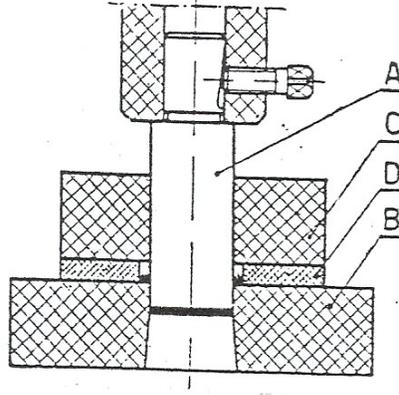


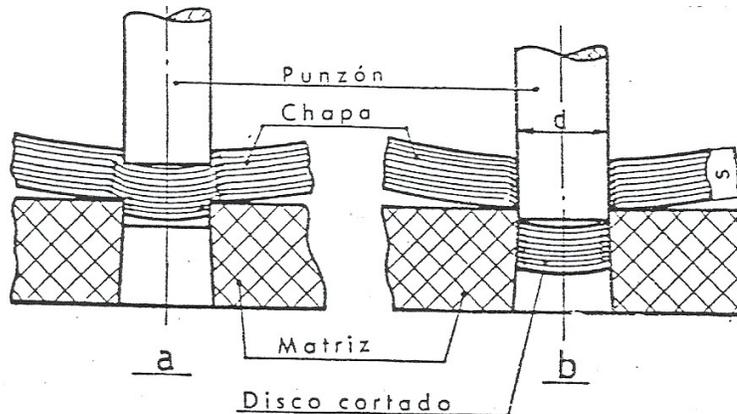
## Unidad temática N° 9: PUNZONADO Y DOBLADO DE LA CHAPA

**PUNZONADO:** es un procedimiento de conformación mecánica; donde la forma de la pieza se obtiene por corte de la chapa utilizando una estampa o matriz de corte, cuyos elementos básicos son:



- A. Punzón: cuyo perfil plano corresponde al contorno (perímetro exterior) de la pieza que se desea obtener. A través del mismo se aplica el esfuerzo de corte.
- B. Matriz: que presenta una cavidad cuya forma es la de la pieza a obtener.
- C. Guía de pezón: cuya función es asegurar el centrado del mismo.
- D. Guía de chapa: para evitar el desplazamiento del material en trabajo.

El corte no se inicia al producirse el contacto entre punzón y material, sino que primero se origina un efecto de compresión, que expande lateralmente el material formándose un vientre cóncavo o cono de penetración, que se ha comprobado es consecuencia que las fibras del material se doblan hacia abajo por acción del punzón por breves segundos y luego reaccionan oponiéndose al movimiento del mismo.



Al seguir avanzando el punzón y vencer la resistencia que ofrecen las fibras, se produce un efecto de desgarramiento y el trozo de material, de bajo del punzón, se separa y cae al fondo de la matriz, es decir se produce el corte. Las fibras, a lo largo del perfil de trabajo quedan deformadas y comprimidas. Como el material es elástico se originan reacciones internas, que tratan de recomodar las fibras cortadas. Como consecuencia de ello aumenta la resistencia de deslizamiento entre punzón y material, dificultando muchas veces la separación de ambos elementos.

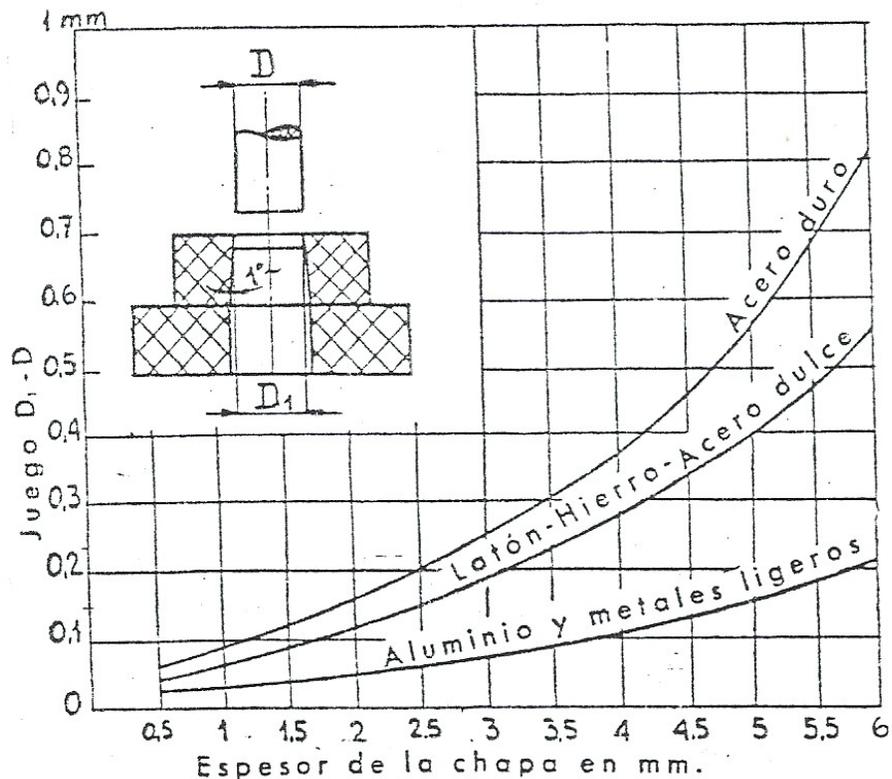
En general se considera dos formas de punzonado:

