, debido a la detención momentánea extra en el fondo de la carrera, lo cual pone un ajuste definitivo en el trabajo. Las prensas de juntas articulada tienen la carrera corta y potente y pueden comprimir el metal duro, pero, carecen de la característica extra de detención en el fondo de la carrera, pueden resultar ligeras variaciones en las partes estampadas.

El acero de herramientas empleado para operaciones de ensanchado y dimensionado deben ser de grán dureza (resistencia). El acero al cromo-tungsteno templado al aceite, que combina grán dureza con máxima tenacidad, se utiliza para troqueles de ensanchado. Los aceros de alto contenido de carbono, y en cromo también se emplean, pero son más difíciles de maquinarse, y su resistencia al choque no están elevada como la de los aceros al cromo-tungsteno templado en aceite.

Las dos partes del portatroquel son parecidas a las empleadas en los troqueles de acuñar. La Fig.13, ilustra los principios generales para el diseño de un troquel de ensanchado o dimensionar.

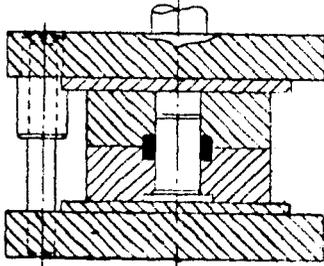


Fig. 90.- Troquel para ensanchar o dimensionar.

#### DIVERSOS TIPOS DE DOBLADO Y FORMADO

La Fig. 91 muestra un troquel con punzones oscilantes

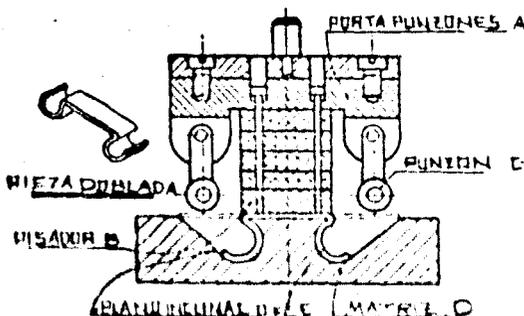


Fig. 91.- Troquel de punzones oscilantes.

Al descender la prensa, primero toma contacto con la pieza, el pisador B, que vá unido mediante un sistema elástico al porta-punzones A; conforme la prensa sigue descendiendo, la lámina va siendo fijada cada vez más enérgicamente, hasta que los punzones articulados C atacan la parte libre del material. Este no comienza a ser doblado hasta que los punzones entran en contacto con la matriz D, que los hace resbalar hacia el interior, mediante los planos inclinados F. El resultado final es la pieza de la izquierda del grabado, debiendo efectuarse su extracción manualmente.

La Figura 15 muestra un troquel con punzón rotativo, destinado a la curvatura de una plantilla.

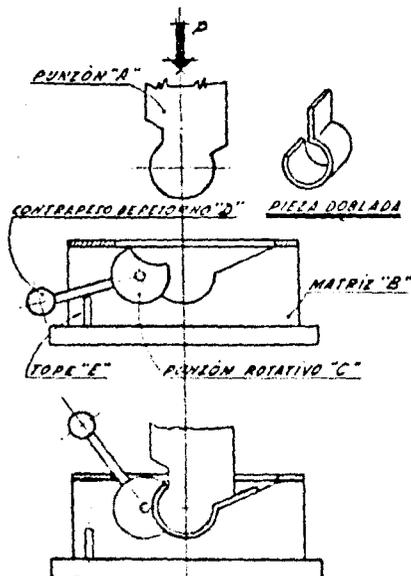


Fig.92.- Troquel con punzon rotativo.

Al descender el punzón A, ataca la chapa, cuando está a mitad de su carrera de descenso, entra en contacto con el punzón rotativo C, obligándole a girar sobre su eje, y éste conforma la lámina de modo conveniente. Cuando la Prensa inicia el retroceso, - la pieza queda adherida al punzón A, y C vuelve a su punto de reposo, por medio del tope E; C vuelve a su punto de reposo gracias al contrapeso de retorno D.

Troquel doblador de tubos.- La Figura 16 muestra éste tipo de útil

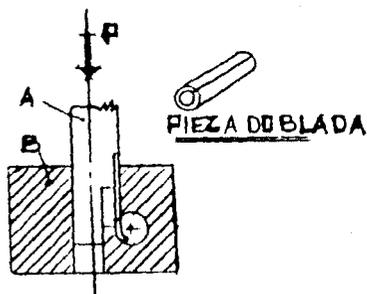


Fig.93.- Curvatura de un tubo.

La plantilla es sometida mediante el empuje del punzón A, a un arrollamiento en el interior de la matriz B. Evidentemente, - el material, al encontrarse retenido entre las paredes del punzón y la matriz, no tiene ninguna posibilidad de movimiento; al sufrir el empuje del punzón se va amoldando paulatinamente a las paredes de la matriz, que la van condicionando durante su conformación. En algunos casos, el arrollamiento debe favorecerse mediante una pequeña curvatura inicial en la plantilla.

La Fig.94 muestra un troquel de doblar y curvar simultáneamente, en la ilustración puede verse como se aplica el sistema de punzones deslizantes, accionados por brazos de ataque montados en portapunzones.

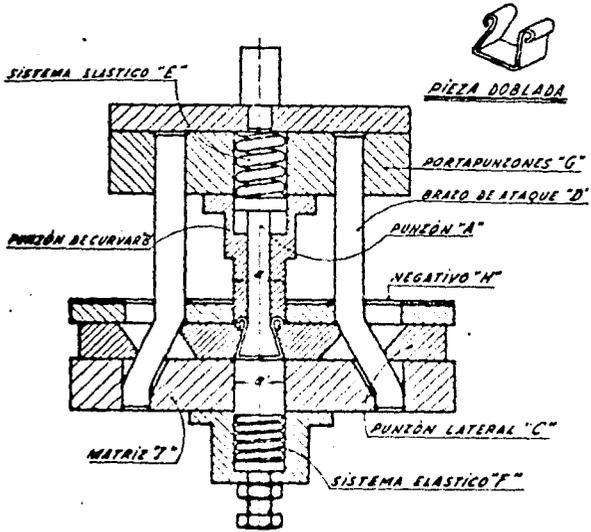


Fig.94.- Troquel de doblar y curvar simultáneamente.

Cuando el punzón Ataca la lámina que se desea doblar y que está alojada en el negativo H, ésta empieza a descender apoyada en el sistema elástico F formando en un principio una U. En un punto determinado de la carrera de descenso comienzan a avanzar los punzones deslizantes C, que atacan la pieza lateralmente, la conforma convenientemente; cuando el punzón A, ha llegado al fin de su carrera, la prensa sigue descendiendo y el citado punzón se va replegando, mediante el sistema elástico E, comenzando a curvar los bordes de los brazos de la pieza el punzón de curvar B, al cual sirve de sufridera a los dos punzones deslizantes laterales-

C. El material es obligado, por los citados punzones a arrollarse sobre su eje, y queda efectuada la operación de curvatura. Cuando el ariete de la prensa retrocede, la pieza es extraída del alojamiento de la matriz I, mediante el sistema elástico F, y queda -- adherida al punzón A, de donde deberá ser quitado por el operador manualmente.



EMBUTIDO

Troqueles sin dispositivo de control de flujo de la --  
plantilla

" con " " " " " " " "

" " pisador de plantilla

" invertidos

REEMBUTIDO

Troquel sin dispositivo de control de flujo de la - --  
plantilla

" con dispositivo de pisado

" invertido

" de acción de reembutado inversa a la convencional

EMBUTIDO

Embutido es la operación mediante la cual, con herramientas adecuadas, se transforma una plantilla (pieza metálica laminada en forma plana y con perfil predeterminado) en un cuerpo hueco.

El fenómeno a que es sometida la plantilla se ilustra en la Fig. 95.

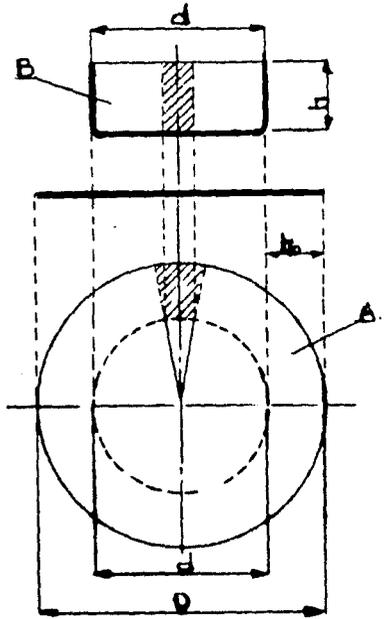


Fig.95.- Demostración práctica de la deformación que ha experimentado el material en un recipiente embutido.

De la plantilla A de diámetro D se ha obtenido el cilindro hueco B de diámetro D y altura h. Supongamos que la transformación se ha realizado a espesor constante. El disco del fondo del cilindro B no ha sufrido ninguna deformación; en cambio la pared cilíndrica ha sido formada por un flujo metálico, porque inicial-

mente componía la corona circular de ancho  $h_0$ . En efecto, el elemento  $S_0$  (indicado en trazo continuo sobre la corona del disco A) experimenta una variación durante el embutido, cambiando su forma trapezoidal por la rectangular  $S$  (indicada con trazos continuos en la pared de la pieza B), al mismo tiempo, el elemento  $S_0$  se --dobla a  $90^\circ$ . Para éste cambio de forma se. Verifica que la altura  $h$  del cilindro es mayor que la altura  $h_0$  del elemento trapezoidal plano. Por consiguiente, cada elemento, durante el embutido estará solicitado por fuerzas radiales de tracción y por fuerzas tangenciales de compresión.

CLASIFICACION DE LOS TROQUELES DE EMBUTIDO:

I.- Troqueles Sin Dispositivo de Control De Flujo De La Plantilla.

El troquel mostrado en la Fig.96 es representativo de éste tipo de útiles.

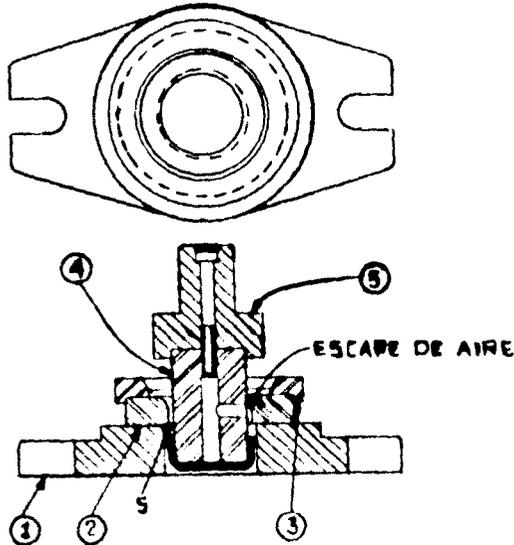


Fig.96.- Sus componentes principales son: (1) Zapata inferior, (2) Matriz, (3) Anillo Guía, (4) Punzón, (5) Porta Punzón.

El troquel no lleva postes guía. La zapata inferior (1) y el porta punzón (5) guían la operación.

Es importante notar que el punzón (4) tiene un escape de aire (indispensable para que no se deforme la pieza, por la compresión del Aire y para la extracción de la misma).

En la operación, la plantilla es colocada sobre la matriz (2) y es posicionada por el anillo guía (3). El punzón (4) desciende e inicia el embutido hasta que la pieza pasa completamente a la matriz (2), la cual en la carrera ascendente de la prensa -- servirá de extractor por la recuperación elástica del material, -- como lo muestra la Figura 2.

Limitaciones. Estos troqueles son frecuentemente usados en plantillas con un espesor de 2.38 mm. o más (para evitar que la pieza terminada presente arrugas). Raramente se emplean en láminas de espesor 1.58 mm o menor; a no ser que el embutido sea poco profundo.

En general, la pieza a fabricar (por embutido) se requiere que tengan ciertos radios para evitar la fractura por concentración de esfuerzos. Excepto para piezas de poca profundidad.

Factores Variables que Afectan la Construcción de Troqueles

Un gran número de factores entran en el diseño y construcción de troqueles. Es impráctico intentar definir las limitaciones y proporciones para muchas situaciones de embutido. Como quiera que sea las siguientes condiciones son aplicables a troqueles que

no tienen dispositivo de control de flujo de la plantilla:

Altura de la pieza. Cuando el espesor del material es 1.58 mm, la altura de la pieza puede ser igual o menor a  $1/3$  de su diámetro (de recipiente). En circunstancias favorables, pueden hacerse embutidos de éstas dimensiones hasta con hojas de 1.19 mm de espesor, aunque algunas arrugas afectarán la apariencia de la pieza.

Es importante que las hojas a usar sean de una calidad - - aceptable.

Condición del Borde Superior de la Pieza.- La pieza, al no ser controlado su flujo, presentará un borde muy disparejo como - lo muestra la Fig. 97



Fig.97.- Condición del borde de un recipiente.

Velocidad de Embutido.- Este tipo de troqueles puede trabajar con una velocidad lineal mayor que los troqueles con dispositivo de pisado.

Para condiciones propias de lubricante se recomienda como- velocidad máxima para diferentes materiales, la siguiente:

Aluminio-----	45.6 m/min
Latón, Bronce-----	60.8 m/min
Cobre-----	16.72 m/min
Acero Inoxidable-----	12.16 m/min

La velocidad de embutido puede ser mayor en embutidos poco profundos. Un buen acabado en el punzón y en la matriz es indispensable. Así mismo, un pulido mejor permite una velocidad mayor. Para plantillas de espesor considerable requiere una velocidad -- de embutido menor.

Formación de Arrugas. En la operación de embutido, al penetrar el punzón en la matriz, la porción de material de la plantilla que queda fuera del diámetro de la matriz, se arruga causando con esto, sobre todo si la relación de diámetros de la plantilla a la pieza es grande, que la pieza se fracture (la ruptura puede ser en cualquier parte de la pieza, sin embargo, es más común que ocurra en sus cantos).

## II.-TROQUELES CON DISPOSITIVO DE CONTROL DE FLUJO DE LA PLANTILLA.

Un troquel representativo es mostrado en la Figura 98.

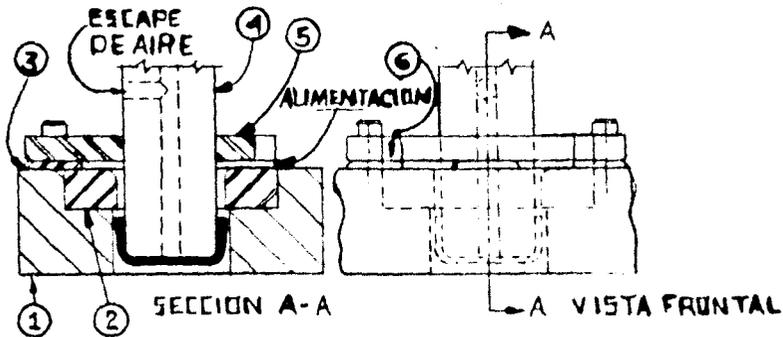


Fig. 98.- Los principales componentes del troquel son (1) zapata inferior, (2) matriz, (3) guía posterior, (4) punzón, (5) controlador de flujo y (6) guías laterales (dos)

La función del controlador de flujo es confinar y dirigir el material durante la operación de embutido. El propósito de -- confinar el metal es prevenir el arrugamiento en la pestaña (parte de la plantilla que no ha sido embutida) durante el fenómeno. La cavidad entre el controlador de flujo y la matriz, debe preveer un ajuste deslizante práctico a la plantilla. El controlador de flujo debe ser pulido en su superficie de trabajo (además, debe tener una dureza Rockwell C 60).

