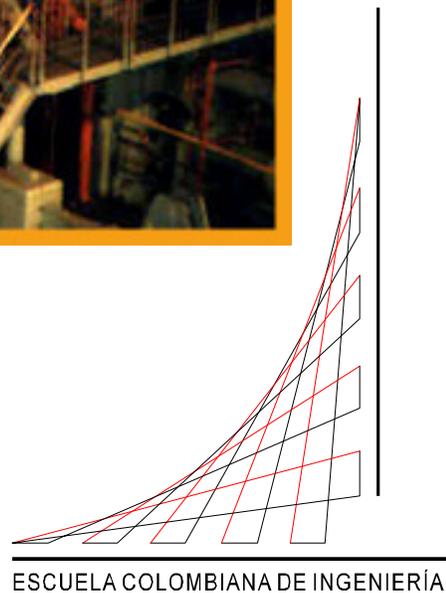


# **CONFORMADO DE METALES PROTOCOLO**

**Curso de Materiales**



**EDICION 2008-1  
FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL  
LABORATORIO DE PRODUCCION**



**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA**

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD .....	4
OBJETIVOS .....	3
1 ASIGNACIÓN DE TIEMPOS.....	5
1.1 Extrusión .....	5
1.2 Troquelado .....	5
1.3 Doblado y Embutido.....	5
1.4 Laminado .....	5
1.5 Práctica .....	5
2 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Introducción al conformado de metales.....	6
2.1.1 Trabajo en frío.....	7
2.1.2 Trabajo en caliente.....	7
2.2 Operaciones de formado o preformado de láminas de metal.....	8
2.2.1 Operaciones de Corte.....	8
2.2.2 Doblado .....	12
2.2.3 Embutido .....	15
2.3 Procesos de deformación volumétrica. ....	17
2.3.1 Laminado .....	17
2.3.2 Forjado .....	19
2.3.3 Extrusión .....	20
3 PASOS PARA LA REALIZACION DE LA PRUEBA DE METALES.....	23
3.1 Proceso de Troquelado de lámina:.....	23
3.2 Proceso de Embutido de lámina:.....	24
3.3 Procedimiento de doblado de lámina: .....	24
3.3 Procedimiento de extrusión de bloques: .....	25
4. FORMATO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	26
4.1 Práctica Troquelado .....	26
4.2 Práctica Doblado .....	26
4.2 Práctica Extrusión .....	27
4 BIBLIOGRAFÍA.....	28
5 CONTENIDO DEL INFORME DE LA PRÁCTICA CONFORMADO DE METALES.....	29

## INTRODUCCIÓN

En el proceso de formación de un Ingeniero Industrial, es muy importante el conocimiento de la Ciencia de los Materiales, ya que esta proporciona las herramientas necesarias para comprender el comportamiento general de cualquier material, lo cual es necesario a la hora de desarrollar adecuadamente diseños de componentes, sistemas y procesos que sean confiables y económicos.

## OBJETIVOS

Los objetivos que persigue la correcta realización de esta práctica son:

- Conocer algunos procesos de conformación de metales (troquelado, doblado, embutido, laminado y extrusión), determinando sus generalidades, variables involucradas y aplicaciones de cada proceso estudiado.
- Practicar el manejo adecuado de cada una de las partes de la prensa hidráulica.
- Conocer los dispositivos utilizados en los procesos: troquel, matrices y punzones.
- Leer e interpretar los datos arrojados por la carátula del manómetro y el calibrador que indican el desplazamiento de la prensa hidráulica.
- Determinar los tiempos de alistamiento de los procesos estudiados.
- Conocer aplicaciones importantes de los procesos de conformado de metales.
- Conocer la importancia de los instrumentos de seguridad para la práctica, de las herramientas y el uso adecuado de los mismos.

## INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Para evitar lesiones y/o fallas en la maquinaria e implementos de apoyo, causados durante la realización de la práctica, es necesario que los estudiantes al momento de realizarla tengan en cuenta:

- Es importante portar los implementos de seguridad necesarios: guantes de cuero y gafas de seguridad.
- Al manejar herramientas y piezas de trabajo de bordes cortantes debe tener cuidado de evitar cortarse. Utilice un trozo de trapo para proteger su mano.
- Las piezas de trabajo deben soportarse rígidamente y sujetarse con firmeza para resistir las grandes fuerzas de corte que por lo general se encuentran en el maquinado.
- Conocer ampliamente todo lo relacionado con la práctica antes de realizarla. Esto incluye el manejo adecuado de la máquina, del material y demás implementos utilizados en la práctica.
- En el caso de tener cabello largo, mantenerlo muy bien recogido durante la práctica.
- Seguir atentamente las instrucciones del monitor a lo largo de la realización de la práctica.

# 1 ASIGNACIÓN DE TIEMPOS

## Sesión I

### 1.1 Extrusión

TEORIA	TIEMPO (min.)
-Explicación del proceso y conocimiento de las partes del dispositivo de extrusión.	20
Tiempo Total	20

### 1.2 Troquelado

TEORIA	TIEMPO (min.)
-Explicación del proceso y conocimiento de las partes del troquel.	15
Tiempo Total	15

## Sesión II

### 1.3 Doblado y Embutido

TEORIA	TIEMPO (min.)
-Explicación del proceso y conocimiento de las partes del dispositivo de doblado.	10
Práctica de doblado.	20
-Explicación del proceso y conocimiento de las partes del dispositivo de embutición.	10
Tiempo Total	40

### 1.4 Laminado

TEORIA	TIEMPO (min.)
-Conocimiento de generalidades del laminado.	5
Tiempo Total	20

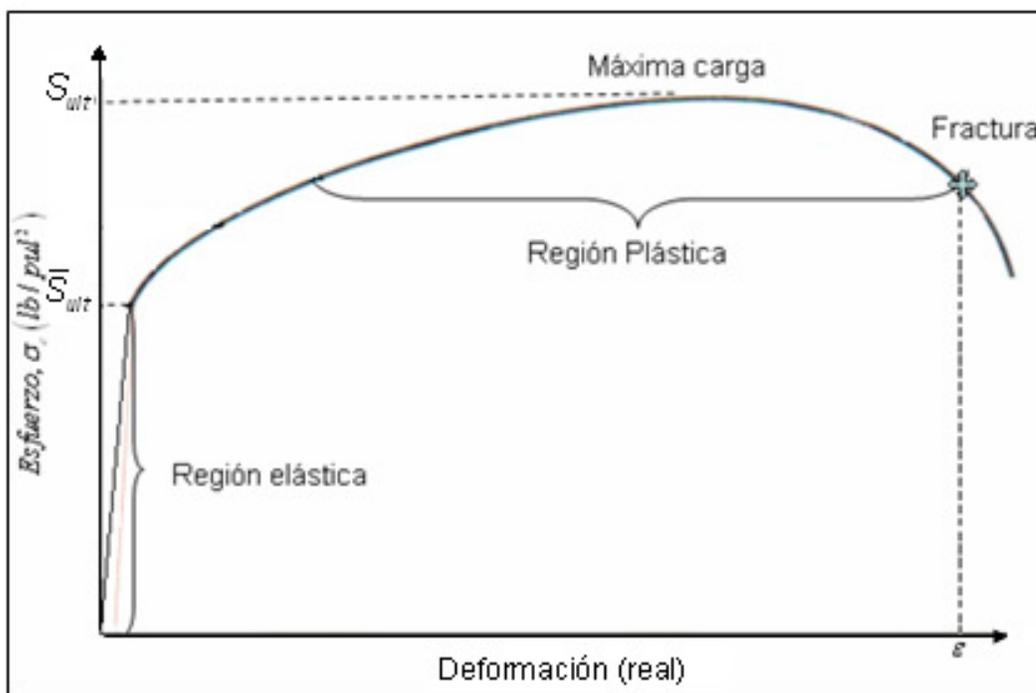
### 1.5 Práctica

PRÁCTICA	TIEMPO (min.)
-Práctica de extrusión.	35
-Práctica de troquelado.	20
-Práctica de laminado.	40
-Práctica de doblado.	15
Tiempo Total	105

## 2 MARCO TEÓRICO.

### 2.1 Introducción al conformado de metales

Debido a que los metales deben ser conformados en la zona de comportamiento plástico es necesario superar el límite de fluencia para que la deformación sea permanente. Por lo cual, el material es sometido a esfuerzos superiores a sus límites elásticos, estos límites se elevan consumiendo así la ductilidad. Este proceso se ilustra en la Figura No. 1.

