

## εϊ3 VIDRIO εϊ3

Diferencia entre vidrio y cristal; el cristal se encuentra en la naturaleza en diferentes formas (ej. cuarzo, selenita, etc) y el vidrio es el resultado de la fusión de varios materiales (sílice, 72% aprox). Existen, sin embargo, vidrios creados por la naturaleza, como la obsidiana que tiene origen volcánico y se genera con el enfriamiento rápido de la lava. Llamamos erróneamente cristal al vidrio de plomo o vidrio óptico pues su transparencia imita al cristal de roca natural.

### Definición

Según definición ASTM (American Standard Testing Materials), el vidrio es un producto inorgánico de fusión, enfriado hasta llegar a la condición de rigidez sin cristalización. Existen una gran variedad de vidrios y una gran diversidad de procedimientos industriales o artesanales.

### Composición del vidrio

El componente principal en casi todos los vidrios es el SÍLICE que se encuentra en la arena. En la fabricación actual se añade vidrio reciclado a la mezcla en diferentes porcentajes según las especificaciones de la composición final. En envases se llega a añadir hasta el 60%.

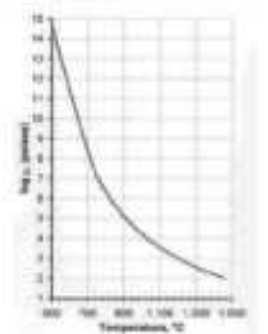
### Proceso de fusión

Los hornos para fundir el vidrio pueden ser:

- 1) De crisol (limitada capacidad)
- 2) De tanques refractarios
- 3) Refractarios continuos
- 4) Eléctricos

La fusión del vidrio se produce entre los 1500 y 1600°C, el ciclo tarda de 24 a 48Hs.

El vidrio fundido es un material viscoso, cuya viscosidad es inversamente proporcional a la temperatura.



### Usos del vidrio

- ♥ Los “vidrios técnicos”, para óptica, ampollas, tubos de televisor y monitor.
  - ♥ El vidrio PLANO para cerramientos, mobiliario, espejos e industria del automóvil.
  - ♥ Los “vidrios huecos” para ENVASES.
  - ♥ El vidrio trabajado a mano.
  - ♥ La fibra de vidrio, utilizada para la aislación térmica / acústica, para compuestos como PRFV, etc.
- Todos estos vidrios difieren por su composición, y sobre todo, por las técnicas utilizadas para su fabricación.

## Formado del vidrio

### Fundición

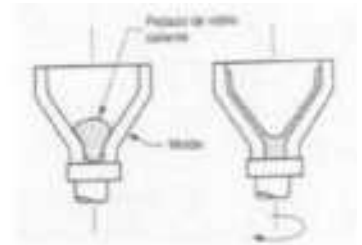
Proceso de vaciado de vidrio fundido en un molde. Requiere un enfriamiento muy lento para evitar tensiones y agrietamientos. Una vez que la pieza se enfría y solidifica se le pueden dar diferentes terminaciones para el acabado final, entre ellas están el esmerilado y el pulido. Debido a la viscosidad que mantiene el vidrio fundido no fluye adecuadamente a través de secciones pequeñas, por lo que algunas piezas tienen que resolverse por prensado.

### Prensado

Proceso muy utilizado para la producción en serie, apto para la automatización en toda la secuencia del proceso. Se pueden obtener formas más complejas debido a la presión ejercida sobre el material fundido. Los productos más comunes que se fabrican por prensado son vasos, platos, ópticas de automóviles, adornos, etc.

### Centrifugado

Se usa para producir componentes en forma de embudo como la parte trasera de televisores y monitores. La placa delantera se posiciona más tarde con un sello de vidrio de bajo punto de fusión.



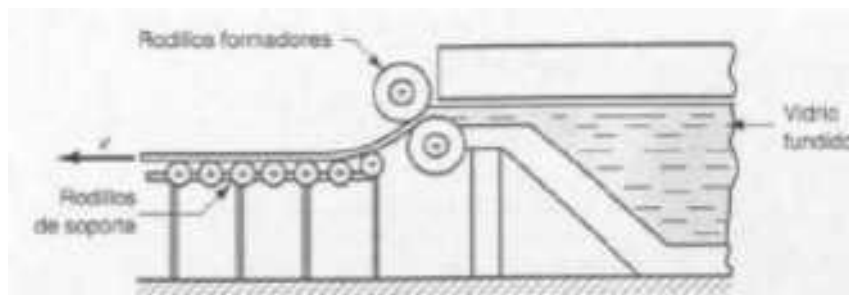
## Formado del vidrio plano

### Flotado

Inventado y patentado por Pilkington en 1959, la fabricación de vidrio plano mediante el proceso float consiste en una lámina de vidrio en estado de fusión que flota a lo largo de una superficie de estaño líquido. En el baño "Float" la masa vítrea permanece confinada en un medio cuya atmósfera es controlada, igual que la temperatura y tiempo de exposición para eliminar irregularidades y nivelar sus superficies hasta tornarlas planas, paralelas y brillantes. Debido a que la superficie del estaño es plana, la del cristal así obtenido también lo es. La lámina es enfriada lentamente mientras sigue flotando sobre el estaño, hasta que con sus dos superficies lo suficientemente endurecidas, emerge del mismo y continúa avanzando sobre rodillos, sin que éstos afecten su cara inferior.

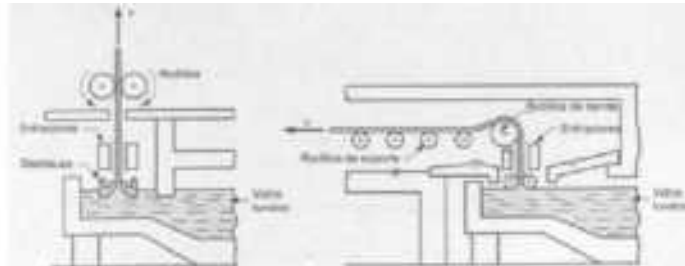
### Laminado

El laminado es un proceso alternativo para producir vidrio plano. El vidrio sale del horno y es comprimido entre rodillos que determinan el espesor final de la lámina. La lámina de vidrio debe pulirse para obtener una buena terminación superficial y paralelismo entre caras.



## Estirado

Existen varios procesos para el estirado del vidrio, uno de ellos utiliza una boquilla de salida estrecha a través de la cual se estira una lámina continua de vidrio que procede de la masa fundida. Otro proceso dobla la lámina, la va estirando y se enfría en posición vertical, ambos procesos requieren pulido para obtener buena terminación superficial y paralelismo entre caras.



## Soplado

El soplado de vidrio es un proceso que se utiliza tanto para la fabricación artesanal como para la alta serie de producción.

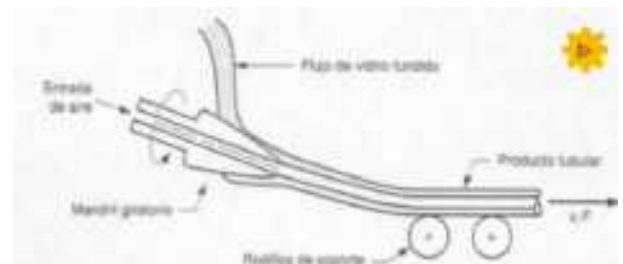
♥Prensado soplado: la pieza prensada se transfiere a un molde de soplado (recipientes de boca ancha).

♥Soplado - soplado: se utilizan dos o más operaciones de soplado en diferentes moldes (botellas de boca angosta).

Estos métodos se usan para producir envases, lámparas, vasos, equipos para laboratorio.

## Formado de tubos de vidrio

El vidrio fundido fluye alrededor de un mandril hueco giratorio a través del cual se sopla aire mientras el vidrio se estira. La temperatura del aire, su velocidad y la velocidad de estirado determinan el diámetro y espesor de la pared del tubo.



## Formado de fibra de vidrio

Las dos aplicaciones más importantes de la fibra de vidrio son:

- 1) Aislación térmica, acústica, filtrado de aire en donde las fibras se disponen al azar.
- 2) Refuerzo para PRFV, telas y fibras ópticas en donde los filamentos son continuos.

Para la primera categoría el vidrio fundido pasa a través de un disco giratorio con orificios en su periferia formando una masa con pequeñas fibras. En el segundo caso el vidrio pasa a través de orificios en una placa, cada uno de ellos produce una fibra. Las fibras se unen en un colector central, antes de ser devanadas son recubiertas con lubricantes y protectores.

## Procesado del vidrio plano

### Corte automatizado

Para estas operaciones se utilizan herramientas de corte diamantadas con el agregado de lubricantes.

### Agujereado

Para estas operaciones se utilizan herramientas de corte diamantadas con el agregado de AGUA para refrigerar la zona de corte y eliminar material generado en la operación.

### Pulido

Para el pulido se utilizan muelas diamantadas para los primeros pasos y con abrasivos como el carburo de silicio en grano fino para dar brillo al final del proceso con el agregado de AGUA para refrigerar la zona de trabajo.

### Lavado

En la operación de lavado se eliminan los residuos generados por el corte y el pulido . Se utiliza agua y se seca con corrientes de aire en el interior de la cámara.

### Serigrafiado

En el serigrafiado sobre vidrio se usan pinturas vitrificables que en el caso de un posterior tratamiento de temple endurecen con el vidrio.

### Impresión

IMPRESIÓN Tintas cerámicas: las tintas cerámicas digitales para vidrio se fusionan con este durante el proceso de templado o recocido, estas tintas permiten que la placa de vidrio pueda posteriormente curvarse o laminarse.

IMPRESIÓN UV-LED: en este tipo de impresión la tinta polimeriza y endurece a baja temperatura al estar expuesta a la luz UV.

### Satinado

En el satinado mecánico se proyectan sólidos con aire a presión, pueden ser microesferas de vidrio (blasting) o arena (arenado). En el satinado químico uno de los productos más utilizados es la soda cáustica.

### Grabado laser

El grabado láser en vidrio permite grabar en 2D y 3D con gran precisión.

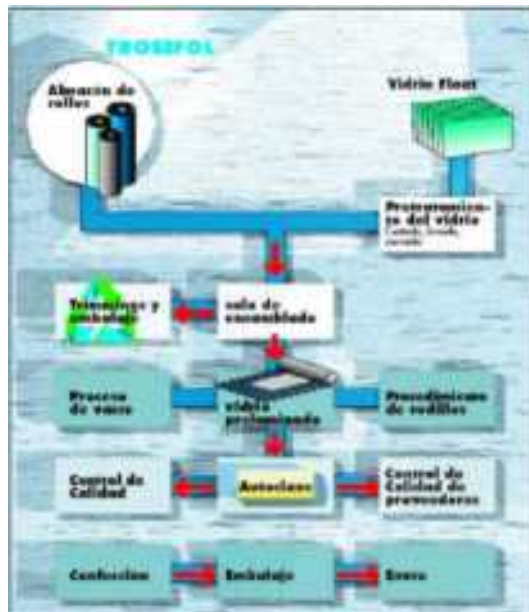
### Curvado



## Laminado



## Proceso de fabricación



## Templado

Se calienta el vidrio a una temperatura de entre 650°C y 700°C para luego enfriar rápidamente con aire a presión. Luego de esta operación no admite corte, agujereado, solamente pulido leve de bordes.

## Vidrio de seguridad

El vidrio de seguridad no se rompe o lo hace de forma segura.

## Clases de vidrios planos

### • Vidrio Común o Recocido

### • Vidrio Templado

### • Vidrio Laminado

### • Vidrio Armado

**VIDRIOS DE  
SEGURIDAD**

*Los vidrios comunes, los templados y los laminados son iguales a la vista*

#### Vidrio común o recocido

- ♥ Roto, se fragmenta en trozos con punta y bordes filosos.
- ♥ Si la rotura es por impacto humano las heridas ocasionadas pueden ser de distinta consideración hasta muy graves.
- ♥ NO DEBE emplearse en áreas vidriadas consideradas de riesgo o susceptibles de impacto humano.

#### Vidrio templado

- ♥ Es 4 a 5 veces más resistente al impacto y las variaciones de temperatura que el vidrio común.
- ♥ En caso de rotura, el paño pierde su integridad y fragmenta en pequeños trozos sin aristas filosas.
- ♥ Puede ser empleado sin marco ni carpinterías, utilizando herrajes de metal. El ejemplo más conocido son las puertas de vidrio templado.
- ♥ Todas las normas nacionales e internacionales consideran al vidrio templado como vidrio de seguridad.

#### Vidrio laminado

- ♥ En caso de rotura o impacto es difícil de atravesar.
- ♥ En caso de rotura, los trozos de vidrio roto permanecen adheridos a la lámina de PVB.
- ♥ Mantiene la integridad del paño y la visión.
- ♥ Construido con más de dos vidrios y numerosas capas de PVB, tiene propiedades desde antirrobo hasta vidrio antibala.
- ♥ Todas las normas nacionales e internacionales consideran al vidrio laminado como vidrio de seguridad.

#### Vidrio armado

- ♥ El vidrio armado es un vidrio translúcido incoloro al cual se le ha agregado (durante el proceso de producción) una malla de alambre de acero de 12 mm x 12 mm la cual, ante rotura del vidrio, actuará como soporte temporario del mismo.
- ♥ Es más seguro que el vidrio común pero no configura como de seguridad.

#### Consideraciones generales

##### El uso del Vidrio de Seguridad

- ✓ ... es imprescindible para garantizar la seguridad de las personas.
- ✓ ... disminuye los costos por accidentes y daños materiales.
- ✓ ... es un seguro para la responsabilidad profesional.

## □ CERÁMICA □

- ♥ MAYOR DUREZA.
- ♥ ESTABILIDAD TÉRMICA.
- ♥ RESISTENCIA AL DESGASTE.
- ♥ MENOR CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (AISLANTES).
- ♥ BAJA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (AISLANTES).
- ♥ MAYOR RESISTENCIA AL ATAQUE QUÍMICO (INALTERABILIDAD QUÍMICA).
- ♥ RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN Y CORROSIÓN.
- ♥ MAYOR RESISTENCIA A TEMPERATURAS ELEVADAS.
- ♥ ELEVADA TEMPERATURA DE FUSIÓN (REFRACTARIOS).



### Definición

Los materiales cerámicos son materiales inorgánicos compuestos por elementos metálicos y no metálicos vinculados químicamente. Pueden ser cristalinos (cerámicos), no cristalinos (vidrios) o una mezcla de ambos.

### Cerámica antigua



### Cerámicas tradicionales



## Cerámicas avanzadas



### La industria cerámica

Es una de las industrias denominadas 'grandes', aunque no por el valor agregado de los materiales en sí, sino por los grandes volúmenes de producción.

El gran porcentaje de la cerámica es de la denominada 'tradicional', los cerámicos avanzados que conforman productos de alto valor agregado, crecen a ritmo sostenido, a partir del conocimiento propio del material y de las técnicas de procesamiento.

### Cerámicas tradicionales / avanzadas

Si bien desde el punto de vista de las composiciones químicas no hay grandes diferencias, si lo hay entre dos aspectos básicos:

1. Control de la composición química, control de las impurezas. Esto permite el desarrollo de propiedades especiales o el mejoramiento de las existentes.
2. Control de la microestructura: este aspecto, más importante que el anterior, es fundamental ya que la misma está directamente relacionada con la respuesta mecánica del cerámico frente a distintas sollicitaciones.

Mientras que en los 'tradicionales' los defectos son del orden de mm, en los 'avanzados' son del orden de los micrones.



La distribución de tamaños de partícula variará de acuerdo al método de formado que se vaya a utilizar. El objetivo de la etapa de formado es alcanzar una estructura lo más densa y uniforme posible, de modo de obtener una mínima contracción y una mínima porosidad remanente.

Generalmente, un solo tamaño de partículas no produce un buen empaquetamiento, y la máxima densidad presentará un 30 % de espacios vacíos. El agregado de partículas de tamaño equivalente al de los vacíos más grandes, reduce la porosidad a un 26 %; si se agrega un tercer tamaño más fino, se podrá reducir hasta un 23 %.

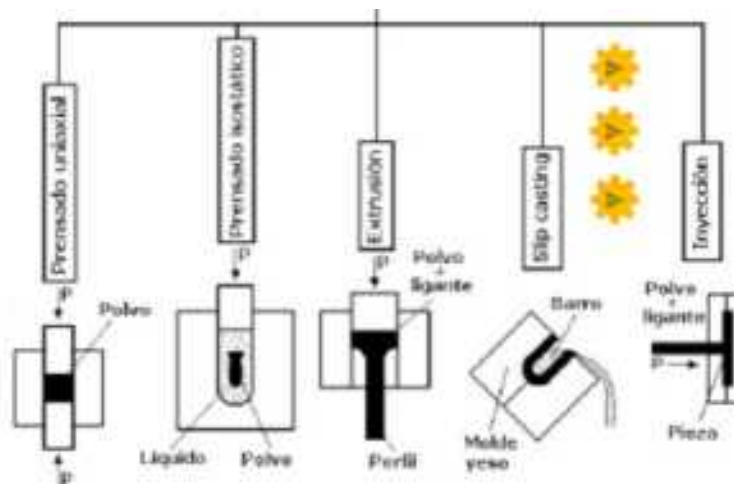
Esto significa que para obtener una óptima densidad, se debe trabajar con partículas de distinto tamaño, previo etapa de mezclado para asegurar uniformidad en toda la pieza .