### III.- TROQUELES CON PISADOR DE PLANTILLA ACOPLADOS A PRENSAS DE ACCION

Las prensas mecánicas de doble efecto tienen la característica de estar provistas de dos correderas, una de las cuales actúa dentro de la otra. La prensa interior, llamada cruceta, vá unida a la biela del árbol; mientras que la parte exterior, llamada sujetador, vá unida a un brazo fijado en el mismo árbol. Los movimientos de las dos correderas, por estar combinadas, se producen retardados uno respecto a la otra; el origen de los movimientos respectivos, considerados desde el punto muerto superior es el siguiente:

Tiempo 1.- Avance hacia abajo de la corredera exterior -- (sujetador).

Tiempo 2.- (Retardado), avance hacia abajo de la corredera interior (Cruceta).

Tiempo 3.- Retorno hacia arriba de la corredera interior.

Tiempo 4.- Retorno hacia arriba de la corredera exterior.

Un troquel con pisador acoplado a la prensa aparece en la

Fig.99

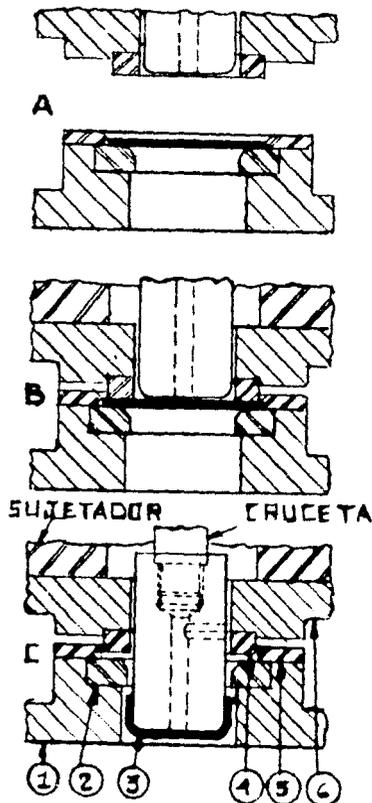


Fig.99.- Los componentes principales son: (1) zapata inferior, (2) matriz, (3) Punzón, (4) pisador, (5) Guia y (6) Porta pisador.

Descripción del Proceso. En la vista A, el troquel aparece en su posición abierta. En la vista B, el pisador ha descendido y presiona la plantilla contra la matriz, el punzón se encuentra poco arriba de la lámina. En la vista C, al continuar el viaje el punzón realiza el embutido. En el viaje de retorno la matriz realiza la función de extractor.

Uno de los métodos más empleados para extraer la pieza -- del punzón es el que se muestra en el siguiente Troquel (Fig.100)

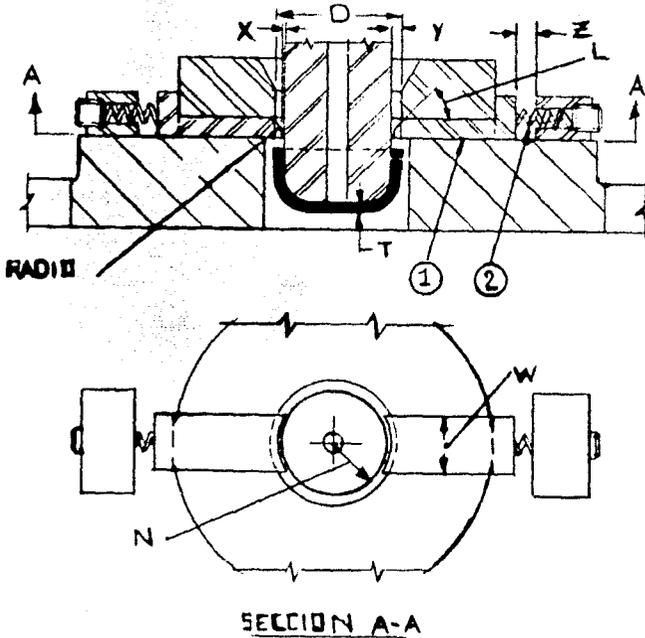


Fig.100.- Troquel que muestra un extractor tipo cerrojo.

Durante el golpe descendente de la prensa, la superficie exterior de la pieza (que está siendo embutido) hace contacto con la punta de la aldaba o cerrojo (1) en el ángulo recto. La fuerza mueve la aldaba hacia afuera permitiendo que la pieza -- descienda através de la matriz. Cuando el margen de la pieza -- desciende más abajo de la aldaba, la compresión en los resortes (2) retorna los cerrojos a su posición original como se muestra en la Figura. En la carrera ascendente del ariete de la prensa, la aldaba extrae la pieza del punzón.

Características del extractor; se requiere dos o más aldabas con un ancho  $W$  apropiado), dependiendo de la aplicación individual.

$$L \geq 45^\circ$$

$$X = 5 \text{ a } 20\% T$$

$$Z \geq 3Y$$

$$N = \frac{D}{2} + 0.05 \text{ a } 0.20T$$

La punta del cerrojo debe ser altamente pulido para evitar rallar la pieza. Un material propio para la aldaba es acero para herramientas tratado térmicamente en un rango Rockwell C-58-64.

#### IV.- TROQUELES TIPO INVERTIDO

Este tipo de troqueles son frecuentemente usados por el hecho de que permiten una doble acción (pisado de plantilla y embutido) en personas de simple efecto.

La Fig.101 representa un tipo de troquel invertido.

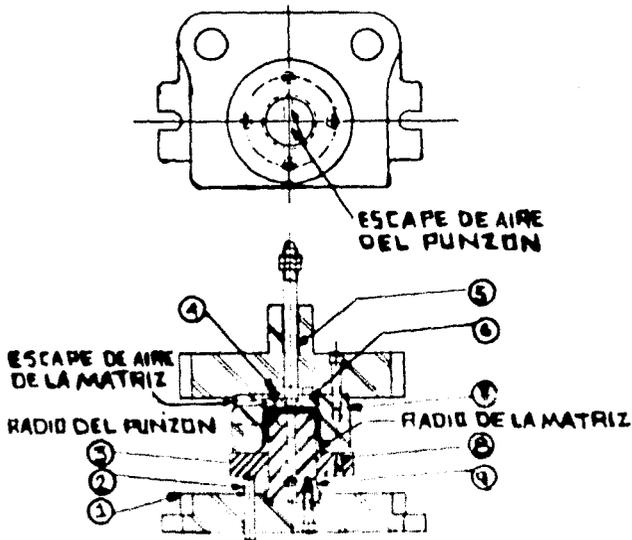


Fig.101.- Troquel invertido.

Las partes principales que integran a este tipo de tro-

queles son: (1) Postes guías acoplados a la zapata inferior o porta punzón (2) Postes transmisores de presión (cuatro). (3) Pisador. (4) Perno extractor (uno) (5) Flecha percutora. (6) Platoa - extractor. (7) Matriz. (8) Pernos guías (cuatro). (9) Punzón.

El troquel está montado sobre una porta troquel estandar (1). El punzón (9) es ajustado en un barrenado que se ha hecho a la zapata inferior (el barrenado hace la función de centrado entre el punzón y la zapata, evitando con esto colocar pasadores). La matriz (7) es similarmente ajustada a la zapata superior. Esta construcción asegura máxima rigidez y concentricidad.

Las paredes del punzón deben ser pulidas para eliminar los defectos indeseables de excesiva fricción durante la extracción, de la pieza. el respiradero en el punzón es indispensable para extraer la pieza.

El diámetro interior del pisador (3) (debe presentar un acabado pulido), es hecho a un ajuste deslizante del punzón. Si el ajuste es fijo, el pisador flota lateralmente. Los pernos guías (8) son instalados en el pisador; consecuentemente, cualquier excentricidad del pisador afecta la concentricidad de los pernos guías. El pisador controla el flujo del metal y por consiguiente es sometido a severa tendencia al desgaste por lo cual su superficie debe también ser pulida.

La matriz (7) al ser sujeta a un desgaste mayor que cualquier otro componente del troquel, debe ser tratada térmicamente y obtener una dureza tan grande como sea posible, además las su-

perfiles en contacto con la plantilla (y pieza) deben ser altamente pulidas. El respiradero en la matriz es necesario para evitar la compresión del aire durante la operación.

El perno extractor (4) es estandar (comercialmente disponible). Es instalado en un barrenado provisto al plato extractor, requiere un claro en el porta punzón.

Los postes transmisores de presión (2) transmiten la presión a la pieza por medio del pisador. El origen de la presión puede ser por resortes, por hule, un cojín de aire o hidráulico.

Operación. La plantilla se coloca sobre el pisador posicionada por los pernos guías. El martinete de la prensa descendiendo, la matriz hace contacto con la plantilla y los pernos guías son comprimidos hasta el espesor de la lámina. La operación de embutido empieza, el pisador controla el flujo del material, cuando la pieza ha sido embutida, la matriz hace contacto con el pisador, el cual en la carrera ascendente de la prensa, regresa a su posición original, extrayendo la pieza del punzón. La flecha percutora por medio del plato extractor quita la pieza de la matriz. La pieza ha sido extraída del troquel, para quitarla de éste fácilmente se puede hacer por un flujo de aire colocado lateralmente a la prensa (esto último solo ocurre para embutido de piezas pequeñas).

Los diámetros mínimos de los respiraderos tanto para el punzón como para la matriz son:

635 mm para piezas de (25.4 a 050.8 mm de diámetro

7.924 mm para piezas de 50.8 a 101.6 mm de diámetro

15.87 mm para piezas de 101.6 a 203.2 mm de diámetro

La función principal del pisador es controlar y guiar el flujo del material, para evitar que se formen arrugas en el desarrollo del embutido (ya que si ésto ocurre, las arrugas presentarán una fuerte resistencia al flujo causando que la pieza posiblemente se fracture). Las fracturas se deben a una desproporción al relación de diámetros de plantilla al diámetro de la pieza, o el claro entre el punzón y la matriz, no es el adecuado.

Generalmente es práctico ir disminuyendo el diámetro del punzón empezando desde la punta, disminuciones de 0.01 a 0.02 mm por cada 25.4 mm de altura proveen una buena ayuda para la extracción de la pieza.

#### PLATOS GUIAS Y PRESION DE PISADO.

Los troqueles que se muestran en la Fig. 102 son equipados con platos guías.

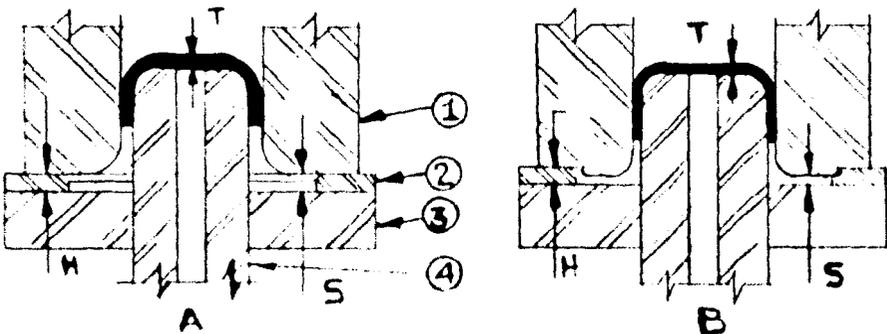


Fig.102.- Los principales componentes del troquel - - son: (1) matriz, (2) Guía, (3) Pisador, (4) Punzón.

En la vista A, el espacio S es igual a la altura del plato guía H.

En la vista B, el espesor de la plantilla es menor que en A. Por tanto, es necesario hacer  $H > S$  para proveer una presión de pisado.

En la práctica, el espesor de la pieza en las paredes laterales es mayor que el espesor de la plantilla que la produce. Como una consecuencia, si la plantilla es presionada por el pisador y la matriz, la presión tiende a incrementarse progresivamente durante la operación. Este resultado es el efecto de la reacción normal física del material en proceso (así como un aumento de área). No es práctico impedir la tendencia a aumentar el espesor de las paredes de la pieza por medio de la presión dada por el pisador (Su función de éste es que no se formen arrugas en el proceso)

Otro hecho que tiene influencia sobre la presión de pisado es ver de donde provienen ésta. Si la fuente de presión es por cojín neumático o hidráulico, la presión de pisado puede ser controlada por todo el ciclo. Si el pisador es instalado por resortes o por hule, la presión vertical en su viaje (ariete) causa una acumulación progresiva de presión debido a la compresión de los resortes.

Máxima presión aplicable. Para operaciones donde se deseen máximos efectos de pisado, el espacio S debe ser igual a o un poco menor que T.

Ejemplo:

$$T = 1.98 \pm 0.05 \text{ mm}$$

$$\text{hacer } S \leq 1.93 \text{ mm}$$

Presión limitada. Para muchas aplicaciones puede ser deseable o necesario hacer  $S$  ligeramente mayor que  $T$ . Para éstas aplicaciones hacer  $S = 1.1T$

Ejemplo.

$$T = 1.98 \pm 0.05 \text{ mm}$$

$$\text{hacer } S = 2.23 \text{ mm}$$

Por ejemplo si se desea hacer una pieza de poca profundidad pero sin radios en el fondo. Puesto que el radio del punzón condiciona el radio de la pieza, éste debe hacerse con cantos vivos. Si se le impone una presión de pisado a la plantilla, lo más seguro, es, que se fracture.

DIFERENTES PERFILES USADOS EN LOS BORDES DE LAS MATRICES - DE EMBUTIDO.

La Fig.103 es descriptiva de este tipo de matrices.

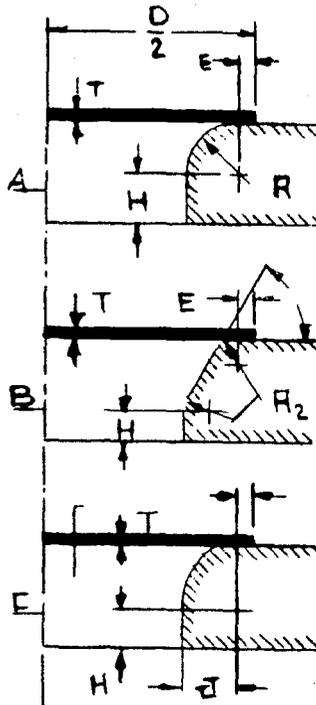


Fig.103.- Perfiles y proporciones de matrices.

Las matrices se presentan parcialmente así como también - se muestra la mitad de la plantilla ( $D/2$ )

La vista A presenta una matriz con borde radial.

La vista B presenta una matriz con borde achaflanado.

La vista C presenta una matriz con borde elíptico.

Las siguientes proporciones se aplican generalmente a los tres tipos de perfiles.

$$E = 3T \text{ Max.}$$

$$H = 9.52 \text{ a } 12.70 \text{ mm}$$

Las siguientes proporciones se aplican especialmente para cada perfil.

En la vista A,  $R = 4T$  generalmente. Como quiera que sea,-- para guiar el flujo de una plantilla en un embutido considerable en una sola pasada, es necesario hacer  $R = 6T$  a  $10T$ .

A la inversa, para piezas de muy poca profundidad de embutido, es necesario hacer  $R = T/2$  y posiblemente menor.

En un embutido de plantilla de gran espesor, se requiere un radio grande que elimine completamente la superficie E. En este tipo de embutido se prefiere el contorno B ó C. En la vista B,  $L=45$  a  $65^0$  dependiendo del espesor T y del diámetro de plantilla. El ángulo L decrece conforme el diámetro y el espesor T aumenta.

$$R_2 = 2T \quad \text{donde} \quad T=1.58 \text{ mm}$$

$$R_2 = T \quad \text{"} \quad T=6.35 \text{ mm}$$

En la vista C las proporciones para la curva elíptica son las siguientes:

$$J = 2T \text{ a } 4T$$

$$K = 1.5J \text{ a } 2T$$

El perfil elíptico es empleado en situaciones donde es -- deseable dar el efecto de un pequeño radio en el inicio de la -- operación. Al continuar la acción. como el radio crece, tiende a aligerar el estirado durante el embutido. Este perfil es considerado como un término medio de los 2 anteriores, pero se debe te-

ner en consideración el maquinado antes de decir que tipo de matriz debe usar.

INFLUENCIA DEL RADIO DEL PUNZON (EL MISMO DE LA PIEZA) EN LA PROFUNDIDAD DE EMBUTIDO.