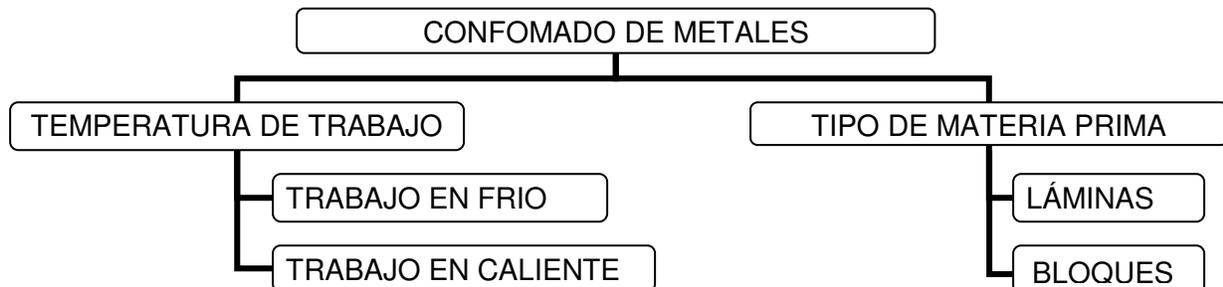


**Figura 1.** Curva de esfuerzo- deformación

En el conformado de metales se deben tener en cuenta ciertas propiedades, tales como un bajo límite de fluencia y una alta ductilidad. Estas propiedades son influenciadas por la temperatura: cuando la temperatura aumenta, el límite de fluencia disminuye mientras que la ductilidad aumenta.

Existe para esto un amplio grupo de procesos de manufactura en los cuales las herramientas, usualmente un dado de conformación, ejercen esfuerzos sobre la pieza de trabajo que las obligan a tomar la forma de la geometría del dado.

A continuación se muestra el tipo de distinciones a tener en cuenta cuando se estudian los procesos de conformación de metales:



### 2.1.1 Trabajo en frío

Se refiere al trabajo a temperatura ambiente o menor. Este trabajo ocurre al aplicar un esfuerzo mayor que la resistencia de cedencia original de metal, produciendo a la vez una deformación.

Las principales ventajas del trabajo en frío son: mejor precisión, menores tolerancias, mejores acabados superficiales, posibilidades de obtener propiedades de dirección deseadas en el producto final y mayor dureza de las partes.

Sin embargo, el trabajo en frío tiene algunas desventajas ya que requiere mayores fuerzas porque los metales aumentan su resistencia debido al endurecimiento por deformación, produciendo que el esfuerzo requerido para continuar la deformación se incremente y contrarreste el incremento de la resistencia (Figura No. 1); la reducción de la ductilidad y el aumento de la resistencia a la tensión limitan la cantidad de operaciones de formado que se puedan realizar a las partes.

### 2.1.2 Trabajo en caliente

Se define como la deformación plástica del material metálico a una temperatura mayor que la de recristalización. La ventaja principal del trabajo en caliente consiste en la obtención de una deformación plástica casi ilimitada, que además es adecuada para moldear partes grandes porque el metal tiene una baja resistencia de cedencia y una alta ductilidad.

Los beneficios obtenidos con el trabajo en caliente son: mayores modificaciones a la forma de la pieza de trabajo, menores fuerzas y esfuerzos requeridos para deformar el material, opción de trabajar con metales que se fracturan cuando son trabajados en frío, propiedades de fuerza generalmente isotrópicas y, finalmente, no ocurren endurecimientos de partes debidas a los procesos de trabajo.

Sin embargo el acabado superficial y las tolerancias suelen ser más bajas en comparación con el trabajo en frío, las partes trabajadas tienen un comportamiento anisotrópico. Así mismo, es más difícil de registrar el control de exactitud dimensional debido a la combinación de deformación elástica y contracción térmica del metal, por lo cual en el diseño de la pieza es necesario tener en cuenta una dimensión mayor al iniciar cualquier operación.

En la práctica, el trabajo en caliente se realiza desde temperaturas un poco mayores a  $0.5T_m$  (la mitad de la temperatura de fusión). El proceso de deformación genera por sí mismo calor que incrementa las temperaturas de trabajo en sectores localizados de las partes, lo que puede causar la fusión indeseable de dichas regiones.

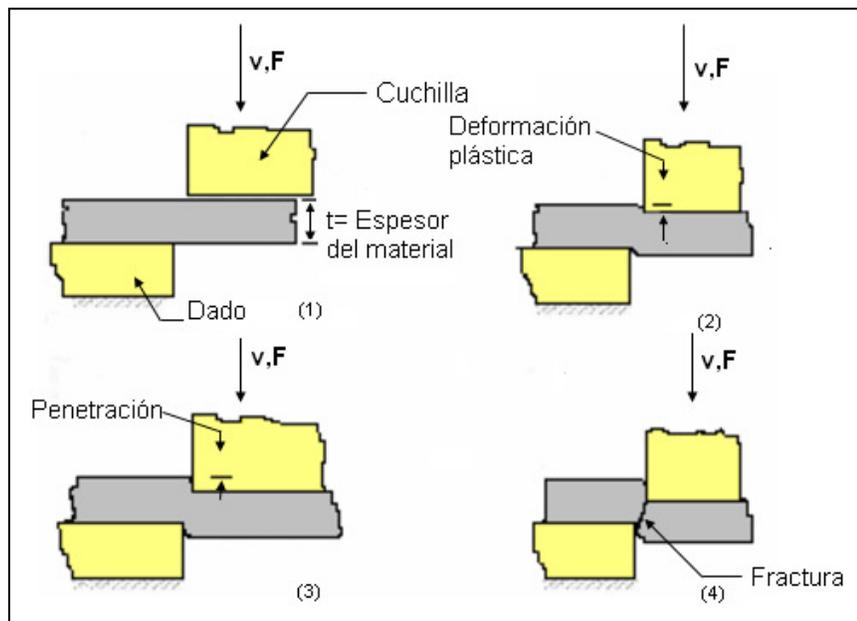
## 2.2 OPERACIONES DE FORMADO O PREFORMADO DE LÁMINAS DE METAL

Los procesos de conformado de láminas son operaciones realizadas en láminas, tiras y rollos, realizadas a temperatura ambiente con sistemas de punzones y dados. Algunos de ellas son: operación de corte, doblado y embutido.

### 2.2.1 Operaciones de Corte.

#### 2.2.1.1 Cizallado

Operación de corte de láminas que consiste en disminuir la lámina a un menor tamaño. Para hacerlo el metal es sometido a dos bordes cortantes, como se muestra en la Figura No. 2.



