

# Tema IX: Conformación por Deformación (II)

Escuela Universitaria de Diseño Industrial:  
Procesos Industriales

# Índice

---

## Conformación de chapas

### Introducción

### Sistemas de conformado

## Plegado

### Tipos de plegado

### Tecnología del plegado

## Embutición profunda

### Escalonamiento de la embutición

### Embutición con sujetachapas

### Aspectos tecnológicos

### Embutición profunda sin sujetachapas

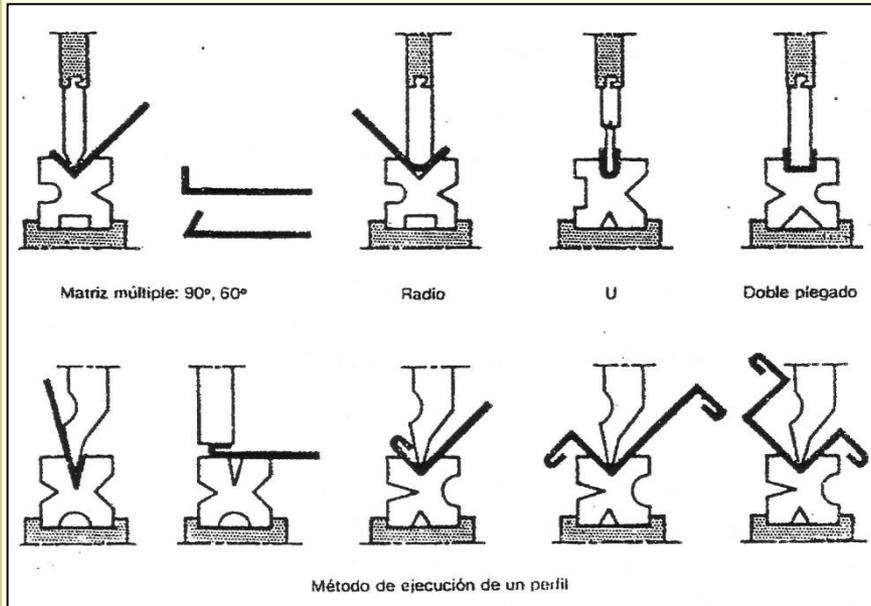
## Corte y punzonado de chapas

### Punzonado

### Cizallado

### Otros procedimientos de corte

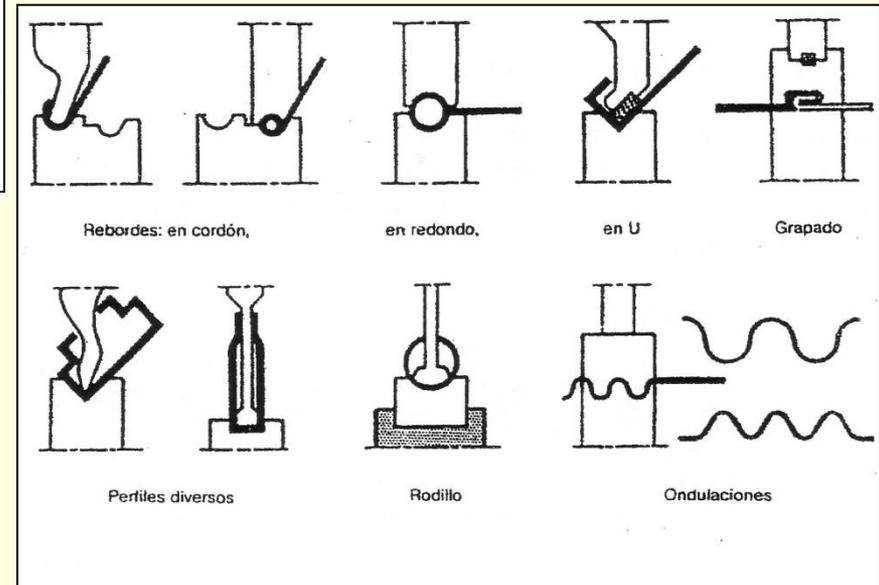
# Plegado



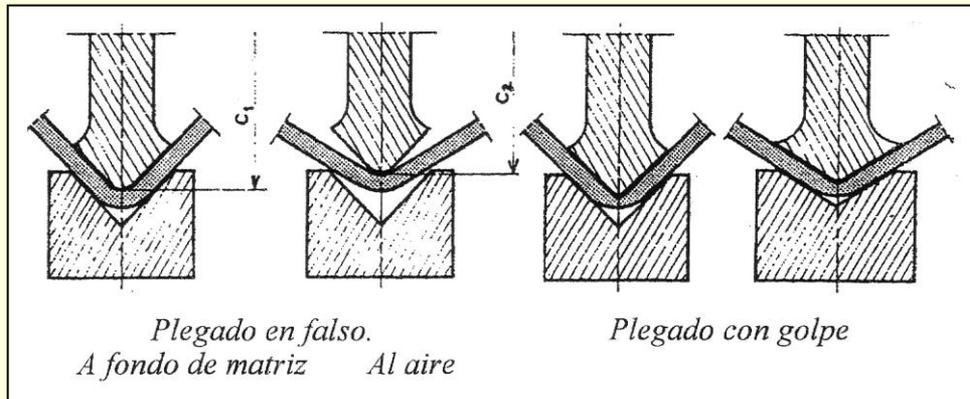
Se puede realizar mediante doblado o mediante una prensa provista de una matríz en "V" y de un punzón con una arista redondeada con un cierto radio

El plegado es el doblado de chapa en prensa tal que forme un ángulo diedro, de arista más o menos redondeada.

Da lugar a una gran variedad de trabajos.



# Tipos de Plegado



Para el plegado de chapa gruesa (más de 10 mm), en lugar de punzón en V se emplean regletas de radio adecuado.

## Plegado en falso

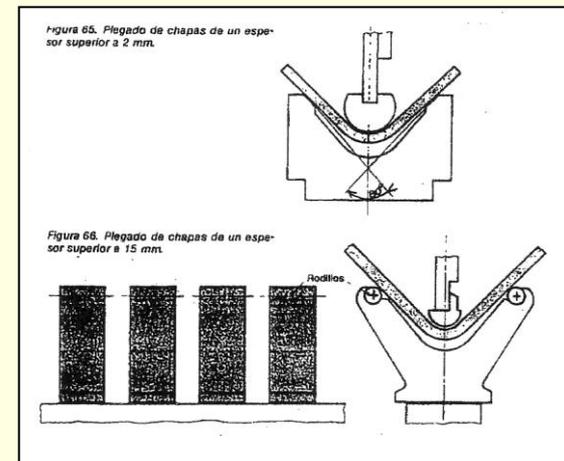
A fondo: el punzón se detiene al contactar con las paredes de la "V". Precisión: 30'.

Con parada: El ángulo depende de la penetración del punzón en la matriz. Precisión: 1°.

## Plegado con golpe

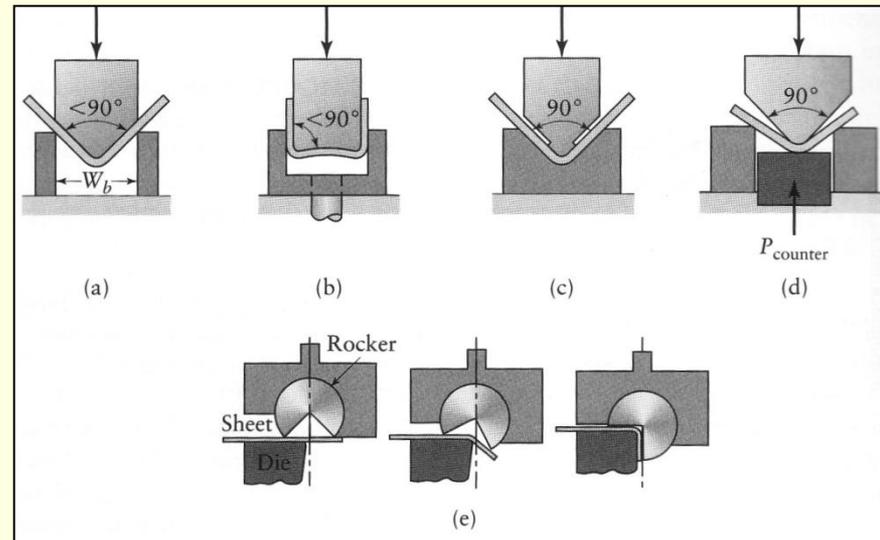
Hay penetración en la chapa por parte del punzón. Precisión: 15'.

Para espesores menores de 2 mm.



# Recuperación Elástica

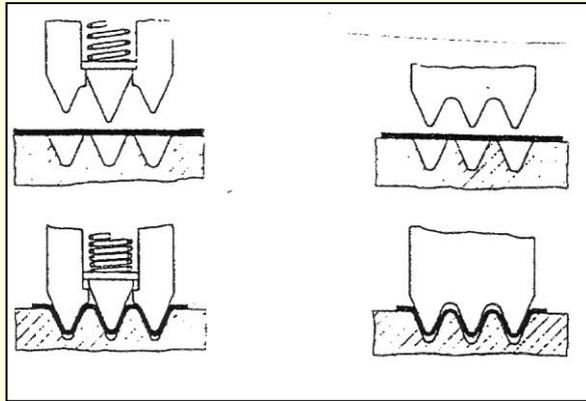
Todos los materiales poseen un módulo de elasticidad finito y, por tanto, la deformación plástica irá seguida por una recuperación elástica al eliminar la fuerza.