La Fig. 104 describe algunas relaciones de diámetro de --  
plantilla, profundidad de embutido, radio del borde en el fondo-  
de la pieza y adelgazamiento en las esquinas (mm).

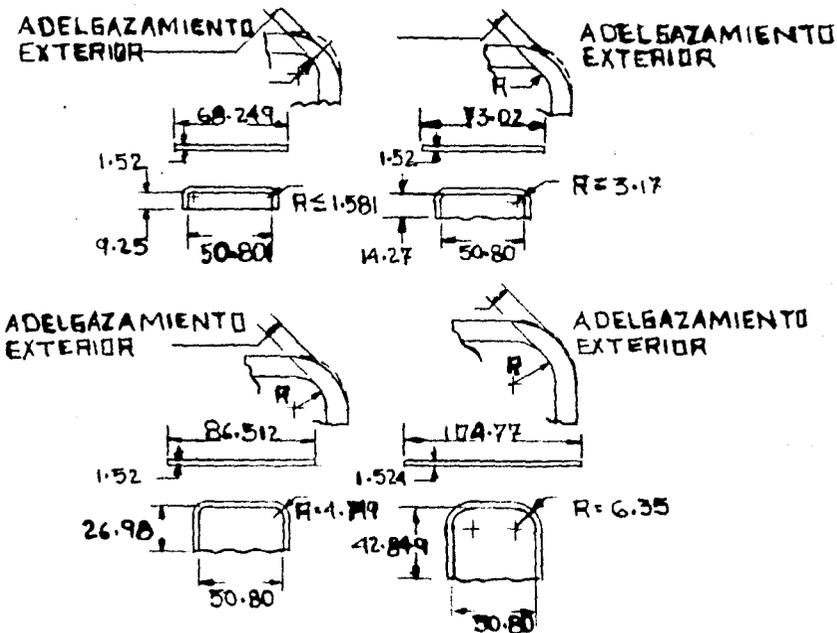


Fig.104.- Proporciones típicas en la simple opera--  
ción de embutido (en mm).

Un radio de punzón muy pequeño o carente, nos impone embutidos demasiados pequeño.

Las relaciones dadas se obtuvieron de un trabajo de cali-  
dad aceptable, incluyendo tipo y calidad del material, troquel-

adecuado lubricante, velocidad, etc.

Es importante notar la relación del radio  $R$  a la profundidad de embutido y la delgadez de la pieza en los radios.

#### CLARO DE EMBUTIDO

El claro es el espacio entre un lado de la matriz y el -- punzón. El claro debe ser hecho igual al espesor del material -- más una concentración. El propósito de hacer el claro un poco ma yor al espesor es prevenir la excesiva fricción y minimizar las fuerzas de estirado porque si son excesivas pueden fracturar la pieza. La concesión debe andar en un rango del 8 al 20% de espesor de la plantilla y depende de:

- 1.- El espesor  $T$  de la plantilla. El porcentaje se incrementa conforme  $T$  crece.
- 2.- Tipo de metal (de la plantilla). Generalmente los metales blandos requieren una concesión mayor que los metales duros; una excepción, el acero inoxidable requiere una concesión comparativamente grande a pesar de su alta resistencia al corte.
- 3.- Tipo de operación. Se ha encontrado que la concesión en el claro debe ser menor para la primera operación de embutido, que para operaciones posteriores. Para -- operaciones secundarias de embutido, la concesión del claro algunas veces deben ser menos que para la prime ra operación de embutido. Operaciones secundarias son

aquellas que; tienen el propósito de mejorar con más exactitud las dimensiones de la pieza y/o asegurar -- los radios del fondo y/o reducir el radio de las orejas, etc.

- 4.- Profundidad del embutido. Para embutidos someros, el porcentaje de la concesión debe ser menor que para embutidos mayores.

SUGESTIONES PARA EL CLARO DE EMBUTIDO.

T	la operación	Operaciones posteriores	Operaciones secundarias
< 0.406 mm	1.08 T	1.09 T - 1.10 T	1.04 T - 1.05 T
0.406-12.70 mm	1.08 T - 1.10 T	1.10 T - 1.13 T	1.05 T - 1.06 T
12.70-3.175 mm	1.10 T - 1.13 T	1.13 T - 1.15 T	1.06 T - 1.08 T
> 3.175 mm	1.13 T - 1.15 T	1.15 T - 1.20 T	1.08 T - 1.10 T

NOTA:.- Si el embutido es completamente superficial, eliminar la concesión del claro y hacer este igual -- al espesor de la plantilla. Si el claro es muy -- ajustado, se manifiesta una fricción excesiva, pudiendo fracturar la pieza. Si el claro es muy -- grande la pieza resultará arrugada. Si el claro -- es adecuado y aparece en la pieza algún defecto -- éste puede ser por:

- 1.- Presión de pisada inadecuada.
- 2.- Lubricante no adecuado para la operación.
- 3.- Escaso acabado (pulimiento) en la matriz y el punzón.
- 4.- Radio de la matriz (demasiado grande ó muy pequeño).
- 5.- Radio del punzón (usualmente muy pequeño).
6. Intentar reducciones de diámetro (plantilla a pieza)-  
muy grandes.
- 7.- Tipo y/o condición de la plantilla.

Las arrugas en la pieza se pueden formar por un insuficiente pisado o bien por un claro muy grande.

Las fracturas en la pieza se pueden presentar por:- Un claro insuficiente, acabado (pulido) de matriz y punzón malo o bien por intentar un embutido muy profundo.

REEMBUTIDO

Reembutado es un embutido que se realiza (en lugar de una plantilla) en una pieza previamente conformada, para hacerla más profunda y por consiguiente reducir su diámetro. Los tipos básicos de troqueles de reembutado aparecen en la Figura 105.

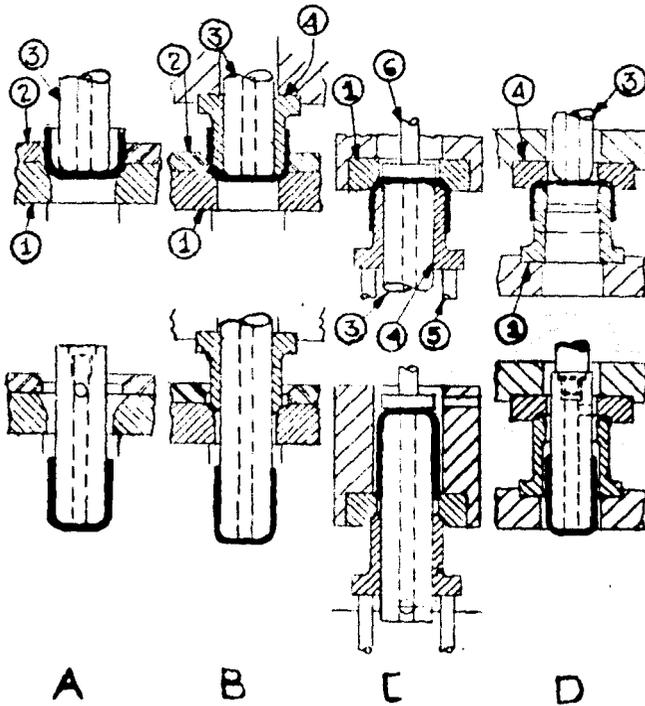


Fig.105.- Tipos de troqueles de reembutado. Vista A: -- Troquel sin dispositivo de control de flujo del material. Vista B Troquel con dispositivo de pisado (control de flujo del material) acoplado a una prensa de doble efecto. Vista C - Troquel invertido. Vista D Troquel de acción de reembutado inversa a la convencional. Las componentes principales de todos los troqueles son: (1) matriz. (2) Guía. (3) Punzón. (4) Pisador.

En cada vista superior, la pieza que ha sido previamente embutida) es mostrada cuando ha sido alimentada al troquel. El -- martinete de la prensa ha bajado y el trabajo está a punto de empezar. En las vistas inferiores, el troquel esta cerrado y el -- reembutido se ha realizado en las piezas, como lo muestran las -- vistas A, B, C y D.

### CLASIFICACION DE LOS TROQUELES DE REEMBUTIDO

#### I.- TROQUEL SIN DISPOSITIVO DE CONTROL DE FLUJO DEL METAL.

Este tipo de troquel es deseable desde el punto de vista -- de costos, pero es limitado a usarse en piezas relativamente gruesas y/o comparativamente pequeñas reducciones.

La Fig. 106 representa un troquel sin dispositivo de control de flujo.

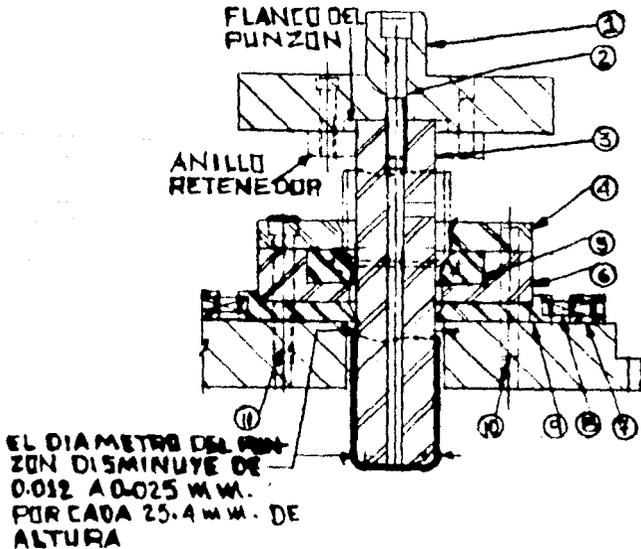


Fig.106.- Los componentes principales de troquel son:  
 (1) Zapata Superior. (2) Tornillo. (3) Punzón. (4) Guía. (5) Matriz. (6) Portamatriz. (7) Retenedor. (8) Resorte. (9) Cerrojo o Aldaba. (10) Pasador. (11) Tornillo.

El portatroquel (zapata inferior y superior), carece de postes guías. El punzón puede ser centrado por dos métodos: 1o.- Se puede centrar por medio del barreno que se le ha hecho a la zapata superior y retenido por el tornillo (2). 2do.- En la construcción alternativa indicada por las líneas punteadas, el punzón se ha hecho con una pestaña integral en la parte superior y ha sido asegurado con el aro retenedor por medio de tornillos y pasadores. Note la forma del punzón (cónica), para facilitar la extracción, además debe tener un acabado pulido y tener su respiradero adecuado.

El plato guía (4) (suficientemente grueso para evitar que la pieza se incline), retiene y asegura la matriz (5) en la portamatriz (6).

## II.- TROQUEL CON DISPOSITIVO DE PISADO (CONTROL DE FLUJO DEL MATERIAL) ACOPLADO A UNA PRENSA DE DOBLE EFECTO

El troquel mostrado en la Fig. 105 vista B es montado en una prensa de doble efecto y emplea un pisador (4) que es accionado por el sujetador de la prensa. Este útil puede usar delgados platos guías (2), (el pisador actúa como guía de la pieza) y es capaz de producir reducciones máximas.

## III.- TROQUEL INVERTIDO

Un representante de este tipo de troqueles aparece en la Fig. 107

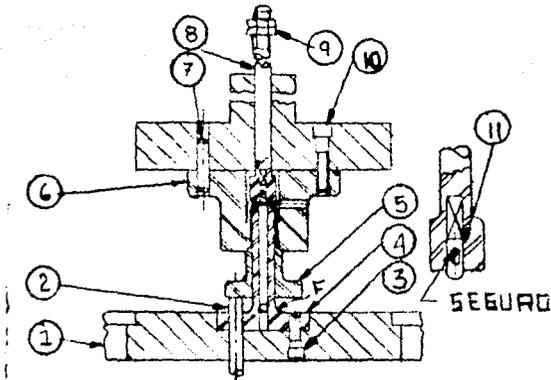


Fig.107.- Componentes principales del troquel: (1) Portatroquel. (2) Postes transmisores de presión (cuatro), (3) Tornillos, (4) Punzón. (5) Pisador. (6) Matriz, (7) Pasadores. (8) Barra percutora. (9) Tuercas. (10) Tornillos, (11) Perno extractor.

Esta representación es propia para troqueles pequeños. - el punzón (4) es de tipo pedestal y está provisto de orejas donde es asegurado por tornillos (3).

La matriz (6) también es de tipo pedestal y es asegurada por pasadores (7) y tornillos (10).

Las orejas en el pisador (5) lo fortalecen e incrementan su área para permitir una instalación práctica de los postes -- transmisores de presión (2). El pisador debe prever la distancia F. La flecha percutora (8) las tuercas (9) le sirve para -- graduar el tope para extracción de la pieza. El perno extractor (11) (ver vista agrandada) es restituído por un pequeño seguro.

Para troqueles mayores (Reembutado profundo) no sería - práctico hacer toda la matriz de un material especial (caro).- En este caso, la mayor parte de la matriz será hecha de un material corriente (por ejem. fierro fundido), y en la punta llevará un anillo, propiamente sujeto, de material adecuado para el reembutado.

RELACIONES TÍPICAS DE EL PISADOR, PUNZON Y MATRIZ

La Fig. 108 describe las relaciones en un troquel invertido, aunque estas relaciones también se pueden usar para troqueles con dispositivo de pisado acoplados a prensas de doble efecto.

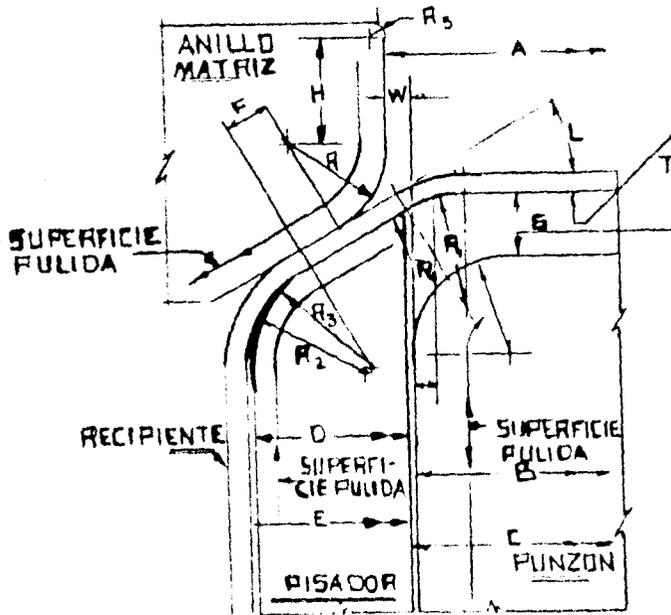


Fig.108.- Relaciones del pisador.

Donde:

T= Espesor de la pieza (de la plantilla original)

W= Claro.

A= Diámetro interior de la matriz.

B= Diámetro del punzón.

Asumiendo que éste troquel es de operación final (último-embutido) y se especifica el diámetro exterior de la pieza, hacer diámetro A de acuerdo con el diámetro de la pieza y  $B = A - 2W$ .

Si se especifica el diámetro interior de la pieza, hacer B de acuerdo con la dimensión de la pieza y hacer  $A = B + 2W$ .

Si ésta operación es seguida de otro reembutido o una operación secundaria, hacer los diámetros A y/o B a la situación específica propia, con la diferencia entre A y B igual a  $2W$ . C = Diámetro interior del pisador (no debe ser muy ajustado). Un procedimiento adecuado para éste claro es el siguiente:

$C = B + 0.02$  mm por cada 25.4 mm de diámetro del punzón - con un mínimo de  $C = B + 0.01$  mm para troqueles pequeños y un máximo de  $C = B + 0.25$  mm para troqueles grandes.

D = diámetro exterior del pisador (debe ajustar libremente en el diámetro exterior de la pieza previamente embutida).

$$D = E - 0.02 \text{ a } 0.05 \text{ mm}$$

E = Diámetro interior de la pieza (previamente embutida) - próximo al radio  $R_2$ .