### Fases de producción

Las fases necesarias para la obtención de una pieza cerámica son las siguientes:

1. Extracción Explotación a cielo abierto, maduración
2. Preparación mecánica. Alimentadores, dosificadores, triturado, molienda y humectado
3. Conformado (pieza en verde)
4. Secado. Evaporación del H<sub>2</sub>O (100°C-130°C), sin cambios en propiedades físicas y tecnológicas
5. Sinterizado. Desde 500°C hasta 1300° , aumenta la dureza, la densidad y disminuye la porosidad.

### Técnicas de conformado



### Cerámicas tradicionales

♡Un cerámico tradicional define a los productos utilizados comúnmente en materiales de construcción o en artículos para el hogar o la industria, los cuales no están conformados por un material con gran valor agregado. Sin embargo, si bien hay una tendencia a identificar a los cerámicos tradicionales (también llamados cerámicos pesados) con tecnologías primitivas, actualmente se utilizan técnicas sofisticadas de fabricación.





♥El principal recurso de las industrias cerámicas de gran tonelaje son los 'silicatos' (Si y O, 93% de la corteza terrestre) y 'aluminosilicatos', más comúnmente denominados arcillas. Estos se encuentran en gran abundancia sobre la corteza terrestre y por ende su costo es bajo.

♥La arcilla necesaria para fabricar un ladrillo no tiene características especiales, por lo que este tipo de industrias no tiene zonas preferenciales de asentamiento.

♥El segmento principal de la industria de los cerámicos tradicionales es el de los ligantes hidráulicos. Utilizados en construcción, más comúnmente llamados cal y cemento, así como el de las cerámicas rojas de uso estructural (materiales de partida para ladrillos, tejas, etc.).

♥El siguiente es el de los vidrios, mayoritariamente de vidrios sódico-cálcicos.

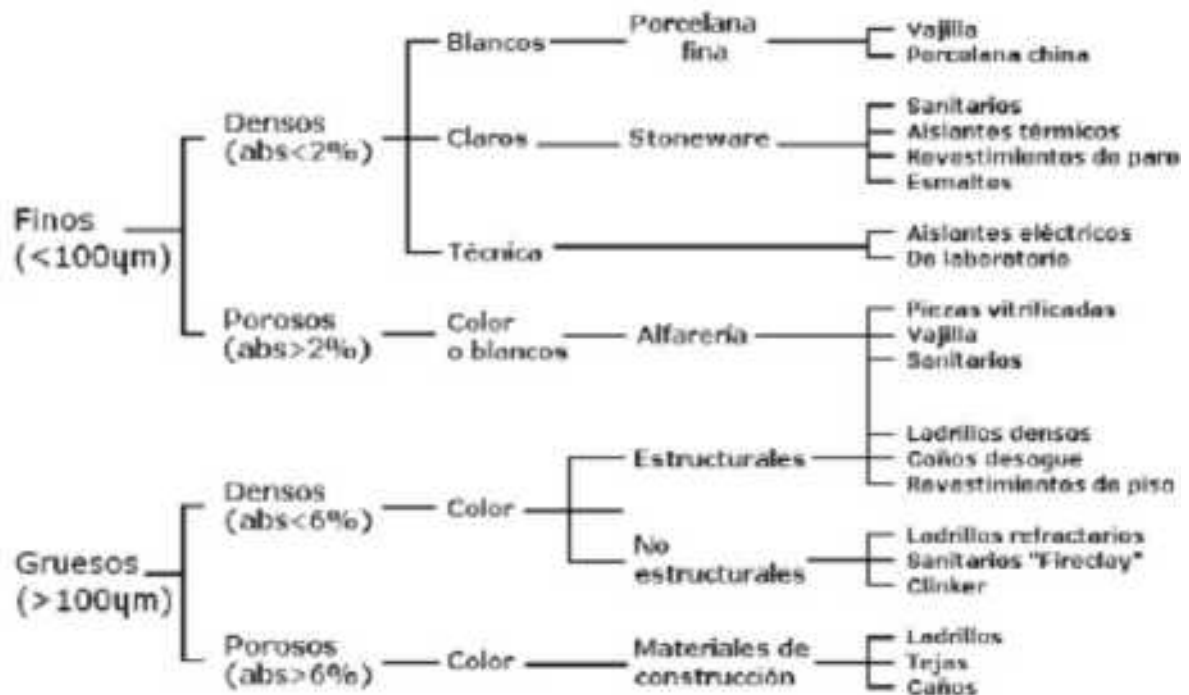
♥El tercer mercado en importancia es el de las cerámicas blancas, que incluye la alfarería, porcelana y composiciones similares.



♡ Siguen los esmaltes cerámicos (generalmente de recubrimientos vítreos sobre metales).

♡ Un grupo particularmente importante es el de los refractarios. Alrededor de un 40 % de la industria de refractarios se basa en arcilla calcinada y otro 40 % en refractarios densos no arcillosos, siendo el 20 % restante en composiciones especiales.

♡ Por último, la industria de los abrasivos produce principalmente abrasivos de  $Al_2O_3$  y  $CSi$ .



♡ Arcilla: las materias primas de mayor aplicación son las arcillas.

Estas consisten en silicatos de aluminio, hidratados, con partículas muy finas que adquieren una gran plasticidad cuando se las mezcla con agua.

| Industria       | Productos más importantes                                    | Materias primas minerales más importantes                              | Productos químicos más importantes                   |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Cerámica roja   | Ladrillos<br>Bloques<br>tejas                                | Arcillas                                                               |                                                      |
| Cerámica blanca | Vajilla, sanitarios,<br>porcelana eléctrica                  | Caolín, feldespato,<br>cuarzo, esteatitas                              | Fritas, pigmentos<br>para esmaltes                   |
| Revestimientos  | Pisos, azulejos                                              | Arcillas, feldespatos,<br>cuarzo                                       | Fritas, pigmentos,<br>esmaltes.                      |
| Refractarios    | Ladrillos de diversa<br>composición,<br>crisoles, hormigones | Arcillas refractarias,<br>magnesitas, cromitas<br>sillimanitas, cuarzo | Carburo de silicio,<br>alúmina calcinada,<br>tabular |

### Cerámicas avanzadas

Las cerámicas avanzadas, son también llamadas nuevas cerámicas, técnicas, ingenieriles o fine ceramics.

♥ Incluyen diferentes materiales y utilizaciones tales como las cerámicas estructurales, los 'cerámicos bioactivos' (hidroxiapatita, en prótesis humanas), las 'cerámicas eléctricas y electrónicas', entre otros.

♥ Mientras que la cerámica tradicional lleva un desarrollo de más de 6000 años, las avanzadas solo tienen un desarrollo reciente.

♥ Una de las primeras cerámicas, en la década de los '50, fue la utilizada en las cabezas de bujías, conformadas de alúmina. Al poco tiempo se fabricaron capacitores de uso electrónico de Titanato de Bario ( $\text{TiBaO}_3$ ) y en cierta forma esto marca el inicio del desarrollo de estos materiales

♥ Las cerámicas avanzadas abarcan una gran cantidad de materiales, mercados y aplicaciones. Los materiales incluidos son óxidos, carburos, boruros, silicatos y vitrocerámicos

| Óxidos                           | No-óxidos                                                              |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Alúmina: $\text{Al}_2\text{O}_3$ | Carburos: Carburo de silicio, de titanio, de zirconio, de niobio, etc. |
| Cerama: $\text{ZrO}_2$           | Nitruros: Nitruros de silicio, de aluminio, titanio, zirconio, etc.    |
|                                  | Sulfuros: Sulfuros de cadmio, zinc, disulfuro de molibdeno, etc.       |
|                                  | Silicuros: Silicuros de molibdeno, hierro, tungsteno, etc.             |
|                                  | Boruros: Boruros de titanio, tantalio, zirconio, etc.                  |

♥ Alúmina: los productos de alúmina son de los más resistentes y duros de los materiales cerámicos; tienen muy alta resistencia mecánica y son muy resistentes al ataque químico y corrosivo. Su dureza está únicamente por debajo de la del diamante, lo que lo hace sumamente conveniente para piezas resistentes al desgaste por abrasión.

Por otro lado, y por la misma razón, su maquinabilidad es muy baja. Si bien su utilización estaba restringida a piezas de muy alto valor agregado, rápidamente el material se va incorporando a diseños de uso intensivo, tales como cuchillos, filos para tijeras, etc.



## CONFORMADO DE CHAPA



### Procesos de conformado de chapa

La chapa es un elemento delgado, es uno de los formatos más importantes en el campo industrial, se puede conseguir en forma de láminas, tiras o cintas.

Los productos fabricados van desde carrocerías, envases, muebles, gabinetes...

### CORTE-CIZALLADO

Es la operación de corte ABIERTO de una lámina de metal a lo largo de una línea, entre dos bordes de corte. Se usa para reducir grandes láminas a secciones más pequeñas para operaciones posteriores. El corte de lámina se realiza por una acción de cizalla entre bordes afilados, cambian las herramientas según el espesor de la chapa.

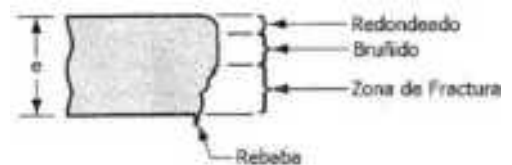
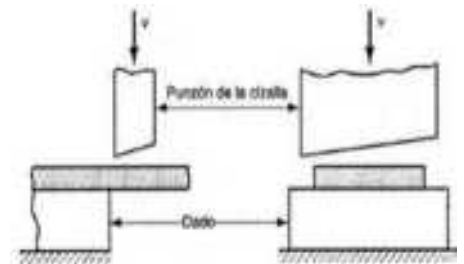
Cuando la cuchilla comienza a descender y toma contacto con la chapa se produce una deformación plástica en la lámina.

El juego entre filos va del 4 al 8% del espesor de la lámina.

♥MÁQUINAS: Cizallas, guillotinas, cuchillas rotativas (responden a esta deformación).

♥Accionamiento: Manual o mecánico

♥Serie de producción: Cizallas – baja, Guillotinas – baja/media/alta, Cuchillas rotativas – media/alta.



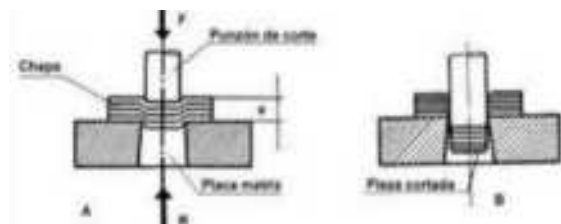
### PUNZONADO

♥El punzonado es una operación mecánica con la cual mediante herramientas especiales de corte se consigue separar una parte metálica obteniéndose una figura determinada.

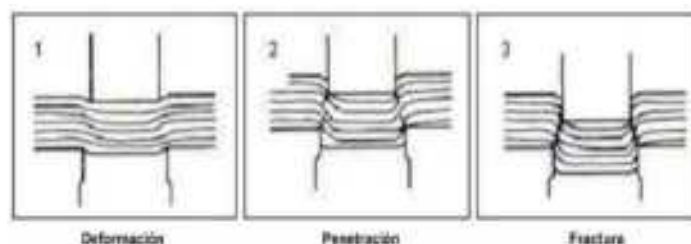
Máquinas requeridas para altas series: Balancines y prensas (matriz).

♥Es una operación generalmente en frío, mediante un dispositivo mecánico formado por dos herramientas: el punzón y la matriz.

♥La aplicación de una fuerza de compresión sobre el punzón obliga a éste a penetrar en la chapa, creando una deformación inicial. Al avanzar genera un cizallamiento y rotura del material por propagación rápida de fisuras entre las aristas de corte del punzón y matriz.



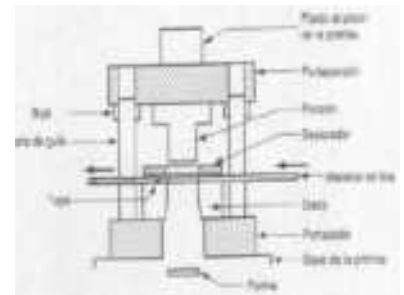
### Efectos del punzonado



Esfuerzo necesario para el corte

♥El punzón se pone en contacto con la chapa y mediante un esfuerzo de compresión se genera el corte, a la presión del punzón se le opone la reacción del material, por lo tanto el esfuerzo cortante dependerá de los siguientes factores: Esfuerzo cortante  $Q = \text{perímetro} \times \text{espesor} \times \text{carga}$  de rotura del material.

El proceso termina con la expulsión de la pieza cortada.

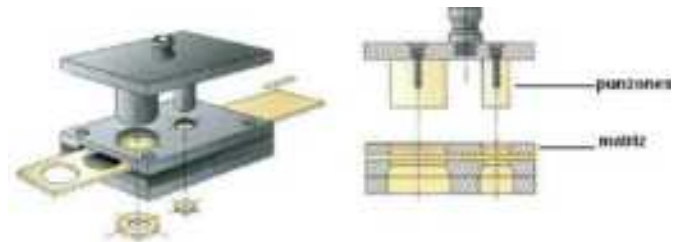


♥Desde el punto de vista de la mecánica de la fractura del material, puede considerarse que el funcionamiento del proceso es óptimo cuando las grietas iniciadas desde el punzón y matriz se encuentran alineadas. El juego de corte óptimo deberá ser capaz de proporcionar esta alineación.

En el caso de tener un juego de corte excesivo aparece una deformación plástica excesiva, una parte bruñida menor y una altura de rebaba mayor. Por otro lado, hay que resaltar que, al aumentar el juego de corte por encima de los valores normales, se consigue aumentar la vida de la herramienta en detrimento de la precisión obtenida en los bordes.

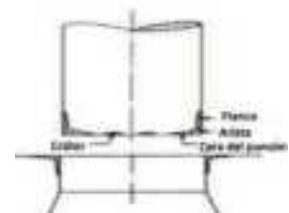
♥Juego entre punzón y matriz

La exactitud del corte depende de la precisión de la matriz, el juego depende del espesor de la chapa y del tipo de material. La chapa para que pueda ser cortada por un punzón debe tener un espesor  $\leq$  al diámetro del punzón.



♥Desgaste punzón y matriz

El esfuerzo de cortadura vence la resistencia del material y produce desgaste en los filos, lo que trae aparejado problemas de rebaba y contornos poco definidos.



♥Para solucionar este problema se realiza un AFILADO, rectificando la superficie del punzón o matriz hasta obtener nuevamente cantos vivos.

♥Punzonado con matriz

♥Punzonado con cnc

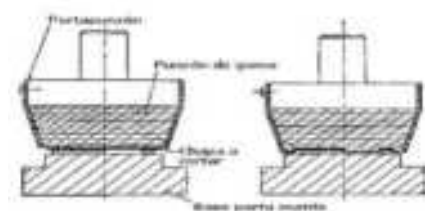
Punzón de goma

♥Es para pequeñas cantidades (aeronáutica), que requieren continuas modificaciones.

♥Grandes dimensiones.

♥Sustituye matrices y punzones de acero templado.

♥Tiene limitaciones geométricas, por ejemplo los agujeros.



♥En SAE 1010 de 1mm de espesor el agujero puede ser de 13mm de diámetro.

### OXICORTE

♥En este proceso se utiliza un gas combustible (acetileno, hidrógeno, propano, etc) cuyo efecto es producir una llama para calentar el material, mientras que como gas comburente siempre se utiliza oxígeno.

♥No es un proceso de corte por fusión sino por combustión, es un proceso de tipo químico y no de tipo térmico, se desarrolla en los primeros 20 o 25 años del siglo XX y aunque es una tecnología que se empieza a desarrollar en Europa es en Estados Unidos donde se termina el proceso como actualmente se conoce.

♥Cuando esa llama calienta el material de forma adecuada hasta producir el proceso de combustión, se inyecta un chorro de oxígeno en la boquilla, de tal manera que este oxígeno acelera el proceso.

♥Esta combustión oxida el material y gracias a la temperatura utilizada, los óxidos se funden y luego son expulsados por la parte inferior aprovechando el chorro de oxígeno. Es decir, que lo que se funde son los óxidos que se originan del material y no el material en sí.

### VENTAJAS

♥Baja inversión, bajo costo de operación.

♥Capacidad para cortar grandes espesores.

♥Uso de varias antorchas simultáneamente.

♥Buena opción cuando haya operaciones secundarias, como mecanizado posteriores.

♥Posibilidad de uso como equipo portátil.

### DESVENTAJAS

♥Baja velocidad de corte.