En la práctica, la recuperación elástica se puede compensar mediante varias técnicas:

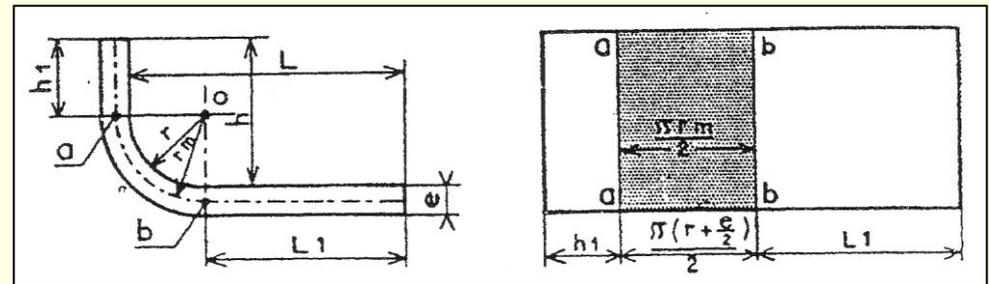
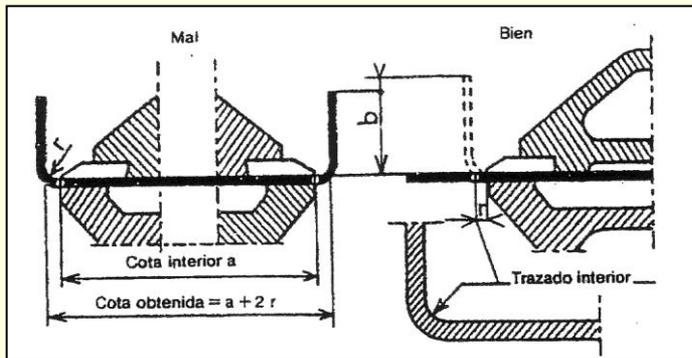
- Dar una “demasiá de forma”, como en las figuras *a* y *b*. El procedimiento descrito en la figura *e* sigue este planteamiento.
- Penetrar la zona de plegado a una fuerza de compresión con el punzón o la matriz (figuras *c* y *d*).
- Someter a tracción la zona de plegado. De esa forma, se facilita que las fibras de la zona de plegado sometidas a tracción sobrepasen el límite elástico.
- Al disminuir la tensión de fluencia según se eleva la temperatura, otra opción es realizar la deformación a una temperatura elevada.

# Plegado con Punzones Múltiples Trazado



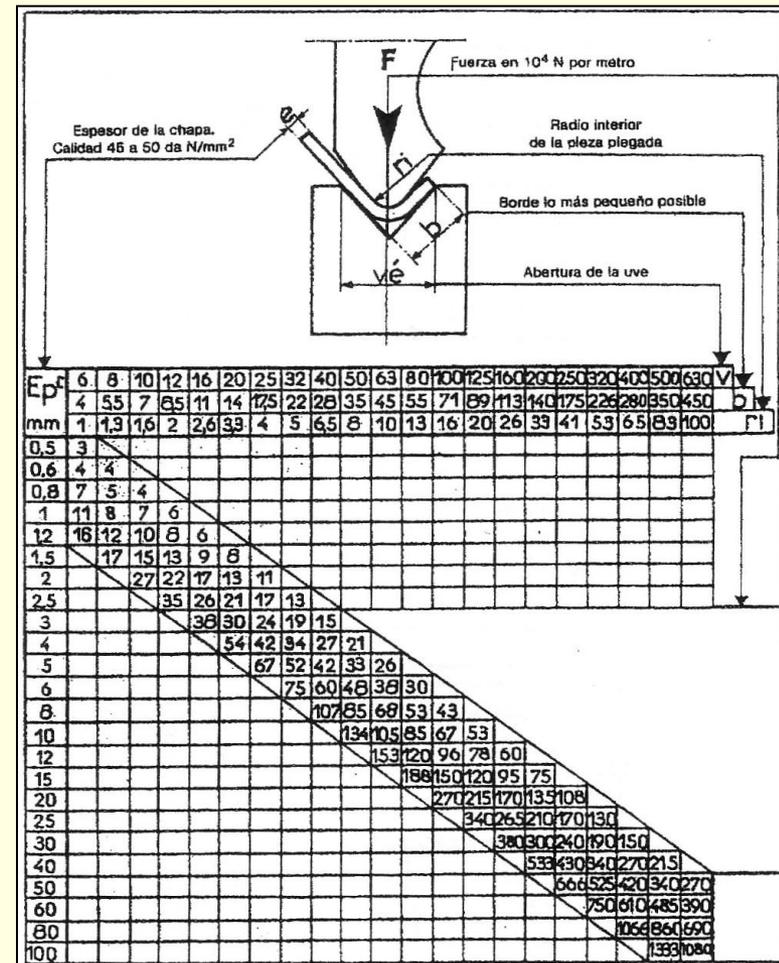
Hay que cuidar que no se produzca un debilitamiento de la chapa que pueda llevar a la rotura.  
Es mejor emplear plegados *progresivos*.

**Trazado del material:** determinar la cantidad de material inicial para llegar a la forma plegada requerida.

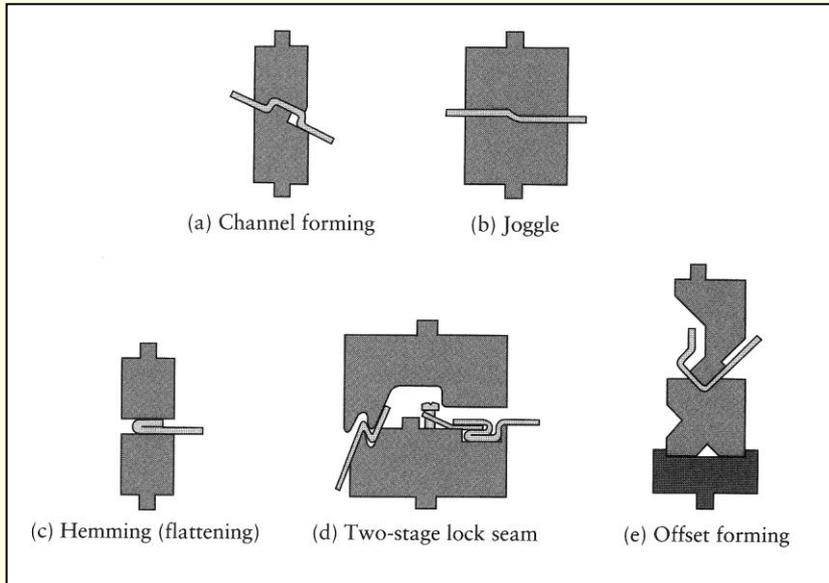


# Fuerza de Plegado

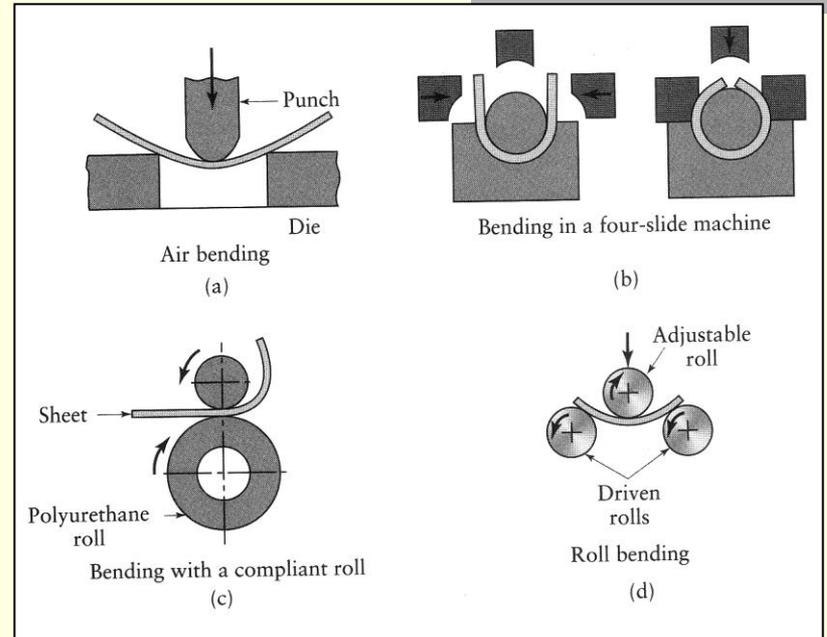
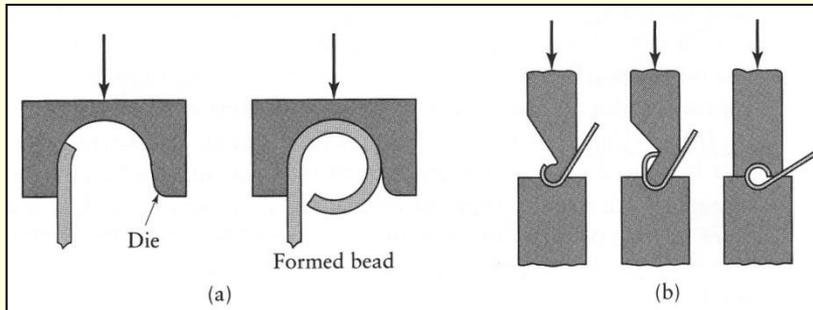
- En la práctica se suelen utilizar tablas que proporcionan las fuerzas a partir de la geometría del plegado.
- Los valores de las tablas son orientativos.



# Operaciones Típicas de Plegado



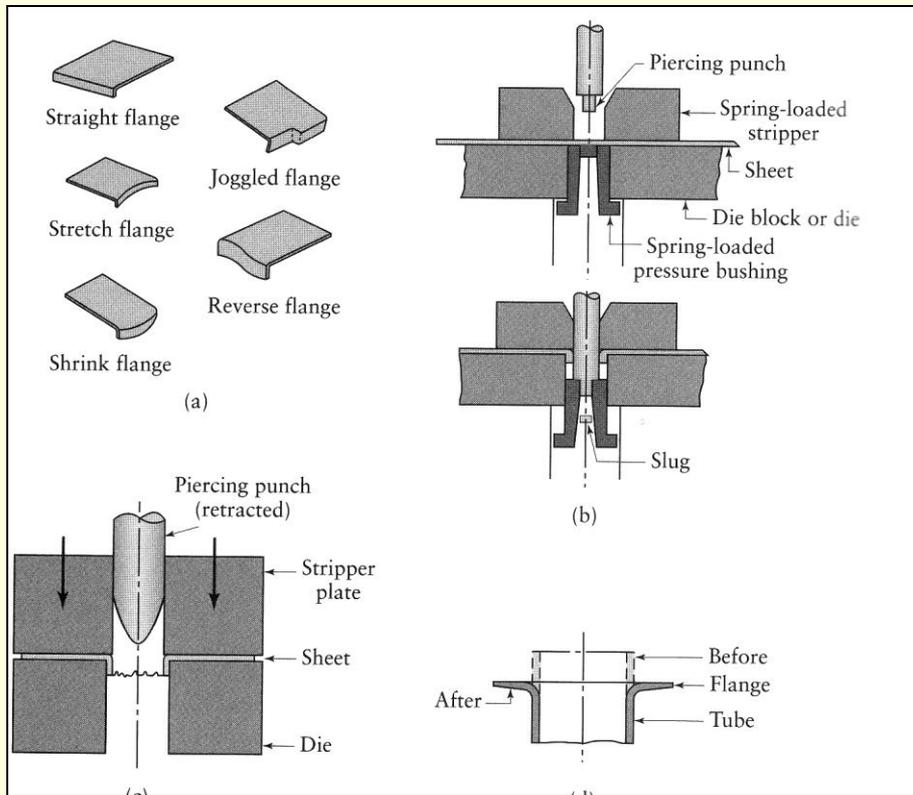
**Operaciones de plegado en prensa.** En estas prensas se pueden llegar a plegar piezas de hasta 7 m. o más de longitud.