F = Ancho de la presión de la superficie anular

G = Espacio entre el fondo de la pieza y la superficie del punzón cuando el pisador está en su posición superior. Este espacio debe variar de 0.39 a 3.17 mm o más dependiendo de la aplicación; pero generalmente  $G = 0.79$  aproximadamente.

H = Altura de la cara de la matriz. Esta dimensión debe -- ser corta para pequeños troqueles y mayor para troqueles grandes. En general, H puede ser considerado como:

Mínimo      H = 3.17 mm

Promedio    H = 9.52 mm

Máximo      H = 19.05 mm.

N = Radio del Punzón.

$$N \leq R_1$$

$\frac{N}{4}$  = Distancia entre la intersección teórica de la superfi-  
cie interior de la pieza y un lado del punzón.

R = Radio de la Matriz.

Para circunstancias promedio:

$R = 4T$  a  $6T$  Aproximadamente.

$R_1, R_2$  = Radios interiores de la pieza.

$R_3$  = Radio del pisador.

$$R_3 = R_2$$

$R_4$  = Radio superior del pisador.

$R_5$  = Radio superior de la matriz (para facilitar la ex--  
tracción de la pieza).

Los radios deben tener un buen acabado pulido para evitar rayar la pieza.

$L$  = Angulo del fondo del chaflán de la pieza (previo embutido).

$L = 30^\circ$  Donde  $T \leq 0.787$  mm

$L = 40^\circ$  Donde  $T = 0.787$  a  $1.574$  mm.

$L = 45^\circ$  Donde  $T > 1.574$  mm.

Para la matriz las áreas de acabado deben incluir  $R_5$ , las paredes fijadas por el diámetro  $A$ ,  $R$ , y la cara angular.

Para el punzón, las áreas de acabado deben incluir el radio  $N$  y deben extenderse más abajo de la altura de la pieza.

Para el pisador las áreas pulidas deben incluir toda la superficie superior y deben extenderse alrededor del radio  $R_2$  e incluir su diámetro exterior hasta un poco más abajo que la altura de la pieza.

La Fig.109 compara dos tipos de perfiles de punzón y matriz.

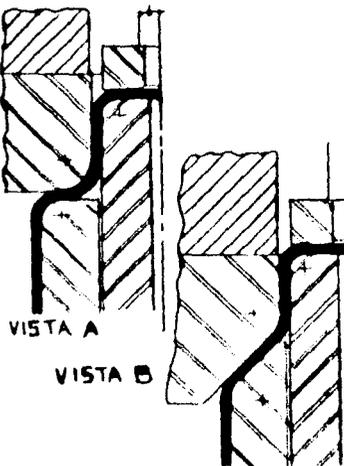


Fig.109.- Relación del flujo plástico del material de dos perfiles diferentes.

En la Vista A, la transición es relativamente quebrada, - tendiendo a incluir grandes esfuerzos de tensión durante la operación del material. Este método se usa para aplicaciones donde se requiere una máxima restricción de flujo.

En la vista B, la transición es más gradual, tendiendo a incluir menores esfuerzos de tensión dentro del material. En esta aplicación se tiene un flujo libre de material.:

#### IV.- TROQUEL DE ACCION DE REEMBUTIDO INVERSA A LA CONVENCIONAL.

La acción de reembutido inversa a la convencional la describe la Fig. 105. El reembutido es ejecutado en dirección opuesta al embutido anterior.

El proceso de reembutido es el siguiente:

La pieza se coloca en la matriz (1). El pisador (4) baja para confinar el flujo del material alrededor de los radios R. Al descender el punzon (3) la pieza es obligada a conformarse en una manera invertida.

Este tipo de troquel es usado cuando se requieren operaciones de reembutido muy profundas. En realidad, las reducciones deben ser grandes. Con referencia a la matriz (1) aparece que, - si la diferencia entre los diámetros X y Y es pequeña, la resultante pared de la matriz es también delgada y débil para contener la fuerza contra la pared durante la acción.

#### TROQUELES COMBINADOS

Un troquel combinado es aquel que en una carrera de la -

prensa realiza dos o más operaciones; una de corte y otra de --  
conformado (embutido, doblado, etc).

La Fig.110 describe un troquel combinado de corte y embutido.

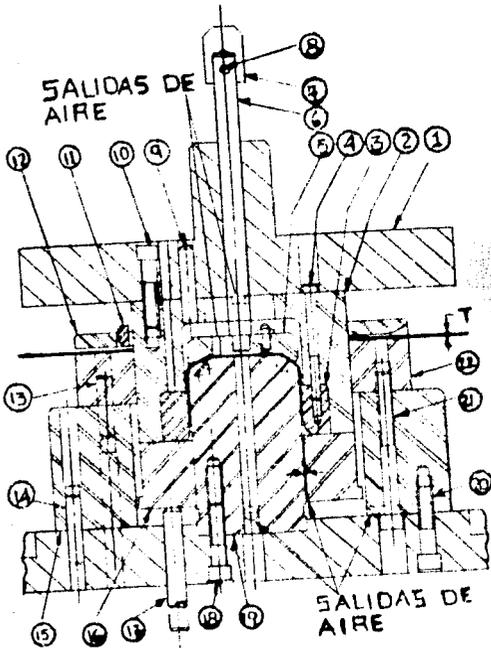


Fig.110.- Troquel combinado de corte y embutido  
sus principales componentes son: (1)-  
Portatroquel. (2) Punzón, de corte. -  
(3) Matriz de embutido. (4) Tornillo.

CONSTRUCCION.- El número de tornillos (4), (10), (18), -- (20) y (21) dependen de la aplicación individual. Un troquel -- grande requiere más tornillos que un troque chico.

Los tornillos para el extractor (2) no aparecen en la -- ilustración. El extractor es colocado convencionalmente con sus pasadores en la matriz de corte (22). Los tornillos son coloca-- dos por arriba y deben llegar hasta la portamatriz de corte (15).

El plato extractor (5) soporta la pieza durante la extrac-- ción. El perno extractor es comercialmente disponible. Al plato-- se le ha practicado un barreno para que suministre una ayuda a -- la extracción. La flecha percurtora (6) es ensamblada al plato y ajustada con su gorro (7). La matriz de embutido (3) es ajustada en el punzón de corte (2) y retenida por tornillos (4). Cuando -- se deba afilar el punzón, se debe rebajar también el alojamiento-- de la matriz (parte interior del punzón) para mantener la super-- ficie plana. La matriz debe tener los barrenos de los tornillos-- lo suficientemente grande para poder ser ajustados nuevamente.

El tope (11) sirve para marcar el paso de las cintas. La-- matriz de corte (22) es colocada sobre la portamatriz (15), por-- dos pasadores (13) y un apropiado número de tornillos (21). A la vez el portamatriz es colocado sobre la zapata inferior por me-- dio de tornillos y pasadores.

El pisador (16) es provisto por un canal de respiradero -- (o más si es necesario). La profundidad del canal debe ser: --

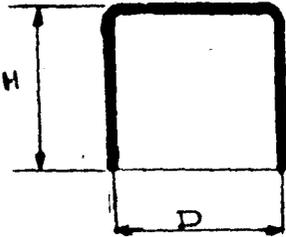
$$V \leq 1/2 T$$

PROFUNDIDAD DE EMBUTIDO

Existen dos clases de embutido:

- a) Embutido somero. - Es cuando una pieza se puede hacer en una sola operación.
- b) Embutido Profundo. - Es cuando una pieza se debe hacer en varias operaciones.

El probable número de operaciones requerido para una pieza debe ser calculada usando las siguientes relaciones (ver Fig.111).



$$\frac{H}{D} = 5/8 \text{ a } 3/4$$

Fig.111.- Relación de altura - al diámetro de una - pieza.

EMBUTIDOS PROFUNDOS:

Si la relación H/D excede de 3/4 entonces se requiere más - de una operación de embutido.

Número de operaciones de embutido de acuerdo a la relación de altura a diámetro de la pieza.

$\frac{H}{D}$	P
< 0.75	1
0.75-1.50	2
1.50-3.0	3
3.0 -4.7	4

P = Número probable de reducciones.

Para piezas que caen en la categoría de embutido profundo, un nuevo radio es formado en cada operación. La condición óptica de relaciones de radio (en punzones) en una serie de embutidos - sucesivos aparecen en la Fig. 112.

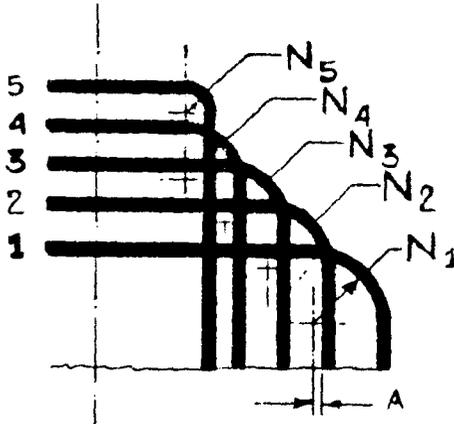


Fig.112.- Relación de radios de punzones en una -- serie de sucesivos embutidos.

El radio del punzón ( $N_1$  a  $N_5$ ) debe ser relacionado como -- sigue:  $N_4$  y  $N_5$  deben originarse de aproximadamente el mismo cen -- tro de línea B. Generalmente el radio debe tener una pequeña -- distancia del centro a la pared interior de la operación de -- reembutido siguiente como se indica por A. A puede ser sujeta -- a considerable variación. Para muchas aplicaciones A debe ser -- de una cuarta parte del radio de la operación siguiente, así:

$$\Lambda = \frac{N_2}{4}, \quad \Lambda_1 = \frac{N_3}{4} \quad \dots$$

En un embutido profundo (para este caso, 3 operaciones) - las relaciones óptimas en el fondo de la pieza son descritas en la Fig.113

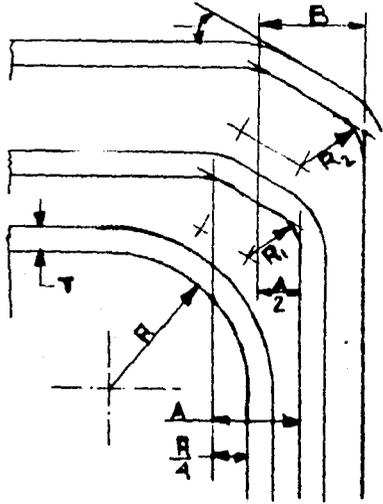


Fig.113.- Relaciones del fondo de una pieza reembutida

Las proporciones originadas en la pieza final (NO.3), -- están relacionadas sucesivamente con cada recipiente precedente. En la ilustración T es el espesor de la pieza, R es el radio de la pieza final, L es el ángulo de inclinación del fondo.

El ángulo L (pieza 2) debe intersectar con la pared del fondo aproximadamente a una cuarta parte de R, medido en dirección de la pared interior de la pieza (3). La próxima intersección (la pieza No. 1) del ángulo con el fondo debe ser  $A/2$  de la pared interior de la pieza No. 2. Si fuera necesaria otra - - operación, el ángulo siguiente intersectaría con el fondo a una distancia de  $B/2$  de la pared interior de la pieza No. 1 y así -

sucesivamente.

Otras proporciones son:

$$R_1 = 0.6\%$$

$$R_2 = 0.6B$$

$$L = 30^\circ \text{ Donde } T \leq 0.78 \text{ mm}$$

$$L = 40^\circ \quad " \quad T = 0.787 \text{ a } 1.57 \text{ mm}$$

$$L = 45^\circ \quad " \quad T > 1.57 \text{ mm.}$$

#### CALCULO DEL No. EXACTO DE OPERACIONES DE EMBUTIDO

Cuando una pieza es embutida a partir de una plantilla, la diferencia de diámetros puede ser expresada en porcentajes del diámetro de la plantilla. La determinación de este porcentaje es:

$$X = 1 - \frac{Y}{Z}, \text{ donde: } \text{----- (1)}$$

Z = diámetro de la plantilla.

Y = " medio de la pieza.

X = reducción como un porcentaje de Z.

En cada reembutido el diámetro de la pieza es reducido. Esta relación puede ser expresada por un porcentaje del diámetro de la pieza a reducir. Así:

$$X^1 = 1 - \frac{Y^1}{Z^1}, \text{ donde: } \text{----- (2)}$$

Z<sup>1</sup> = diámetro de la pieza antes de la reducción.

Y<sup>1</sup> = " " " " después " "

X<sup>1</sup> = reducción como un porcentaje de Z<sup>1</sup>.

Un porcentaje de reducción para varios materiales y espe

sores de los mismos es dado a continuación:

Acero de buena calidad para embutido				
Espesores del material	% 1er embutido	% 2o embutido	% 3er embutido	% 4o embutido
1.600 mm	40 - 48	20 - 25	18 - 20	16 - 18
1.600-3.175 mm	40 - 48	15 - 18	14 - 15	13 - 14
3.175-4.749 mm	40 - 48	12 - 15	11 - 12	10 - 11
4.749-6.350 mm	40 - 48	10 - 13	9 - 10	8 - 9
6.350 mm	40 - 48	8 - 10	7 - 8	6 - 7
Latón de buena calidad para embutido				
1.600 mm	44 - 50	20 - 29	18 - 23	18 - 20
1.600-3.175 mm	44 - 50	16 - 23	15 - 17	12 - 15
3.175-4.749 mm	44 - 50	14 - 17	12 - 14	11 - 13
4.749-6.350 mm	44 - 50	10 - 14	9 - 11	8 - 10
6.350 mm	44 - 50	9 - 11	8 - 9	7 - 8
Varios tipos de aluminio				
O (dureza)				
0.508-3.175 mm	40 - 42	14 - 22	14 - 22	14 - 22
> 3.175 mm	42 - 45	20 - 28	14 - 22	14 - 22
H12 y H32				
0.508-3.175 mm	32 - 34	15	15	15
> 3.175 mm	34 - 36	15	15	15
H14 y H34				
0.508-3.175 mm	25 - 28	15	15	15
> 3.175 mm	22 - 28	15	15	15
H16, H36, H18 y H38				
0.508-3.175 mm	20 - 22	no	recomendado	
> 3.175 mm	22 - 24			
615-T4 y R301-T3				
0.508-3.175 mm	24 - 28	no	recomendado	
> 3.175 mm	28 - 32			
6061-T6, 2024-T3				
2014-T6, 7075-T6				
0508-3.175 mm	20 - 22	no	recomendado	
> 3.175 mm	22 - 25			

Conocido el rango de variación del porcentaje se escoge - el más adecuado y se sustituye en la fórmula 2, y encontramos la relación de los diámetros, por consiguiente, el número de reduc-

ciones adecuado (No. de reembutidos).

### CALCULOS DE LAS DIMENSIONES DE LA PLANTILLA

Para poder obtener una pieza se debe saber aproximadamente las dimensiones de la plantilla de que se parte, por consiguiente:

- 1.- Calcular los requerimientos de material para estimar los costos de producción.
- 2.- Determinar la relación de diámetro de la plantilla al diámetro de la pieza para calcular el número de operaciones de embutido y si es necesario recocer.
- 3.- Conocer el diámetro aproximado de la plantilla para diseñar el troquel (si es combinado, de corte y embutido).

El método práctico (dadas las condiciones del fenómeno) es calcular el área del recipiente a producir e igualar con el área de la plantilla. Se desprecia el estiramiento, el aumento de espesor de las paredes laterales y la condición irregular del borde de la pieza.

### PIEZAS CILINDRICAS

Desarrollo del objetivo de la Fig. 114

Donde:

D = Diámetro de la plantilla

El área del disco de la plantilla

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

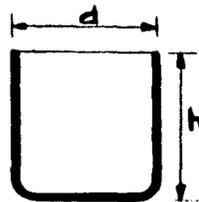


Fig. 114.- Recipientes cilíndrico.