**Figura 2.** Proceso de Cizallado  
Donde **V** es la velocidad y **F** es la fuerza de la cuchilla.

## 2.2.1.2 Troquelado

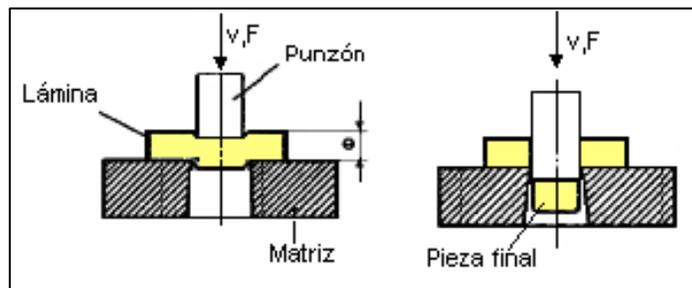
En el troquelado se cortan láminas someténdolas a esfuerzos cortantes, desarrollados entre un punzón y una matriz, se diferencia del cizallado ya que este último solo disminuye el tamaño de lámina sin darle forma alguna.

El producto terminado del troquelado puede ser la lámina perforada o las piezas recortadas (Ver Figura No. 3).



**Figura 3.** Ejemplo de Troquelado  
Fabricación de Monedas

Los parámetros que se tienen en cuenta en el troquelado son la forma y los materiales del punzón y la matriz, la velocidad y la fuerza de punzonado, la lubricación, el espesor del material y la holgura o luz entre el punzón y la matriz. La determinación de la luz influirá en la forma y la calidad del borde cortado. Entre mayor luz exista, el borde cortado será más burdo y provocará una zona más grande de deformación en la que el endurecimiento será mayor.



**Figura 4.** Proceso de Troquelado.

La altura de las rebabas se incrementa al aumentar la luz. Los bordes de herramientas desafilados contribuyen también a la formación de rebabas, que disminuyen si se aumenta la velocidad del punzón.

En algunas operaciones de troquelado la lámina perforada suele acumularse entre la porción recta de la matriz, ejerciendo una *fuerza de empaquetamiento* que se opone a la fuerza de troquelado. Por esta razón, la fuerza de troquelado debe ir aumentando conforme se realicen más operaciones.

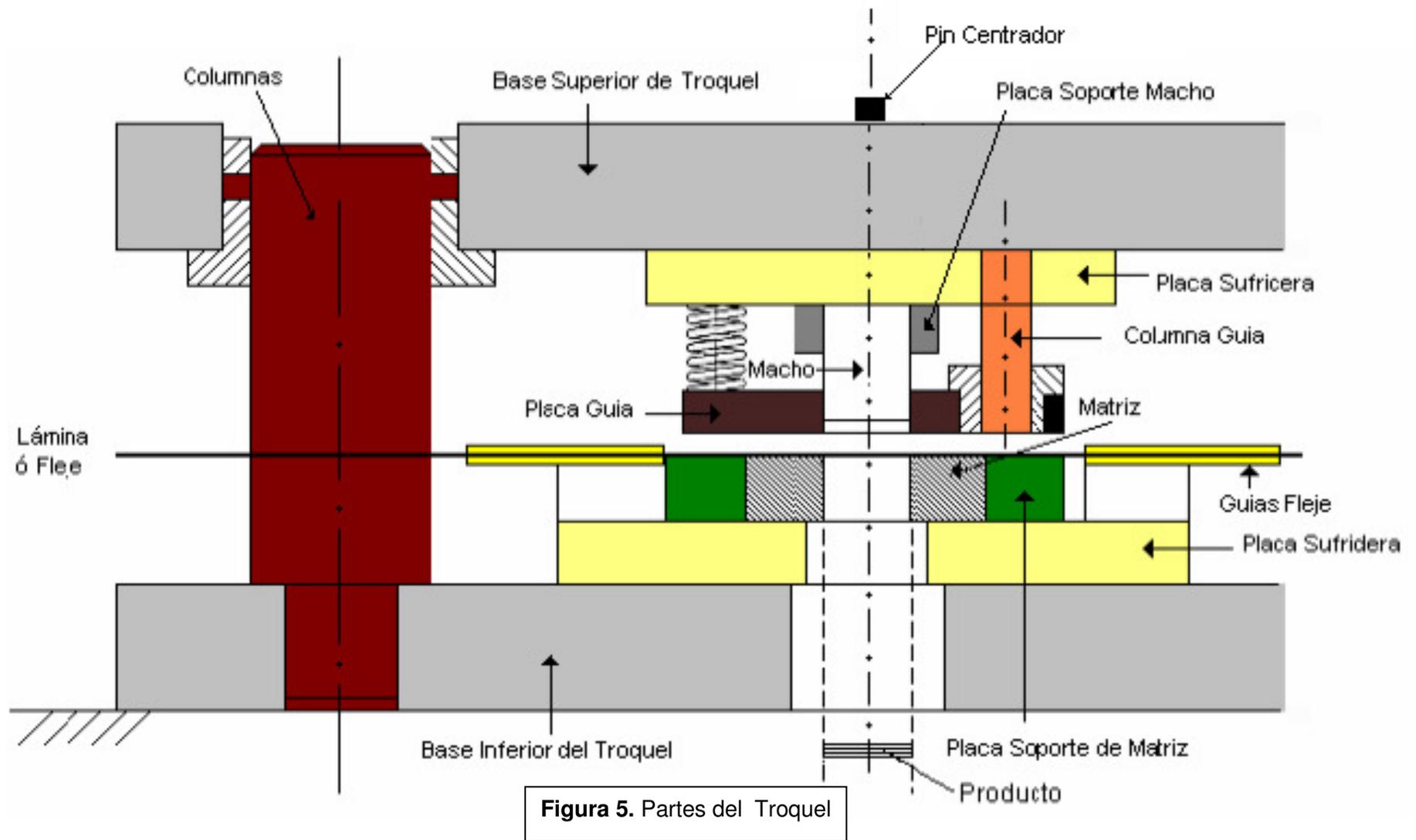
### 2.2.1.2.1 Partes de la troqueladora.

La troqueladora consta de un troquel y una prensa hidráulica que lo aloja. Las partes del troquel se muestran en la Figura No. 5 y se describen a continuación:

- Punzón o macho: Ejerce presión sobre la lámina a troquelar, cortándola gracias al juego existente entre éste y la matriz.
- Base inferior del troquel: Parte tenaz que contiene a la placa sufridera.
- Base superior del troquel: Parte tenaz que aloja al macho y contiene una placa sufridera.
- Pin centrador: permite alinear el centro de la prensa con el centro de fuerza del troquel. Esta ubicado en la superficie superior de la base superior del troquel.
- Resortes de espira redonda: Presionan la placa guía contra el fleje a troquelar, evitando que se deforme durante el corte.
- Placa pisadora o guía de punzones: Impide el movimiento de la lámina antes de realizar el troquelado y garantiza su correcta ubicación con respecto a la hembra y el macho.
- Matriz o hembra: Parte templado, ubicada en el inferior de la troqueladora. La superficie de la matriz determina la vida del troquel, debido a que posee una porción recta que se va desgastando con el uso y debe ser rectificada para conservar una buena calidad de los productos.

La parte inferior de la matriz sirve como estructura y tiene una cavidad cónica que permite la salida de los blancos.

- Placa sufridera: parte templada y revenida que impide las posibles indentaciones producidas por los continuos golpes o impactos que suceden durante la troquelada.
- Guías de Fleje (lámina): Orientan la lámina haciendo que ésta se mantenga alineada según el trabajo requerido.



### 2.2.1.2.2 Cálculo de la fuerza de troquelado (ejercida por el punzón):

La fuerza máxima del punzón,  $F_T$ , se puede estimar con la ecuación:

$$F_T = (0.57S_{ult})(tl)(k)$$

En donde  $t$  es el espesor de la lámina,  $l$  es la longitud total que se recorta (el perímetro del orificio),  $S_{ult}$  es la resistencia última a la tensión del material, y  $k$  es un factor para aumentar la fuerza teórica requerida debida al empaquetamiento de la lámina recortada, dentro de la matriz. El valor de  $k$  suele estar alrededor de 1.5.