- a. Cilíndrico
- b. De forma

Por este último procedimiento se obtiene por ejemplo, tuercas de sección cuadradas o hexagonal, de pequeñas dimensiones, en lugar de recurrir a la operación de torneado, de mayor costo.

El corte por punzonado se produce, en general, por acción de un golpe brusco. Para disminuir este efecto la punta o cabeza del punzón donde está el filo cortante, se construyen de diversas formas: de bordes paralelos; oblicuos; cóncavos; cónicos; etc.

Huelgo o juego entre punzón y matriz: para que se produzca el corte, debe existir entre punzón y matriz un cierto juego o huelgo, cuyo valor depende del tipo y espesor del material a cortar. En general cuanto menor es el espesor menor debe ser el juego. La misma relación existe con respecto a la dureza del material. El valor del juego puede variar entre el 5% y el 13%. Menores valores, mayor precisión de corte. El juego necesario se obtiene actuando sobre la superficie exterior del punzón o interior de la matriz según el trabajo realizado. Por ejemplo, si debemos obtener un disco, se debe lograr el juego correspondiente actuando sobre las dimensiones del punzón. Por el contrario, si se desea obtener un agujero, se debe actuar sobre la matriz. Para facilitar el cálculo del juego entre punzón y matriz se han construido, como el indicado en la figura.



- Gráfico para determinar el juego entre punzón y matriz, en función de la calidad del material y del espesor de la chapa.

Corte con punzón de goma: cuanto mayor es la dimensión de la estampa o matriz de corte, mayor será el costo de su fabricación, que se debe amortizar en un número determinado de piezas a construir. En la práctica puede ocurrir que por razones de diseño, el elemento a fabricar cambie de forma y/o dimensiones, antes de cumplimentarse el total de piezas programadas. Esta situación significa pérdida. Por lo tanto, en estos casos, y sobre todo para materiales livianos, como por

ejemplo el aluminio y sus aleaciones, se utilizan punzones contruidos en goma sintética y la matriz se construye por una plantilla de corte.

En esencia el punzón (también llamada almohadilla de gama) está formado por la superposición de capas de gomas sintéticas de determinada dureza, colocadas en una armadura metálica, o porta punzón. La matriz está formada simplemente por una chapa de acero de unos 6 mm de espesor, que se fija sobre una base o placa de asiento, colocada a sus ves en la mesa de la prensa. El punzón de goma se deforma, ocupando todas las cavidades, al prensar la chapa contra la matriz, que con sus filos corta el material. Experimentalmente se ha demostrado que la limpieza del corte, por este procedimiento es similar al corte con punzón metálico y que en piezas de gran tamaño y de perfil, irregular, se puede reducir el alto costo de la matriz, utilizando placas matrices constituidas por varias piezas. Con respecto al acero se ha podido cortar chapas de 0,25 mm de espesor y con una resistencia a la tracción de 44 kg/mm.

Esfuerzo necesario para el corte: al tomar el punzón contacto con el material en trabajo, se produce un esfuerzo de corte continuo en todo el contorno del mismo, y una reacción del material. Al continuar su descenso, actúan los filos cortantes en forma similar a lo que ocurre en el cizallado, produciéndose el corte. Es decir se logra la rotura del material por un esfuerzo cortante, a pesar de haber habido una reacción en todo el contorno y en el espesor de la chapa. La fuerza teórica a aplicar, para el corte por punzonado se obtiene por:

$$F(kg) = p \times e \times k_c$$

Dónde:

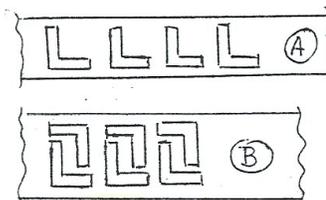
F: esfuerzo cortante total a aplicar (kg)

p: perímetro del contorno a cortar (mm)

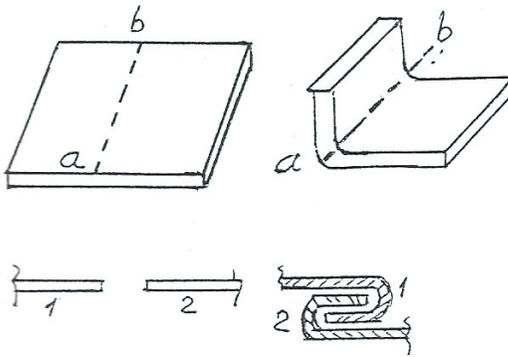
e: espesor de la chapa a cortar (mm)

$k_c$ : resistencia especifica del material por cortadura (kg/mm<sup>2</sup>), que normalmente se adopta entre  $\frac{3}{4}$  a  $\frac{4}{5}$  de la resistencia a la rotura del material por tracción ( $k_c = \frac{3}{4} a \frac{4}{5} de \sigma_t$ )

Aprovechamiento del material: mencionamos anteriormente que en el corte por punzonado se produce un sobrante de material, que desde el punto de vista económico debe ser el mínimo posible. El sobrante es siempre mayor en el punzonado de forma, por lo cual en este caso se debe realizar un estudio previo de la disposición más conveniente de los elementos a obtener de una tira de la chapa, mediante el corte por punzonado. Por ejemplo, para cortar una pieza en forma de L, podemos proceder de acuerdo a lo indicado, en la figura A o a la de la B. En cada caso se deberá determinar las dimensiones de la chapa, para utilizar la disposición que más convenga. El estudio se deberá completar con las posibilidades de la punzonadora a utilizar.

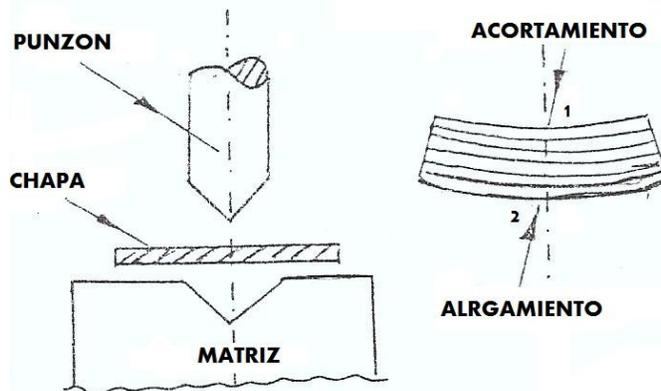


DOBLADO: se denomina de esta manera a la operación de conformación mecánica por cual se logra la deformación permanente de una chapa metálica a lo largo de una línea recta, con pequeño radio de curvatura, sin que se produzca fisuras, rotura o alargamiento del material. Es común designar a esta operación “plegado”, cuando en realidad esta última es aquella en que el doblado es a 180° y que se realiza cuando desea obtener una unión estanca entre dos chapas.

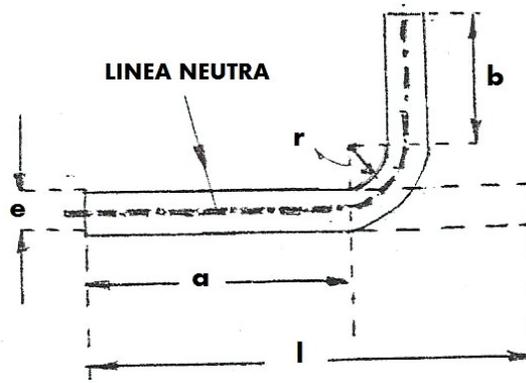


Para que el doblado se produzca sin fisuras y/o rotura del material, se debe tener en cuenta lo siguiente factores:

- Elasticidad del material:** en general un material metálico se dobla más fácilmente cuanto menor es su límite elástico y mayor su carga de rotura. O dicho de otra manera, un metal de elevado coeficiente de alargamiento se dobla más fácilmente que uno de pequeño. Ello es consecuencia que concluida la acción deformante el metal tiene a adquirir su forma primitiva.
- Radio de curvatura:** al comienzo de la operación de doblado, se produce un efecto de flexión, y la chapa metálica se comporta como un sólido apoyado en sus extremos y con una carga en el centro. Este efecto provoca que las capas inferiores del material sufran un alargamiento y las superiores un acortamiento. Esta situación provoca, que un doblado ejecutado con un radio de curvatura que no corresponda al tipo de material y espesor del material en trabajo, provocara fisuras y/o roturas de fibras en la zona de doblado.