Area exterior de la pieza

$$A = \frac{\pi d^2}{4} + \pi dh$$

Igualando áreas tenemos:

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4} + \pi dh$$

$$\pi D^2 = \pi d^2 + 4\pi dh$$

$$\pi D^2 = \pi d^2 + 4\pi dh$$

$$D^2 = d^2 + 4 dh$$

$$D = \sqrt{d^2 + 4 dh}$$

En forma similar se ha calculado el diámetro de la plantilla para los siguientes recipientes (de forma cilíndrica)

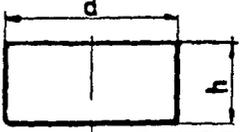
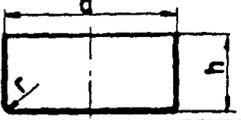
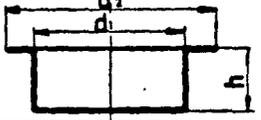
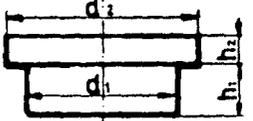
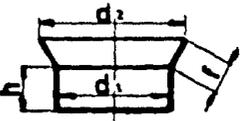
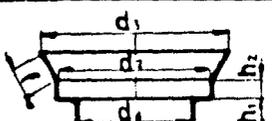
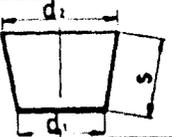
#### RECIPIENTES DE BASE RECTANGULAR O CUADRADA

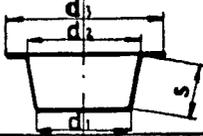
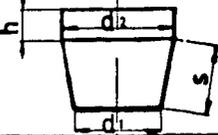
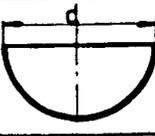
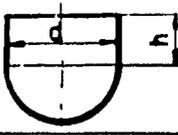
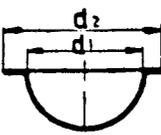
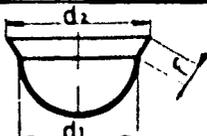
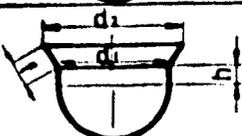
Se empieza trazando el rectángulos de la bas (Fig.115) - de lados  $a_1$  y  $b_1$  correspondientes a la longitud de los lados de la caja menos los dos radios de los cantos, es decir:

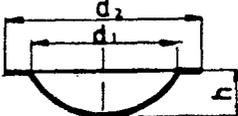
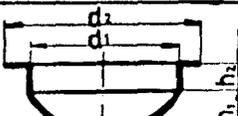
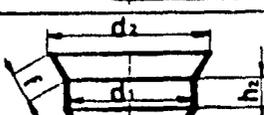
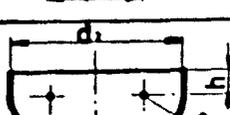
$$a_1 = a_1 + r + 2h$$

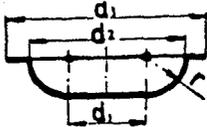
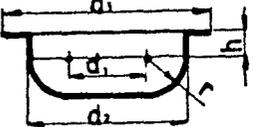
$$b_2 = b_1 + r + 2h$$

Y se traza el rectángulo máximo que contiene el perfil - desarrollado. El límite de los chafñanes correspondientes a los cantos o esquinas es señalado por el círculo de diámetro  $D$  con centro en  $O$  menos el valor  $t$  (espesor de la plantilla). La medida  $D$  corresponde al diámetro del disco desarrollado de un cin--

Forma del recipiente	DIÁMETRO del disco $D =$
<p>1</p> 	$\sqrt{d^2 + 4dh}$
<p>2</p> 	$\sqrt{d^2 + 4dh - r}$
<p>3</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$
<p>4</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
<p>5</p> 	$\sqrt{d_3^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
<p>6</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4d_1h + 2f(d_1 + d_2)}$
<p>7</p> 	$\sqrt{d_3^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2) + 2f(d_2 + d_3)}$
<p>8</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2)}$

Forma del recipiente	Diámetro del disco $D =$
<p>9</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 2s(d_1 + d_2) + d_2^2} - d_2^2$
<p>10</p> 	$\sqrt{d_1^2 + 2[s(d_1 + d_2) + 2d_2h]}$
<p>11</p> 	$1,414 d$
<p>12</p> 	$1,414 \sqrt{d^2 + 2dh}$
<p>13</p> 	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$
<p>14</p> 	$1,414 \sqrt{d_1^2 + f(d_1 + d_2)}$
<p>15</p> 	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 4d_1h}$
<p>16</p> 	$1,414 \sqrt{d_1^2 + 2d_1h + f(d_1 + d_2)}$

Forma del recipiente	Diámetro del disco $D =$
17 	$\sqrt{d^2 + 4h^2}$
18 	$\sqrt{d^2 + 4(h_1^2 + d_1 h_2)}$
19 	$\sqrt{d_1^2 + 4h^2}$
20 	$\sqrt{d_2^2 + 4(h_1^2 + d_1 h_2)}$
21 	$\sqrt{d_1^2 + 4h^2 + 2f(d_1 + d_2)}$
22 	$\sqrt{d_1^2 + 4(h_1^2 + d_1 h_2) + 2f(d_1 + d_2)}$
23 	$\sqrt{d_1^2 + 2,28 r d_2 - 0,56 r^2}$
24 	$\sqrt{d_1^2 + 2,28 r d_2 - 0,56 r^2 + 4 d_2 h}$

Forma del recipiente	Diámetro del disco $D =$
<p>25</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 2,28 r d_2 - 0,56 r^2}$
<p>26</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4 d_2 (0,57 r + h) - 0,56 r^2}$
<p>27</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 2,28 r d_2 - 0,56 r^2 + 2 f (d_2 + d_1)}$
<p>28</p> 	$\sqrt{d_2^2 + 4 d_2 (0,57 r + b + \frac{1}{2} f) + 2 f d_3 - 0,56 r^2}$

lindro imaginario de fondo esférico de radio  $r$  y altura  $h$ .

$$D = 1.414 \sqrt{d^2 + 2dh} \quad (\text{ver tabla anterior}).$$

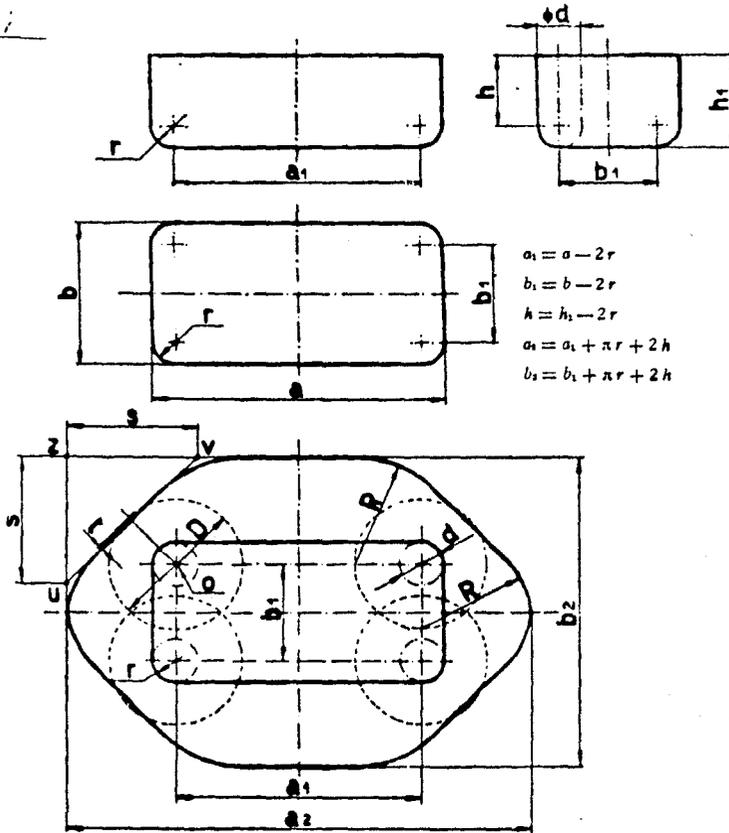


Fig. 115.- Desarrollo de una caja de base rectangular. Finalmente, se calculan las curvas de radio:

$$R = \frac{b_2 - b_1}{2}$$

#### RECIPIENTES DE FORMA IRREGULAR.

Este tipo de recipientes se hacen calculas teóricos aproximados y se cuantifican en pruebas prácticas sobre el troquel.

**EXTRUSION**

**Sistema Positivo**

**" Negativo**

**Método de Hooker**

EXTRUSION

La palabra extrusión deriva de la voz estrujar, que significa comprimir y expeler algo hacia fuera con violencia.

Extrusión es el proceso mediante el cual aplicando una presión de impacto a un metal dúctil que se encuentra entre un punzón y una matriz, se obliga a fluir éste entre la cavidad de la herramienta.

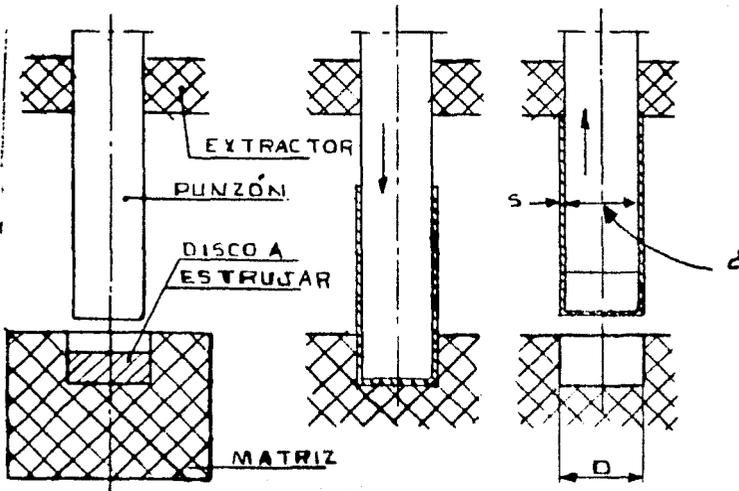


Fig.- 116.- **Proceso de extrusión**, en el que se muestra el flujo del metal.

La Fig. 116.- Muestra esquemáticamente el proceso de extrusión. Se aloja un disco metálico en el asiento de la matriz, dispuesto para recibir la presión del punzón que, penetrando rápidamente, fuerza al material a salir por la corona formada por el espacio existente entre el punzón y la matriz. Obligando al-

material a estirarse, no puede salir sino verticalmente adherido al punzón que le sirve de alma. La condición esencial para el -- buen resultado de la operación es aplicar rápidamente la presión por choque.

La condición necesaria para que un metal pueda ser ex-- truido es que debe ser muy dúctil. Los materiales que se extru-- yen industrialmente son: Plomo, Estaño, Zinc, Aluminio, Latón -- Cobre, Duraluminio y algunas. aleaciones de los enlistados.

Los materiales empleados para ser extruidos, pensando en reducir por un lado la presión y por el otro obtener relaciones más elevadas entre el diámetro, la altura del recipiente y el es pesor de la pared prácticamente se han preparado tres formas diferentes (pruebas hechas con aluminio), a saber:

1.- Plaquetas cortadas por matrizado..- En la Fig.117 se muestra el fenómeno a que es sometido una placa laminada.

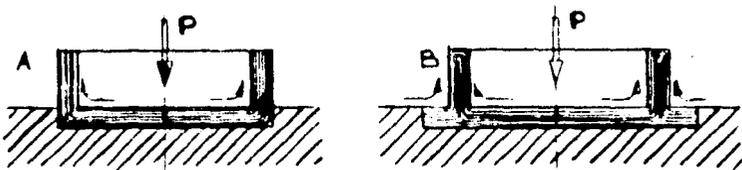


Fig.117.- Circunstancias en la deformación de un ma-- terial laminado.

Se observa que las líneas del flujo obtenidas por el flu-- jo adelgazador del laminado tienen que deformarse conforme aumen-- ta la carga, para formar una nueva corriente de alargamiento, que irá deformado progresivamente el estado en que primitivamente --

se encontraba la estructura interna del material, y terminar adoptando una nueva estructura y un nuevo flujo de líneas.

2.- Plaquetas o discos seccionados de barra estirada o extruida en caliente.- En la Fig.118 se muestra el fenómeno de extrusión.

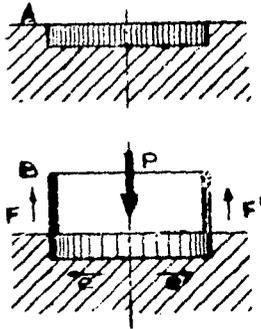


Fig.118.- Extrusión de un disco con sus fibras perpendiculares a la matriz.

El hecho de que los discos tengan todas sus fibras en sentido longitudinal hace que, la transformación molecular sea menor. Sin embargo, esta circunstancia hace que se desarrollen dos interesantes efectos, uno que consiste en un notable alargamiento de las fibras que coinciden con la pared que deseamos levantar, y además una deformación transversal de las fibras adyacentes a aquellas que se encuentran en proceso de alargamiento o -- que tienden a rellenar el espacio vacío que van dejando éstas.- Esta deformación es progresiva y está en relación con la altura que se desea dar al recipiente.

Las fibras del material antes de extruir están repartidas equidistantemente y en el instante que reciben un impacto de pro

sión P; instantáneamente las fibras de la periferia de la plaqueta se alargarán, y conforme aumenten de longitud y el disco disminuye de espesor irán sufriendo las fibras de la parte central del disco, un aplastamiento; ganando, por consiguiente, en anchura lo que disminuya en longitud. Como que el material sigue fluyendo por FF (ver Fig.3), las fibras se van ensanchando y moviendo en dirección de las flechas "e" y se encuentran en las paredes de la matriz, donde ván rellenando el hueco que dejaría el metal que fluye y empalmandose automáticamente unas fibras tras otras. Como se vé, las fibras siguen tenidneo su dirección perpendicular a la matriz, pero al sufrir el aplastamiento se ensanchan, se mueven y se unen al respecto de las fibras que sufren estirado.

3.- Plaquitas fundidas a presión en coquilla. Las características de la fundición son:

a) Un grano grueso, lo cual permite una modificación más rápida de la estructura que si ésta se encuentra formada por un grano fino y al mismo tiempo su dureza es menor.

b) Dentro de lo posible, el material está formado por una estructura tal que su conjunto no tiene una dirección fibrosa -- determinada.

Al efectuar los ensayos, éstos no han proporcionado resultados tan alentadores que hagan suponer que el empleo de discos fundidos pueda ser de aplicaciones más ventajosa que los cortados a matriz o seccionados.

Se ha comprobado que las plaquitas fundidas no sirven para extruir piezas de poco espesor de pared; su empleo es eficaz cuando existe una gran relación entre el espesor y el diámetro, y finalmente, si se desea obtener mejores condiciones de adelgazamiento de la pared, el disco fundido debe someterse previamente a un proceso de extrusión. Este proceso suele ser simultáneo a la operación definitiva de extrusión, para lo cual se funde en forma troncocónica y recibe primero un aplastamiento que lo endurece, antes de comenzar la extrusión.

#### MÉTODOS DE EXTRUSION

Estos métodos los dividiremos en: Sistemas Positivo, Método de Hooker y Sistema Negativo.

Sistema Positivo.— Este método ha sido descrito en la Fig 116, en el que el metal es obligado a fluir en dirección contraria al movimiento del punzón.

Método de Hooker.— Este método tiene el propósito de obtener estirados muy profundos con una carrera muy corta de la prensa, es decir, estirados en los que la relación A/D (Altura/diámetro) es muy elevada, pudiéndose, además obtener, mediante el mismo procedimiento, extrusiones en las cuales el diámetro del cilindro podrá variar de manera progresiva desde la base hasta los bordes. (Fig. 119 D).

La pieza a extruir necesariamente tiene que ser conformada, como se vé en la Fig. 4A, no se puede obtener de un disco --

plano para este tipo de extrusión.

La conformación de la pieza anterior a la extrusión, puede ser hecha por una extrusión o bien por barras torneadas a la forma adecuada (ver forma de la pieza conformada, Fig. 4).