**Las posibilidades de efectuar el plegado no son únicas:** a) plegado “al aire”. b) plegado en una máquina de cuatro carros. c) plegado con un cilindro flexible. d) plegado de láminas en rodillos.

**Bordonado:** a) con una sola matriz. b) con dos matrices en una prensa.

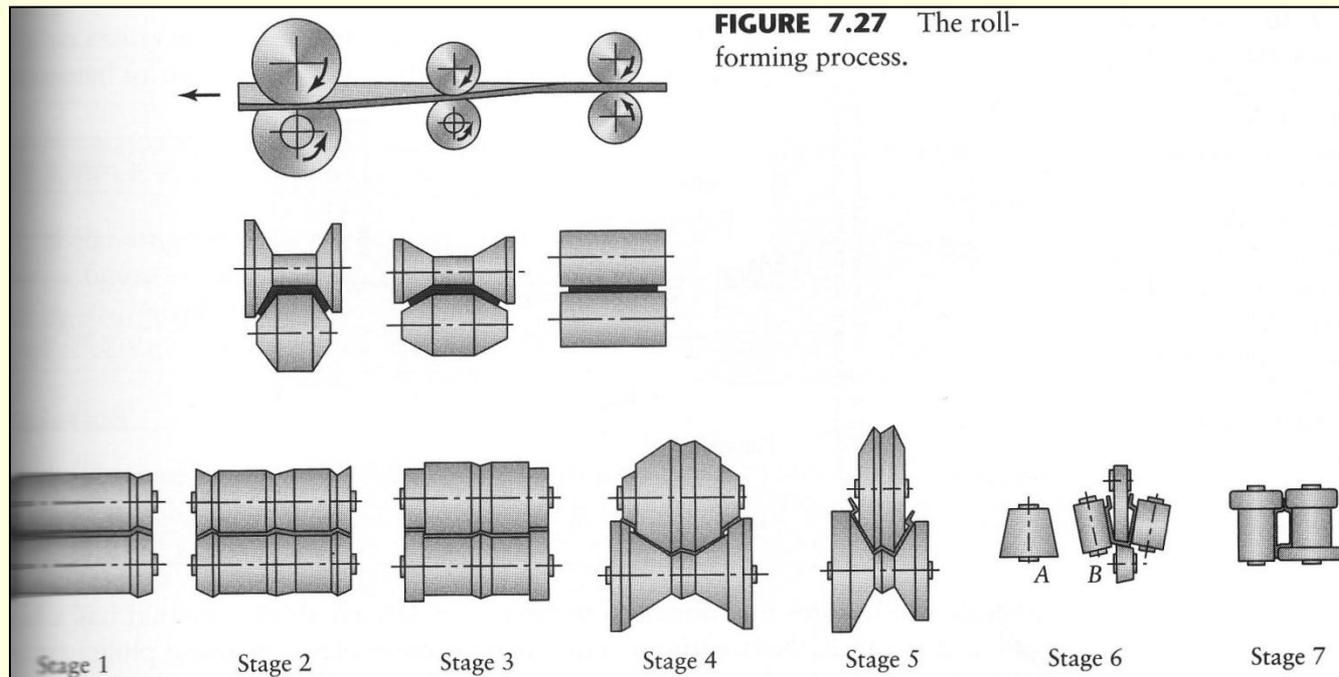
# Operaciones Típicas de Plegado



Varias operaciones para la formación de bridas y bordes:

a) Formación de bordes. Las fuerzas de compresión son muy grandes y pueden llegar a causar arrugas. b y c) Formación de diámetros interiores con reborde. Primero se realiza un agujero de menor diámetro y después se agranda la sección. Este procedimiento también se emplea para embridar las terminaciones de tubos d).

# Operaciones Típicas de Plegado



Etapas en el laminado de un marco de puerta de chapa metálica. En la etapa 6, los perfiles pueden ser conformados según A o B.