♥Necesita tiempo de precalentamiento.

♥La zona afectada térmicamente es grande.

♥Alabeo de la chapa -Limitación a aceros de baja aleación.

♥Problemas con inoxidable y aleaciones de aluminio.

♥Tolerancias más amplias que en plasma, agua o láser.

### CORTE POR PLASMA

Es un proceso de tipo térmico y en este caso si se persigue la fusión del material. Se busca una temperatura ideal para poder fundirlo y mediante un gas que se aporta y que es el que consigue calentar la pieza, se expulsa el material fundido y se va cortando y avanzando.

El plasma no es más que un gas ionizado, es decir, que conduce la electricidad y que por lo tanto es capaz de alcanzar una temperatura muy elevada, la suficiente como para que al proyectarse sobre una pieza la funda.

Hay variantes de este proceso que lo aceleran elevando las temperaturas de trabajo:

♥Arco transferido.

♥En seco (con gas, sin gas, con aire).

♥Con agua (reduce ruido, UV, humos))

♥Alta definición (energía muy elevada).

### CORTE POR AGUA

Con este proceso por erosión se inyecta agua a presión en la pieza a través de la boquilla, si a esta agua le añadimos un abrasivo, en este caso es él quien se encarga de realizar la erosión del material y poder arrancar las partículas para al final realizar el corte.

La inversión suplementaria que suponen los procesamientos posteriores o una velocidad de proceso reducida desaparece por completo. Dado que durante el proceso de corte no se producen ni gases ni vapores, el proceso es además seguro, limpio y ecológico.

### CORTE LASER

El corte láser es un proceso rápido y silencioso orientado al corte de chapas finas de metal, con un mínimo de pérdida de material sin distorsiones, y con un alto nivel de precisión.

#### *Ventajas:*

- ♥Más rápido que el plasma de alta definición.
- ♥Elevada precisión en espesores finos.
- ♥Variedad de materiales a cortar / zona afectada term. mínima.

#### *Desventajas:*

- ♥No puede cortar materiales reflectantes.
- ♥Alto costo de equipamiento.

#### Transformaciones:

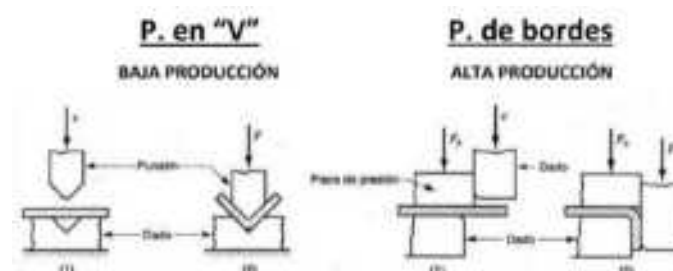
- ♥Durante estas transformaciones (plegado, curvado, perfilado...) hay que evitar el alargamiento de la chapa, o sea variar la forma sin alterar el espesor. Esto se logra estudiando la forma de la herramienta y regulación de su carrera.
- ♥Deformación plástica del metal alrededor de un eje.
- ♥Fuerza de flexión.
- ♥Se produce poco o ningún cambio en el espesor.
- ♥Fibras comprimidas y fibras traccionadas.

### PLEGADO

Operación para conformar o doblar chapas en formas diversas.

♥Máquina requerida: Plegadora. Manual o mecánica.

Dos métodos comunes de plegado:

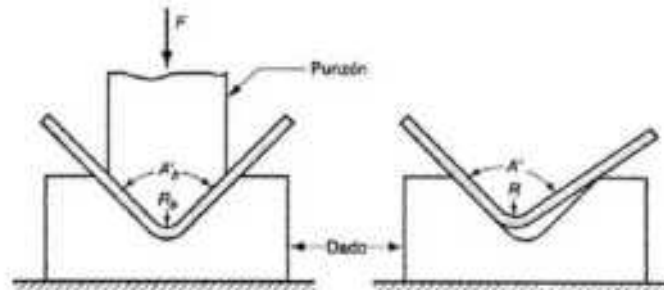


♥Si la longitud es apreciable se realiza en plegadora

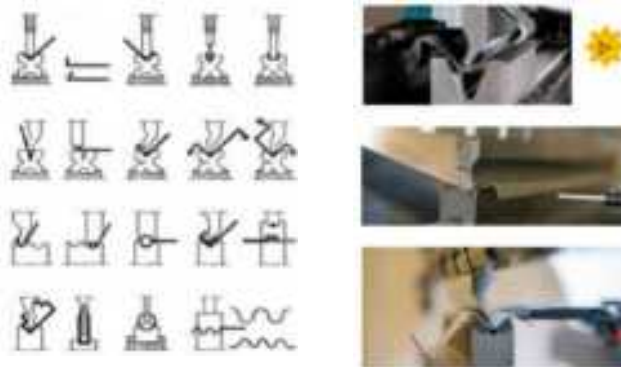
♥ Si son piezas cortas se montan estampas en prensas

♥ Radios de curvatura interiores  $> o = E$  de chapa.

♥ Recuperación elástica: cuando la presión de doblado se retira, la energía elástica permanece en la parte doblada haciendo que ésta recobre parcialmente su forma original.



♥ Esquemas básicos de matrices de plegado.



♥ Doblado con matriz elástica.

Proceso más económico que los sistemas tradicionales de plegado/doblado, NO apto para grandes espesores.

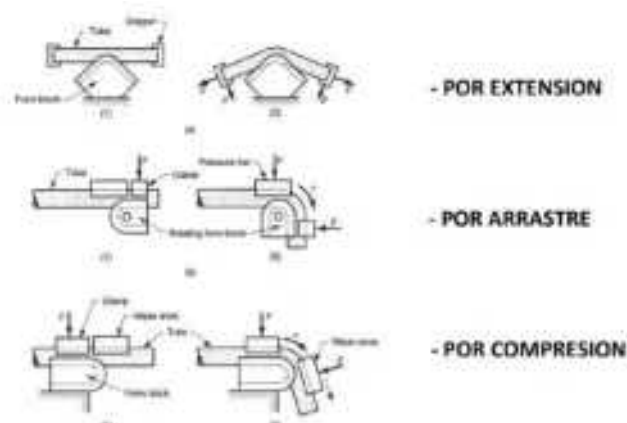
Se utilizan gomas poliuretánicas resistentes a la abrasión, compresión y desgaste por aceites.

♥ Ventajas: herramienta más económica, menor tiempo de fabricación del mismo, menos mantenimiento.

Objetos: bancos, ficheros.

## CURVADO

Los mismos conceptos para el plegado son considerados para definir las operaciones de curvado; sin embargo, los radios en las operaciones de curvado son mucho mayores.



Mediante el empleo de herramientas especiales se pueden curvar todo tipo de perfiles, alambres, etc. obteniéndose distintos tipos de piezas.

♡Uno de los principales ejemplos de curvado es el de los tubos.

*Ej: Andadores, tubos de colectivos, bancos, estructuras.*

### CILINDRADO

♡Objetivo: Curvar chapas con diferentes diámetros y espesores.

♡Máquina Requerida: Cilindradora.

♡Clasificación: Manuales o Mecánicas.

### ARROLLADO

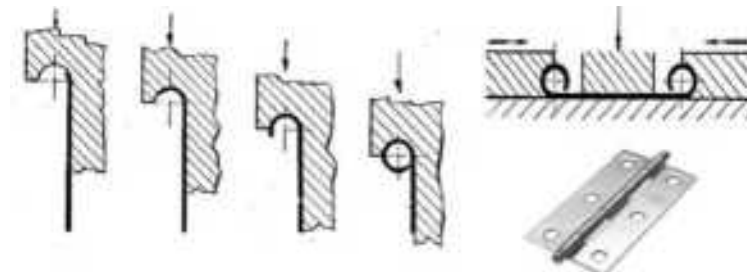
♡Esta operación, similar a la de doblado, consiste en arrollar el borde de una chapa plana generando un borde cerrado.

♡Se concreta en una sola estampa mediante la cual se obliga a la chapa a arrollarse a lo largo de la pared de la cámara cilíndrica.  $\emptyset$  mín. ojal =  $2e$ .

Si el espesor de la chapa supera 1 mm, tal como en las bisagras, la operación se realiza en condiciones especiales, con estampas reforzadas y en operaciones totalmente aisladas.

♡El proceso se aplica generalmente para chapas largas y delgadas, para la realización de estas operaciones es necesario que la extremidad de la chapa tenga un principio de arrollamiento que permita el arrollado del borde dentro de la garganta.

*Ej: bisagras.*



### CERCADO

♡La operación de cercar consiste en aplicar un aro de alambre en el borde de un recipiente con el objeto de reforzarlo.

Las operaciones corrientes de cercar se realizan con máquinas de movimiento rotativo.

Los rodillos que se fijan en la máquina son intercambiables y pueden tener gargantas de diferentes secciones.

*Ej: tamizadores o coladores pequeños.*

### BORDONADO

♡Se utilizan máquinas de movimiento rotativo o bien estampas / matrices montadas en prensas corrientes. Los rodillos son intercambiables y se pueden hacer gran variedad de objetos. El bordonado aumenta notablemente la resistencia.

El bordonado de bordes en recipientes pequeños se realiza con estampas. El éxito del proceso está en relación a la calidad del material de la chapa.

*Ej: tambores o barriles metálicos.*

## PERFILADO

La fabricación de perfiles abarca cualquier metal y forma, el campo de aplicación de estos productos es infinito. La operación de perfilar se funda en el principio de transformar gradual y sucesivamente una tira de chapa en un perfil. - Número de pares de rodillos de 1 a 10. - Espesor de la chapa de 0,3 a 3 mm.

Las ventajas del perfilado son:

- ♥Anulación de desperdicios de material.
- ♥Aumento de la resistencia en la sección final.
- ♥Rapidez de producción.
- ♥Simplicidad de herramental.
- ♥Mano de obra no especializada.

*Ej: perfiles.*

## ENGRAPADO

♥Operación de unir dos piezas de chapa separadas mediante una doble acción de bordonado, obteniendo hermeticidad.

Muy amplia aplicación en la industria alimenticia.

♥El engrapado puede hacerse en recipientes redondos, ovalados, rectangulares. También puede hacerse el engrapado recto, aplicado a grandes tubos de chapa (conductos).

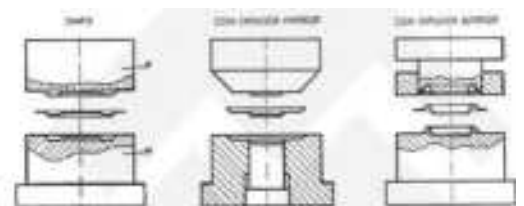
*Ej: tubos, latas de conservas.*

## ESTAMPADO

El estampado es una operación que consiste en practicar salientes y huecos en una chapa metálica. Desde el punto de vista del trabajo del metal (deformaciones), se sitúa esta operación entre las de dar forma propiamente dichas y las de embutición. Se admite generalmente que se trata de un estampado cuando los salientes o los huecos no tienen una altura de más de 5 a 10 veces el espesor del metal.

Deformación gradual en prensa Para alta series de producción.

*Ej: puertas de autos.*



♥Estampado en caliente

El conformado en caliente tiene amplia aplicación en la industria automotriz. Se conforman piezas de acero de alta resistencia y de menor espesor, bajando de esta manera el peso del vehículo, por consiguiente el consumo.

♥CONFORMADO alta velocidad

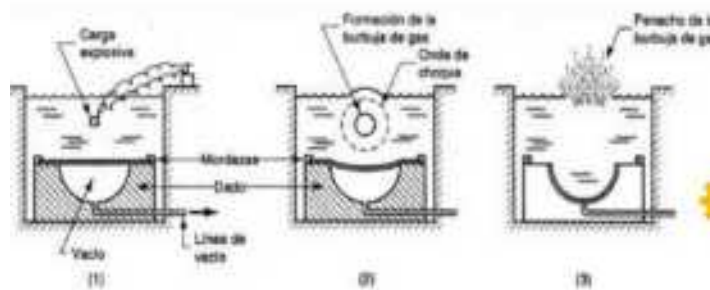
♥*Estampado por impacto:* se utiliza para embuticiones poco profundas de piezas grandes.

En vez de prensar se impacta con la estampa sobre la chapa por lo que la prensa puede ser menos potente que la que se necesitaría para embutir prensando.

### ♥CONFORMADO por explosión

Se deforma una chapa contra una matriz por la presión producida por una carga explosiva (Ej. amonita) en un líquido. Se utiliza para pequeñas series.

La fuerza de la transmitida por ser aire que queda molde.



explosión es el fluido que puede simplemente el en la cavidad del

Se utiliza principalmente para:

♥*El abombado de tubos.*

♥*Fabricación de fondos esféricos.*

♥Grandes piezas (industria aeroespacial)

### ♥CONFORMADO electrohidráulico

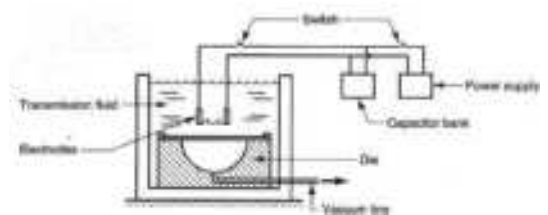
Similar al proceso de formado por explosión.

La onda de choque se genera por una descarga eléctrica.

♥Menor Energía.

♥Piezas más pequeñas.

♥Baja serie.



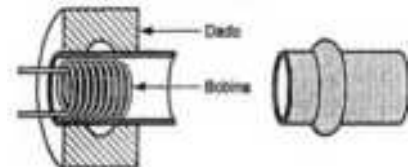
### ♥CONFORMADO electromagnético

Es el proceso de alta energía más utilizado.

♥*Se utiliza para conformar tubos.*

El formado electromagnético, también llamado formado de pulso magnético, es un proceso en el cual la lámina metálica se deforma por la fuerza mecánica de un campo electromagnético inducido en la pieza de trabajo por una bobina electrificada.

El campo inducido se opone al campo primario, produciendo una fuerza mecánica que deforma la parte hacia la cavidad que la rodea.

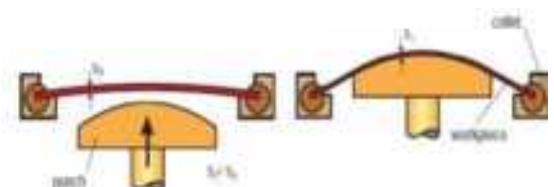


### ESTIRADO

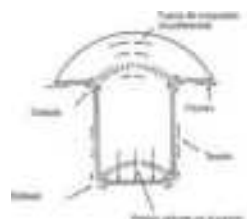
Se produce doblado y estirado de la chapa en forma simultánea.

♥La chapa tiene que tener poca recuperación elástica.

♥Se utiliza en la industria aérea: grandes piezas en bajas cantidades.



### EMBUTIDO



La operación de embutir consiste en transformar una chapa plana en un cuerpo hueco, procediendo gradualmente con una o más pasadas. En la simple operación de embutir no se debe modificar el espesor de la chapa.

Cada elemento durante el embutido estará sometido a fuerzas radiales de tracción y tangenciales de compresión.

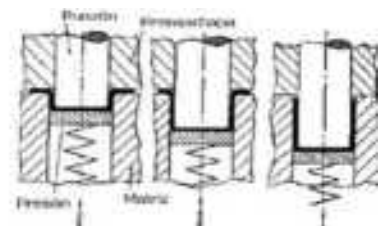
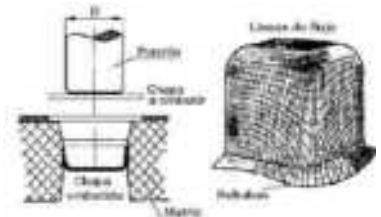
Según la variación de estas superficies (T/R) se puede calcular si el material se ha estirado. Esto sirve para localizar y evitar desgarros, debidos frecuentemente a matriz defectuosa o excesiva presión del sujetador.

### ♥Embutido simple

Un disco metálico pasa por la presión del punzón por un agujero cilíndrico de diámetro mayor a 2 veces el espesor de la chapa. Los laterales de la pieza sufren compresión evitando pliegues.

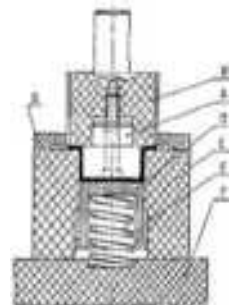
♥Para evitar esta formación de pliegues las estampas llevan dispositivos, generalmente rodeando al punzón, denominados 'prensachapa'.

♥Los prensachapa o sujetadores obligan a la chapa a estar extendida resbalando lentamente, eliminando la formación de pliegues. Adhieren el borde de la chapa a la superficie de apoyo permitiendo el deslizamiento radial.

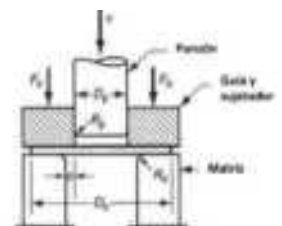


♥El desarrollo de una caja rectangular embutida es un rectángulo achaflanado.