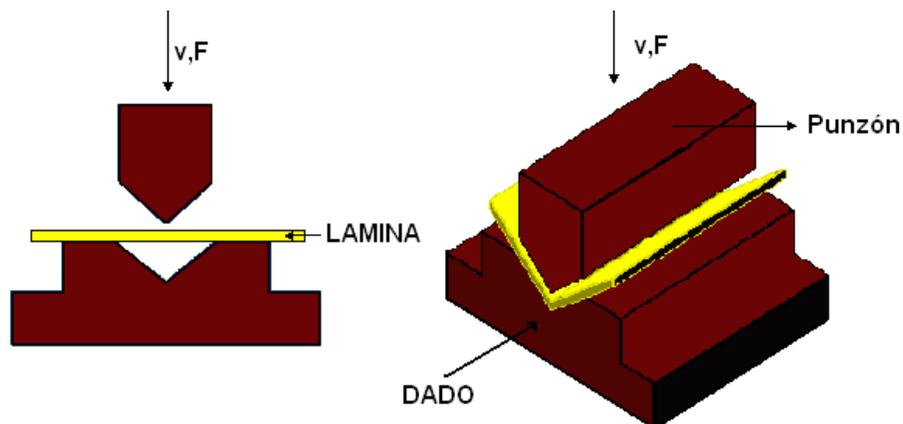
### 2.2.2 Doblado

El doblado de metales es la deformación de láminas alrededor de un determinado ángulo. Los ángulos pueden ser clasificados como abiertos (si son mayores a 90 grados), cerrados (menores a 90°) o rectos. Durante la operación, las fibras externas del material están en tensión, mientras que las interiores están en compresión. El doblado no produce cambios significativos en el espesor de la lámina metálica.

Existen diferentes formas de doblado, las más comunes son: doblado entre dos formas y doblado deslizante.

#### Doblado entre formas:

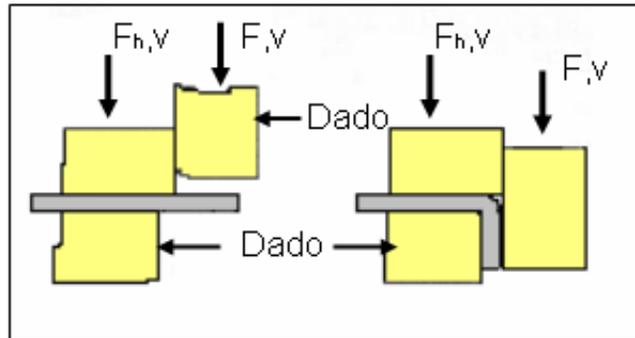
En este tipo de doblado, la lámina metálica es deformada entre un punzón en forma de V u otra forma y un dado. Se pueden doblar con este punzón desde ángulos muy obtusos hasta ángulos muy agudos. Esta operación se utiliza generalmente para operaciones de bajo volumen de producción.



**Figura 6.** Doblado en V. (1) Antes y (2) Después del doblado.

### Doblado Deslizante:

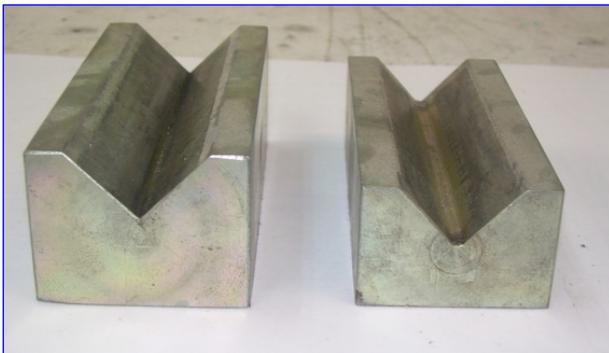
En el doblado deslizante, una placa presiona la lámina metálica a la matriz o dado mientras el punzón le ejerce una fuerza que la dobla alrededor del borde del dado. Este tipo de doblado está limitado para ángulos de 90°. (Ver Figura No. 7)



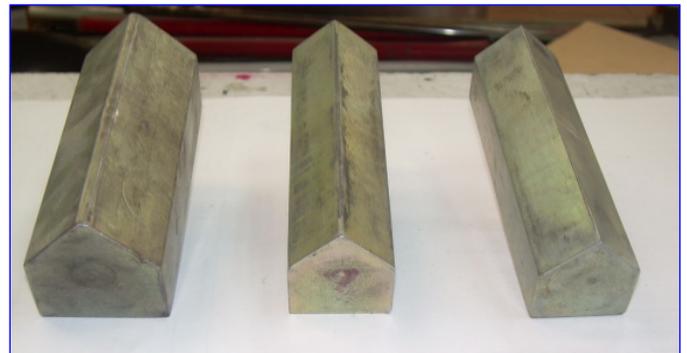
**Figura 7.** Doblado deslizante (1) Antes y (2) Después del doblado.  
Donde  $F_h$  = Fuerza de sujeción,  $F_v$  = fuerza de doblado aplicada

Cuando se remueve la fuerza de doblado, la lámina intenta regenerarse gracias a una propiedad elástica de los metales conocida como memoria, restitución o recuperación. Esta propiedad no sólo se observa en láminas y placas planas, sino también en varillas, alambres y barras con cualquier perfil transversal.

#### 2.2.2.1 Punzones de doblado



**Figura No. 8.** Dados



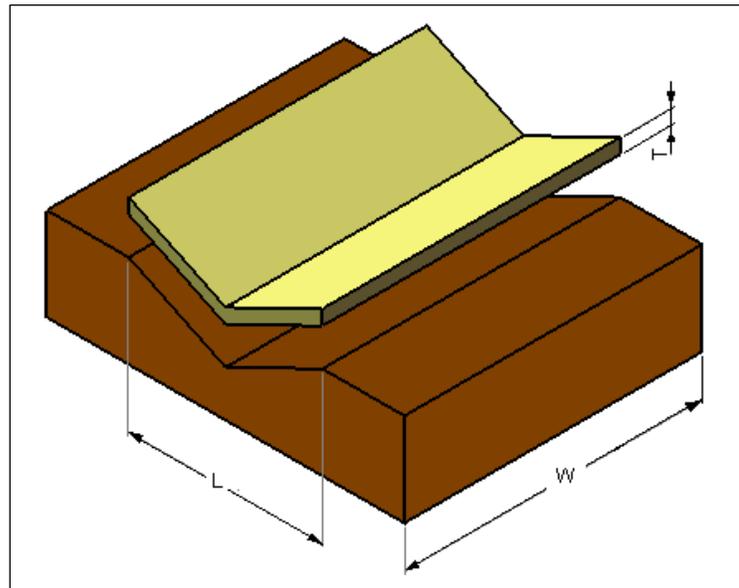
**Figura No. 9.** Punzones

Los punzones se diferencian por las siguientes características: radio y ángulo de doblado. El ángulo de doblado es medido entre las dos caras que forman la arista del punzón alrededor de la cual se doblan las láminas y el radio de doblado determina el chaflán de dichas aristas. En la Figura No. 8 y 9 se muestran dos dados y tres punzones.