# Plegadora



Máquina plegadora



Operación de plegado

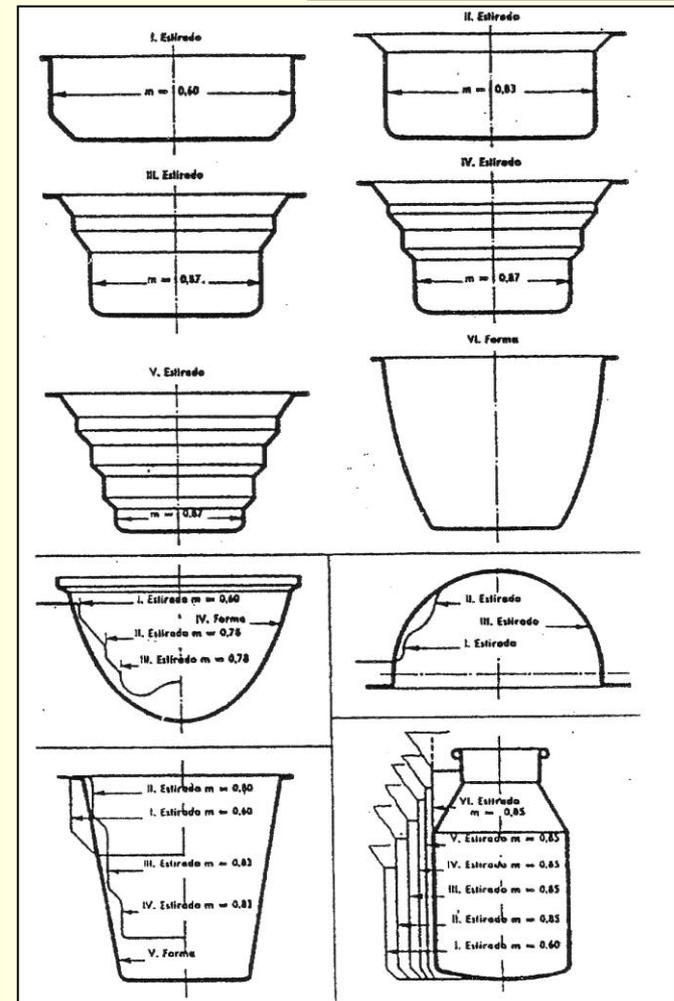
Vídeo 1

*Cortesía de Talleres Doval*

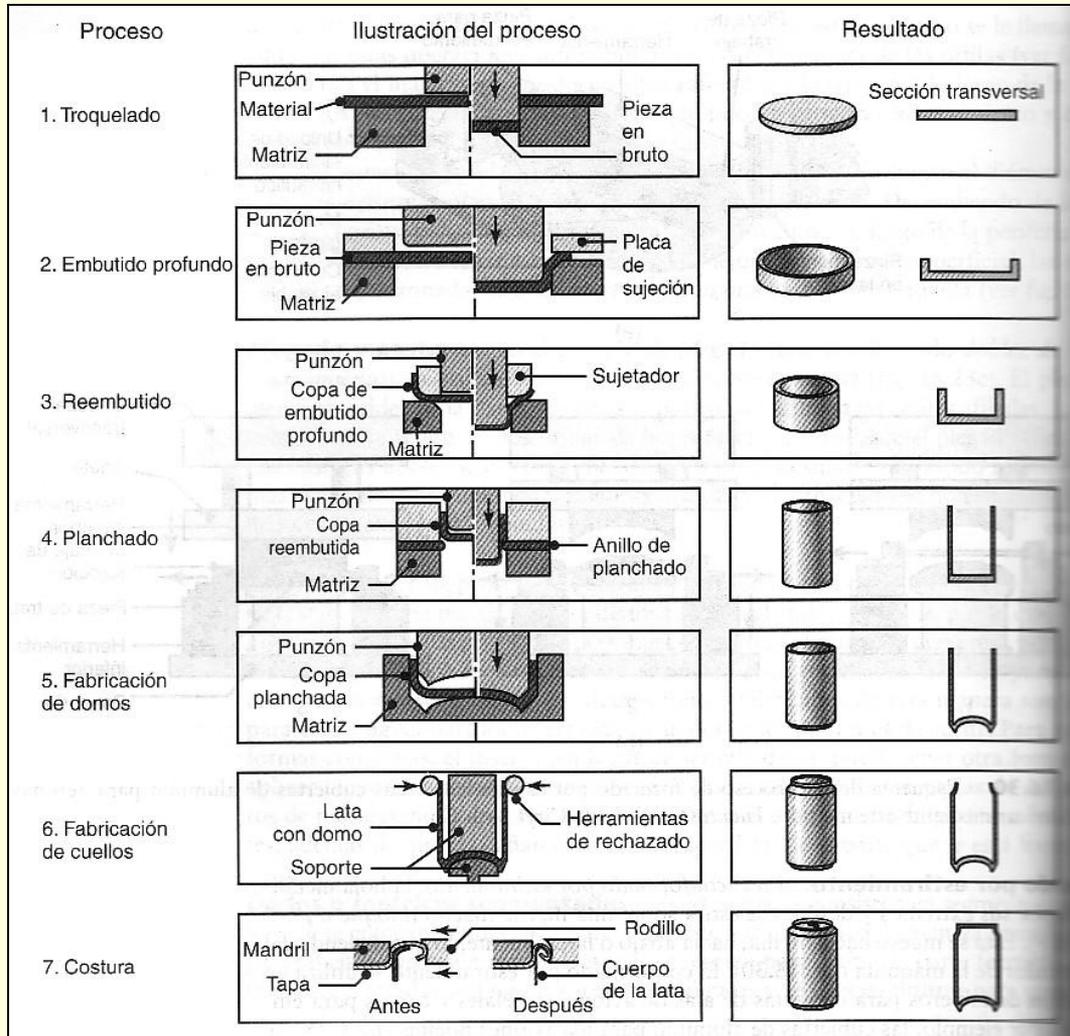
Vídeo 2

# Embutición Profunda

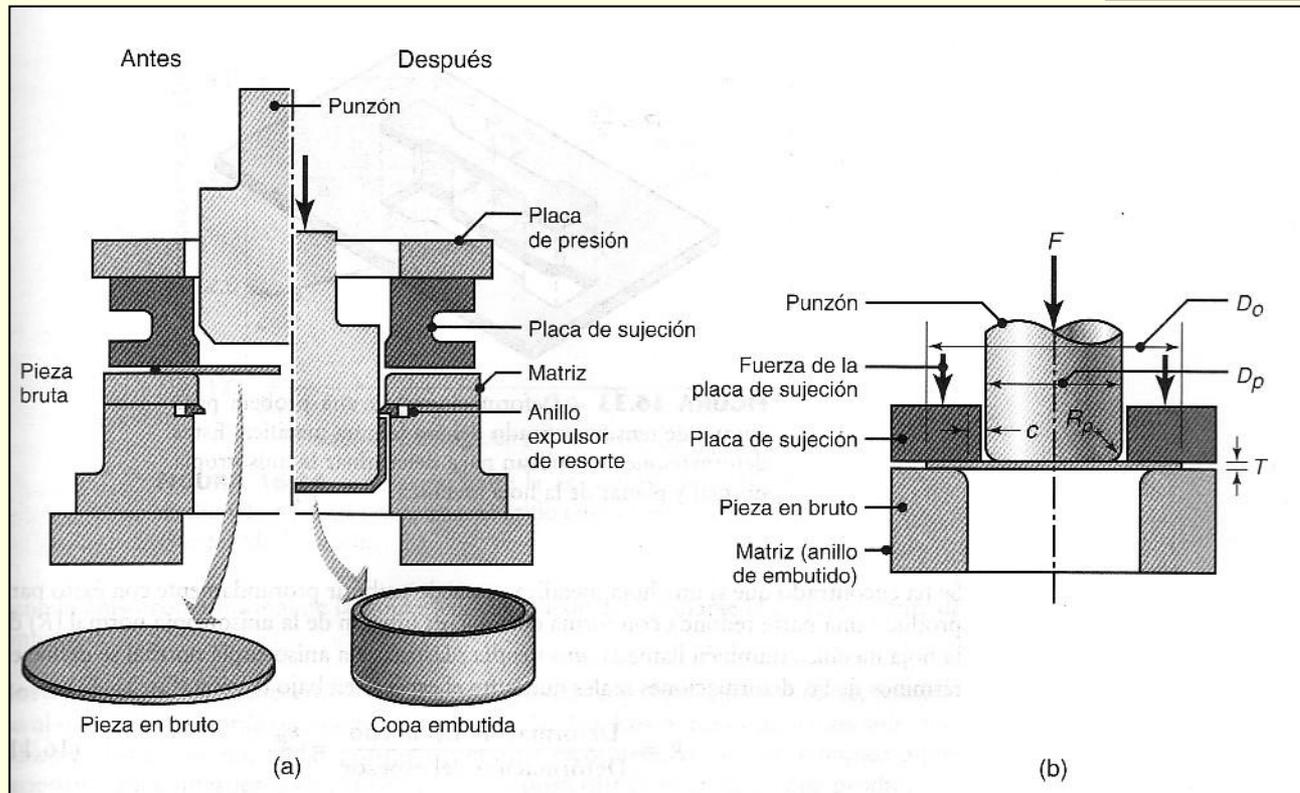
- La embutición es una operación que tiene como fin convertir una chapa plana en un cuerpo hueco.
- Se puede hacer en un estirado único o en estirados sucesivos.
- Regla práctica: no embutir en una sola operación piezas cilíndricas cuya profundidad sea superior a un radio.



# Embutición Profunda

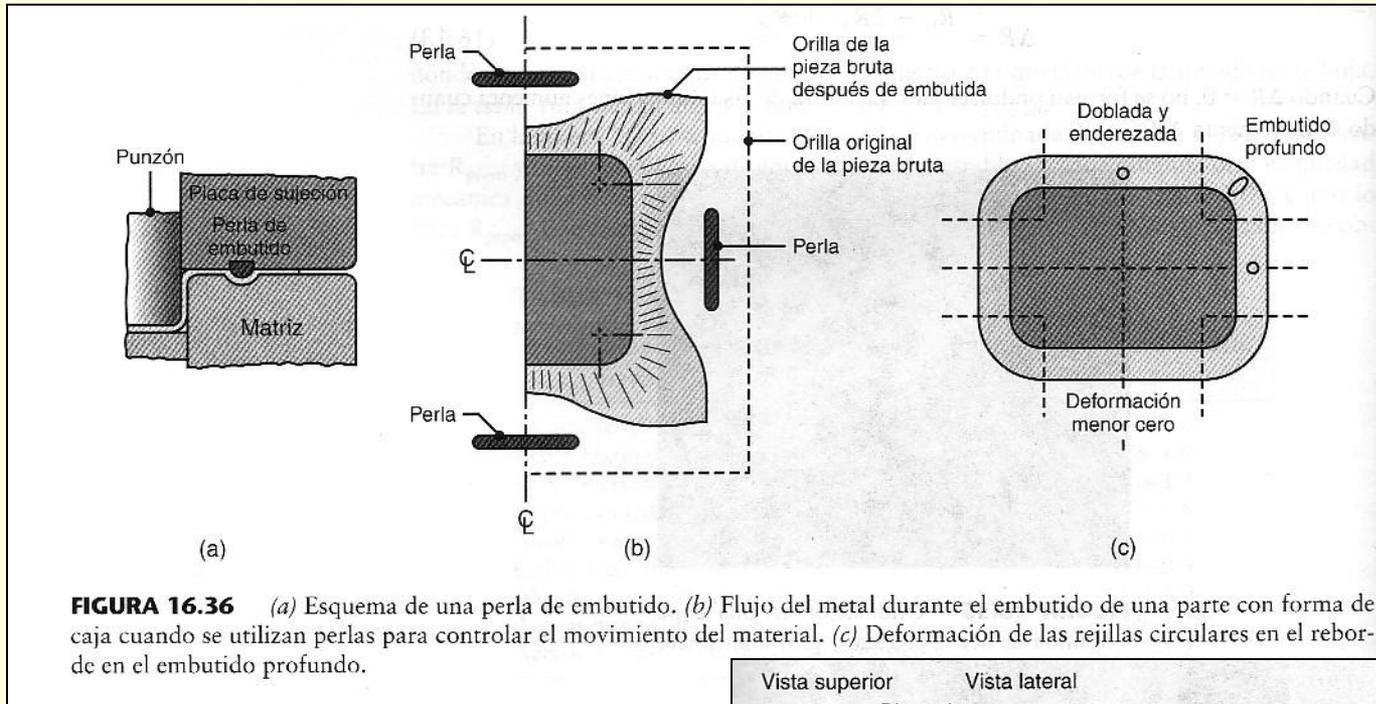


# Proceso de embutido

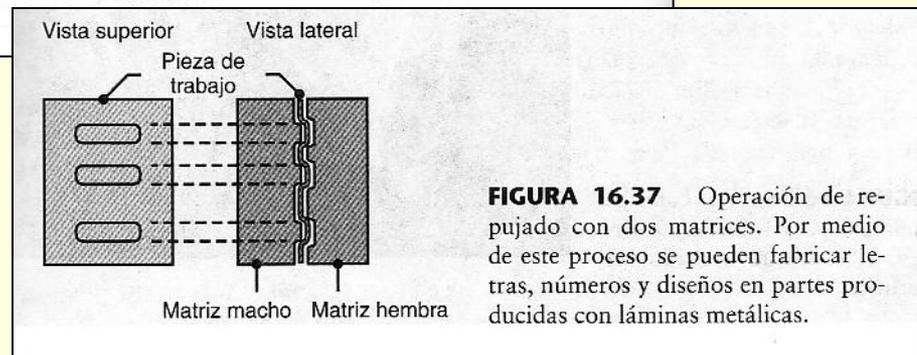


El proceso básico consiste en colocar una pieza en bruto de hoja metálica redonda sobre la abertura de una matriz circular y se mantiene en su lugar con una placa de sujeción. El punzón baja y empuja la lámina dentro de la cavidad de la matriz, formando una copa o depresión. [Vídeo.](#)

# Práctica de embutido



- Embutición cilindro
- Casco medieval
- Reembutado inverso
- Hydroforming 1
- Hydroforming 2

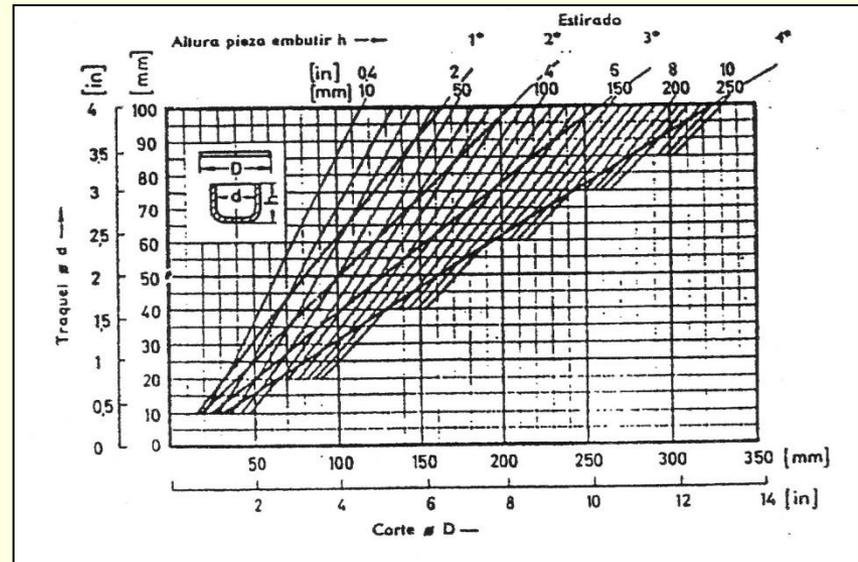


**FIGURA 16.37** Operación de repujado con dos matrices. Por medio de este proceso se pueden fabricar letras, números y diseños en partes producidas con láminas metálicas.