**Desarrollo del elemento doblado:** la condición de que en la operación no se produzca "alargamiento del material", exige que la longitud de la chapa a utilizar sea igual a la longitud del perfil de la pieza obtenida, que se denomina "desarrollo de un elemento doblado". Si bien el mismo es de superficie, se considera en la sección transversal del material a doblar, porque para su cálculo se debe tener en cuenta la denominada "línea neutra" (línea que no experimenta alargamiento). En el doblado se considera que está línea neutra separa las fibras que experimentan un acortamiento de las que experimentan un alargamiento. La sección trasversal del elemento doblado estará formada por líneas quebradas mixtas (rectas y curvas), cuyo número será función del perfil a obtener. Consideremos, por ejemplo el caso general de una chapa de longitud "l" y de espesor "e", que será sometida a un doblado a 90°. La longitud del "desarrollo del elemento doblado" será igual a la suma de las longitudes de las partes rectas y curvas del perfil a obtener, que se toma sobre la línea neutra.



En base a esta condición y de acuerdo a lo indicado en el esquema será:

$$l = a + b + \frac{\pi}{2}(r + y)$$

Dónde:

$l = \hat{L}$  Longitud de la chapa a doblar

$r = \hat{r}$  Radio de curvatura de las fibras interiores (que experimenta acortamiento)

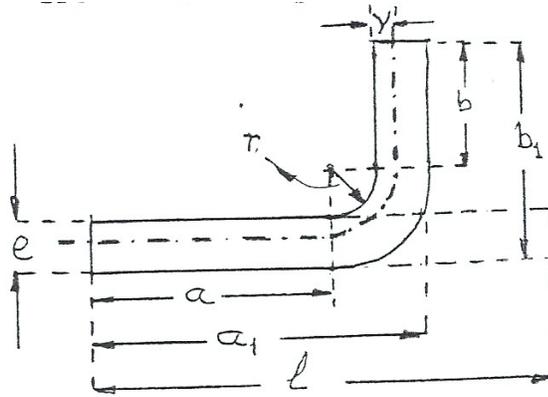
$y = \hat{y}$  Distancia de las fibras interiores a la línea neutra

Ensayos: realizados indican que para espesores menores a 1 mm, la línea neutra se puede considerar situada a  $\frac{1}{2}$  de "e". Para espesores mayores a  $\frac{1}{3}$  de "e". Mayores precisiones se obtienen por ensayo sobre una chapa similar a la a doblar. Se miden los valores de las líneas rectas y curvas y con los valores obtenidos se determina el valor de "y", aplicando la fórmula indicada anteriormente.

Por resultados obtenidos en ensayos se han confeccionado tablas que indican el valor de "y" en función de la relación entre el radio interior de doblado y el espesor de la chapa metálica a utilizar.

r/e	y
0,20	0,347 e
0,50	0,387 e
1,00	0,421 e
2,00	0,451 e
3,00	0,465 e
4,00	0,470 e
5,00	0,478 e
10,00	0,487 e

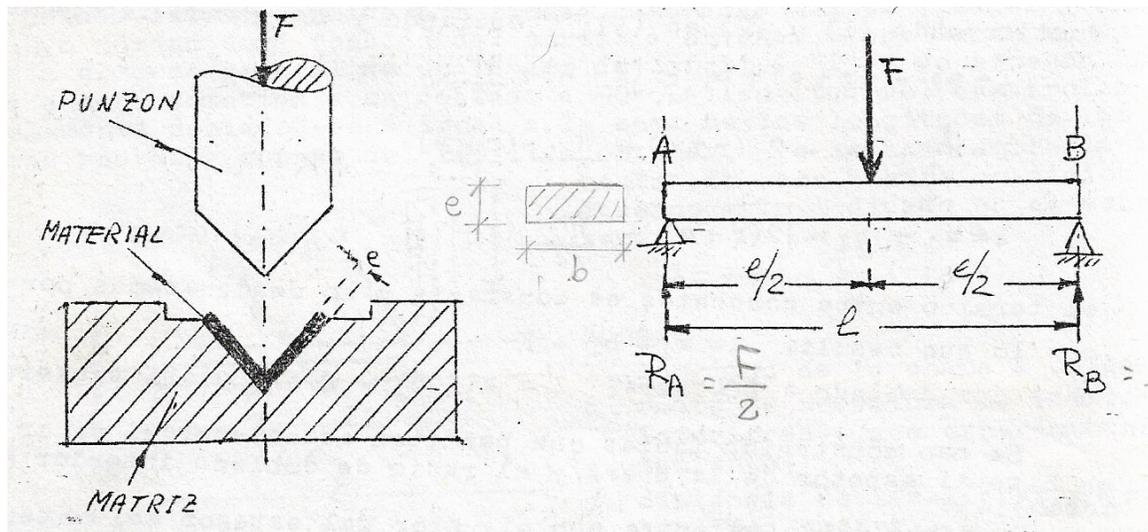
Si consideramos nuevamente el ejemplo de doblado indicado anteriormente, pero a de la siguiente manera:



### Fuerza necesaria en doblado.

Factores como el rozamiento entre herramienta y chapa de trabajo, juego necesario entre punzón y matriz, espesor del material, etc; dificultan la determinación de la fuerza necesaria para el doblado. Por lo cual en cada caso que se presenta en la práctica, se deberá efectuar un análisis de cómo actuará la fuerza de deformación que provoca un efecto de flexión en el material, asimilando la situación particular a una viga de alma llena soportando un esfuerzo. Consideraremos a modo de ejemplo, la determinación del esfuerzo necesario a aplicar para el doblado en "V" y en "U", que son los casos más comunes.

1. Doblado en "V". Para determinar el esfuerzo a aplicar en este caso, consideraremos al material como una viga llena, simplemente apoyada en sus extremos, soportando un esfuerzo (carga) en su parte media.



De acuerdo a los estudiando en resistencia de materiales, debe cumplirse que el momento flector de la carga aplicada debe ser igual al momento flector resistente o interno del material, es decir:

$$M_{fa} = M_{fr}$$

Para una viga simplemente apoyada el momento flector actuante es:

$$M_{fa} = \frac{F \cdot L}{4}$$

A su vez el momento flector resistente o interno es:

$$M_{fr} = W \cdot \sigma_d = \frac{b \cdot e^2}{6} \sigma_d$$

Igualando tendremos que

$$\frac{F \cdot L}{4} = \frac{b \cdot e^2}{6} \sigma_d \rightarrow F = \frac{2}{3} \frac{b \cdot e^2}{L} \sigma_d$$

$$\sigma_d = 3 \sigma_t = 8 \sigma_f$$

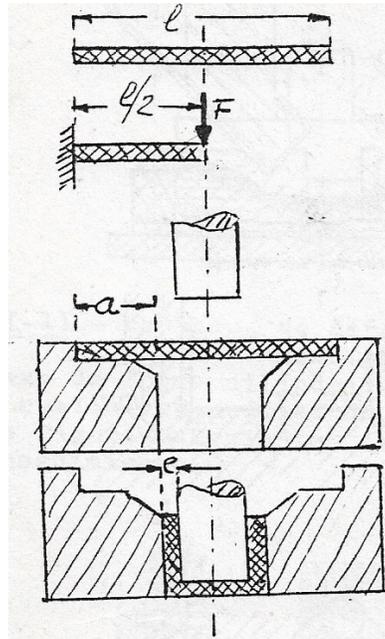
Siendo:

$\sigma_d$ : Tensión por flexión necesaria para deformación permanente.

$\sigma_t$ : Tensión de rotura a la tracción.

$\sigma_f$ : Tensión de seguridad por flexión.

2. Doblado en "U". En este caso para determinar el esfuerzo de doblado, se considera a la mitad de la chapa como una viga empotrada en un extremo, soportando la acción de una fuerza en el otro.



En el doblado en "U" el esfuerzo de deformación aplicado no es constante durante el proceso. En el momento inicial el brazo de palanca es "a" y por lo tanto se necesitará una cierta fuerza. A medida que disminuye el brazo de palanca aumenta el esfuerzo a aplicar que será máximo cuando su valor es igual al espesor de la chapa de trabajo. En estas condiciones extremas tendremos:

El momento flector de la fuerza actuante será:

$$M_{fa} = 2 \left( \frac{F}{2} \cdot e \right) = F \cdot e$$

Que el momento flector resistente será:

$$M_{fr} = \left( \frac{b \cdot e^2}{6} \right) \cdot \sigma_d = \frac{b \cdot e^2}{3} \cdot \sigma_d$$

Igualando tendremos que:

$$F = \frac{b \cdot e}{3} \cdot \sigma_d$$