### 2.2.2.2 Cálculo de la fuerza para doblado de láminas:

La fuerza de doblado es función de la resistencia del material, la longitud  $L$  de la lámina, el espesor  $T$  de la lámina, y el tamaño  $W$  de la abertura del dado. Para un dado en  $V$ , se suele aproximar la *fuerza máxima de doblado*,  $F_D$ , con la siguiente ecuación:

$$F_D = \frac{LT^2 S_{ult}}{W}$$



**Figura 10.** Gráfica del dado y la lámina de doblado.

Símbolos para calcular la fuerza de doblado (Ver Figura No. 10):

$S_{ult}$  = Esfuerzo último de tensión del material,  $\left[ \frac{lb}{pul^2} \right]$  o  $[Pa]$

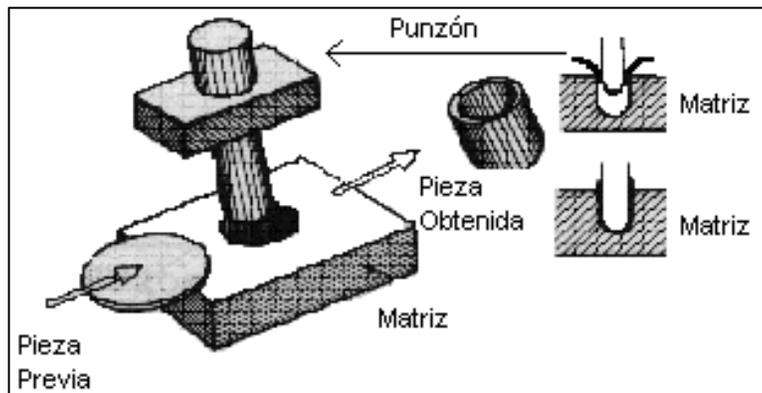
$L$  = longitud de la lámina,  $[pul]$  ó  $[mm]$

$T$  = espesor,  $[pul]$  ó  $[mm]$

$W$  = luz entre apoyos o abertura del dado,  $[pul]$  ó  $[mm]$

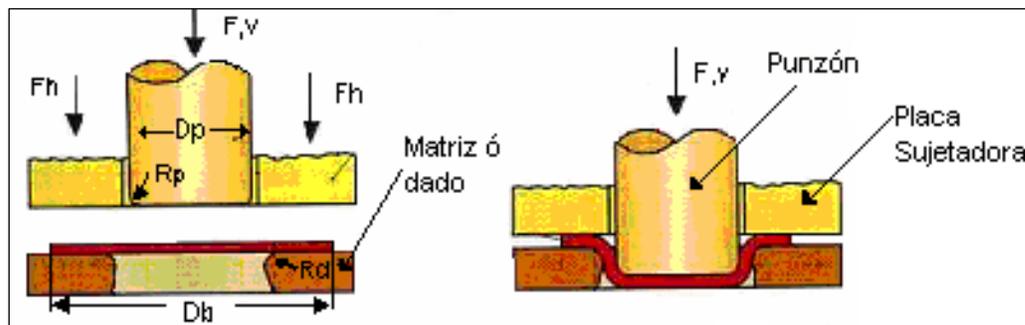
### 2.2.3 Embutido

El embutido consiste en colocar la lámina de metal sobre un dado y luego presionándolo hacia la cavidad con ayuda de un punzón que tiene la forma en la cual quedará formada la lámina.



**Figura 11.** Pieza Embutida

Un ejemplo de embutido es la fabricación de una copa metálica. Para este caso, un blanco de diámetro  $D_b$  es embutido en un dado por un punzón de diámetro  $D_p$ . Los radios en las esquinas del dado y el punzón están dados por  $R_p$  y  $R_d$ . El punzón ejerce una fuerza  $F$  hacia abajo para lograr la deformación del metal; además, una fuerza  $F_h$  es aplicada hacia abajo por la placa sujetadora, que estabilizará el flujo de la lámina para que éste sea parejo. El punzón baja hasta que la lámina ha quedado introducida en la luz entre punzón y matriz, y el resultado es una pieza fabricada en forma de cilindro de diámetro  $D_p$ . (Ver Figura No. 12)



**Figura 12.** Proceso de Embutición

El número de etapas de embutición depende de la relación que exista entre la magnitud del disco y de las dimensiones de la pieza embutida, de la facilidad de embutición, del material y del espesor de la chapa<sup>1</sup>. Es decir, cuanto más complicadas las formas y más profundidad sea necesaria, tanto más etapas serán incluidas en dicho proceso.



**Figura 13.** Pieza Embutida en varias etapas

### 2.2.3.1 Partes del dispositivo de embutición:

- Punzón, ver Figura No. 8.
- Matriz o hembra de doblado, ver Figura No. 8.
- Pines guías.
- Placa sujetadora del material en bruto.

<sup>1</sup> <http://www.metalunivers.com/fotos/86619.jpeg>

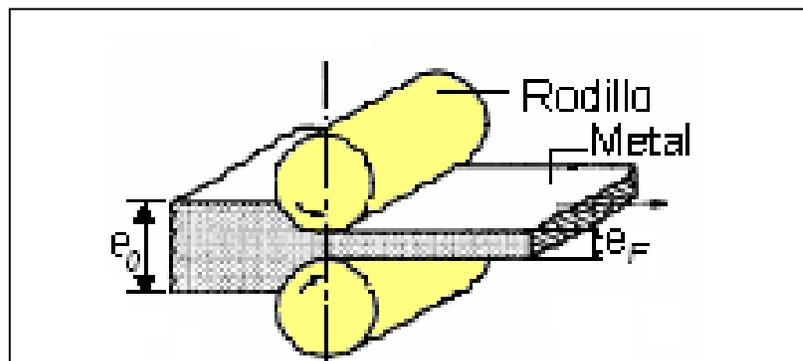
### 2.3 Procesos de deformación volumétrica.

Los procesos de conformado de bloques provocan deformaciones y cambios drásticos de formas en los materiales. Las formas iniciales de las piezas son, en este caso, barras rectangulares y cilíndricas, para operaciones de deformación como laminado, forjado, extrusión y estirado (trefilado).

Los procesos de deformación de bloques se realizan en operaciones de trabajo en frío y en caliente. El trabajo en frío se realiza cuando hay necesidad de mejorar las propiedades mecánicas o alcanzar un buen acabado superficial. El trabajo en caliente se requiere cuando se involucra la deformación volumétrica de grandes piezas de trabajo.

#### 2.3.1 Laminado

El laminado es un proceso en el que se reduce el espesor de una pieza larga a través de fuerzas de compresión ejercidas por un juego de rodillos, que giran apretando y halando la pieza entre ellos.



**Figura 14.** Proceso de Laminación

El resultado del laminado puede ser la pieza terminada (por ejemplo, el papel aluminio utilizado para la envoltura de alimentos y cigarrillos), y en otras, es la materia prima de procesos posteriores, como el troquelado, el doblado y la embutición.

Generalmente el laminado se realiza en caliente como se ilustra en la Figura No. 15. Este proceso comienza con una colada continua en donde se recalienta el acero en un foso de termodifusión, luego el acero pasa por una serie de rodillos que desbastan el material (proceso laminado) y finalmente la lámina es almacenada en rollos.