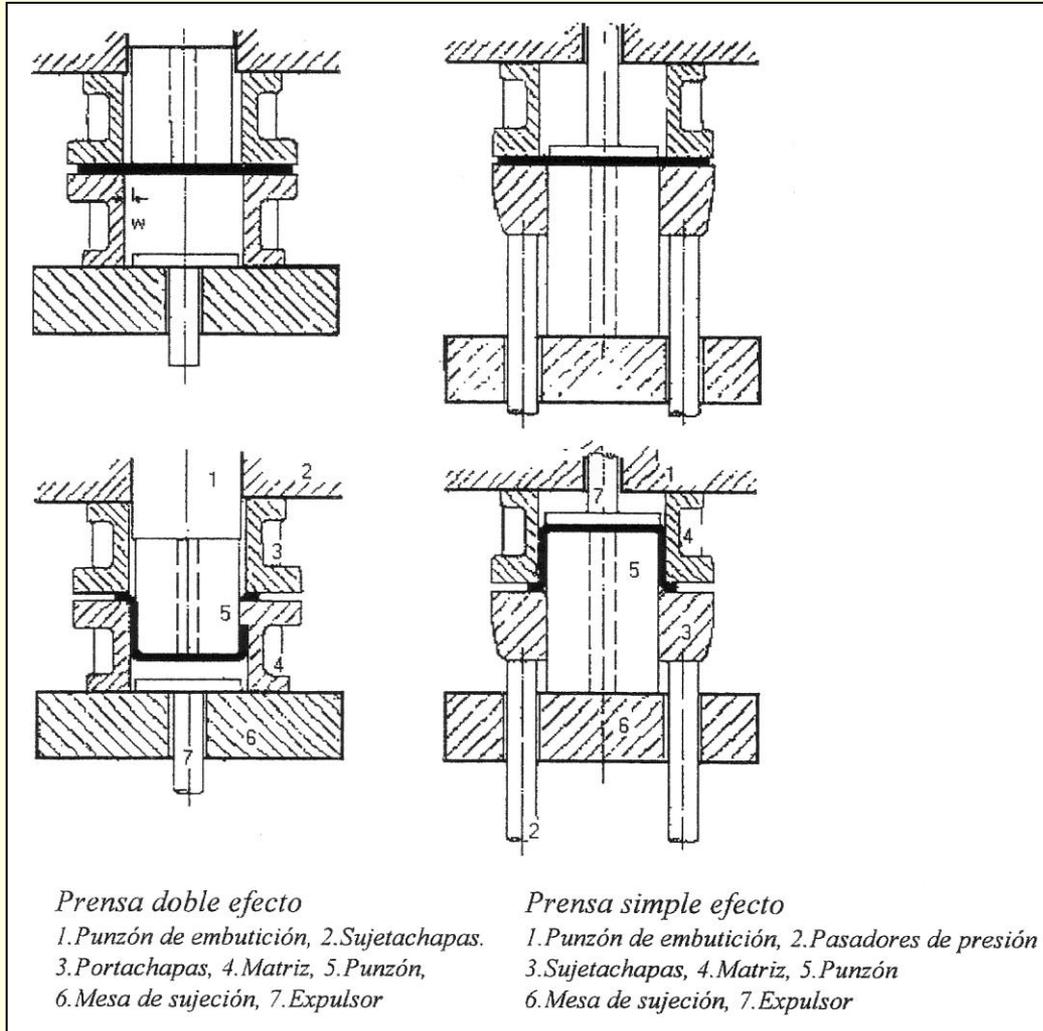
# Determinación del Corte a Medida

Forma del recipiente	$\approx D$ del corte a medida
	$\sqrt{d^2 + 4dh}$
	$\sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$
	$\sqrt{d_2^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
	$\sqrt{d_3^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
	$\sqrt{d_1^2 + 4d_1h + 2f(d_1 + d_2)}$
	$\sqrt{d_2^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2) + 2f(d_2 + d_3)}$
	$\sqrt{2d^2} = 1,414d$
	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$
	$1,414\sqrt{d_1^2 + f(d_1 + d_2)}$
	$1,414\sqrt{d^2 + 2dh}$
	$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 4d_1h}$
	$1,414\sqrt{d_1^2 + 2d_1h + f(d_1 + d_2)}$
	$\sqrt{d^2 + 4h^2}$
	$\sqrt{d_2^2 + 4h^2}$

Hipótesis: el espesor de la chapa no varía sensiblemente después de embutir.  
 Recipientes cilíndricos de altura  $h$  y diámetro  $d$ , el diámetro de corte se determina mediante  $\phi = 1,1(h+d)$  o mediante tablas.

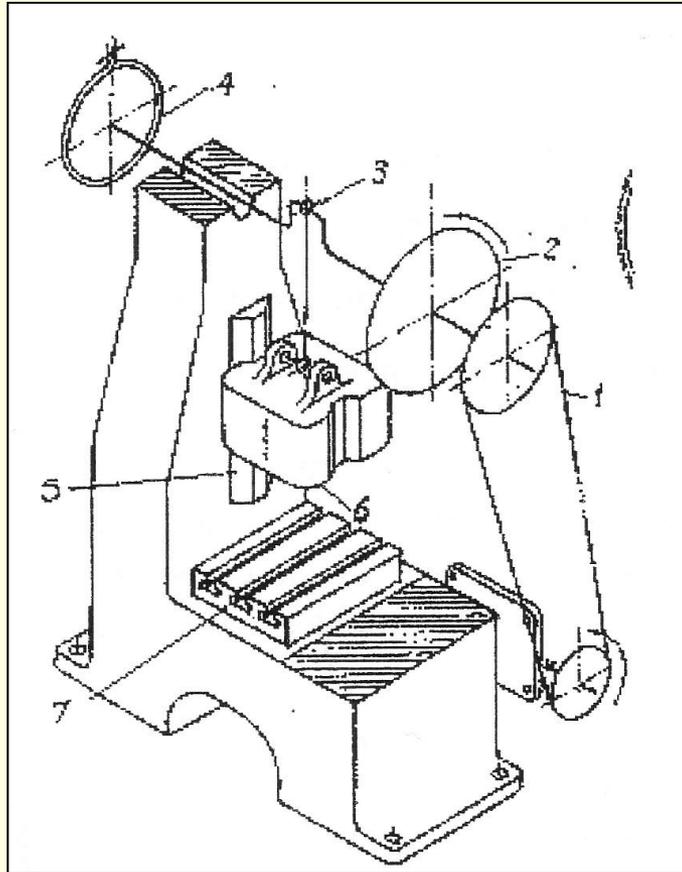


# Tipos de Prensas

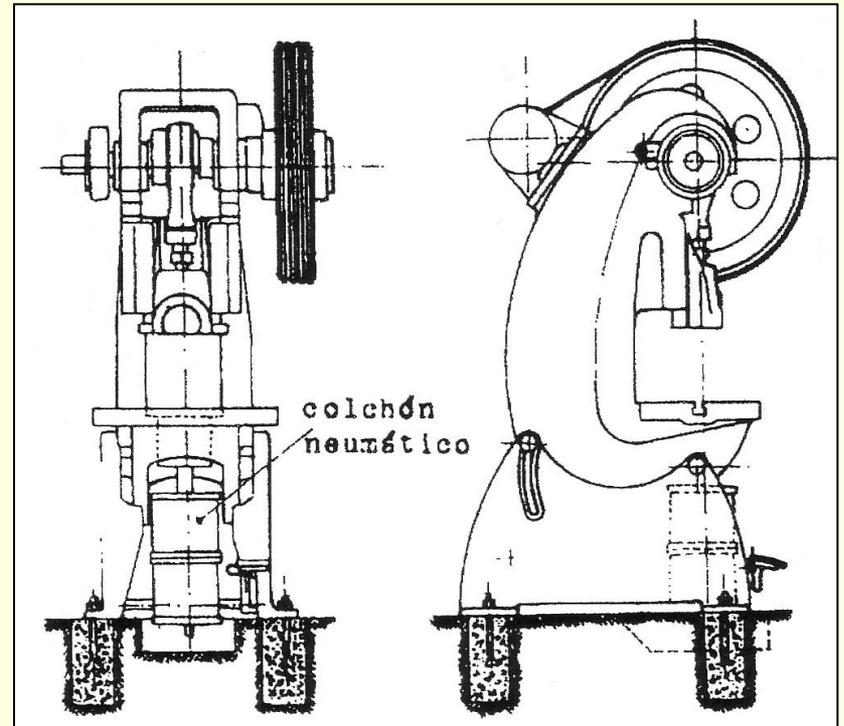


- Existen dos tipos básicos de prensas según utilicen o no sistemas independientes para sujetar la chapa y conformarla.