♥La estampa que se observa es el corte de una estampa real, la cual se utiliza para embutir piezas pequeñas. Tal como se observa, la chapa es colocada bajo una pieza de retención G, la cual será deformada por el punzón A, que se encuentra sujetado fuertemente al portapunzón B, que a su vez actúa como prensachapa en la zona de contacto. El conjunto A-B es sujetado a la parte móvil de la prensa y durante su descenso deforma la chapa contra la matriz C. La contramatriz D que antes de iniciarse la operación se encontraba en la superficie, se comprime a través del acortamiento del resorte E, otorgando una leve oposición capaz de ajustar la deformación, cuando finaliza la carrera activa del punzón, este dispositivo extrae la pieza de la matriz. Por último la matriz C se fija a la base F, la que va sujeta a la mesa estática de la prensa.



♥Es importante que el punzón sea ligeramente cónico para favorecer la extracción de la pieza (décimas de mm). "C" es aprox. 10% mayor que el espesor de la chapa. Si  $R_p$  y  $R_d$  fueran 0 tendríamos una operación de punzonado.



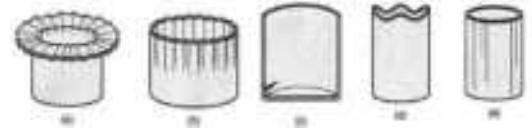
### ♥Influencia de los materiales a embutir y la lubricación

♥El buen resultado del embutido depende de la calidad del material y de su tratamiento.

- ♥ La chapa tiene que ser dulce y recocida, un material poco dúctil daría piezas agrietadas.
- ♥ Para reducir la posibilidad de romper el material a embutir es necesario lubricar todas las superficies de rozamiento de la estampa con la chapa.
- ♥ El herramental de embutido y el número de pasos varía de un material a otro.

#### ♥ Defectos de piezas embutidas

- (a) Arrugamiento en la pestaña (mal cálculo sujetador)
- (b) Arrugamiento en la pared ( Ídem -a- )
- (c) Desgarrado (altos esfuerzos, poca lubricación)
- (d) Orejeado (material NO uniforme)
- (e) Rayado superficial (Herramientas rayadas o poco lubricadas)

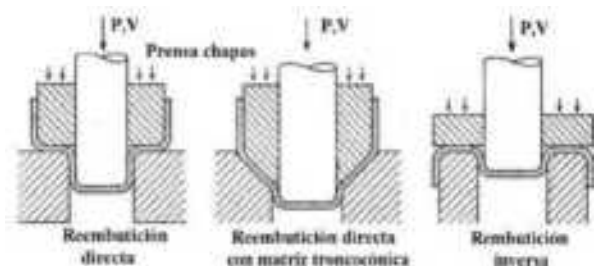


#### ♥ Embutido - objetos

*Ej: Bachas, ollas, bandejas.*

### REEMBUTIDO

Para hacer piezas esbeltas, tales como las vainas de los cartuchos y tubos cerrados por un extremo, es necesario realizar varias operaciones de embutido sucesivas. La operación de reducir una copa o una pieza embutida a un diámetro más pequeño es lo que se llama reembutición.



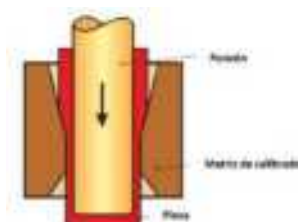
### EMBUTIDO INVERSO



### ESTIRADO (planchado-calibrado)

Se utiliza para calibrar (uniformar) espesores de piezas embutidas. disminuye el espesor hasta las dimensiones deseadas, % de reducción del orden de 35% menos.

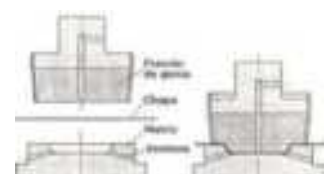
Se recomienda mayor cantidad de pasadas y correcta lubricación para darle mayor homogeneidad y resistencia al material sin deteriorarlo.



### EMBUTIDO con punzón de goma

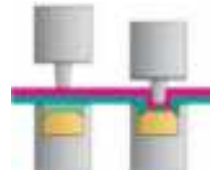
Aplicaciones similares al punzón de goma para corte.

Con formas simples resulta muy económico, puede llegar a 25000 piezas, se emplean prensas comunes. Piezas poco profundas, baja serie.



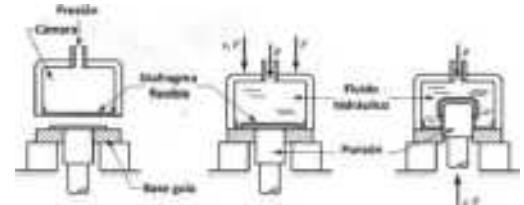
### EMBUTIDO - uniones

El clinchado es un método de unión por presión de chapas y perfiles de acero, aluminio e inoxidable en el que no es necesario piezas o materiales adicionales, permitiendo la unión de materiales con diferentes espesores y con características diferentes, usando únicamente el principio de conformado en frío.



### HIDROCONFORMADO

El hidroformado es un proceso que permite la expansión controlada de chapas y tubos metálicos, mediante la presión de líquidos en troqueles cerrados, con él se obtienen piezas más finas, ligeras y complejas, con un grado de resistencia óptimo que no se pueden obtener con los procesos de manufactura tradicionales.



El conformado con fluidos es adoptado principalmente en la *industria automotriz*.

### HIDROFORMADO

- ♥ Por ser elástico la matriz no requiere formas.
  - ♥ No requiere guías porque las medias estampas no tienen precisión.
  - ♥ El punzón puede ser de cualquier material (NO hay desgaste). No se requieren topes, extractores, prensachapa, etc.
  - ♥ Se necesitan prensas especiales para HYDROFORM.
  - ♥ Se pueden embutir piezas de acero dulce de hasta 9mm de espesor.
- Tiempo de producción aprox. 20 seg. Piezas chicas.  
*Ej: Autopartes, carcasas.*

♥ Hidroformado con matriz

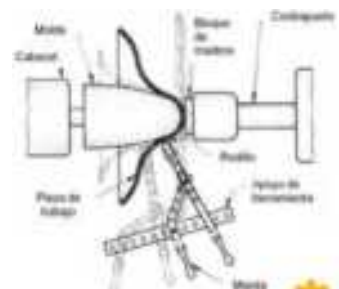
♥ Hidroformado de tubos

Conocido como tube hydroforming, se inicia colocando una pieza metálica tubular en la cavidad de la semimatriz inferior, posteriormente una semimatriz superior descende para completar el sistema. Dos punzones de sellado, los cuales tienen como objetivo evitar la deformación del tubo, la pérdida de fluidos y el adelgazamiento de la pieza durante el proceso, cierran las extremidades de esta matriz. Los fluidos provocan la expansión controlada del material. *Ej: los tubos de las bicis.*

### REPUJADO

♥ El principio para embutir en el torno consiste en deformar una chapa sobre un modelo de revolución, generalmente de madera o aluminio, el cual rota a alta velocidad sobre el plato de un torno. La sujeción de la chapa se logra a través de la contrapunta contra el modelo en sí. La deformación se otorga con una herramienta especial, la cual presiona y deforma a la chapa de manera progresiva.

Esta técnica es sencilla, poco costosa y solo necesita una chapa dúctil; además, por el propio calentamiento de la operación, se produce un ablandamiento de la chapa, facilitando la operación.



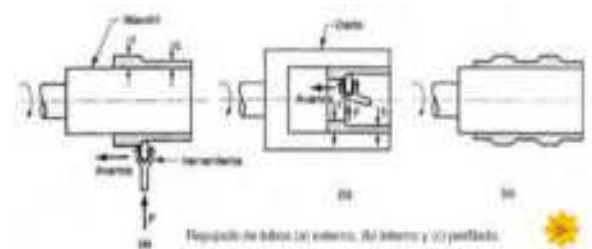
## ♥Repujado automatizado

## ♥Repujado de objetos

*Ej: bowls, tulipas de chapas, conos, embudos.*

## ♥Repujado de tubos

Se usa para reducir el espesor de las paredes y aumentar la longitud de un tubo mediante la aplicación de la fuerza por parte de un rodillo al material de trabajo.



## FLOW FORMING

Este proceso de conformado volumétrico/laminar comprime el material deformándolo en forma controlada, logrando disminución de espesores y aumento de resistencia en la pieza terminada.



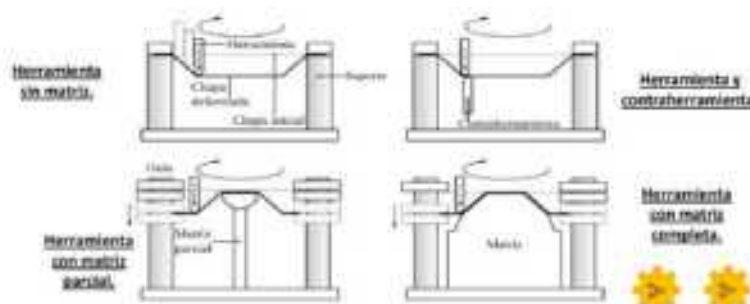
## REPUJADO DE FORMA

### ♥Deformación incremental o dieless forming

Es una tecnología de conformado de chapa metálica que permite la fabricación rápida de prototipos y lotes pequeños. Posee la ventaja de reducir de forma radical los costos del herramental en comparación con los procesos tradicionales de transformación de chapa, como ser el estampado.

♥La pieza se fabrica por “capas” a partir de una definición CAD 3D. Partiendo de un modelo 3D de la pieza, se programa una trayectoria concéntrica de manera que recorra la pieza por completo en dirección descendente, siguiendo una espiral o por niveles.

La herramienta de conformado sigue una trayectoria proyectada para deformar el material gradualmente a lo largo de una sucesión de contornos hasta que se obtiene la forma final deseada. El proceso de deformación incremental tiene cuatro variantes:



♥El material puede fluir dentro de la matriz, adquiriendo el perfil deseado. Las variaciones de espesor son mínimas. La chapa está retenida en todo su contorno. Cuando el material está sometido a esfuerzos, sólo puede estirarse, reduciendo el espesor de forma local, lo que se traduce en un aumento del área total en comparación al formato inicial.

## ♥Repujado de forma - objetos

*Ej: Bandejas, bowls, partes de autos.*

## AUTOMOTRIZ

Es el segundo mayor consumidor de acero a nivel mundial, después de la construcción. Gran parte del acero y otros metales que utiliza está en forma de láminas, en diferentes espesores/aleaciones y se transforma con diferentes procesos de conformado.

♥ En los últimos años la industria automotriz sumó diferentes aleaciones de acero al conformado de chapa y metales no ferrosos como el aluminio.

♥ Nissan Frontier y otros vehículos – Chasis / carrocería de Acero

♥ Audi A8 – Chasis multimaterial

♥ Aston Martin DB9 – Carrocería Aluminio

♥ Otros materiales como los PRF se sumaron como alternativa en la línea de producción o hasta los textiles con polímeros en algunos prototipos.

♥ Koenigsegg Regera – Carrocería PRFC

♥ BMW Gina – Carrocería Textil / polímero

## ✿ SOLDADURA DE METALES ✿

Unión de dos piezas metálicas (aunque también puede aplicarse a polímeros) llevada a cabo por medio de calentamiento, rozamiento o presión entre ellas y el aporte o no de metal, pudiendo ser las piezas del mismo material o de distintos.

♡ Elementos que intervienen

♡ Metal base: material que va a ser sometido a cualquier operación de soldadura.

♡ Metal de aporte: material que se aporta para poder unir las piezas.

♡ Soldadura homogénea

Los materiales que se sueldan y el metal de aporte, si lo hay, son de la misma naturaleza.

♡ Soldadura heterogénea

Se efectúa entre materiales de distinta naturaleza, con o sin metal de aporte, o entre metales iguales, pero con distinto metal de aporte. Puede ser blanda o fuerte.

### *Ventajas*

♡ La soldadura proporciona una unión permanente: las piezas soldadas se vuelven una sola unidad.

♡ La unión soldada puede tener mejores propiedades mecánicas que los materiales base utilizando un material de aporte y empleando técnicas de soldadura adecuadas.

♡ Es la forma más económica de unir componentes, en términos de materiales y equipos.

♡ Puede realizarse en el exterior mediante el uso de equipos portátiles.

### *Desventajas*

♡ Muchas operaciones de soldadura se realizan de forma manual y por operarios muy especializados, tiene altos costos de mano de obra.

♡ Alto consumo energético.

♡ Procesos peligrosos, muy importantes las medidas y el uso de equipo de seguridad (para evitar los humos, las radiaciones luminosas del arco, las descargas eléctricas, explosiones, incendios, etc.).

♡ La unión permanente, no permite una separación adecuada y fácil.

♡ Aparecen defectos difíciles de detectar.

♡ Posibles deformaciones debidas a la dilatación térmica.

## PRINCIPALES TIPOS DE DEFECTOS

♡ POROSIDAD

Causada por gases atrapados en la solidificación, reacciones químicas durante la soldadura o contaminantes.

♡Se puede reducir: con adecuados electrodos y material de aporte; precalentar la zona de unión; adecuada limpieza; menor velocidad de soldadura (dando tiempo para que escape el gas).

#### ♡*INCLUSIONES DE ESCORIA*

Óxidos, fundentes, etc. que quedan atrapados en la zona de soldadura. Causadas por la no efectividad de los gases protectores o por la contaminación del ambiente.

♡Se pueden evitar: limpieza del cordón antes de depositar la siguiente capa; con suficiente gas de protección; rediseño de la unión para que tenga espacio suficiente el botón de metal fundido.

#### ♡*FUSIÓN Y PENETRACIÓN INCOMPLETAS*

La fusión incompleta se puede evitar elevando la temperatura del metal base; limpiando el área de la unión antes de soldar; cambiando el diseño de la unión y el tipo de electrodo; con el suficiente gas de protección.

♡Se puede evitar: La penetración incompleta se puede evitar con más suministro de calor; con menor velocidad de avance; cambiando el diseño de la unión; ajustando las superficies a unir.

#### ♡*GRIETAS*

Tipos: longitudinal, transversal, en cráter, bajo el cordón, junto al cordón.

Debidas a:

♡Esfuerzos térmicos.

♡Variaciones en la composición en la zona de soldadura

♡Diferentes velocidades de contracción.

♡Incapacidad de contracción del metal de soldadura en el enfriamiento.

Para evitarlas:

♡Cambio de diseño.

♡Minimizar esfuerzos de contracción.

♡Cambio de parámetros, procedimientos y secuencia del proceso de soldadura.

♡Precalentamiento de las piezas.

♡Evitar enfriamiento rápido.

#### ♡*ESFUERZOS RESIDUALES*

♡Calentamiento/enfriamiento.

♡Dilatación y contracción del área de unión.

Posibles defectos:

♡Distorsión, pandeo y torcimiento de las partes soldadas.

♡Agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos.

♡Menor duración a fatiga.

Para evitarlos:

♡Calentamiento previo / enfriamiento lento.

## CALIDAD DE LA SOLDADURA Y TECNICAS DE INSPECCION

### Ensayos destructivos:

- ♥ Ensayos de tracción: longitudinal y transversal.
- ♥ Ensayos de flexión: para ductilidad y resistencia.
- ♥ Ensayo de tenacidad a la fractura: por impacto (Charpy).
- ♥ Ensayos de corrosión y termofluencia. (comportamiento a temperaturas elevadas).

Ensayos no destructivos:

- ♥ Partículas magnéticas: se dispersan partículas metálicas, se induce un campo y los defectos se manifiestan por concentraciones de las partículas en determinados puntos.
- ♥ Ultrasonidos: los defectos se manifiestan por discontinuidades en la transmisión de una onda ultrasónica a través de la pieza.
- ♥ Inspección visual.
- ♥ Radiografías.
- ♥ Líquidos penetrantes.

### CRITERIOS DE SELECCIÓN

Tipo de producto:

- ♥Estructuras: los equipos de soldadura han de trasladarse.
- ♥Componentes de ingeniería: pueden llevarse a las instalaciones de soldadura.

Material:

- ♥Tendencia al agrietamiento.
- ♥Porosidad.
- ♥Tenacidad de la soldadura.
- ♥Corrosión

- » **Espesor del material:** existen espesores recomendados para cada proceso. Cuanto mayor es el espesor, mayores son las dificultades de soldadura.

» *Tipos de unión y posición:* incluyendo la accesibilidad de la unión.

## SEGURIDAD EN EL TRABAJO



» El arco eléctrico que se utiliza como fuente calórica y cuya temperatura alcanza sobre los 4.000° C, desprende radiaciones visibles y no visibles. Dentro de estas últimas, tenemos aquellas de efecto más nocivo como son los rayos ultravioletas e infrarrojos. El tipo de quemadura que el arco produce en los ojos no es permanente si no es una exposición constante, aunque sí es extremadamente dolorosa.