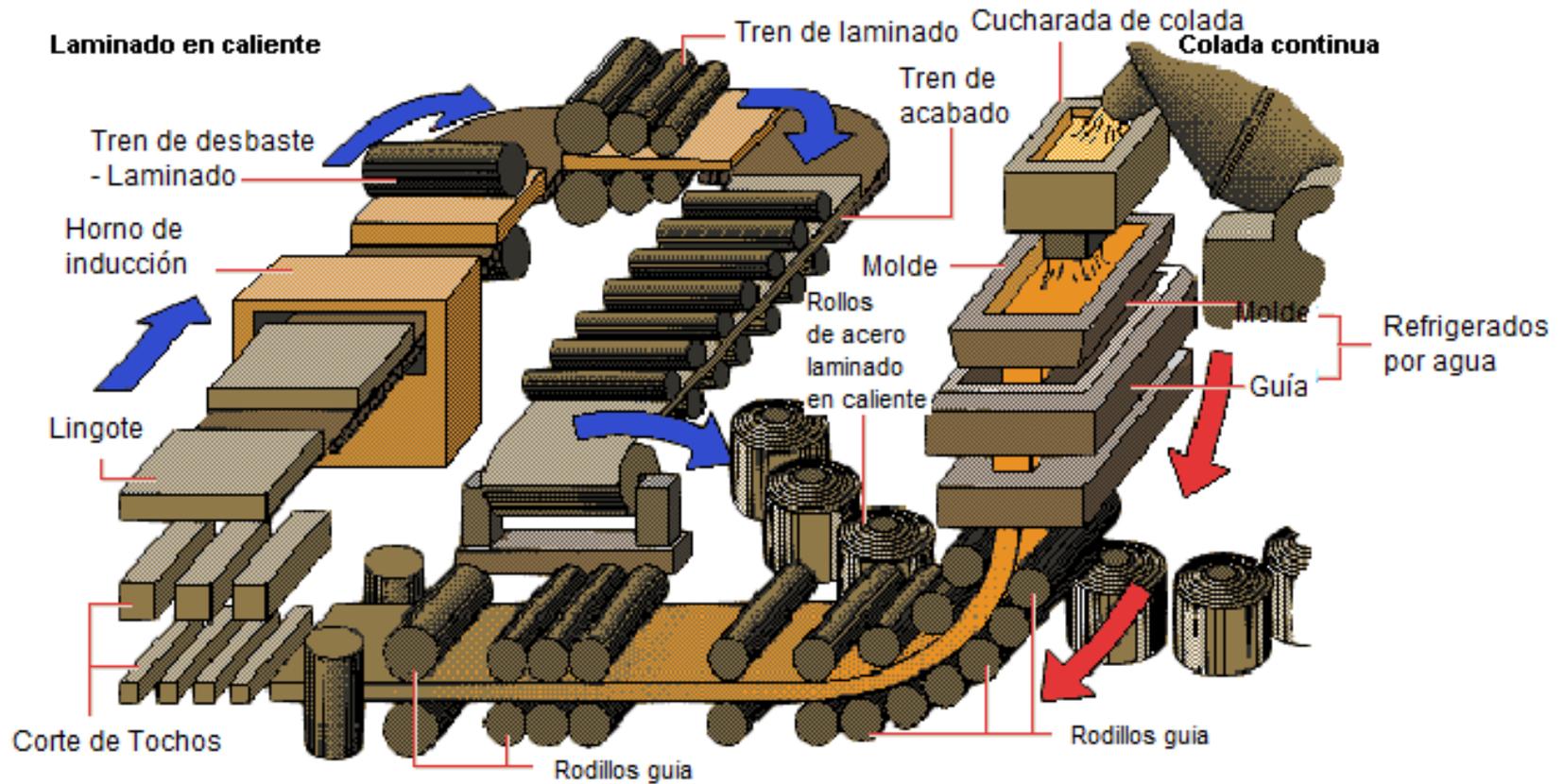


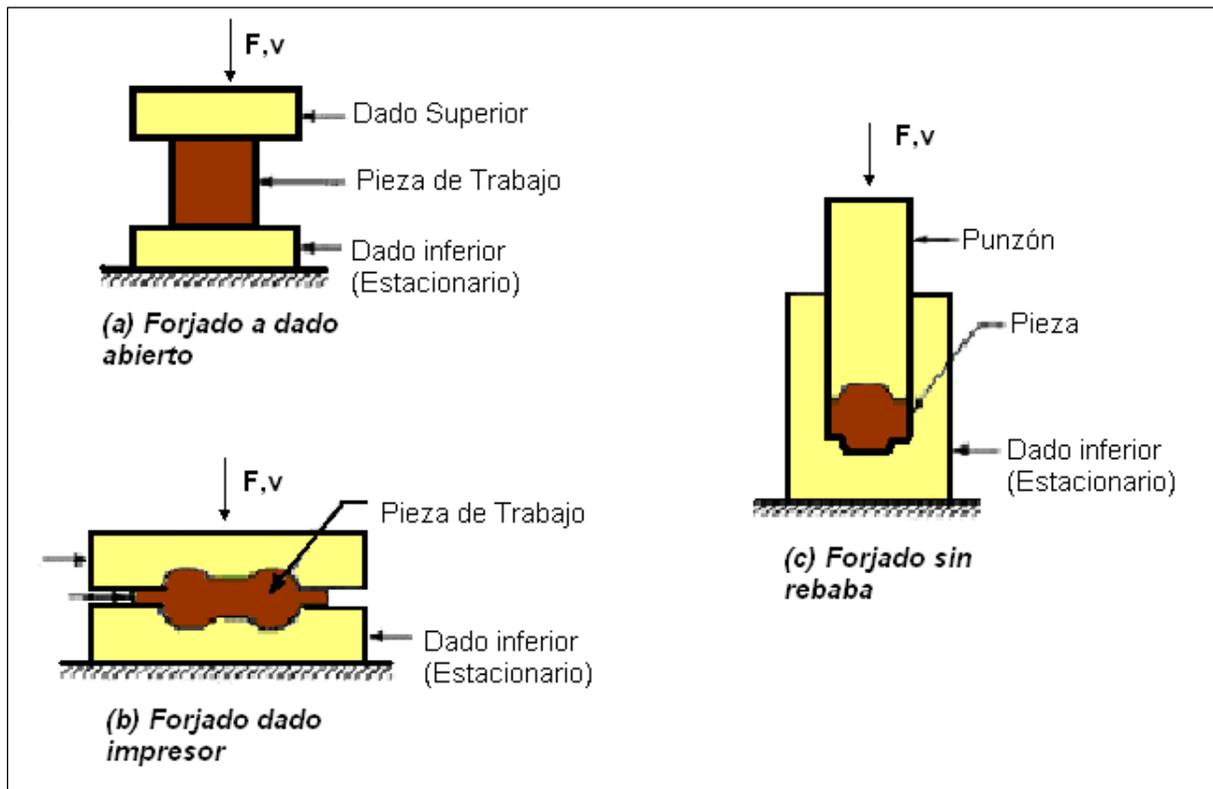
Figura 15. Trabajo en caliente

### 2.3.2 Forjado

El forjado fue el primero de los procesos del tipo de compresión indirecta y es probablemente el método más antiguo de formado de metales. Involucra la aplicación de esfuerzos de compresión que exceden la resistencia de fluencia del metal.

En este proceso de formado se comprime el material entre dos dados, para que tome la forma deseada. Existen tres tipos de operación de forjado (Figura No. 16):

- En el *Forjado a dado abierto* el material se comprime entre dos planos, permitiendo que el material fluya sin restricción en sus caras laterales.
- En el *Forjado en dado impresor*, el dado de compresión ejerce fuerza sobre la superficie de la pieza, haciendo que esta tome la forma del dado. A pesar de que aumenta la restricción en el metal, es posible que este fluya más allá del dado impresor lo que causa un exceso de material (rebaba).
- En el *Forjado sin rebaba* el dado restringe completamente el material dentro de la cavidad y no se produce rebaba excedente.