# Prensas de Accionamiento por Excéntrica



1. Transmisión. 2. Volante. 3. Excéntrica. 4. Freno de cinta. 5. Guías. 6. Corredera. 7. Mesa.

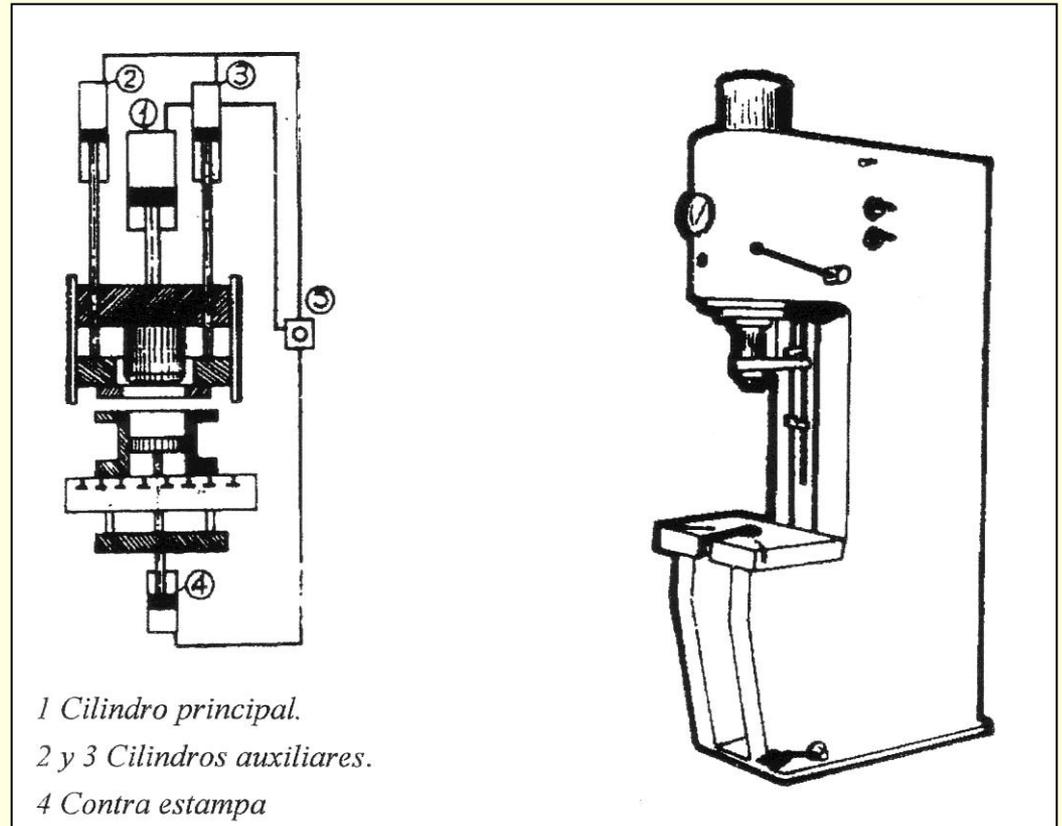


Prensa de cuello de cisne con colchón neumático

# Prensas Hidráulicas

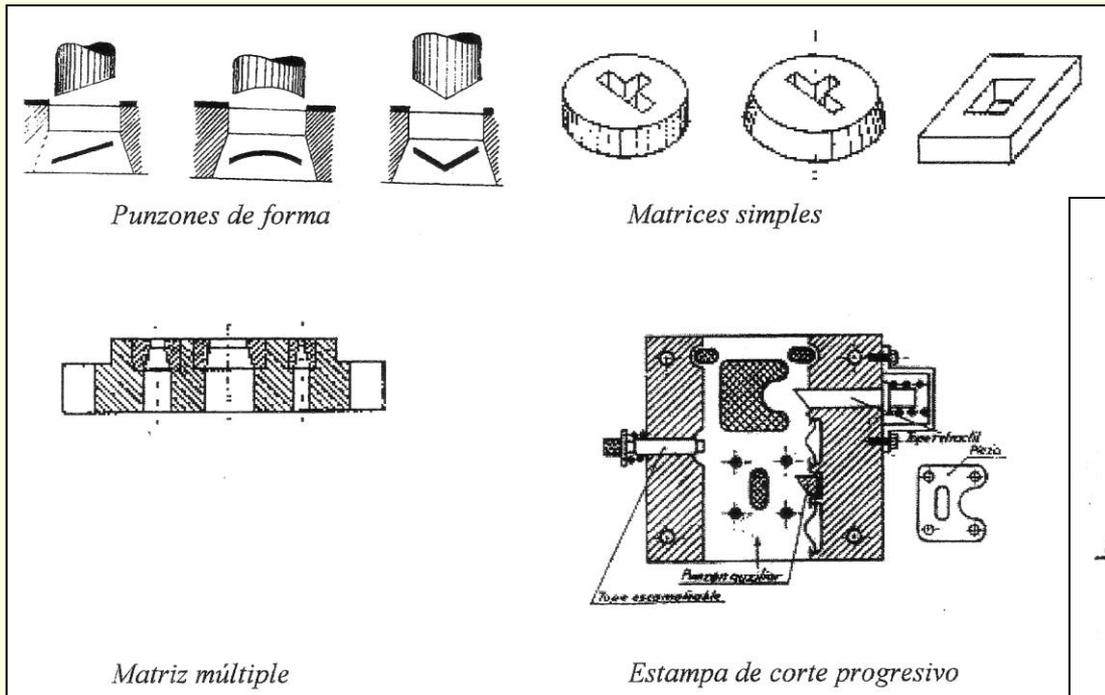
## Características:

1. Carrera regulable.
2. Puede tener una fase de aproximación en el descenso.
3. Presión constante en toda la carrera.
4. Elevadas potencias.
5. Menor velocidad que en las de excéntrica.
6. Construcción más delicada y cara.

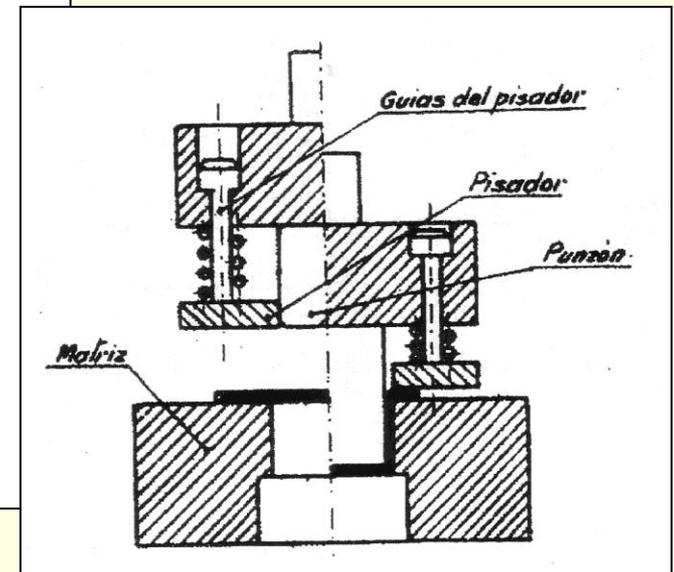


# Matrices

Las matrices, generalmente llamadas *estampas*, pueden ser de corte, punzonado o de embutición.



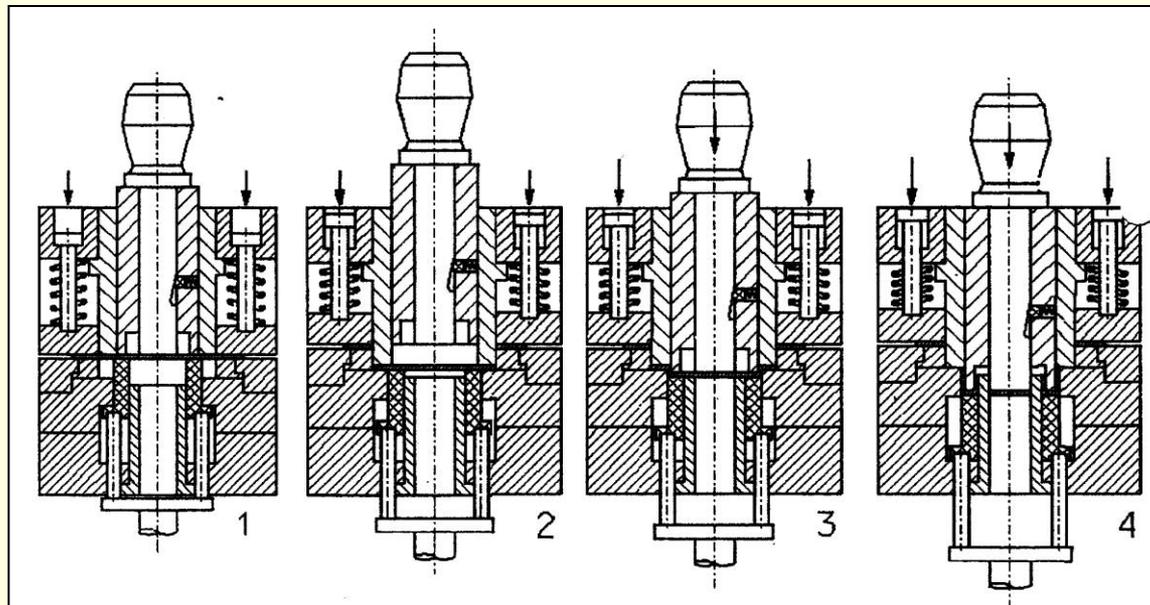
Matrices de corte y punzonado



Matriz de embutición

# Extractores

La deformación plástica del material, produce un agarre en la superficie exterior del punzón, que arrastra la chapa en la carrera de retroceso. A veces, la chapa no puede librarse a mano debido a la fuerza del agarre.

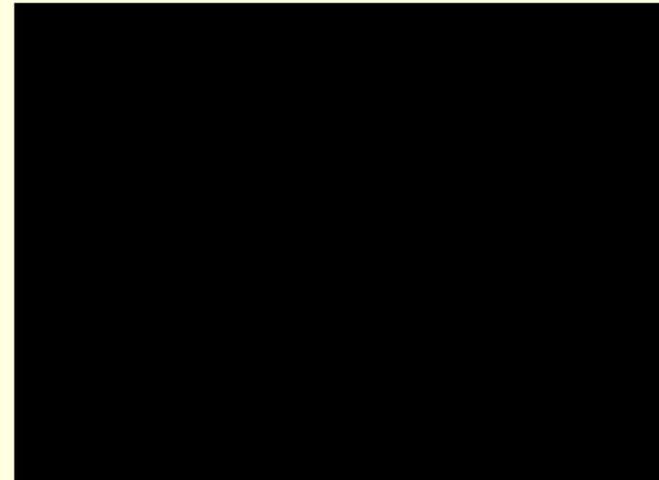


**Estampa de embutición completa.**

**1. Sujeción de la chapa. 2. Corte. 3. Embutición. 4. Punzonado.**

# Rechazado (spinning)

- Es un proceso de conformado de metal en el que se da forma a una parte de simetría axial sobre un mandril u horma mediante una herramienta redondeada o rodillo.
- Se producen conos, hemisferios, tubos y cilindros.
- Tipos: rechazado convencional, rechazado cortante y rechazado de tubos.