» Nunca se debe soldar en la proximidad de líquidos inflamables, gases, vapores, metales en polvo o polvos combustibles.

Cuando el área de soldadura contiene gases, vapores o polvos, es necesario mantener perfectamente aireado y ventilado el lugar mientras se suelda.



» Soldar en áreas confinadas sin ventilación adecuada puede considerarse una operación arriesgada, porque al consumirse el oxígeno disponible, a la par con el calor de la soldadura y el humo restante, el operador queda expuesto a severas molestias y enfermedades.

Es necesario que las zonas de soldadura cuenten con extracción y filtrado de gases.



» Soldar recipientes que hayan contenido materiales inflamables o combustibles es una operación de soldadura extremadamente peligrosa por lo que se incluyen venteos para evacuación de gases.

Se recomienda llenar con agua para refrigerar y aislar residuos inflamables.



## SOLDADURA POR FUSIÓN

Conjunto de procesos en los cuales la unión de los metales se efectúa a una temperatura superior a la de fusión del metal base y, si lo hay, del metal de aportación.

Tipos de soldadura por fusión del metal base, en función del tipo de energía utilizada para aportar calor a la fusión:

♥Energía eléctrica (arco eléctrico): con protección mediante escoria y/o gas.

♥Energía química: con gas, aluminotérmica.

♥Energía radiante: con láser, con haz de electrones.

### *Arco eléctrico*

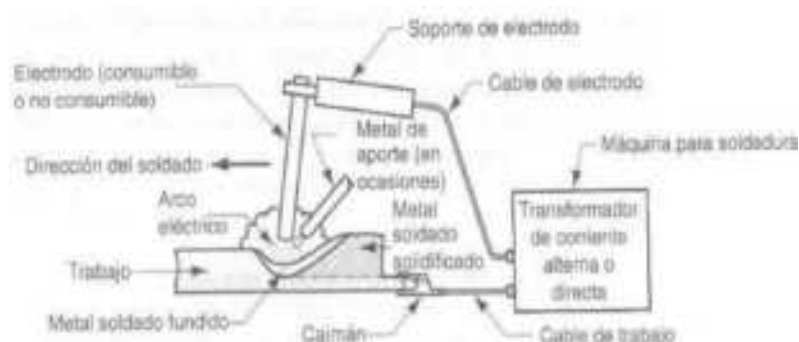
Es una descarga continuada entre dos conductores separados ligeramente, por donde pasa la corriente, al hacerse conductor el aire o gas comprendido entre los mismos.

Se manifiesta con gran desprendimiento de luz y calor. Para ello es necesario que el aire o el gas comprendido entre ellos (plasma) se haga conductor ionización del gas (separación de sus átomos en iones y electrones gracias a la alta temperatura).

El arco eléctrico es la fuente de calor que utilizan muchos de los procesos de soldadura porque:

♥Proporciona altas intensidades de calor.

♥Es fácilmente controlable a través de medios eléctricos.



### *Electrodos y protección del arco*

» Electrodos:

♥ Pueden ser consumibles o no consumibles

» Consumibles:

♥ Llevan el metal de aporte

♥ Disponibles en varillas o en forma de alambres (permiten alimentación automática).

» No consumibles:

♥ Suelen ser de tungsteno para resistir la fusión, TIG.

♥ No aportan material, sino que sirven sólo de electrodo, si es necesario, el metal de aporte ha de proporcionarse separadamente.

♥ No se consumen pero se desgastan gradualmente.

### *Protección del arco eléctrico:*

♥ A altas temperaturas reaccionan de los metales con el O, N, H del aire. La degradación de las propiedades mecánicas de la soldadura se evita cubriendo la punta del electrodo, el arco eléctrico y el pozo de soldadura con un manto de gas y/o fundente.

• Gases: se suelen utilizar Argón o Helio, Nitrógeno y/o CO<sub>2</sub>.

Fundente:

♥ Durante la soldadura el fundente se derrite y se convierte en una escoria líquida que cubre la operación y protege al metal. Después se endurece y ha de eliminarse con un cepillo.

Métodos de aplicación del fundente:

♥ Electrodo con recubrimiento de fundente (electrodo revestido).

♥ Electrodo tubular con fundente en el núcleo (electrodo tubular).

♥ Fundente granular vaciado en la operación de soldadura (arco sumergido).

### ELECTRODO REVESTIDO

Soldadura con electrodo revestido (SMAW)

» El material de aportación se obtiene por la fusión del electrodo en forma de pequeñas gotas.

» La protección se obtiene por la descomposición del revestimiento del electrodo en forma de gases y en forma de escoria líquida que flota sobre el baño de fusión y después solidifica.

Denominaciones: • SMAW (Shielded Metal ArcWelding) según AWS.

### *Ventajas*

» El equipo de soldadura es relativamente sencillo, barato y portátil.

» No es necesaria la protección adicional mediante gases auxiliares o fundentes granulares.

» Se puede emplear en cualquier posición. No requiere conducciones de agua de refrigeración, ni tuberías o botellas de gases de protección, así es que se puede emplear en lugares algo alejados de la fuente de energía.

» Aplicable a una gran variedad de espesores y a la mayoría de los metales y aleaciones de uso normal.

### Desventajas

- › Proceso lento, que requiere gran habilidad por parte del soldador.
- › No aplicable a metales de bajo punto de fusión ni a metales de alta sensibilidad a la oxidación.
- › No recomendable para espesores inferiores a 1,5 mm y no rentable para espesores mayores de 40 mm.

### Aplicación

- › Es uno de los procesos de mayor utilización, especialmente en producciones cortas, construcciones en campo y trabajos de mantenimiento y reparación.
- › Se aplica a los aceros al carbono, aceros aleados, inoxidable, fundiciones y metales no féreos como el níquel, aluminio, cobre y sus aleaciones.
- › Los sectores de mayor aplicación de este proceso son la construcción naval, de máquinas, estructuras, puentes, recipientes a presión y calderas, refinerías de petróleo, oleoductos y gasoductos.

### Equipo

- › Generador de corriente: puede ser de CC o de CA.
- › Pinza porta electrodo: herramienta manual, conectada al generador y provista de un dispositivo para sostener el electrodo durante la operación de soldadura. Debe ser ligera para reducir la fatiga durante la soldadura, debe tener buena resistencia al calentamiento, debe permitir una fácil colocación y eliminación del electrodo.
- › Conexión a tierra.

### Electrodos

- › Varilla metálica con una composición aproximada a la del metal a soldar y recubierta de una sustancia llamada revestimiento.
- › Revestimiento: aglomerado de sustancias pulverizadas unidas por un aglutinante. Suele ser de celulosa, silicato sódico, silicato potásico, óxido de titanio (rutilo), óxidos de hierro, etc.
- › Actuar como agente limpiador y desoxidante del baño de fusión.
- › Formar sobre el metal depositado una capa de escoria que lo proteja hasta su enfriamiento.
- › Facilitar el mantenimiento y el cebado del arco.
- › Permitir una mejor penetración.
- › Aumentar la calidad de la soldadura.

### Parámetros de soldadura

- › Diámetro del electrodo: Diámetro (2; 2,5; 3,25; 4 mm): punteado, uniones de pieza de poco espesor, primeras pasadas y cuando se requiera que el aporte térmico sea bajo.
- › Diámetro mayor: piezas de espesores medios y gruesos, soldaduras en posición plana y recargues.
- › Intensidad: cada electrodo, en función del diámetro, posee un rango de intensidades en el que puede utilizarse.

| GROSOR DEL METAL | DIÁMETRO DEL ELECTRODO | INTENSIDAD EN AMPERIOS |
|------------------|------------------------|------------------------|
| 0,8 - 1,5 mm     | 1,6 mm                 | 35 - 50A               |
| 1 - 2 mm         | 2 mm                   | 50 - 75A               |
| 2 - 3 mm         | 2,5 mm                 | 75 - 100A              |
| 3 - 4 mm         | 2,5 ó 3,15 mm          | 100 - 135A             |
| 4 - 100 mm       | 3,15 ó 4 mm            | 135 - 175A             |

Velocidad: debe ajustarse de tal forma que el arco adelante ligeramente al baño de fusión.

♡ Cuanto mayor es la velocidad de desplazamiento menor es la anchura y la penetración del cordón, menor es el aporte térmico y más rápidamente se enfriará la soldadura.

♡ Si la velocidad es excesiva se pueden producir mordeduras, inclusiones de escoria y porosidad.

Orientación del electrodo:



### ARCO SUMERGIDO

› Consiste en la fusión de un alambre electrodo continuo y desnudo protegido por la escoria generada por un fundente, granulado o en polvo (flux).

› Puede ser semiautomático o automático, aunque se suele emplear de manera automática, ya que no hace falta operario y se asegura un gran rendimiento de producción.

› No existen pérdidas de metal por proyecciones y el rendimiento térmico es muy elevado (en torno al 80%).

Denominación: • SAW (Submerged ArcWelding ) según AWS.

#### *Ventajas*

› Gran productividad (velocidad, penetración, largas soldaduras continuas) y automatización.

› Alta calidad de soldadura.

› Espesores elevados con chaflanes reducidos o inexistentes.

› Arco invisible (sin necesidad de gafas) y limitada producción de humos.

#### *Desventajas*

› Posiciones de soldadura plana, plano-frontal o circunferencial.

› Espesor mínimo: 2-3 mm.

› Fundente sujeto a contaminaciones que pueden producir defectos en la soldadura

› No aplicable a metales de bajo punto de fusión ni a metales de alta sensibilidad a la oxidación.

#### *Aplicaciones*

› *Para soldaduras en línea recta, especialmente en la formación de marcos para cajas, la construcción naval, de tuberías, puentes y recipientes presurizados, reparaciones, industria del motor y la fabricación en general.*

#### *Electrodos*

› Alambre sólido o compuesto (hilo hueco con flux en su interior) bobinados en carretes. El flux puede desprender gases protectores o no (siendo éstos proporcionados externamente)

Soldadura con electrodo tubular.

› Condiciones: superficie lisa, libre de grasas y óxidos, calibrados y flexibles.

### *Fundentes o flux de protección*

- › Flux: polvo compacto compuesto de granos (compuestos a su vez de minerales como óxidos de aluminio y talio) cuyo tamaño depende del tipo de soldadura a realizar.
- › Se usa polvo de grano fino en operaciones de soldadura que requieran gran intensidad. Si se requiere grandes velocidades de soldadura, se usa flux de grano medio y grueso.

### ELECTROESCORIA

- › Se colocan dos zapatas de cobre refrigeradas y en el hueco que forman éstas y las piezas se agrega fundente
- › Se genera arco eléctrico entre el electrodo y el fondo de la pieza a soldar.
- › El arco eléctrico funde el fundente alcanzando temperaturas muy superiores a la de fusión del material.
- › Las zapatas se van moviendo verticalmente conforme avanza la soldadura.
- › Cuando la escoria fundida llega a la punta del electrodo, éste se extingue y el calor se sigue produciendo por la resistencia Eléctrica de la escoria fundida.

Denominaciones: • ESW (Electroslag welding) AWS.

### *Ventajas y desventajas*

- › Permite soldar placas de espesores entre 50 a 900 mm.
- › La calidad de la soldadura es buena.
- › Se usa para secciones estructurales gruesas de acero (maquinaria pesada, recipientes de reactores nucleares).
- › Es un proceso con enfriamiento lento y baja velocidad de solidificación.
- › Costo del sistema elevado.

### ELECTRODO TUBULAR

- › Arco eléctrico entre alambre/electrodo tubular consumible y pieza.
- › Dos posibles tipos de protección: fundente (flux) en el interior del alambre tubular, gas adicional (activo o inerte).

Denominación: • FCAW (Flux-Cored ArcWelding) según AWS.

### *Características*

- › Similar al MAG-MIG, salvo por el relleno de fundente del electrodo.
- › Combina versatilidad de soldadura con electrodo revestido + alimentación continua y automática del electrodo del MAG-MIG.
- › Estos electrodos producen un arco más estable, mejoran el contorno del cordón y producen mejores propiedades mecánicas del metal de soldadura.
- › Fundente más flexible que el recubrimiento de los electrodos en otros procesos.
- › Automatización. - Soldadura de pequeños espesores.
- › Gran productividad.
- › Proceso económico

### *Desventaja*

- › Gran cantidad de humos y generación de escoria (que hay que eliminar).

## SOLDADURA CON ARCO ELÉCTRICO Y GASES DE PROTECCIÓN

### *Funciones de los gases de protección*

- › Evitar la oxidación/contaminación del metal, del baño de fusión y del electrodo a altas temperaturas (O<sub>2</sub> produce oxidación, N<sub>2</sub> porosidad y la humedad del aire porosidad y grietas).
- › Facilitar la transferencia de material en el arco eléctrico, facilitando la ionización.

### *Tipos de gases de protección*

- › Gases inertes como el Argón (Ar), Helio (He) y CO<sub>2</sub> separados o mezclados entre sí, añadiendo en algunos casos gases activos (O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> o N<sub>2</sub>) que reaccionan químicamente a la temperatura del arco.

### MIG - MAG (GMAW)

- › El arco se genera entre un electrodo de hilo continuo alimentado automáticamente y la pieza a soldar, protegido por un gas activo (MAG) o inerte (MIG).
- Denominación: - GMAW (Gas Metal-ArcWelding) según AWS, antes MAG (Metal Active Gas) y MIG (Metal Inert Gas).

### *Ventajas*

- › Soldadura de cualquier material y en cualquier posición.
- › Simplificación de las operaciones de limpieza (no hay escoria y las proyecciones son escasas) que reducen el costo total.
- › Electrodo continuo y gran velocidad de soldadura, mejora la productividad, se logran soldaduras largas y sin empalmes, reduce el riesgo de defectos.
- › Esta mayor velocidad favorece la metalurgia de la soldadura ya que se reducen las deformaciones y transformaciones de estructura del metal base.

### *Desventajas*

- › Es necesario un control estricto de la intensidad de corriente, compleja regulación de parámetros.
- › Debe conseguirse un equilibrio entre la velocidad de fusión y la alimentación del electrodo.
- › Es necesaria la limpieza de los bordes para obtener una unión sin defectos.
- › Equipo difícil de transportar y proceso sensible a las corrientes de aire, aplicación limitada al aire libre.

### *Aplicaciones*

- › *Es de los procesos más utilizados en la actualidad, sus principales aplicaciones se centran en la construcción, producción de tuberías, recipientes a presión, calderas y tanques de almacenamiento, construcción naval e industrias automovilística, ferroviaria y aeronáutica.*

### *Equipo*

- › Generador de corriente continua, se suele recurrir a equipos de potencial constante.
- › Unidad de alimentación del hilo. Es un pequeño motor que impulsa el hilo continuamente.
- › Circuito de gas protector.

- › Pistola de soldadura.
- › Conjunto de válvulas y manómetros de control de presión.

#### Electrodos

- › El electrodo consiste en un hilo macizo o tubular continuo con un diámetro que oscila entre 0,8 y 1,6 mm. Si la intensidad es muy grande, se puede emplear hilo de 2,4 mm de diámetro.
- › Generalmente, va recubierto de cobre para favorecer el contacto eléctrico con la boquilla, disminuir rozamientos y protegerlo de la oxidación.
- › El material de aportación es en general similar en composición química a la del metal base.

#### Gases de protección

- › Gas inerte (en MIG): como ventaja no reacciona con los metales.
- › Gas activo (en MAG): reacciona con los metales, pudiendo producir proyecciones y poros en el metal depositado.
- › Gases inertes como el Ar y el He (MIG) son caros, se buscó un gas más barato, CO<sub>2</sub> (MAG): no es tóxico y a temperatura ambiente se puede almacenar en grandes cantidades.

| Criterio               | MIG                                     | MAG                               |
|------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| Gas de protección      | Inerte. Normalmente Argón               | Activo. CO <sub>2</sub> e inertes |
| Generador              | De potencial constante y gran capacidad | De potencial constante            |
| Metales a soldar       | Acero inoxidable, cobre y aluminio      | Solo aceros ordinarios            |
| Espesores de soldas    | Medios y gruesos                        | Todos                             |
| Proyecciones de soldas | Soldas lisas                            | Todas                             |
| Regulación             | Poco sensible                           | Exige precisión                   |
| Visibilidad            | Buena                                   | Regular                           |
| Proyecciones           | Raras                                   | Abundantes                        |
| Limpieza de bordes     | Exige poca limpieza                     | Admite piezas oxidadas            |
| Fuente                 | Poco ruidosa                            | Pueden ser ruidosa                |

#### TIG (GTAW)

- › Arco entre un electrodo no consumible de Tungsteno (Volframio) y la pieza a soldar, protegido por un gas inerte.

- › Si es necesario material de aporte, se suministra externamente.

Denominaciones: • GTAW (Gas Tungsten-Arc Welding) según AWS, antes TIG (Tungsten Inert Gas).