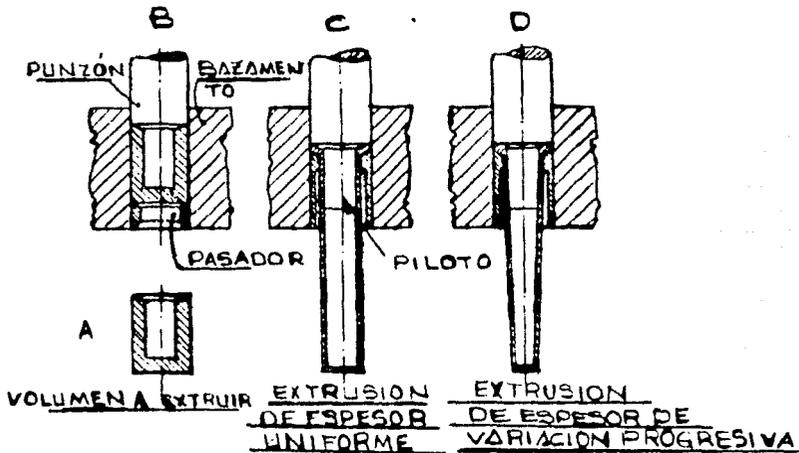


Fig.119.- Representación esquemática del sistema de extrusión Hooker.

El método se describe en la Fig. 4. La carga se aplica mediante el punzón, pero solamente por la corona del mismo, pues el piloto no tiene ninguna función de prensado; actúa de una manera uniforme sobre la pieza, y ésta se deforma y el material fluye por el espacio anular que queda entre el núcleo-piloto y el anillo matriz, quedando la pieza retenida en éste. El diámetro exterior de la pieza lo determina el anillo matriz y el diámetro interior lo figura el núcleo-piloto.

Los recipientes o tubos con diámetro variable se obtienen dando el núcleo-piloto y el anillo matriz la conocida conveniente. Ver Fig. 4D.

Sistema Negativo.- Este método se caracteriza por la inversión en la disposición del útiles y además el flujo de metal a extruir tiene la misma dirección que el movimiento del punzón de ataque, como se vé en la Fig. 120

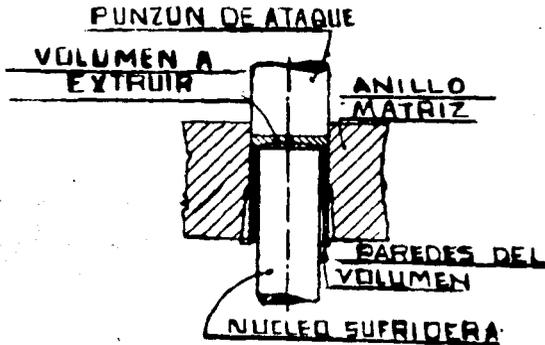


Fig.120.- Sistema de extrusión negativo.

El punzón comprime el voluemen metálico contra la sufridera-núcleo y obliga al material a pasar a través del espacio anular que queda entre éste y el anillo matriz. Este procedimiento se puede aplicar en prensas que tengan una carrera muy corta y además permite el empleo de volúmenes metálicos sin conformado previo, lo que abarata la fabricación.

Cuando se requieren recipientes de pared intermedia se puede aplicar el sistema positivo y el sistema negativo simultáneamente como lo ilustra la Fig.121.

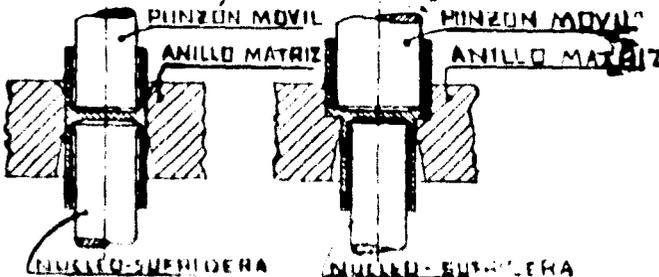


Fig.121.- Sistema de extrusión positivo y negativo-combinados simultáneamente, que permite la obtención de tubos de pared intermedia.

CONDICIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE LOS UTILES DESTINADOS A LA EXTRUSION.

El diseño de herramientas debe tomar como fin, el facilitar al máximo, con el mínimo esfuerzo, el corrimiento del flujo plástico del metal provocado por el impacto.

Las condiciones fundamentales de diseño son tres, a saber:

I.- Cualidades de simetria de la pieza que se desea obtener mediante la extrusión por impacto.- Las características asimétricas de la pieza provocan un reparto irregular de la presión sobre la masa metálica y originan, con ello, esfuerzos localizados, que impiden el correcto deslissamiento de unos puntos que -- provocan acumulaciones notables en otros.

Al no ser los esfuerzos uniformes, el punzón se vé sometido a un esfuerzo flexor.

La Fig. 122 muestra condiciones de simetria y asimetria.

II.- PERFILES MAS CONVENIENTES DETERMINADOS EXPERIMENTALMENTE Y QUE FAVORESCAN EL CORRIMIENTO DEL FLUJO PLASTICO.- Experi-

mentalmente se han realizado ensayos para determinar qué perfil es el más adecuado para el punzón y la matriz, de modo que facilite el flujo metálico con el mínimo de resistencia.

El perfil ideal, tratándose de recipientes cilíndricos, -- es, como el mostrado en la Fig. 123.

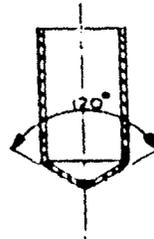
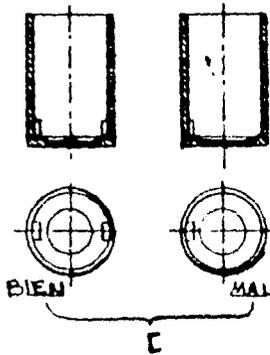
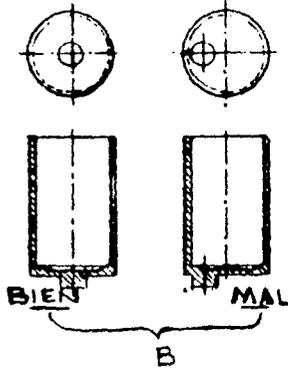
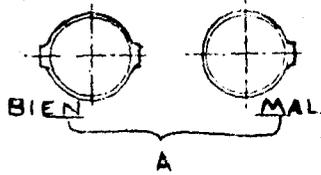


Figura 122.- Ejemplos demostrativos de diseños correctos atendiendo a la simetría de la pieza.

Fig. 123.- Fondo de recipiente extruido, que corresponden a las condiciones ideales que los mismos deben de tener.

En la Fig. 8 se puede ver el ángulo de abertura,  $120^{\circ}$ , con redondeados suaves en su vértice y es la unión del fondo con las

paredes laterales. Para los casos en que no es aplicable esta forma, se ha desarrollado un nuevo perfil, como lo muestra la Fig.--

124

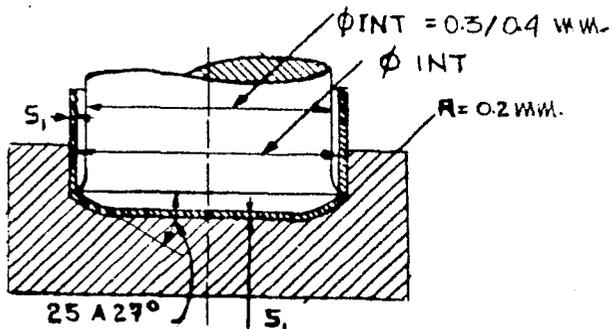


Fig.124.- Características del punzón. Aluminio de extrusión 99%.

Características del punzón:

1) El metal, al fluir, rosa solamente una arista, la cual determina el diámetro interior del recipiente; dicha arista no forma cantos vivos, sino que se encuentra redondeado ligeramente, con un radio de 0.2 mm.

2) La arista que determina del diámetro interior del recipiente sobresale en 0.3 a 0.4 mm. del resto del cuerpo del punzón, lo cual representa que el metal de extruido rosa solamente a la arista y no queda adherido al resto del cuerpo, facilitando con esto una mejor extracción de la pieza y, por otra parte, al disminuir la fricción se pueden conseguir extrusiones más uniformes y regulares.

3) El punzón tiene su cara de ataque determinada, en principio por una superficie plana, que produce la compresión del --

volumen metálico extruir y constituye conforme se aproxima a la superficie, una curva de radio abierto y dentro de un ángulo de  $25^{\circ}$  a  $27^{\circ}$  se une con la arista, que determina el diámetro interior del recipiente.

4) En la periferia se aloja una cantidad mayor de metal - que proviene del centro del volumen a extruir, y queda en condiciones de comenzar el estirado.

Una condición importantísima, tanto como para la matriz - como para el punzón, es el perfecto bruñido de las superficies-- por las cuales debe fluir el metal, por lo cual los bordes de la arista del punzon deben estar perfectamente pulidos.

III.- Salidas y escapes de aire.- Los problemas que se -- pueden presentar en los trabajos de extrusión, referentes al aire, son de dos clases:

1) Compresión del aire contenido en el útil, que impide - el corrimiento del metal. Como ejemplo, la pieza representada -- en la Figura 125. (capsula de un cartucho fumígeno, construido - con plomo).

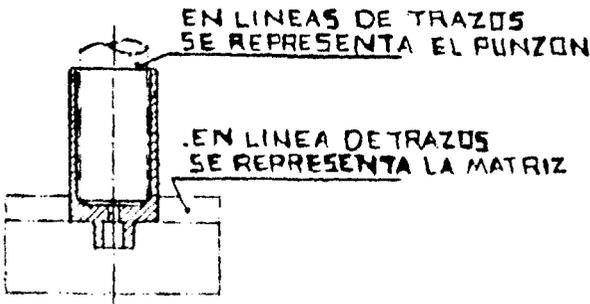


Fig.125.- Cartucho fumígeno de plomo.

Las paredes del recipiente se levantan libremente, no habiendo necesidad de salida de aire de ninguna clase, pero la parte inferior del tubo representa un volumen de metal comprimido en un alojamiento, debiéndose aplicar una de dos soluciones para evitar la compresión del aire: no limitar la carrera del metal en el alojamiento matriz, lo cual no es recomendable, pues no sería posible controlar con exactitud la altura alcanzada por el tubo; o bien hacer en el fondo unos pequeños orificios de escape, por los cuales, posiblemente, también pasará algo de metal extruído; pero si, es excesivo puede quitarse después, y si es poca cosa, las ligeras marcas que deje en el borde del tubo no alterarán la calidad de la pieza.

2) Vacío o depresión producida por el aire, cuando se extrae la pieza, ésta sufre deformaciones, especialmente si se trata de tubos blandos. En el ejemplo del cartucho fumígeno se presenta la circunstancia de producirse una depresión o vacío que deforme la pieza. En efecto, al retroceder el punzón, Fig. 116, que ajusta exactamente con las paredes de la pieza, y su cara de ataque con el fondo de la misma hace una succión, como si se tratase de un émbolo, y al ser menor la presión en espacio que va quedando entre el punzón y la pieza. llega un momento en que ésta se aplasta lateralmente, debido a la presión exterior (Fig. 127).

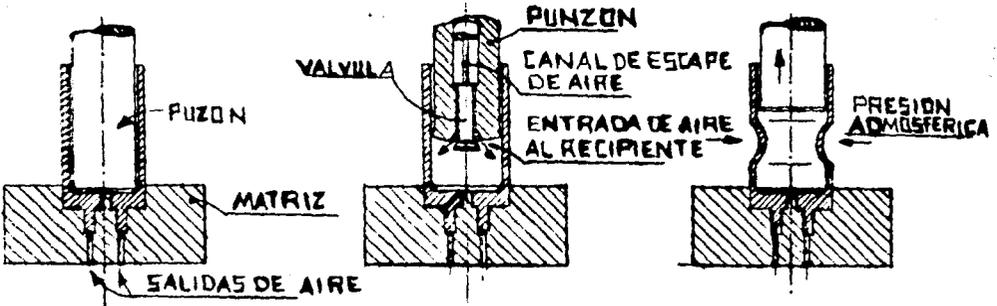


Fig.126.- Util para extruir - el cartucho fumígeno de - la Fig.10,

Fig.127 Efecto de deformación producido por la presión-atmosférica, al retroceso del - punzón

Fig.128.- Disposición de una válvula para admisión de aire.

Para evitar esta contingencia se dispone en el extremo - una válvula de admisión de aire, que se abre precisamente conforme se produce la succión que provocaría el efecto deformante, Fig. 128.

#### EXTRUCTURA DE LOS UTILES DESTINADOS A LA EXTRUSION.

Esquemáticamente un útil de extruir destinado a fabricar tubos de gran profundidad, es representado en la Fig.129

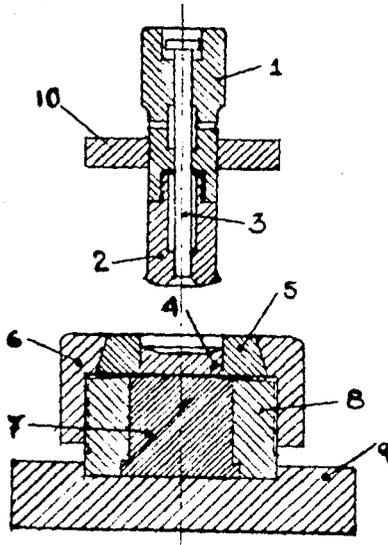


Fig.129.- Matriz para extrusión de un recipiente.

Las partes del útil son las siguientes:

El punzón I está formado por dos partes, la que constituye el macho de sujección a la prensa y la que ataca el volumen metálico que debe extruirse. El hecho de construir el punzón en dos piezas permite: dar la dureza adecuada a cada una de ellas, de modo que una parte, la que constituye el macho, I, esté constituida con un material resistente a la flexión y con un tratamiento térmico adecuado para esta finalidad; en cambio, el extremo que ataca al volumen metálico, 2, deberá ser resistente al choque. Alojada en el interior del punzón se encuentra la válvula de admisión de aire, 3, y precisamente por el hecho de estar el pun

zón construido en dos partes es posible efectuar el montaje con gran facilidad.

Alrededor del punzón se encuentra el extractor, 10.

La parte inferior del útil se compone de la sufridera 4, esta pieza es retenida por el anillo 5, que determina el diámetro exterior de la pieza.

El anillo 5, esta unido al bloque de la matriz mediante el vaso 6, y éste está atornillado a la sufridera general 7-8, la cual se encuentra encajonada a la zapata inferior 9, que permite el fácil montaje a la prensa.

FUERZA REQUERIDA PARA LA EXTRUSION.

La fórmula práctica que se ha encontrado para calcular la fuerza de extrusión es (ver Fig. 130).

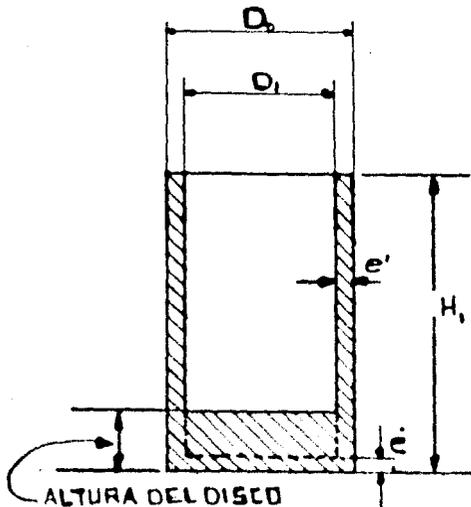


Fig. 130.

$$F_m = S_o R_d \ln(S_o/S_I)$$

Donde:

$F_m$  = Fuerza máxima ( $Kg_f$ )

$S_o$  = área inicial de la plaquita ( $mm^2$ ),  $D_o$

$S_I$  = área de la corona circular del recipiente  
formado ( $mm^2$ ) entre  $D_o$  y  $D_I$

$R_d$  = resistencia del material a la deformación ( $Kg_f/mm^2$ )

La resistencia a la deformación ( $R_d$ ) se encuentra en base a la deformación logarítmica ( $\phi$ ).

$$\phi = (\ln(S_o/S_I)) 100 \quad (\text{en } \%)$$

Y por la siguiente tabla.