**Figura 16.** Tipos de Forjado.

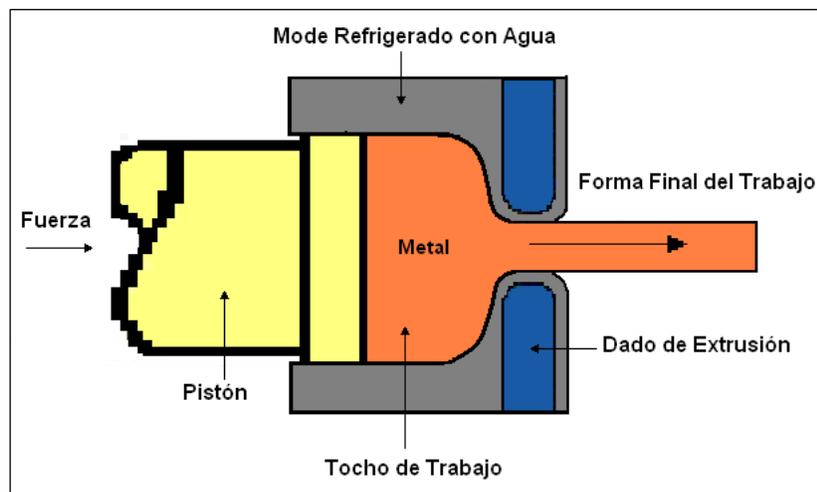
La mayoría de operaciones de forjado se realiza en caliente, dada la deformación demandada en el proceso y la necesidad de reducir la resistencia e incrementar la ductilidad del metal. Sin embargo este proceso se puede realizar en frío, la ventaja es la mayor resistencia del componente, que resulta del endurecimiento por deformación.

### 2.3.3 Extrusión

La extrusión es un proceso por compresión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir a través de la abertura de un dado para darle forma a su sección transversal. Ejemplos de este proceso son secciones huecas, como tubos, y una variedad de formas en la sección transversal.

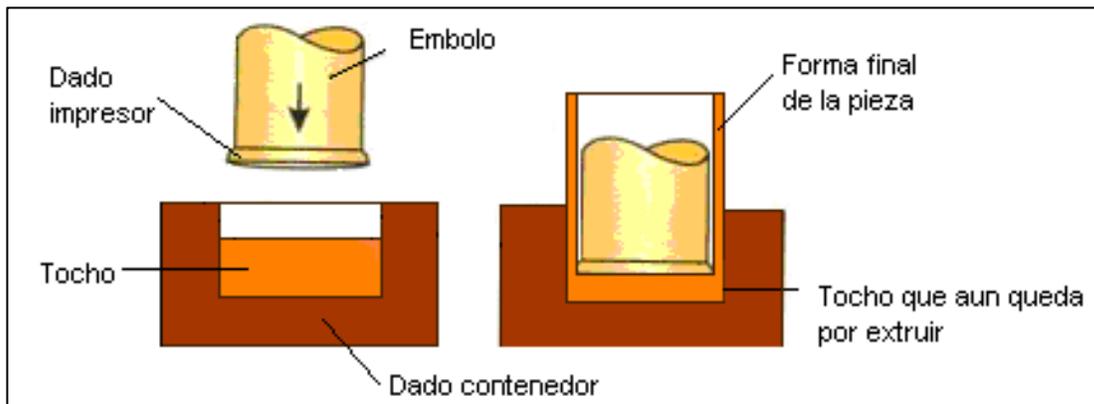
Los tipos de extrusión dependen básicamente de la geometría y del material a procesar. Existe el proceso de extrusión directa, extrusión indirecta, y para ambos casos la extrusión en caliente para metales (a alta temperatura).

En la extrusión directa, se deposita en un recipiente un lingote en bruto llamado tocho, que será comprimido por un pistón, tal cual como lo muestra la Figura No. 17. Al ser comprimido, el material se forzará a fluir por el otro extremo adoptando la forma que tenga la geometría del dado.



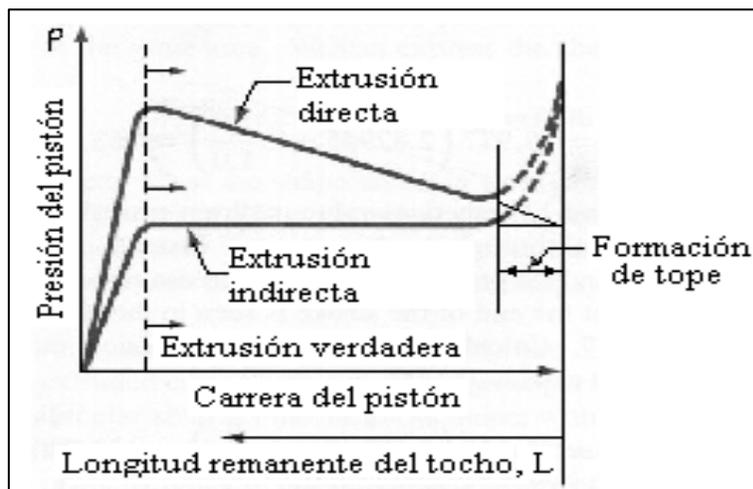
**Figura 17.** Proceso de Extrusión

La extrusión indirecta o inversa (ver Figura No. 18) consiste en un dado impresor que está montado directamente sobre el émbolo. La presión ejercida por el émbolo se aplica en sentido contrario al flujo del material. El tocho se coloca en el fondo del dado contenedor.



**Figura 18.** Proceso de Extrusión Indirecta inversa

En la extrusión indirecta, el lingote no se mueve a través del recipiente, por lo tanto, no hay fricción en las paredes de éste y la fuerza del pistón es menor que en la extrusión directa. Esta situación se representa en la Figura No. 19.



**Figura 19.** Gráfica de presión versus carrera del pistón para extrusión directa e indirecta.

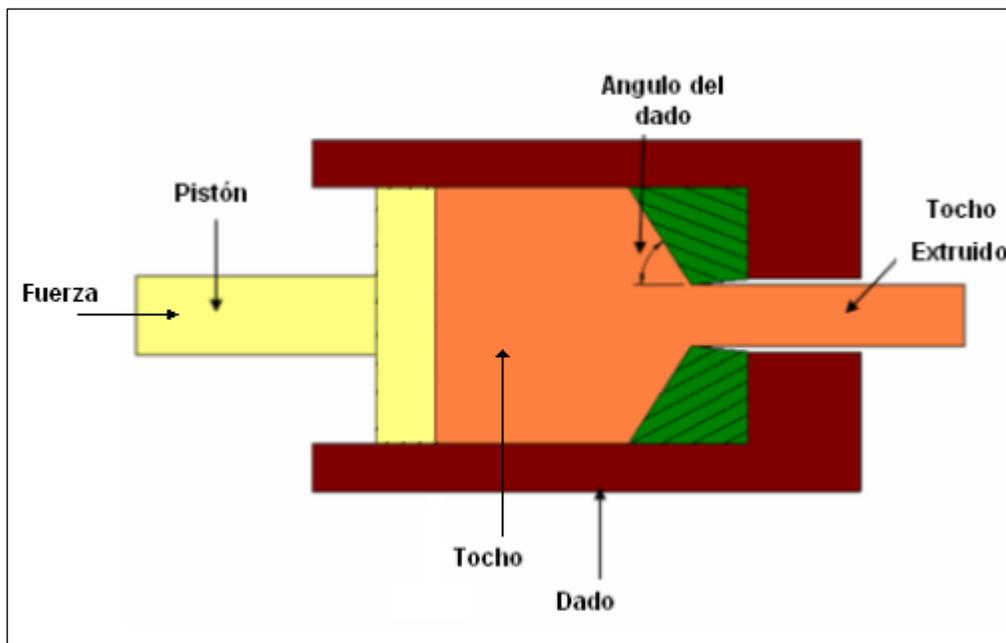
### 2.3.3.1 Cálculo de la fuerza de extrusión:

La fórmula para calcular la presión del émbolo es la siguiente:

$$p = \bar{Y}_f \left( \epsilon_x + \frac{2L}{D_0} \right)$$

La presión del émbolo en la extrusión depende de la resistencia a la fluencia promedio durante la deformación  $\bar{Y}_f$ ; de la deformación real de extrusión  $\epsilon_x$  y de la presión debida a fricción en la interfase contenedor-tocho. L es la porción de la longitud del tocho remanente durante el proceso y  $D_0$  es el diámetro original del tocho.