#### Ventajas

- › Proceso adecuado para unir la mayoría de los metales.
- › Arco estable y concentrado.
- › No se producen proyecciones ni escoria.
- › Produce soldaduras lisas y regulares de alta calidad.
- › Alta velocidad de soldeo en espesores finos (de menos de 4 mm).
- › Permite un control excelente de la penetración en la pasada de raíz

#### Desventajas

- › No resulta económico para espesores mayores de 10 mm.
- › En presencia de corrientes de aire puede resultar difícil conseguir una protección adecuada de la zona de soldadura.
- › Su aplicación manual exige, en general, gran habilidad por parte del soldador.
- › Tasa de deposición menor que la que se puede conseguir con otros procesos de soldeo por arco.

#### Aplicaciones

- › Es un procedimiento manual, automático e incluso robotizable.

- › Se utiliza en espesores inferiores a 5-6 mm y conjuntamente con otros procedimientos más económicos (SMAW, MIG-MAG).
- › Asegura en una primera pasada, una penetración regular, utilizando después los otros procedimientos de relleno.
- › En aceros inoxidables, al cromo-molibdeno resistentes al calor, aluminio, níquel y sus aleaciones y en la soldadura de metales sensibles a la oxidación, como el titanio y el circonio.
- › Para soldaduras en la industria del petróleo, química, petroquímica, de alimentación, de generación de energía, etc.

#### *Equipo*

- › Elementos básicos: Generador de CC y/o CA igual que los utilizados en la soldadura manual con electrodos revestidos; generador de alta frecuencia o generador de impulsos, para resolver el problema del cebado y estabilidad del arco con electrodo desnudo, fundamentalmente en corriente alterna; circuito de gas; portaelectrodos; refrigeración por aire o agua; conjunto de válvulas y órganos de control.

#### *Electrodos*

- › No consumibles (mantienen el arco sin aportar material al baño de fusión).
- › Preferibles electrodos de Tungsteno aleado , generan arco más estable.
- › Aleados con Torio (2%) arco más direccional; Pto. Fusión = 4000°C.
- › Aleados con Circonio (2%), Pto. Fusión = 3800°C.

#### *Material de aporte*

Similar al material base.

- › No siempre es necesario. Especialmente en espesores pequeños (<3mm).

#### *Gases de protección*

- › El más utilizado es el Ar (para todos los metales), aunque también se utiliza el He, o mezclas de ambos.
- › Mezclas Ar-He: para aceros inoxidables y aleaciones de alta conductividad térmica.
- › Dan mayor penetración y la soldadura suele ser más rápida, aunque el cebado del arco es más complicado.
- › Mezclas de Ar-H<sub>2</sub> (de un 2% a un 5% de H<sub>2</sub>): para el acero inoxidable y aleaciones de Níquel. Esta mezcla permite utilizar una mayor tensión del arco, aumentando la penetración.

### SOLDADURA DE GAS - OXIACETILENICA

- › Utiliza el calor producido por una llama, obtenida de la combinación de un gas combustible con un gas comburente, para fundir el metal base y, si se emplea, el metal de aportación.
  - › Gas combustible: acetileno (el más utilizado), propano, gas natural, etc.
  - › Gas comburente: oxígeno.
  - › La llama oxiacetilénica también se puede utilizar para cortar metales, lanzando una corriente de oxígeno hacia el metal cuando se encuentre al rojo (Oxicorte).
- Denominación: • OFW (Oxy-Fuel Welding); si se usa acetileno OAW (Oxy-Actilene Welding), según AWS.

### *Ventajas*

- › El soldador tiene control sobre la fuente de calor y sobre la temperatura de forma independiente del control sobre el metal de aportación.
- › Equipo de soldeo de bajo coste, suele ser portátil y de gran versatilidad, usado para reparaciones.

### *Desventajas*

- › Se producen grandes deformaciones y tensiones internas causadas por el elevado aporte térmico debido a la baja velocidad de soldeo.
- › Proceso lento, de baja productividad y destinado a espesores pequeños.

### *Equipo*

- Elementos básicos: Cilindros de acetileno y oxígeno, mangueras, soplete y válvulas de seguridad y antirretroceso.

## SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA (TW)

### *También llamada con termita*

- › Termita: marca comercial de una mezcla de polvo de aluminio y óxido de hierro que reacciona exotérmicamente (alcanza  $T^a > 2200^{\circ}\text{C}$  en un solo minuto).

### *Proceso*

1. Se alinean las piezas a unir (con un hueco entre ellas) dentro de un molde.
2. En un crisol se genera la reacción exotérmica (con ayuda de polvos de ignición para iniciarla).
3. En el crisol el metal fundido se sitúa en el fondo, con la escoria de alúmina flotando.
4. Se vierte el metal en el molde.
5. La alta temperatura del metal fundido provoca la fusión del metal base y la soldadura.

### *Aplicaciones*

*Unión de rieles de ferrocarril, reparación de grietas de piezas de gran volumen (grandes ejes, cajas para máquinas, etc.).*

- › *Posee una gran profundidad de penetración, pero necesita de moldes, crisol, etc. lo que limita su aplicación y la encarece.*

## SOLDADURA LÁSER (LBW)

- › Proceso de fusión en el que se obtiene un calentamiento localizado mediante la energía de un láser (haz luminoso coherente altamente concentrado y enfocado).
  - › No es necesario contacto mecánico con la pieza y el material no tiene por qué ser conductor de la electricidad.
  - › Son necesarios gases protectores para evitar oxidación.
  - › No se aporta material.
  - › Rayo muy focalizado, gran densidad de energía, uniones profundas y delgadas.
- Denominación: • LBW (Laser-Beam Welding), según AWS.

### *Ventajas*

- › Mínima alteración del metal base.
- › Ausencia casi total de distorsión en la pieza soldada.
- › Posibilidad de automatización del proceso (mediante el uso del control numérico y los robots).
- › Facilidad de integración del sistema en líneas de producción ya existentes.
- › Especialmente eficaz en piezas delgadas.

### *Desventajas*

- › Alta inversión inicial.
- › Parámetros críticos de incidencia del gas de protección sobre la pieza a soldar.
- › Precauciones extremas requeridas en la preparación de la pieza a ser soldada (medidas de seguridad, peligrosidad del láser en los ojos).

### *Aplicaciones*

- › *Soldadura de componentes de transmisiones en la industria del automóvil, soldadura de piezas delgadas para componentes electrónicos.*
- › *Materiales: aluminio, titanio, metales ferrosos, cobre, superaleaciones y metales refractarios.*
- › *Automatización, con velocidades entre 2,5 m/min y 80 m/min.*

## SOLDADURA CON HAZ DE ELECTRONES (EBW)

- › Se genera calor mediante los electrones de un haz fino y de alta velocidad (la energía cinética de los electrones se convierte en calor al chocar con la pieza).
- › Es necesario un equipo especial para enfocar el haz de electrones en la pieza en el vacío.
- › Mayor vacío, mayor penetración.

### *Aplicaciones*

*Componentes de aviones, de misiles, nucleares y electrónicos. Ejes y engranajes de automóvil.*

Denominación: • EBW (Electron-Beam Welding).

### *Ventajas*

- › Válido para casi todos los metales, incluso los refractarios.
- › Amplio rango de espesores (desde membranas hasta 150 mm).
- › Muy alta calidad de soldadura, con gran profundidad y sin necesidad de fundentes ni gases protectores.
- › Calor muy concentrado y distorsiones mínimas.

### *Desventajas*

- › La necesidad de realizar el vacío para cada pieza implica elevados costos y tiempos.
- › Costo del equipo elevado.
- › Generación de rayos X, control por exposición.

## SOLDADURA FUERTE Y SOLDADURA BLANDA

› La unión de las piezas a soldar se realiza con el aporte de otro material con menor punto de fusión. El calentamiento funde el metal de aporte, pero no alcanza la temperatura de fusión de los metales originales.

› La unión que se obtiene es debida a la atracción o adhesión de las superficies en contacto.

› Se pueden usar fundentes para evitar la oxidación.

♡ *Soldadura fuerte*: punto fusión del metal de aporte > 450°C

♡ *Soldadura blanda*: punto fusión del metal de aporte < 450°C

### *Ventajas*

› Se pueden soldar metales distintos o con poca soldabilidad.

› No fusión, se evitan los problemas metalúrgicos y las distorsiones geométricas son mínimas.

› Unión de piezas difícilmente soldables por métodos de fusión: chapas finas, elementos muy pequeños, etc., piezas de precisión.

› Fácilmente automatizable.

### *Desventajas*

› Menor resistencia y continuidad que con soldadura por fusión.

› A altas temperaturas (próximas a la de fusión del metal de aporte), la unión se debilita considerablemente.

› El diseño de las piezas y su preparación son complicados y costosos.

› Aplicación difícil o costosa en piezas grandes.

### *Aplicaciones*

*En general: unión de piezas de pequeños tamaños, de diferentes materiales y de diseño complejo.*

› *Fuerte: plaquitas de corte, intercambiadores de calor, componentes de automóvil, etc.*

› *Blanda: componentes electrónicos, zinguería, ornamentales, etc.*

### *Proceso*

› *Aporte de material*: con varilla exterior (fundiendo con soplete), pasta semifluida o preformas (láminas, arandelas, etc.) dependiendo de la posibilidad de automatización, sistema de calentamiento, geometría, piezas, etc.

› *Método de relleno*: por capilaridad en el hueco entre las piezas o por gravedad (huecos grandes y piezas separadas con juntas en V o doble V).

### *Tipos*

› ***Soldadura fuerte y blanda con soplete***: es la más utilizada hoy en día por su flexibilidad y bajo coste. Sin embargo es lento.

› ***Soldadura fuerte y blanda en horno***: el calentamiento es uniforme, reducción de la deformación. Para producción masiva.

- › **Soldadura fuerte y blanda por inducción:** corriente alterna de inducción de alta frecuencia, generación de calor. Para producción masiva.
- › **Soldadura fuerte y blanda por resistencia:** calor por la resistencia de la pieza al paso de la corriente. Bajo costo. Para piezas pequeñas.
- › **Soldadura fuerte y blanda por inmersión:** la pieza se sumerge en un baño de sal fundida, para calentarla. El baño puede tener acción de fundente.

## SOLDADURA EN ESTADO SÓLIDO

- › La unión de las piezas a soldar se realiza aplicando presión (o presión + calor) a las piezas en contacto, activación de fuerzas interatómicas de cohesión, formación de cristales comunes en la interfase, propiedades resistentes tan buenas como las del metal original.
- › Necesaria limpieza previa y completa de las superficies antes del proceso.
- › Métodos para neutralizar o eliminar barreras intermedias (óxido, etc.): la propia presión, movimiento relativo entre las superficies, calor.

### *Ventajas*

- › No necesita metal de aporte ni atmósfera de protección.
- › Unión en toda la interfase y no sólo en puntos o líneas.
- › No fusión, se evitan los problemas metalúrgicos y las distorsiones geométricas son mínimas.
- › Posible unir materiales muy diferentes (incluso refractarios).
- › Procesos muy rápidos, con altas tasas de producción.

### *Desventajas*

- › Las superficies a unir deben ser muy lisas y requieren de gran limpieza. Se suelen mecanizar y pulir para reducir la rugosidad, aumento de costo.
- › Costos elevados de algunos equipos, sólo se utiliza para soldaduras difíciles por otros medios.

## SOLDADURA POR RESISTENCIA (RW) (eléctrica)

La unión se obtiene por aplicación de:

- › Calor: generado por una corriente eléctrica de elevada intensidad que circula entre dos electrodos durante un corto espacio de tiempo y atraviesa la unión a soldar.
- › Presión: durante y después del paso de la corriente.

Denominación: • RW (Resistance Welding), según AWS.

### *Tipos*

- › Por puntos
- › Por resalte o proyección.
- › Por roldanas o costura.
- › A tope con recalcado.
- › Por chispa.
- › Por inducción o alta frecuencia

### *Ventajas*

- › No necesita gases protectores, fundentes o metal de aporte.

- › Los electrodos no son consumibles.
- › Altas tasas de producción (proceso rápido y automatizable).

#### ♥ Soldadura por puntos

*Aplicaciones: fabricación de carrocerías de automóviles, electrodomésticos y muebles metálicos.*

- › Alto grado de automatización, fundamentalmente en lo que se refiere a la aplicación secuencial de la presión y de la corriente.
- › Robots de soldadura.
- › Equipo: habitualmente se utiliza maquinaria estática, aunque existen pinzas de soldadura portátiles.

#### SOLDADURA POR EXPLOSIÓN (química)

- › La unión se establece a través de la deformación intensa de la interfase producida por la energía liberada por un explosivo detonado.
- › No se aplica calor externo y durante el proceso no ocurre difusión.
- › Las capas de óxido de la interfase se rompen y son expulsadas.
- › Resistencia de adhesión muy alta.

*Aplicaciones: unión de dos metales diferentes, como en el revestimiento de placas, unión de tubos a orificios de calderas, etc.*

Denominación: • (EXW, Explosion Welding)

#### SOLDADURA POR DIFUSIÓN (química)

- › La unión se debe al paso de átomos a través de la interfase en las piezas a unir y, en segundo lugar, a la deformación plástica de las superficies de unión.

Mecanismos que favorecen la difusión:

- › Calentar las piezas, siempre por debajo de temperatura de fusión ( $0,5 \times T_f$ )
- › Aplicar una presión para que se creen nuevas superficies.
- › Las propiedades físicas y mecánicas de la interfase son las mismas que las del metal base.
- › Una limitación es el tiempo necesario para que se produzca la migración de átomos.

*Aplicaciones: unión de metales refractarios y de alta resistencia en industria aeronáutica.*

#### SOLDADURA POR FRÍO (mecánica)

- › La presión se aplica mediante matrices o rodillos a temperatura ambiente, provocando deformación plástica.
- › Es necesario limpiar y desengrasar previamente la superficie.

*Aplicaciones: unión de piezas pequeñas hechas de metales suaves y dúctiles (monedas, conexiones eléctricas, etc.), revestimientos, etc.*

### SOLDADURA POR FRICCIÓN (mecánica)

- › La unión se obtiene por combinación de presión y calor producido por fricción.

#### *Ventajas*

- › Bajo tiempo de ciclo, producción de series.
- › Bajo consumo de energía.
- › *Materiales diversos*: cobre, aluminio, acero, titanio, aceros inoxidables, etc.

Aplicaciones: válvulas para motores, machos para roscar, ejes para hélices, etc.

### SOLDADURA POR ULTRASONIDOS (mecánica)

- › Se aplica una presión y se induce un movimiento relativo de la interfase mediante vibración tangencial de frecuencia ultrasónica (15 a 75 kHz).
- › El movimiento oscilatorio entre las dos piezas deshace las películas de superficie y permite el contacto íntimo y una unión fuerte.

*Aplicaciones: uniones superpuestas de materiales dúctiles y no endurecidos por deformación (aluminio y cobre), de pequeños espesores.*

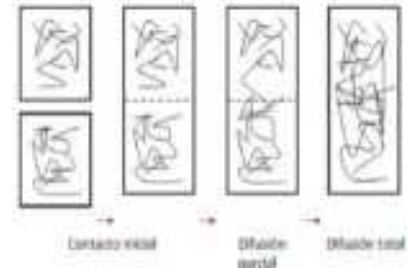
## SOLDADURA DE POLÍMEROS

La soldadura de polímeros es un proceso destinado a unir piezas constituidas de materiales termoplásticos. La soldadura tiene lugar por el reblandecimiento de las zonas a unir.

Las moléculas del polímero adquieren cierta movilidad por acción de un agente externo (calor, vibración, fricción, disolvente, etc.).

Al juntarse ambas piezas y aplicarles presión, se logra la interacción de las moléculas de ambas partes a unir, entrelazándose.

Una vez que cesa la acción del agente externo, disminuye el movimiento de moléculas quedando constituida una estructura entrelazada, formándose la unión de ambas partes plásticas.



☆ En el mercado existen diversos procesos de soldadura para unir plásticos y la aplicación idónea de cada una de ellos depende de múltiples factores.

*Variables que influyen en la elección de la soldadura*

- ☆ El tipo de pieza o elemento a unir.
- ☆ Las características del material plástico.
- ☆ El número de piezas a unir en el mismo proceso.
- ☆ La aplicación del producto final.

☆ La soldadura puede ser utilizada para producir uniones con propiedades mecánicas que se acercan a las del material base.

☆ La soldadura de polímeros se limita a los termoplásticos, debido a que estos materiales pueden ser ablandados y fundidos por el calor.

Los polímeros termoestables una vez endurecidos no pueden ser ablandados de nuevo por calefacción.