			$\phi$	$R_d$ ( $Kg_f/mm^2$ )
Para una deformación	0	a 10	10 a 13	10 a 13
"	"	" 10 a 20	13 a 16	13 a 16
"	"	" 20 a 40	16 a 19	16 a 19
"	"	" 40 a 60	19 a 20	19 a 20
"	"	" más de 60	20 a 25	20 a 25

Reglas:

1.- Emplear un medio interpuesto de fácil deformación, - como: plomo, aluminio dulce (este último eventualmente recocido y con un título entre 99 y 99.5%).

2.- Operar con punzones y matrices perfectamente pulidos (para reducir la fricción).

3.- Operar con prensas de potencia adecuada (para vencer - la resistencia a la deformación).

4.- Actuar muy rápidamente sobre el medio plástico (para - recalentar el material y facilitar su fluidez).

El esfuerzo de compresión a que es sometido el punzón y la matriz esta dado por:

$$\sigma = R_d \ln(S_o/S_I) \quad (\text{Kg}_f/\text{mm}^2)$$

El volumen de metal a extruir debe ser igual o mayor al vo lumen de las paredes del recipiente formado.

**TROQUELES PROGRESIVOS:**

**de corte.**

**de doblado y corte**

**de embutido y corte.**

### TROQUELES PROGRESIVOS.

Un troquel **progresivo** es un útil que realiza una serie de operaciones en **cintas metálicas**, en dos o más estaciones durante cada golpe de la prensa para producir una pieza. Cada estación de trabajo realiza una o más operaciones distintas, pero la tira debe moverse desde la primera estación y a través de -- cada una de ellas para producir una parte completa. Pueden incorporarse en el troquel una o más estaciones intermedias, no para ejecutar trabajo sobre el metal, sino para posicionar la cinta, facilitar el avance de la misma de una estación a otra, proporcionar secciones máximas de matriz, o simplificar su construcción.

El avance lineal de la tira de material a cada golpe de la prensa se le llama **progresión avance** o paso y es igualarlo a la distancia entre estaciones.

Las partes de la tira que no se desean se van cortando de la misma según avanza a través del troquel, y una o más lenguetas se dejan conectadas a cada parte parcialmente completada para conducirla en su progresión.

Las operaciones en troqueles progresivos se pueden realizar en troqueles sencillos. Y la elección para usar un troquel progresivo o bien, varios troqueles sencillos depende de un análisis de costos en cuanto a producción se refiere.

Los troqueles progresivos se pueden usar, siempre y cuando:

- 1.- La tira no sea tan delgada que no pueda ser guida, o - tan gruesa que haya problemas para su enderezado.
- 2.- El tamaño del troquel no sea demasiado grande para las prensas disponibles.
- 3.- Las prensas tengan la capacidad requerida.

#### CINTA DE OPERACIONES

En el diseño de un troquel progresivo, se sugiere la siguiente secuencia:

- a) Dibujar la cinta de operaciones (progresión)
- b) Dibujar la planta de la matriz
- c) Dibujo de conjunto del troquel
- d) Calcular el centro de presiones
- e) Comprar un portatroquel estandar o bien fabricarlo (si es uno especial).
- f) Despiecetotal del troquel especificado materiales, acabados y tratamientos termicos.

Al hacer la cinta de operaciones se deben de tomar en cuenta los siguientes puntos:

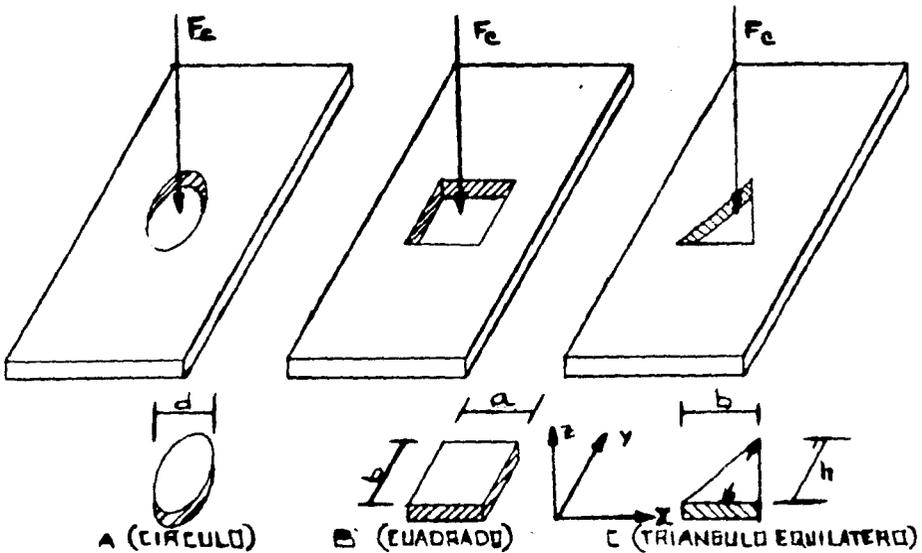
- 1.- Agujeros punzonados de guía y muescas de guía en la -- primera estación. Pueden ser punzonados otros agujeros que no serán afectados por las siguientes operaciones-- no cortadoras.

- 2.- Libre movimiento en la progresión, en operaciones de embutido y conformado.
- 3.- Distribuir las áreas punzonadas sobre varias estaciones si están juntas o están cerca del borde de la abertura de la matriz.
- 4.- Analizar la forma de las áreas de pieza inicial en la tira para dividir las en formas simples, de manera que los punzones de contornos sencillos puedan cortar parcialmente una área en una estación, y cortar las áreas restantes en estaciones posteriores. Esto puede sugerir el uso de formas de punzones comercialmente obtenibles.
- 5.- Emplear estaciones intermedias para reforzar los bloques matrices (es una buena práctica hacer la matriz seccionada), placas extractoras y portapunzones, y para facilitar el movimiento de la tira.
- 6.- Analizar la dirección del grano en la cinta.
- 7.- Planear las operaciones de conformado o embutido, tanto en una dirección ascendente como en una descendente, la que asegure el mejor diseño del troquel y movimiento de la tira.
- 8.- La forma de la parte terminada puede dictar que la operación de cortado preceda a las últimas operaciones cortantes.
- 9.- Buen diseño de la tira para desperdicio mínimo.

10.- Diseñar la cinta para que el desperdicio y la parte puedan ser expulsados sin interferencia.

**CENTRO DE PRESIONES.**

En el corte d. materiales por troquelado, se supone que la fuerza necesaria para efectuar la operación se aplica en el centro de gravedad de la pieza, como lo indica la Fig.131.



**FIG PUNTO DE APLICACION DE LA FUERZA DE CORTE**

Fig.131.- Punto de aplicación de la fuerza de corte.

El centro de la gravedad se encuentra en;

- A  $\longrightarrow \frac{d}{2}$   
 B  $\longrightarrow X = \frac{a}{2}, Y = \frac{b}{2}$   
 C  $\longrightarrow X = \frac{b}{2}, Y = \frac{h}{3}$

En toda operación de troquelado es necesario conocer el - centro de presiones y especialmente en troqueles progresivos. Esta determinación tiene por objeto poder situar el útil en la - - prensa de modo que el centro de presiones total coincida con el centro de la espiga.

Supongamos que deseamos hacer una pieza en un troquel progresivo de cinco estaciones. La Fig. 132 representa la cinta de operaciones.

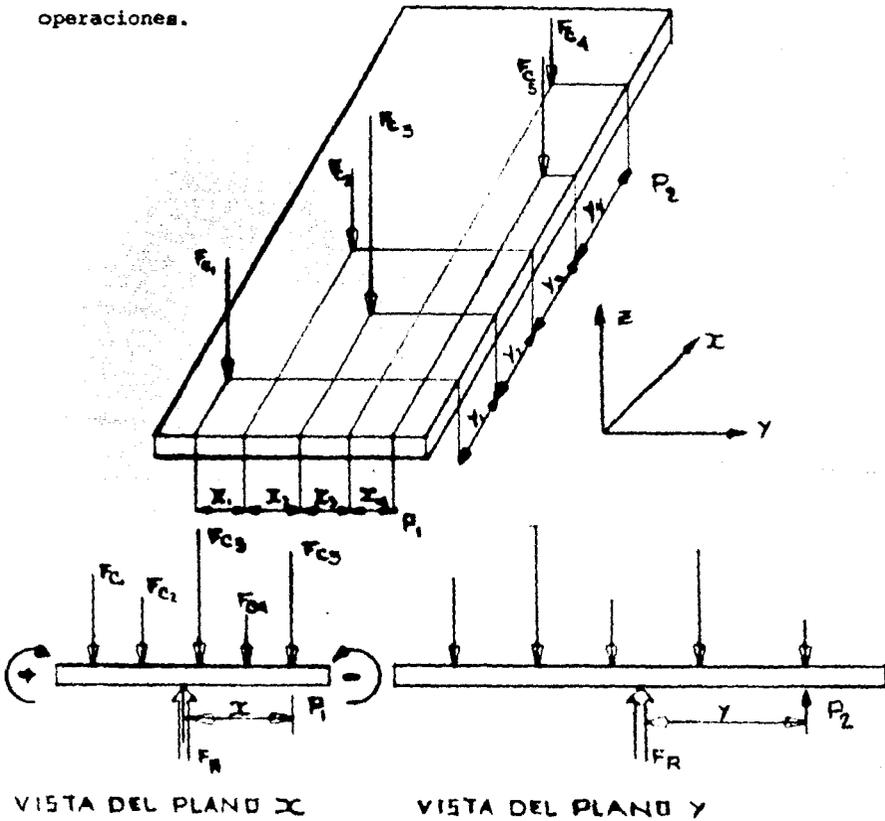


Fig. 132.- Cinta de operaciones con cinco estaciones.

Para encontrar el centro de presiones primeramente encontramos las fuerzas necesarias para los cortes y punzonados (también pueden ser de doblado, embutido, extruido, etc.) y las situaciones en sus respectivos centros de presiones.

Conocidas las fuerzas de corte y su situación en la cinta de operaciones, lo único que nos resta por encontrar es la situación de la fuerza resultante, lo cual haremos por un análisis de momentos.

De la Fig. 2, vista del plano X, tenemos

$M = 0$ , con respecto al punto P.

$$- F_{c1} (X_1 + X_2 + X_3 + X_4) = F_{c2} (X_2 + X_3 + X_4) - F_{c3} (X_3 + X_4) - F_{c4} X_4 + F_R X = 0$$

de donde.

$$X = \frac{F_{c1} (X_1 + X_2 + X_3 + X_4) + F_{c2} (X_2 + X_3 + X_4) + F_{c3} (X_3 + X_4) + F_{c4} X_4}{F_R}$$

En forma similar, tomando momentos con respecto al punto  $P_2$ , obtenemos:

$$Y = \frac{F_{c1} (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) + F_{c3} (Y_2 + Y_3 + Y_4) + F_{c2} (Y_3 + Y_4) + F_{c5} Y_4}{F_R}$$

Por tanto debemos colocar la espiga sobre la zapata superior en el punto (X,Y).

Si no se coloca la espiga en el centro de presiones, las consecuencias prácticas son las siguientes: un mayor desgaste de las columnas guías debido al aumento del rozamiento originado -- por la rotura de la película de aceite en las zonas donde el --- juego ha sido anulado; un probable requiebrajamiento de los aris-

tas de los punzones y de las matrices debido a la falta de alineación.

Al diseñar un troquel se tiene que contar con la siguiente información de la prensa:

Tipo de máquina

Capacidad

Carrera

Area de trabajo

Fondo de escote

Altura de cierre

Espesor de la mesa

Cantidad de cojines

Golpes por minuto

Diametro de la espiga.

#### TROQUEL PROGRESIVO DE CORTE Y PUNZONADO

Para la manufactura de la pieza representada en la Fig. - - 133, existen tres alternativas a saber:

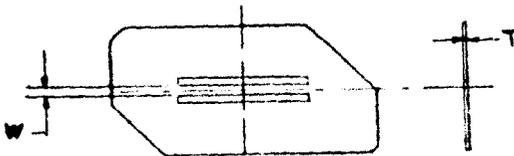


Fig.133.- Pieza a producir en grandes cantidades.

- 1.- Por medio de tres troqueles sencillos, dos de punzonado y uni de corte

- 2.- Por un troquel compuesto de corte y punzonado
- 3.- Por un troquel progresivo.

De acuerdo a las características de la pieza y a la producción se decidió usar un troquel progresivo.

En el diseño de la cinta de operaciones, por estar muy cerca los punzonados ( $W$  pequeño), se acordó hacer en la primera estación un punzonado y en la segunda el otro punzonado, Fig.134

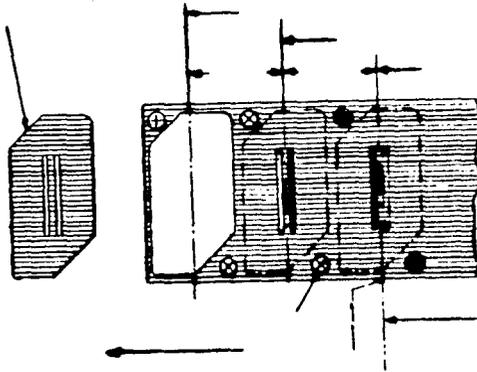


Fig. 134.- Cinta de operaciones

Notar que en la cinta se han hecho punzonados que posteriormente se eliminarán de la pieza. Esto se hace con el fin de colocar pilotes guía en la tiro para que la centren en operaciones posteriores.

Teniendo la cinta de operaciones, la podemos tomar como punto de partida para el diseño del troquel.

La Fig. 135 describe totalmente al troquel

1o.- Se hace la planta de la matriz

2o.- Se hace la planta de los punzones.

3o.- Dibujo de conjunto del troquel, con varios secciones de corte

4o.- Hacer el despiece detallado.

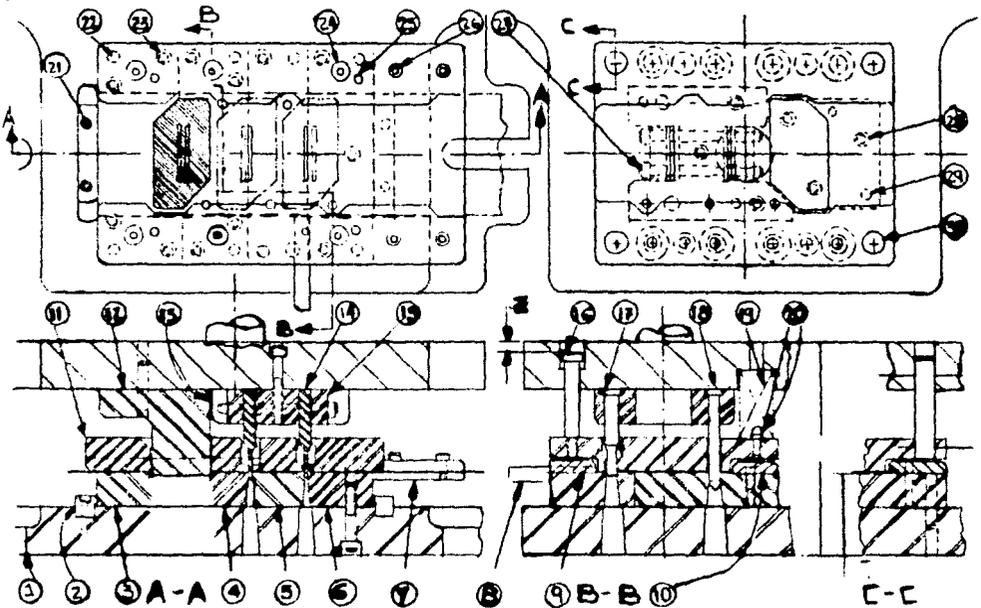


Fig.135.- Troquel progresivo para producir la pieza - mostrada en la Fig. 3.