La deformación real de extrusión está dada por:  $\epsilon_x = a + b \ln r$ , en donde a y b son constantes empíricas para el ángulo del dado (ver Figura No. 20).



**Figura 20.** Dado y ángulo de dado de extrusión

En esta práctica obtendremos los valores de la presión manométrica y la longitud del tocho. Con estos dibujaremos una grafica de  $P_t$  vs  $L_t$ . (presión tocho vs longitud del tocho, ver Figura No. 19). Para poder graficar estos datos debemos tener en cuenta la relación que hay entre la presión manométrica ( $P_M$ ) y la presión del tocho ( $P_T$ ):

$$P_T = P_M * \frac{A_p}{A_T}$$

$A_0$  = Área de la sección transversal del tocho inicial  $pu^2(mm^2)$

$A_T$  = Área final de la sección recta de la parte extruida.  $pu^2(mm^2)$

### 3 PASOS PARA LA REALIZACION DE LA PRUEBA DE METALES.

#### 3.1 Proceso de Troquelado de lámina:

1. Identificar cada una de las partes del troquel.
2. Establecer las funciones de cada uno de los estudiantes.
3. Realizar las mediciones correspondientes al espesor de la lámina y al perímetro del punzón, (ver Formato 4.1)
4. Determinar la resistencia última a la tensión del material.
5. Realizar el montaje del troquel en la prensa, tomando mediciones de tiempo (tiempo de alistamiento):
  - a. Colocar el punzón.
  - b. Colocar la matriz.
  - c. Pre-asegurar el sistema de punzón y matriz con bridas de sujeción.
  - d. Verificar que las caras marcadas con cero estén en el mismo plano.
  - e. Centrar la matriz con respecto al punzón.
  - f. Realizar un troquelado en papel para observar el juego y asegurar el sistema.
  - g. Realizar el primer troquelado de prueba.
  - h. Utilizar el primer hueco troquelado como guía para la siguiente operación.
6. Troquelar la lámina.

### 3.2 Proceso de Embutido de lámina:

1. Identificar el punzón de embutido.
2. Establecer las funciones de cada uno de los estudiantes.
3. Realizar el montaje del punzón en la prensa:
  - a. Colocar el punzón.
  - b. Colocar la matriz.
  - c. Pre-asegurar el sistema de punzón y matriz con bridas de sujeción.
  - d. Verificar que las caras marcadas con cero estén en el mismo plano.
  - e. Centrar la matriz con respecto al punzón.
  - f. Colocar la lámina resultante del troquel entre el punzón y la matriz. (Ver Figura No. 7).
4. Embutir la lámina.
5. Sacar la chapa de la matriz cuidadosamente.
6. Observar la chapa resultante.

### 3.3 Procedimiento de doblado de lámina:

1. Identificar cada una de las partes del dispositivo de doblado.
2. Establecer las funciones de cada uno de los estudiantes.
3. Realizar las mediciones correspondientes al espesor  $t$  y longitud  $L$  de la lámina y geometría del dado  $w$ , correspondientes a la Figura No. 9 y al Formato 4.2 de Practica de Doblado.
4. Determinar la resistencia última a la tensión del material.
5. Medir el ángulo de doblado de los dados.
6. Ejecutar el montaje del sistema de doblado, realizando mediciones de tiempo (tiempo de alistamiento):
7. Utilizar el pin centrador para ubicar el punzón.
8. Colocar el dado alineado con el punzón.
9. Ubicar la lámina a doblar entre el punzón y el dado.
10. Utilizar la prensa para ejercer la presión sobre la lámina, observando la presión del manómetro.
11. Retirar el montaje y medir el ángulo de doblado de la lámina.

### 3.3 Procedimiento de extrusión de bloques:

Los pasos para el proceso de doblado son:

1. Identificar cada una de las partes del dispositivo de extrusión.
2. Establecer las funciones de cada uno de los estudiantes.
3. Tomar información de tocho y del dado, registrarla en la sección 5.3 Practica de extrusión.
4. Hacer el montaje del sistema de extrusión, realizando mediciones de tiempo (tiempo de alistamiento)
5. Utilizar el pin centrador para ubicar el punzón.
6. Colocar el dado alineado con el punzón.
7. Ubicar el bloque a extruir entre el punzón y el dado. Si es necesario agregar grasa al tocho con el fin de disminuir la fricción de este con el dado.
8. Utilizar la prensa para ejercer la presión sobre el tocho, observando la presión del manómetro. Registrar las presiones iniciales, como presión media hasta el punto en donde la presión manométrica comienza a descender, desde este punto recolecte los datos con otro compañero, que diga la presión más alta y la más baja, finalmente con estos datos determine la presión media. No olvide ir registrando la longitud del calibrado para cada presión registrada. Siga la tabla 1 (Recolección de datos de la práctica de extrusión)
9. Retirar el montaje y medir la longitud de la pieza final.

## 4. FORMATO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

### 4.1 Práctica Troquelado

Material de la lámina: \_\_\_\_\_

Cálculo de la fuerza de troquelado:

Espesor de la lámina T (mm)	
Perímetro del orificio L (mm)	
Resistencia última del material $\sigma_{ult}$ (psi)	
Fuerza de troquelado	

Análisis de la presión:

Número del troquelado	Presión correspondiente
1	
2	
3	
4	

Análisis de la práctica:

---



---



---

### 4.2 Práctica Doblado

Cálculo de la fuerza de doblado:

Número del doblado	1	2	3
Material			
Espesor de la lámina T (mm)			
Longitud de la lámina L (mm)			
Abertura del Dado W (mm)			
Resistencia última $\sigma_{ult}$ (psi)			
Fuerza de doblado			

Análisis:

Número del doblado	1	2	3
Ángulo del punzón (°)			
Ángulo de la lámina (°)			
Presión			
Notas			

Análisis de la práctica:

---



---



---

## 4.2 Práctica Extrusión

Informaciones sobre el tocho:

Material: \_\_\_\_\_

Diámetro: \_\_\_\_\_

Longitud: \_\_\_\_\_

Informaciones sobre el dado:

Diámetro: \_\_\_\_\_

Ángulo: \_\_\_\_\_

Longitud inicial registrada en el calibrador: \_\_\_\_\_

No. Operación	P <sub>alta</sub>	P <sub>baja</sub>	P <sub>media</sub>	Longitud calibrador	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

**Tabla 1.** Recolección de datos de la práctica de extrusión.

Análisis de la práctica:

---



---



---

## 4 BIBLIOGRAFÍA

- ASKELAND, Donal R., “Ciencia e Ingeniería de los Materiales”, Thomson Editores. México, 1998.
- Anderson, J.C. y otros, “Ciencia de los Materiales”, Limusa Editores, México, 1998.
- Flim, R.A, y otro, “Materiales de Ingeniería y sus Aplicaciones”, Mc Graw -Hill, México, 1979.
- Budinsky, K. y otro, “Engineering Materials”, Prentice

## **5 CONTENIDO DEL INFORME DE LA PRÁCTICA CONFORMADO DE METALES**

- 1. Introducción.**
- 2. Objetivos (Generales y Específicos).**
- 3. Marco Teórico.**
  - Proceso de troquelado.
  - Proceso de doblado.
  - Proceso de embutido.
  - Proceso de extrusión.
  - Averiguar aplicaciones de los procesos de conformado de metales.
  - Características de los materiales utilizados en la práctica.
- 4. Descripción de los procedimientos.**
- 5. Estudio de Campo.**
  - Formato de recolección de datos.
  - Análisis y Observaciones de los datos y procesos estudiados.
  - Análisis comparativo de tiempo de alistamiento con los tiempos de operación (respectivo).
  - Preguntas de aplicación de conceptos.
- 6. Conclusiones de la práctica.**
- 7. Recomendaciones.**
- 8. Bibliografía.**