### TÉCNICAS DE SOLDADURA

Podemos incluirlas en los siguientes grupos

- 1) Mediante aporte de calor por un elemento externo
- 2) Por emisión de alta frecuencia y ultrasonido
- 3) Por emisión de haz láser
- 4) Por vibración
- 5) Por rotación
- 6) Química

#### 1) MEDIANTE APOORTE DE CALOR DE UN ELEMENTO CALEFACTOR EXTERNO

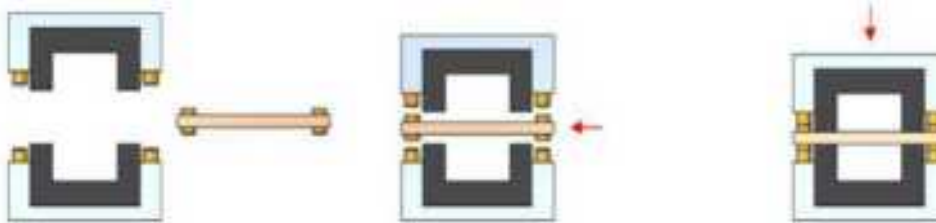
Esta técnica genera aumento de temperatura y fusión en las piezas a unir, pudiéndose unir por compresión.

- A) Placa caliente / termofusión
- B) Aire-gas caliente
- C) Sellado por calor
- D) Por inducción

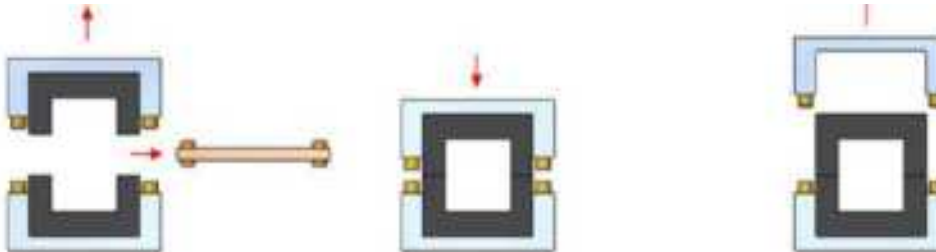
## E) Extrusión - Inyección

### 1A) SOLDADURA POR PLACA CALIENTE

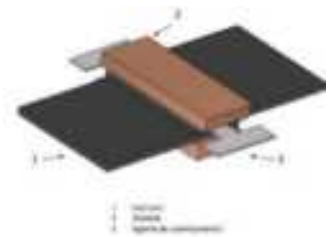
☆ Es la más simple de las técnicas de producción en serie para unir plásticos. Una placa calentada se sujeta entre las superficies a unir hasta que se ablanden.



☆ La placa se retira y las superficies se reúnen de nuevo bajo presión controlada durante un período específico. Las superficies fusionadas se dejan enfriar, formando una unión.



☆ La herramienta de soldadura o elemento calefactor está construida comúnmente de calentadores eléctricos insertos en una placa de aluminio. Las temperaturas son generalmente entre 180°C y 230°C dependiendo del espesor y del tipo del material a soldar.



☆ Este proceso se utiliza comúnmente para soldar los extremos de tubos de plástico utilizados en la distribución de gas y agua, aguas residuales y evacuación de efluentes y en la industria química, la unión de tubos de llenado y conectores en los tanques de combustible moldeados por soplado para aplicaciones en la industria automotriz.

*Ej: carcasas de aspiradoras, piezas para lavadoras y lavavajillas, piezas de automóviles, tales como depósitos de líquido de frenos, luces traseras, luces indicadoras.*

#### *Desventaja*

☆ Proceso relativamente lento (intervalos de 10 a 20 segundos para artículos pequeños y hasta 30 minutos para tuberías muy grandes).

☆ Las placas calientes para el tipo convencional de soldadura (con temperaturas de hasta 250°C) son principalmente de aluminio.

☆ Las placas calientes para soldadura de alta temperatura se componen principalmente de aleación de cobre y de aluminio.

☆ La temperatura de las placas calientes es controlada por los reguladores electrónicos, con el sensor térmico situado lo más cerca posible a la superficie de trabajo.

#### ☆ *Termofusión*

Esta técnica se utiliza para unir generalmente tuberías entre sí o con accesorios, por medio de un elemento calefactor.

### 1B) SOLDADURA POR AIRE/GAS CALIENTE

☆ Este proceso es similar a la soldadura oxiacetilénica de metales. La única diferencia es que la llama abierta de la soldadura oxiacetilénica se sustituye por una corriente de gas caliente. El aire comprimido, nitrógeno, hidrógeno, oxígeno o dióxido de carbono se calienta mediante una bobina eléctrica a medida que pasa a través de una pistola de soldadura.

☆ El proceso, inventado a mediados del siglo XX, utiliza una corriente de gas caliente, normalmente aire, para calentar y derretir el material del sustrato termoplástico y una varilla de soldadura termoplástica.

☆ Se funde el material del sustrato y de la varilla para producir una soldadura. Para garantizar la soldadura, temperatura y presión adecuadas se deben aplicar a la varilla, junto con la correcta velocidad de soldadura y posición de la pistola.



#### *Aplicaciones*

*Productos químicos, conductos de ventilación y reparación de piezas de plástico, tales como los paragolpes de automóviles.*

El nitrógeno se usa para plásticos sensibles al oxígeno. El aire comprimido es muy popular, ya que da resultados satisfactorios para muchos propósitos y es económico.

#### *Plásticos que pueden ser soldados*

☆ PVC, polietileno, policarbonatos, poliamidas, etc.

#### *Ventaja*

☆ Se pueden construir piezas grandes y complejas.

☆ Este proceso es lento y la calidad de la soldadura depende totalmente de la habilidad del soldador.

### 1C) SELLADO POR CALOR

☆ El termosellado es el proceso de sellado de un termoplástico a otro termoplástico similar usando calor y presión. Principalmente es aplicado para la unión de películas o láminas plásticas entre sí o para la unión de estas a otras plásticas/metálicas.

☆ El método de contacto directo de termosellado utiliza un dado o barra de soldadura constantemente calentado para aplicar calor a un área o línea específica de contacto para sellar o soldar los termoplásticos juntos.

#### *Aplicaciones*

*Las más comunes para el proceso de sellado térmico son para cierre hermético de bolsas y películas para alimentos o dispositivos médicos esterilizados, fabricación de bolsas, etc.*

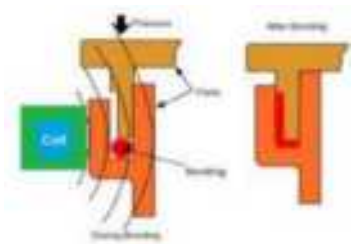
Esta técnica también es utilizada en la industria electrónica para unir conectores flexibles de LCD y en la industria de insumos médicos.

## 1D) SOLDADURA POR INDUCCIÓN

☆ Es un proceso ampliamente utilizado en termoplásticos sin reforzar, si bien su uso es factible en materiales reforzados a la vista de experimentos realizados. Esta soldadura permite llevar un control estricto de la presión de consolidación mediante la prensa situada a la salida de la bobina de inducción.

☆ El procedimiento se lleva a cabo mediante un elemento susceptible a las variaciones de un campo magnético, situado en la entrecara de los sustratos. Dependiendo de la naturaleza de dicho elemento el fenómeno físico por el cual se calienta es distinto, a saber: histéresis magnética, efecto Joule o corrientes inducidas.

☆ La bobina de inducción se puede desplazar generando soldaduras de gran longitud o estar fija en una estación continua de trabajo sellando partes de un conjunto en una línea de producción.



## 1E) SOLDADURA POR EXTRUSIÓN

La soldadura por extrusión permite aplicar soldaduras más grandes en un solo paso de soldadura. Es la técnica preferida para uniones de materiales de más de 6 mm de espesor.

☆ La varilla de material de aporte se introduce en una extrusora miniatura de plástico, el material es plastificado y forzado a salir contra las partes a unir, que se suavizan con un chorro de aire caliente para permitir que la unión tenga lugar.

### ☆ SOLDADURA POR INYECCIÓN

La soldadura por inyección es similar a la soldadura de extrusión, con algunas variaciones en la soldadora portátil, como accesorios de aplicación de diferentes formatos para acceder a piezas con geometrías complejas.

## 2) EMISIÓN DE ULTRASONIDO Y ALTA FRECUENCIA

☆ Es un método que consiste en emitir ondas de una determinada frecuencia en las superficies a unir, generando un efecto de vibración entre las moléculas del material, que provoca un aumento de temperatura y lo reblandece.

### ☆ SOLDADURA POR ULTRASONIDO

Este método utiliza vibraciones de alta frecuencia mecánicas para formar la unión. Las piezas a ensamblar se mantienen juntas bajo presión entre el sonotrodo oscilante y una base fija y se someten a vibraciones ultrasónicas de frecuencia de 20 a 40KHz en ángulo recto con el área de contacto.

☆ La acción de muy alta frecuencia genera calor en la interfaz común para producir una soldadura de buena calidad. El costo de los equipos hace que estas soldaduras se orienten

a las grandes series de producción de componentes generalmente de dimensiones reducidas.

#### *Aplicaciones*

*Válvulas y filtros utilizados en equipos médicos, autopartes y carcasas de electrodomésticos.*

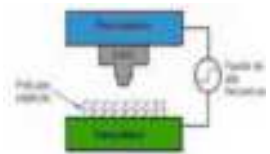
#### ☆ **SOLDADURA POR ALTA FRECUENCIA**

Ciertos plásticos con dipolos químicos, tales como PVC, poliuretanos y poliamidas pueden ser calentados con ondas electromagnéticas de alta frecuencia. La soldadura de alta frecuencia utiliza esta propiedad para ablandar los plásticos a unirse. El calentamiento puede ser localizado, y el proceso puede ser continuo. También conocido como sellado dieléctrico o termosellado RF (Radio Frecuencia).

☆ En la soldadura con alta frecuencia (HF) los materiales se unen utilizando la energía de un campo electromagnético (27,12 MHz) y aplicando presión sobre las superficies a soldar.

☆ La energía la produce un generador y la herramienta usada para aplicarla se denomina electrodo.

☆ La energía eléctrica hace que las moléculas del interior de los materiales empiecen a moverse, lo cual produce calor, que a su vez reblandece los materiales a soldar, que entonces se unen entre sí.



#### *Aplicaciones*

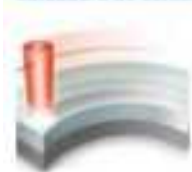
*Toldos para camiones y embarcaciones, lonas plásticas, tiendas y carpas, toldos de sol, productos inflables, depósitos para líquidos, camas de agua, túneles de ventilación, barreras de contención, artículos de librería.*

### 3) POR EMISIÓN DE HAZ LÁSER

☆ Es un sistema que se utiliza para unir piezas pequeñas medianas en áreas determinadas, emitiendo un haz láser que calienta la superficie a soldar.

Hay distintas configuraciones de soldadura láser que le dan la flexibilidad necesaria para adaptarse a cada proceso productivo y pieza de plástico.

Soldadura de contorno



Soldadura simultánea



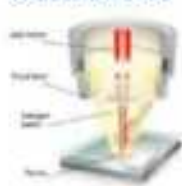
Soldadura cuasi simultánea



Soldadura radial



Soldadura híbrida



Soldadura en espiral



☆ El láser genera un haz intenso de radiación ( por lo general en la zona infrarroja del espectro electromagnético), que se centra sobre el material a unir.  
Esto excita a una frecuencia de resonancia en la molécula, lo que resulta en el calentamiento del material circundante

☆ La soldadura por láser es un proceso de producción de alto volumen con la ventaja de no crear vibraciones ni deformaciones en la zona de la soldadura.  
Los beneficios de un sistema de láser incluyen; un haz de potencia controlable, lo que reduce el riesgo de la distorsión o daños a los componentes; enfoque preciso del haz de láser permitiendo que se formen uniones precisas en un proceso sin contacto, que es a la vez limpio e higiénico.

☆ La soldadura por láser se puede realizar de una manera de disparo único o continuo, pero los materiales a unir requieren de sujeción.

☆ Generalmente se utiliza para la unión de un termoplástico transparente al láser (no absorbente del infrarrojo) con un termoplástico opaco absorbente del infrarrojo, el cual se calienta y funde para generar la soldadura. Las velocidades de soldadura dependen de la absorción del polímero.

#### 4) POR VIBRACIÓN/ROTACIÓN

☆ Son procesos altamente fiables que permiten manejar grandes piezas de materiales variados o múltiples piezas por ciclo con facilidad.

##### *☆ SOLDADURA POR VIBRACIÓN*

Este proceso también se conoce como soldadura por fricción lineal.

☆ Dos piezas termoplásticas se frotan entre sí bajo presión a una frecuencia y amplitud adecuada, hasta que se genera el calor suficiente para fundir el polímero.

Después se detiene la vibración, las partes se alinean y el polímero fundido se deja solidificar creándose la soldadura.

El proceso es similar a la soldadura rotatoria, excepto que el movimiento es lineal en lugar de rotatorio.

El proceso es rápido, las vibraciones aplicadas normalmente son de 100 a 240 Hz y de 2 a 15mm de amplitud máximo.

##### *Ventajas*

☆ Capacidad para soldar grandes uniones lineales complejas en altas series de producción.

☆ Capacidad para soldar un número de componentes de forma simultánea.

☆ Simplicidad de los equipos.

☆ Aptitud para la soldadura de casi todos los materiales termoplásticos.

##### *Aplicaciones*

*Industria automotriz y electrodomésticos.*

Se puede aplicar a casi todos los materiales termoplásticos, ya sea moldeado por inyección, extruido, moldeado por soplado, termoformado, espumado o estampado.

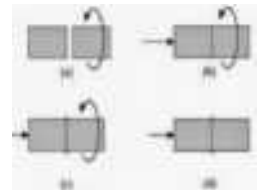
### ☆ SOLDADURA POR FRICCIÓN (ROTACIONAL)

La soldadura por fricción de termoplásticos es también llamada soldadura por frotamiento rotativo. La soldadura por rotación es una forma particular de la soldadura por fricción.

☆ En este proceso uno de los sustratos es fijo, mientras que el otro se hace girar con una velocidad angular controlada.

Cuando las partes se presionan entre sí, el calor de fricción hace que el polímero se funda y una soldadura se crea en el enfriamiento.

☆ Los principales parámetros de soldadura incluyen la velocidad de rotación, la presión por fricción, presión de forja, tiempo de soldadura y área de soldadura.



### *Ventajas*

☆ Alta calidad de la soldadura.

☆ Sencillez y reproducibilidad del proceso.

### *Desventaja*

☆ Sólo es adecuada para aplicaciones en las que al menos uno de los componentes es circular y no requiere alineación angular.

### *Aplicaciones*

*Esta es una forma común de producción de bajo y medio costo de ruedas de plástico y de juguetes. Ej: sellitos.*

## 5) SOLDADURA POR DISOLVENTE

☆ En estas soldaduras, se aplica un elemento que pueda disolver temporalmente el polímero a temperatura ambiente. Cuando esto ocurre, las cadenas de polímero son libres de moverse en el líquido y pueden mezclarse con otras cadenas disueltas de manera similar en el otro componente.

Dado suficiente tiempo, el disolvente se evapora, de modo que las cadenas pierden su movilidad. Esto deja una masa sólida de cadenas de polímero entrelazadas que constituye una soldadura.

### *Aplicaciones*

*Esta técnica se utiliza comúnmente para la conexión de tuberías de PVC y ABS, como por ejemplo los desagües. También es empleada para la reparación de piezas plásticas.*

☆ Existe una larga lista de disolventes (tales como tolueno, dicloroetano, acetona, cloroformo), que por su composición química tienen la propiedad de disolver ciertos materiales plásticos.

**\*...\*...\* CONFORMADO DE POLÍMEROS \*...\*...\***

| Termoestables                                                                                                                                                                        | Termoplásticos                                                                                                                                                                     | Elastómeros                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Sus macromoléculas se entrecruzan formando una red. Debido a esta disposición sólo se les puede dar forma una vez.</p> <p>Un segundo calentamiento produciría su degradación.</p> | <p>Las macromoléculas están dispuestas libremente sin entrelazarse.</p> <p>Tienen la propiedad de reblandecerse con el calor, adquiriendo una forma que conserva al enfriarse.</p> | <p>Las macromoléculas están ordenadas formando una red de pocos enlaces.</p> <p>Recuperan su forma y dimensiones cuando la fuerza que actúa sobre ellos cede.</p> |

|                                                                                     |                  |                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------|
|  | → PET            | → POLIETILENO TEREFALATO       |
|  | → PEAD ( o HDPE) | → POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD |
|  | → PVC            | → POLICLORURO DE VINILO        |
|  | → LDPE           | → POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD |
|  | → PP             | → POLIPROPILENO                |
|  | → PS             | → POLIESTIRENO                 |
|  | → OTROS          | → OTROS PLÁSTICOS              |

## Termoplásticos

Condiciones de entrega de los pellets:

- ✿ Pureza.
- ✿ La forma y tamaño deben ser constantes.
- ✿ Ausencias de rebabas en la superficie de corte.
- ✿ Tener un límite higroscópico.
- ✿ Realizar un proceso de secado si el material lo requiere.

Condiciones de entrega:

- Prepolimerizados para reaccionar con el catalizador.