Partes del útil:

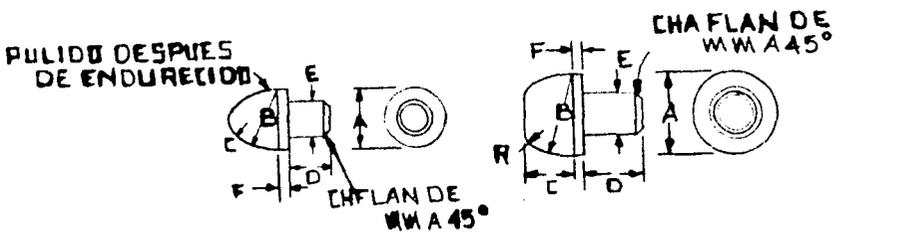
- 1.- Zapata inferior con postes guía posteriores
- 2.- Retenedores de matriz (dos)
- 3.- Sección de matriz (una)
- 4.- Sección de matriz (una)
- 5.- Sección de matriz (una)
- 6.- Sección de matriz (una)
- 7.- Soporte de cinta (una)

- 8.- Tope de dedo (uno)
- 9.- Guia frontal (una)
- 10.- Guia posterior (una)
- 11.- Extractor (uno)
- 12.- Punzón de corte de plantilla (uno)
- 13.- Plato portapunzon (uno)
- 14.- Punzon (dos)
- 15.- Retenedores de punzones (dos)
- 16.- Tornillos guia (cuatro)
- 17.- Punzon (dos), para colocación de pilotos guia
- 18.- piloto guia (tres)
- 19.- Resorte (ocho)
- 20.- Retenedor de resorte (ocho)
- 21.- Tornillos allen (cuatro)
- 22.- Pasadores (ocho)
- 23.- Tornillos allen (tres)
- 24.- Tornillos allen de cabeza plana (seis)
- 25.- Pasadores (cuatro)
- 26.- Tornillos allen (seis)
- 27.- Tornillos allen (dos)
- 28.- Tornillos allen (ocho)
- 29.- Pasadores (cuatro)
- 30.- Pasadores guia (cuatro).

**PILOTOS GUIA**

La función de los pilotos es centrar la tira para que en ella se realicen las operaciones donde se requieren. Se recomienda hacer los pilotos de un buen acero para herramientas, tratado térmicamente para máxima tenacidad y a una dureza de 57 a 60 - - Rochwell C.

Pilotos colocados a presión. Son usados preferentemente en troqueles de baja velocidad. La Fig. 136 muestra dos tipos de pilotos y la tabla se dan las dimensiones sugeridas.



(A) TIPO DE BELLOTA      (B) TIPO DE PUNTA PLANA  
 (A) Tipo de bellota      (B) tipo de punta plana

Fig.136.- Pilotos guia de ajuste a presión

## DIMENSIONES

NOMINAL				
A	B	C	D	E
TIPO DE BELLOTA				
3.17	3.17	0.79	6.35	2.38
4.76	4.76	1.190	6.35	3.17
6.35	6.35	1.59	11.11	4.76
7.94	7.94	1.98	11.11	5.55
9.52	9.52	2.38	12.70	6.35
11.11	11.11	3.17	12.70	7.14
12.7	12.7	3.97	12.70	7.93
15.87	15.87	4.36	15.87	7.73
17.46	17.46	4.76	15.87	9.52
TIPO DE PUNTA PLANA				
19.05	19.05	11.11	15.87	9.52
22.22	22.22	13.65	19.05	11.11
25.4	25.4	15.87	19.05	12.7
31.75	31.75	19.05	25.4	15.87
34.92	34.92	22.22	25.4	4.36
38.10	38.10	23.81	31.75	19.05

Métodos de retener los Pilotos

La Fig. 137 muestra algunas variantes de fijación de pilotos.

En la siguiente hoja.

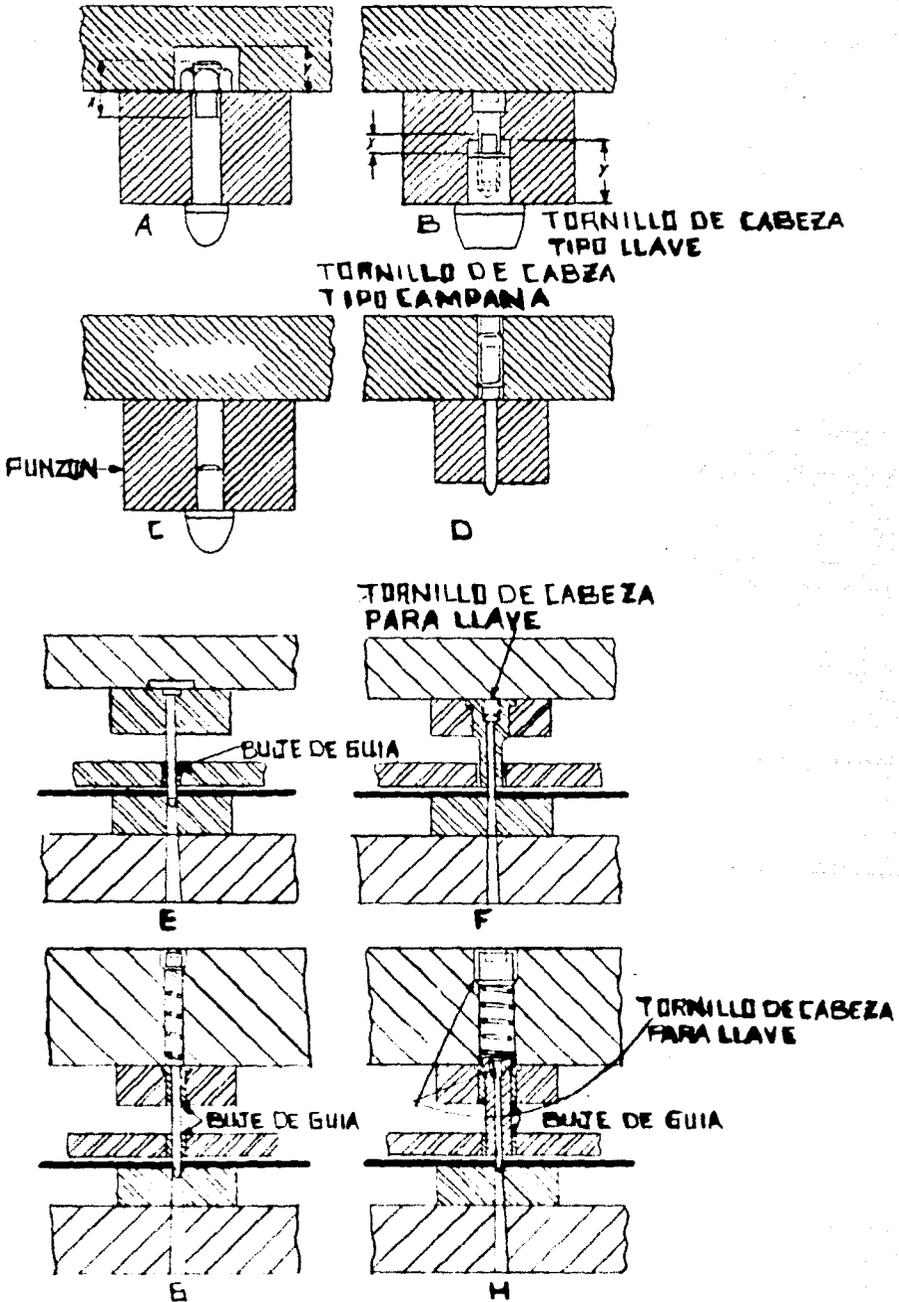


Fig. 137.- Métodos para sujetar guías (II)

Vista A.- éste tipo de pilotos se usa en troqueles de alta velocidad; la longitud roscada X y el rebaje abocardado Y debe ser suficiente para permitir el afilado del punzón.

Vista B.- Piloto sujeto por un tornillo allenñ las dimensiones X<sub>y</sub> Y dadas en la vista A, también en este caso se aplican -

Vista C.- piloto colocado a presión.

Vista D.- Pilotos de 6.35 mm de diámetro pueden ser cabeceados y sujetos por prisioneros.

Las siguientes vistas se recomiendan para que los pilotos entren en agujeros del desperdicio

Vista E.- Este tipo de piloto tiene un funcionamiento satisfactorio para guiar en agujeros desde 4.8 a 9.5 mm de diámetro - -

Vista F.- Este tipo de piloto es adecuado para guias de 4.8 mm de diametro o menores.

Vista G.- Para material (cintas) que exceda el calibre No.16 deben .. emplearse pilotos accionados por resortes.

Vista H.- Un piloto delgado se encierra en un buje

TROQUEL PROGRESIVO DE CORTE Y DOBLADO.

Para la producción en serie de la pieza que aparece en la Fig. 138 se acuerdo hacer un troquel progresivo.

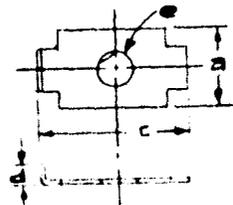


Fig.138.- Pieza a procesar.

El material se puede obtener en cintas con la medida a --  
er Fig.138). dentro de las tolerancias especificadas.

El desarrollo de la pieza (plantilla), antes de doblar, --  
parece en la Fig. 139.

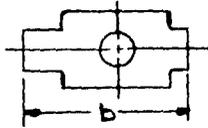


Fig. 139.- Desarrollo de la plantilla.

La cinta de operaciones (Fig.140), prácticamente nos pro--  
porciona el diseño del troquel.



Fig. 140.- Cinta de operaciones

La Fig. 141.- describe el conjunto del troquel, planta --  
de la matriz, planta del punzón y los secciones A-A y B-B. La --  
alimentación de la cinta normalmente se hace de derecha a izquier  
da.

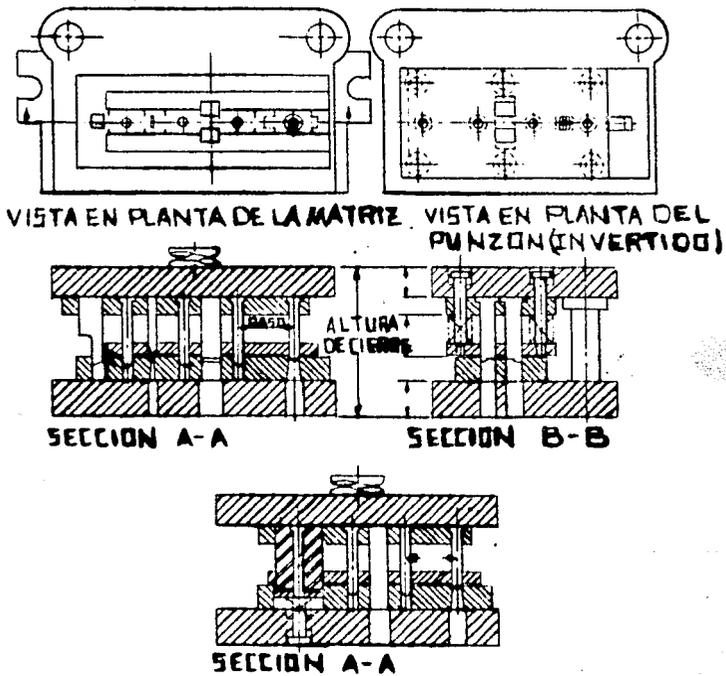


Fig.141.- Troquel progresivo de corte y doblado.

TROQUEL PROGRESIVO PARA EMBUTIDO Y CORTE.

La Fig.142 esquematiza éste tipo de útil. Los punzones A,B y C realizan tres embutidos sucesivos, el punzón D efectúa el agujero del fondo y el punzon E separa la pieza de la tira.

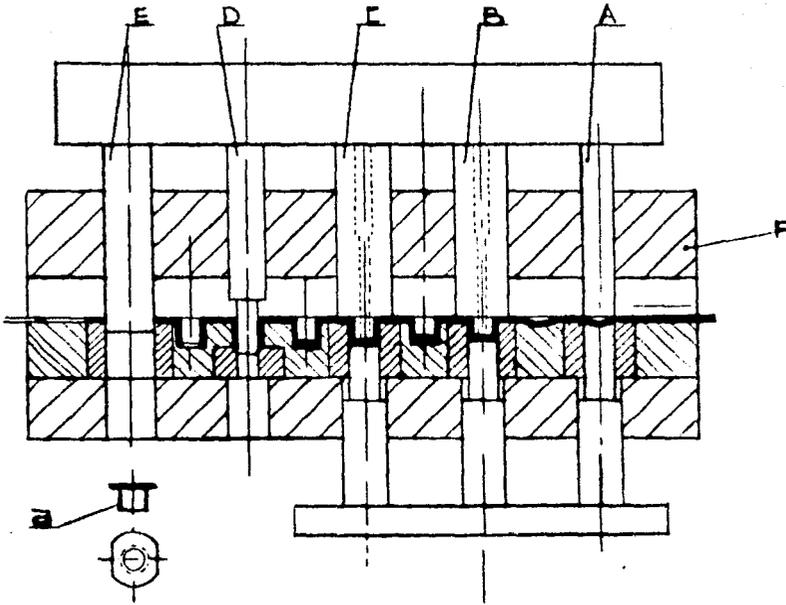


Fig. 142.- Troquel progresivo de embutido y corte.

La extracción de los punzones lo realiza la placa F. La extracción de la matriz se obtiene por un dispositivo, que actúa debajo del útil, y que consta de tres barras deslizables en los agujeros de las matrices; dichas barras, enlazadas por un travesaño, son empujadas por la acción de resortes.

Estudio de las tiras de material para desperdicio mínimo.

Si la sobremedida entre la pieza a cortar y el borde de la tira y entre cortes a cortar es suficiente, resultan cintas débiles, sujetas a rotura y causando en consecuencia avances de

fectuosos. Además, ésto ocasiona que el punzón y la matriz se --  
desafilén constantemente debido a los cortes parciales.

Las dimensiones de las tiras para materiales con una es--  
pesor  $T = 0.79$  mm nos lo dan los siguientes fórmulas (Fig.143).

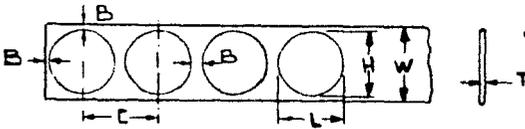


Fig.143.- Sobremedidas en la tira

$$B = \frac{1}{4} T \text{ Cuando } C \text{ es menor de } 31.75 \text{ mm}$$

$$B = \frac{1}{2} T \text{ Cuando } C \text{ es igual o mayor de } 31.31 \text{ mm}$$

$$C = L+B = \text{avance o paso}$$

Si  $T = 0.79$  mm emplear para B las siguientes dimensiones, en  
base al ancho W.

$0 \leq W \leq 76.2$ mm	$B = 1.27$ mm
$76.2 \leq W \leq 152.4$ mm	$B = 2.36$ mm
$152.4 \leq W \leq 304.8$ mm	$B = 3.17$ mm
$W > 304.8$ mm	$B = 3.96$ mm

## BIBLIOGRAFIA

- Die Design Handbook  
SME  
Ed. Mc. Graw-Hill
- American Society of tool and Manufacturing Engineers:  
"Tool Engineers Handbook",  
Ed. Mc. Graw-Hill Book Company, 1959.
- Basick Diemaking  
Ed. Mc. Graw-Hill Book Company
- Advanced Diemaking  
Ed. Mc. Graw-Hill Book Company
- Die Design and Construction  
SME Society of Manufacturing Engineers.
- Manual of Instruction for Die Design.  
SME Society of Manufacturing Engineers.
- Diseño de Matrices.  
J.R. Paquin
- Troquelado y Estampación de la Chapa en Frío.  
Mario Rossi.  
Ed. Científico Médica.
- Troquelado y Estampación  
T. López Navarro  
Ed. Gustavo Gili, S. A.
- Mecánica de Materiales  
F.R. Shanley
- Dibujo de Ingeniería  
French, Thomas Ewing.