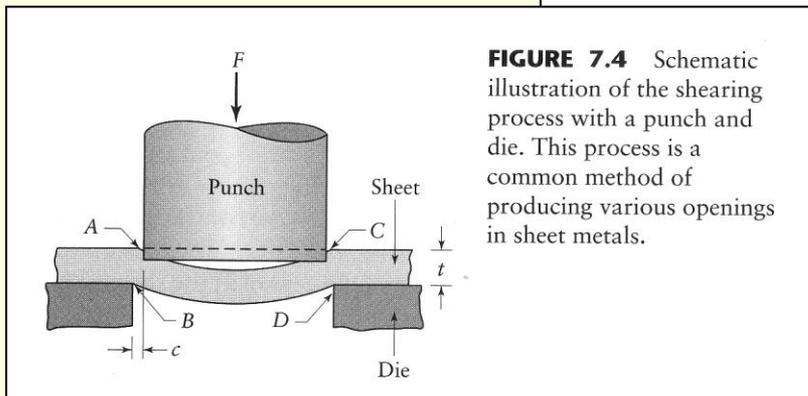
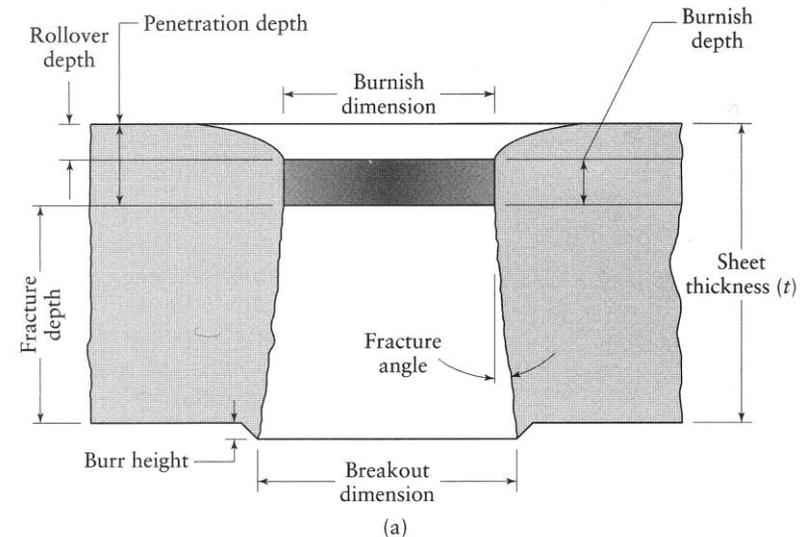


# Corte y Punzonado de Chapa

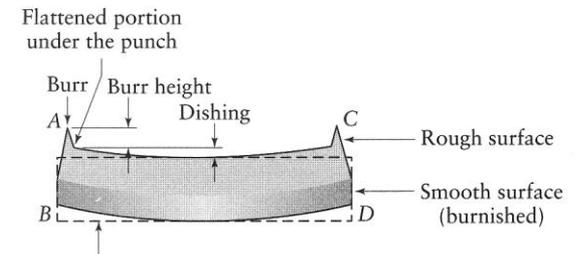
- El proceso de corte de chapas se realiza mediante esfuerzos cortantes, empleando generalmente un punzón y una matriz.
- Variables del proceso: fuerza y velocidad de corte, lubricación, condiciones del extremo de la chapa y el intersticio entre el punzón y la matriz.

**FIGURE 7.5**

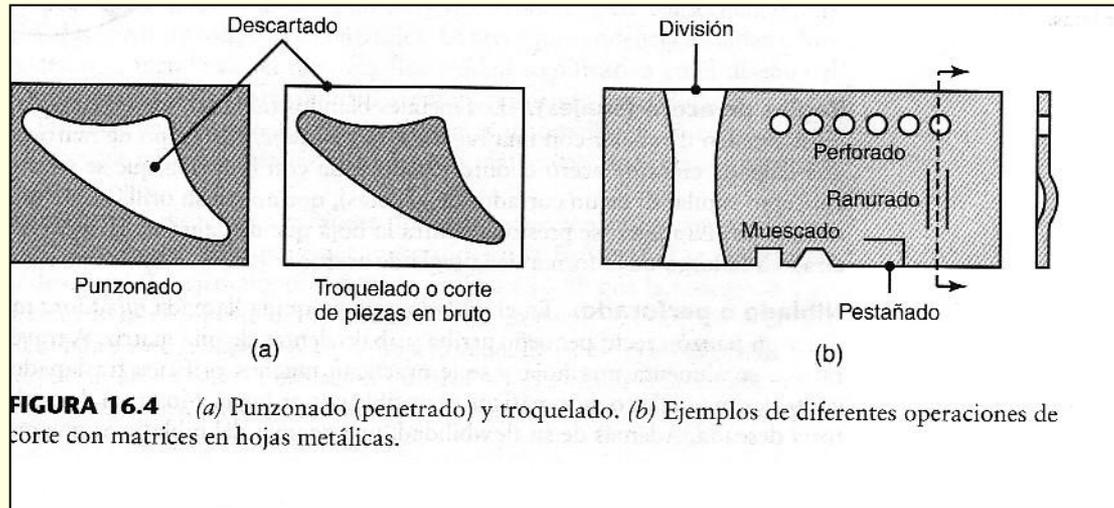
Characteristic features of (a) a punched hole and (b) the punched slug. Note that the slug has been scaled down as compared with the hole.



**FIGURE 7.4** Schematic illustration of the shearing process with a punch and die. This process is a common method of producing various openings in sheet metals.



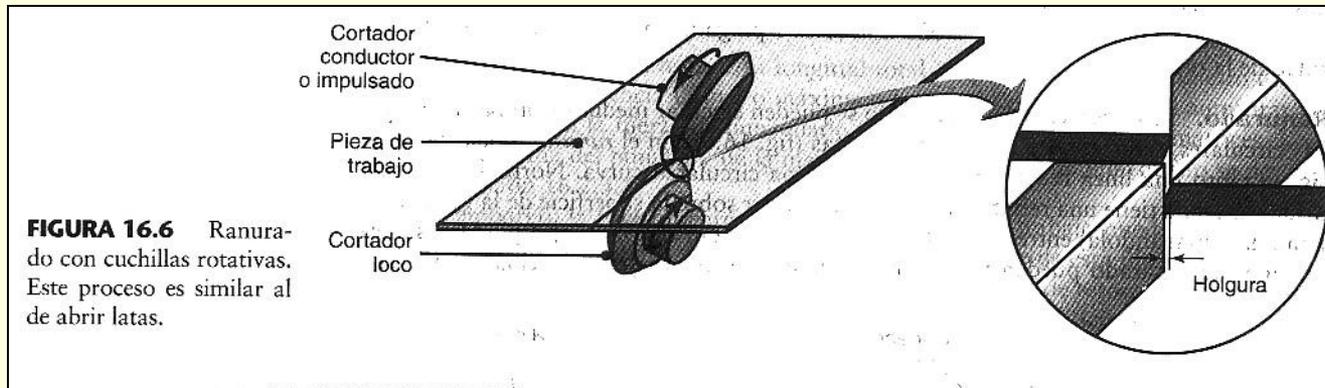
# Corte y Punzonado



**FIGURA 16.4** (a) Punzonado (penetrado) y troquelado. (b) Ejemplos de diferentes operaciones de corte con matrices en hojas metálicas.

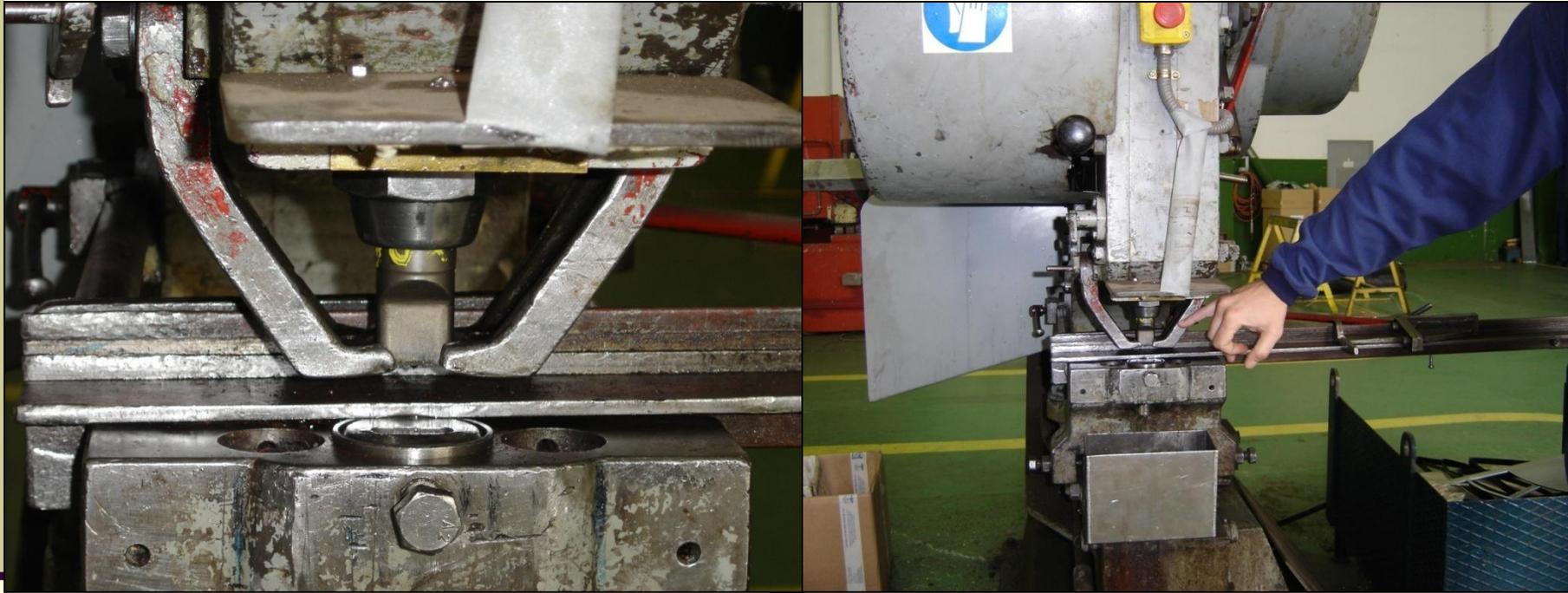
[Vídeo 1](#)

[Vídeo 2](#)



**FIGURA 16.6** Ranurado con cuchillas rotativas. Este proceso es similar al de abrir latas.

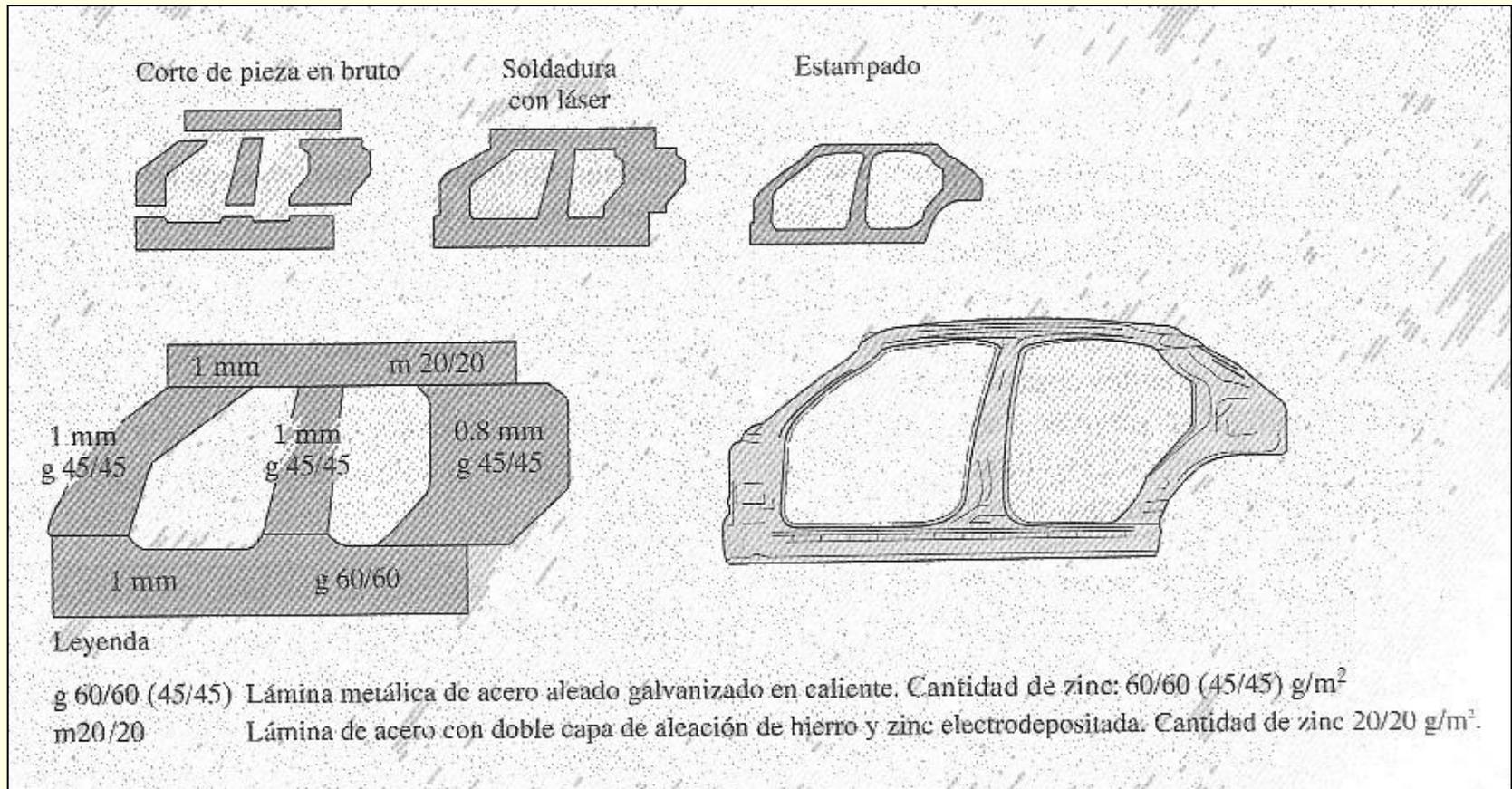
# Troqueladora



Detalles del troquel

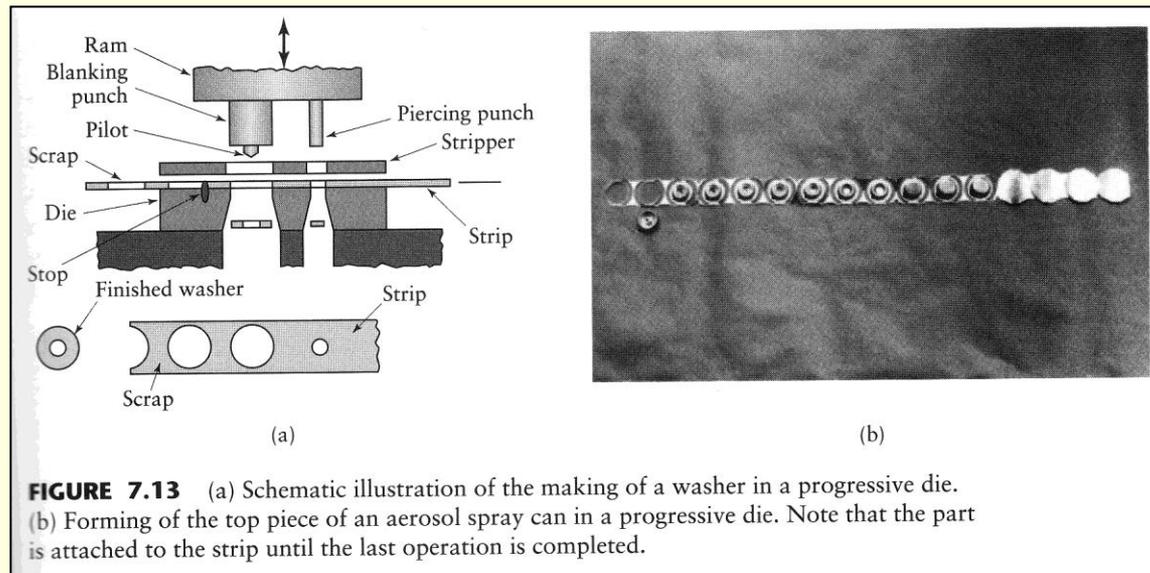
Troquelado en prensa excéntrica

# Aplicaciones en el Automóvil



# Otros Sistemas de Corte

## ■ Punzonado múltiple



- Punzonado con máquina de CN (1, 2)
- Cizallado (vídeo)

# Cizalladora



Cizalladora tipo guillotina

# Sierras

## Sierra de bancada

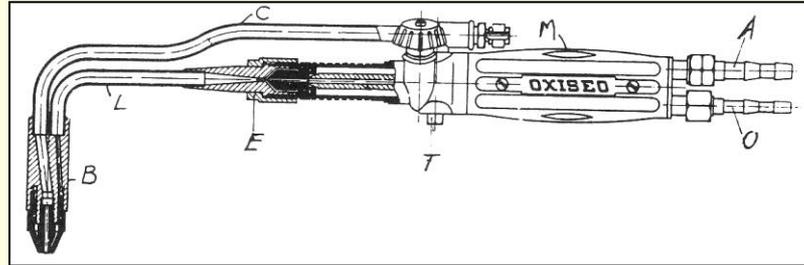


## Sierra de disco

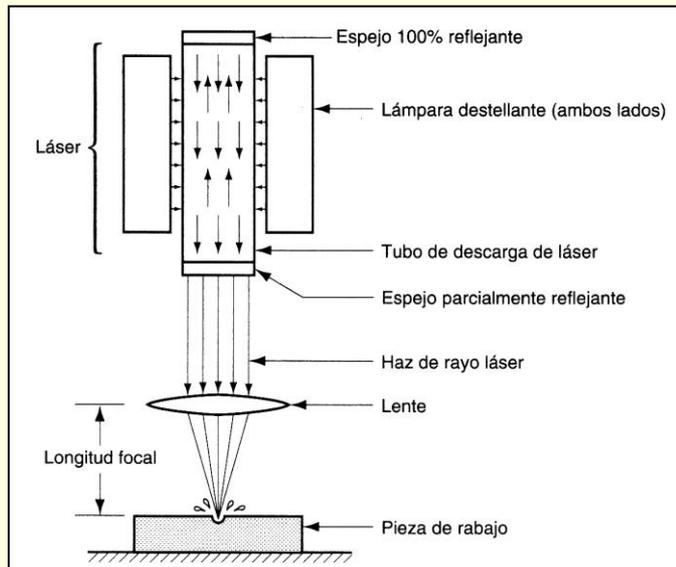


# Otros Procedimientos de Corte

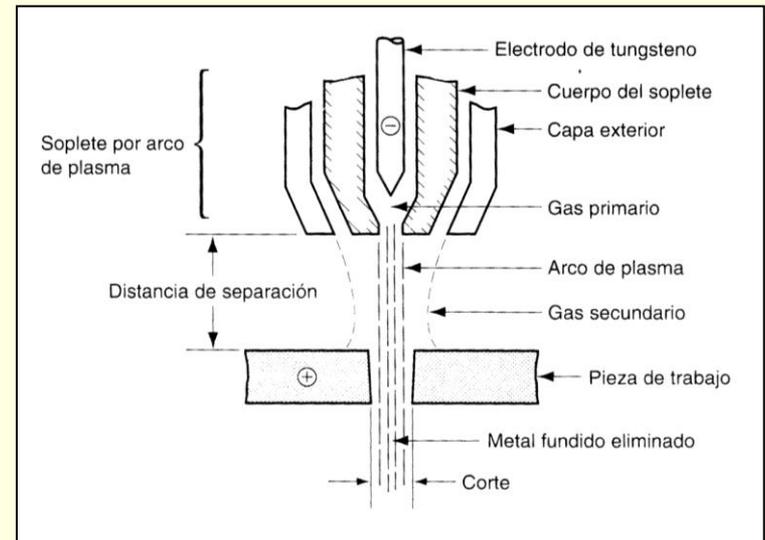
## ■ Oxicorte



## ■ Corte con láser (1,2,3)



## ■ Corte con plasma (1)



## ■ Corte con chorro de agua (1,2)