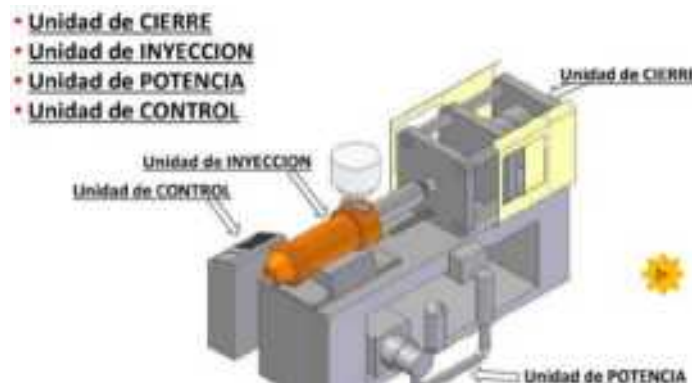
## ☠ Elastómeros

*Forma de suministro:* granos o partículas.

## INYECCIÓN

Es el proceso de fundir gránulos de un polímero llevándolos a un estado plástico tal que permita inyectarlos a presión en la cavidad de un molde, rellenándolo y solidificando para crear el producto final.

*Injectora: partes principales*



## MOLDE

*Aspectos a tener en cuenta para la fabricación del molde:*

- ☼ Conocer el plano de la pieza a inyectar.
- ☼ Establecer las líneas de partición, punto de inyección y expulsores.
- ☼ Revisar las dimensiones, conicidades y tolerancias de la pieza.
- ☼ Conocer el tamaño y peso de la pieza, el número de cavidades proyectadas teniendo en cuenta el tamaño de la máquina y las exigencias de fabricación.
- ☼ Tener en cuenta la contracción, características de flujo y requerimientos del material a inyectar.
- ☼ La calidad de la pieza y su costo están afectados por el diseño, construcción y terminación /calidad del molde.

*Materiales para moldes:* Acero para herramientas P20 es uno de los más utilizados y aleaciones de cobre-berilio para los insertos.

## ☠ Moldes de dos capas

## ☠ Moldes de tres capas

*Ventajas del sistemas de tres placas frente al de dos:*

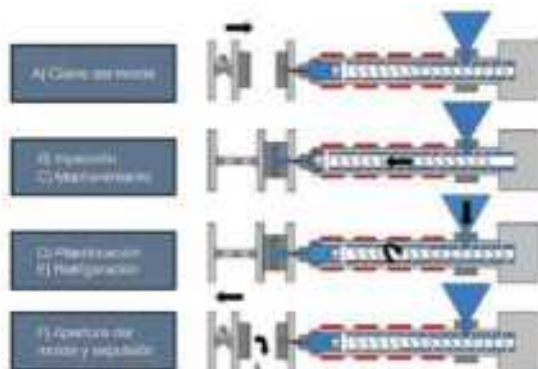
- ☼ El corte de los puntos de inyección se realiza durante el proceso de expulsión de la pieza, no como una operación secundaria.
- ☼ Existe mayor libertad para seleccionar el número y ubicación de los puntos de inyección por medio de la colocación de los conos de inyección a través de la placa central.

✿ Se pueden colocar puntos de inyección en varios sitios de las piezas más grandes para facilitar el llenado.

☠ Moldes de gran tamaño: ej. sillas

☠ Moldes de varias cavidades: ej. broches

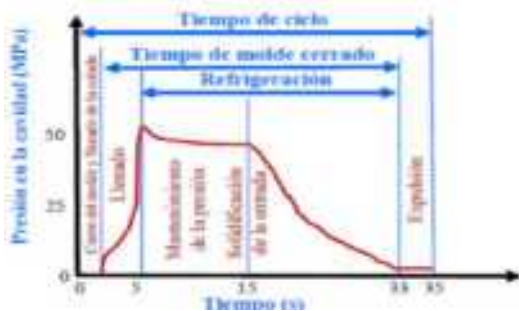
### Ciclo de inyección



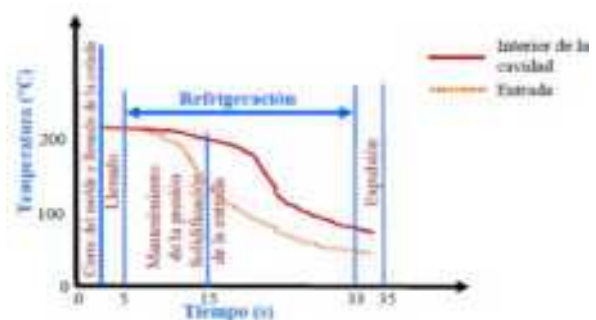
### Refrigeración



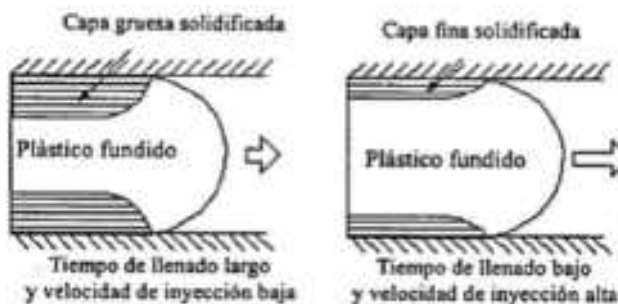
### Evolución de la presión



### Evolución de la temperatura



### Tiempo de llenado/Velocidad de inyección



### ✿ Defectos en el moldeo

| DEFECTO            | CAUSA                                                                                                                            | CORRECCION                                                                              |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Llenado deficiente | La pieza se solidifica antes de llenar completamente la cavidad                                                                  | Incremento de temperatura y presión                                                     |
| Rebaba             | La fusión del polímero se mete en la superficie de separación entre las partes del molde o alrededor de los pernos de expulsión. | Reducir la temperatura de fusión o la de inyección.<br>Relajar la cantidad de material. |

☠ Inyección multicomponente.

☠ Inyección multicolor.

☠ Inyección asistida por gas: *ej. cajas, puertas, armazones, sillas, soportes.*

☠ Inyección con inserto metálico.

☠ Coinyección: *ej. peines, tapas de inodoros, ruedas.*

### *Inyección IML*

☠ Etiquetado en el molde (IML): En el proceso de etiquetado en el molde se depositan exactamente mediante manipulador láminas de plástico recortadas, llamadas etiquetas, en el molde de inyección a presión. Al aplicar el vacío o una carga estática se fijan las etiquetas y seguidamente se inyecta plástico.

☠ Mediante calor y presión se unen las láminas de soporte exactamente adaptadas al plástico en la fase de llenado y compresión con la colada introducida formando el producto final.

*Ej: Envases de yogurt, sillas, envases en general.*

### *Inyección IMD*

☠ Decoración en el molde (IMD): En la técnica de decoración en el molde (in mould decoration IMD), usualmente una lámina de poliéster lleva impresa una figura que sirve para decorar las piezas de inyección a presión.

☠ Primero se pasa la lámina desde el sistema de avance entre las dos partes del molde, se posiciona y se fija con un bastidor. Seguidamente el cierre del molde adapta la lámina a la forma de la cavidad.

*Ej: celulares viejos, partes de tableros de autos.*

## EXTRUSIÓN

☠ Es un proceso industrial donde se realiza una acción de moldeado del plástico, que por flujo continuo con presión y empuje, se lo hace pasar por un molde encargado de darle la forma deseada generando un perfil de sección constante.

☠ La extrusión de polímeros es un proceso donde se realiza una acción de moldeado del plástico, que por flujo continuo con presión y empuje, se lo hace pasar por un molde encargado de darle la forma deseada.

☠ El polímero en estado visco-elástico es forzado a pasar a través de un dado también llamado cabezal por medio del empuje generado por la acción giratoria de un husillo.

Las variables de control que intervienen en este proceso son: temperatura y velocidad de giro del husillo, aunque existe una variable más importante sobre la que no se tiene control: la fricción.

#### *Extrusión doble husillo*

Mejor mezcla (especialmente con cargas) más torque, mayor efecto de cizalla.

- ✿ Corto tiempo de residencia del fundido en la unidad de plastificación = mejor calidad de fundido.
- ✿ Auto limpieza de los elementos del tornillo debido al entrelazado.
- ✿ Desgasificado de materiales higroscópicos por lo que no se necesita secador.

#### *Extrusión y película soplada*

✿ Proceso muy usado para películas delgadas de polietileno (empaques). Se extruye un tubo que se estira hacia arriba y aún fundido se expande aumentando su tamaño por inflado de aire a través de un mandril en la matriz.

#### *Ventajas*

- ✿ Facilidad con la que pueden cambiarse la velocidad de extrusión y la presión de aire para
- ✿ controlar dimensiones.

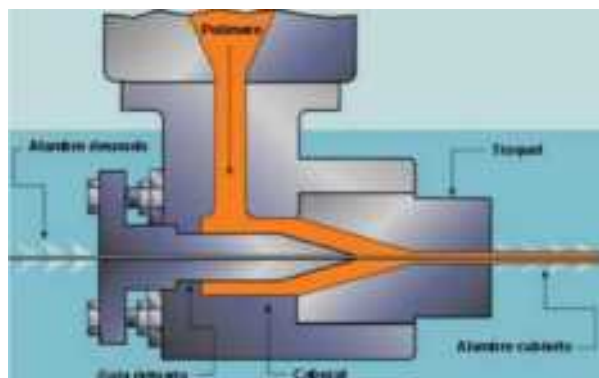
La presión de aire en el tubo tiene que ser constante para mantener los espesores de la película y el diámetro del mismo.

#### *Extrusión de láminas y películas*

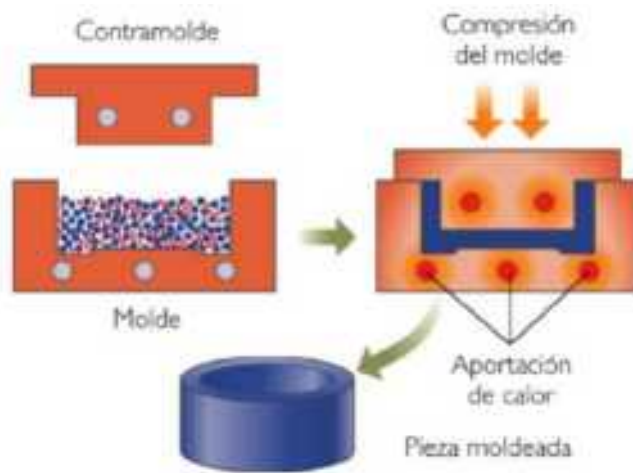
✿ Extrusión convencional con matriz de salida de hasta 3m de ancho y 0,4mm de espesor. Para altas velocidades de producción se incorporan dispositivos de enfriamiento y recolección.

#### *Recubrimiento de cables*

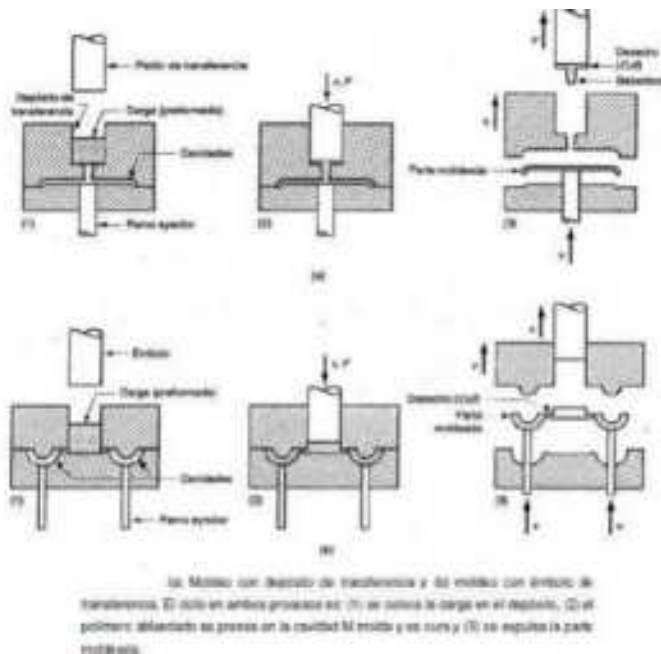
MOLDEO POR



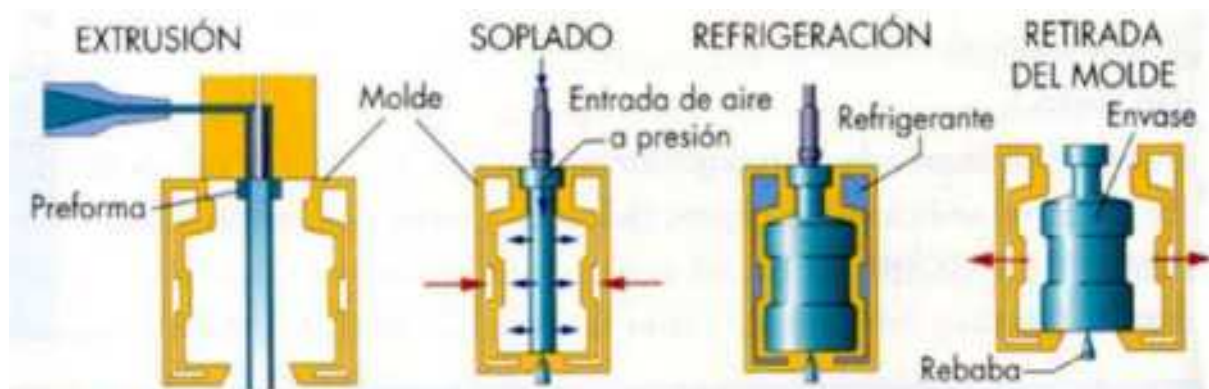
COMPRESIÓN



## MOLDEO POR TRANSFERENCIA

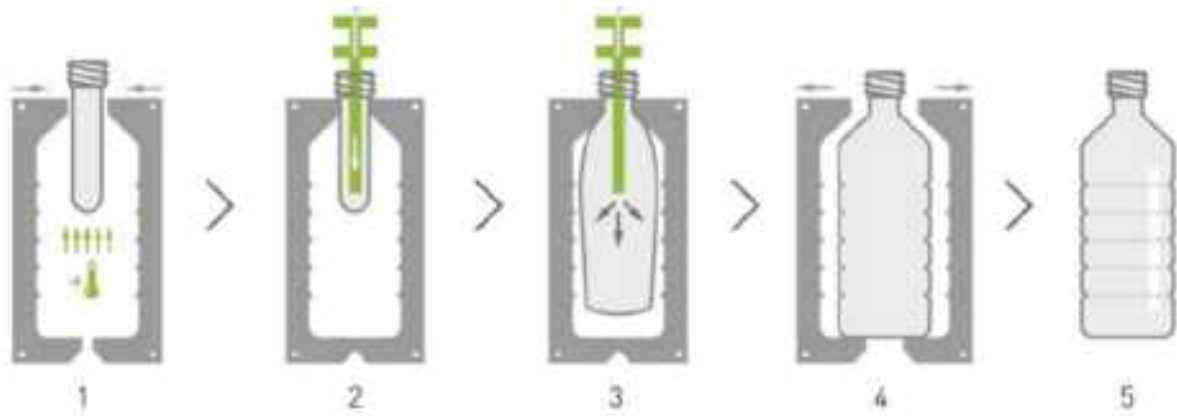


## MOLDEO POR EXTRUSIÓN - SOPLADO



Ej: botellas, envases, bidones.

## MOLDEO POR INYECCIÓN - SOPLADO



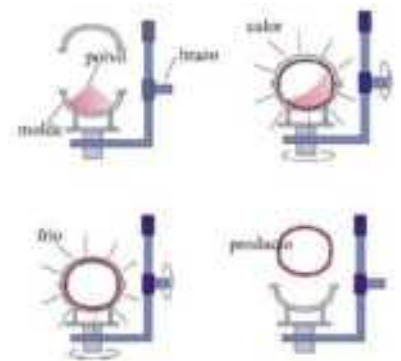
*Ej: tubos de ensayo, botellas.*

### MOLDEO ROTACIONAL

✿ El moldeo rotacional o rotomoldeo es el proceso de transformación de polímeros empleado para producir piezas huecas, en el que el polvo o líquido se vierte dentro de un molde luego se lo hace girar en dos ejes biaxiales mientras se calienta.

✿ El plástico se va fundiendo mientras se distribuye y adhiere en toda la superficie interna.

*Ej: asientos, sillas.*

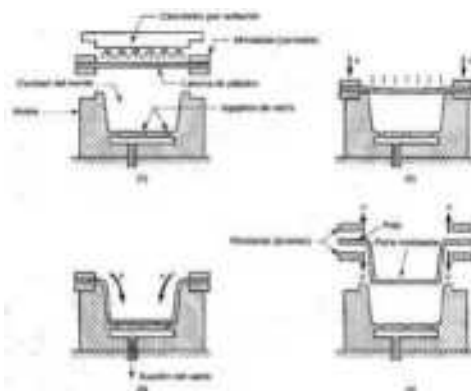


### TERMOFORMADO

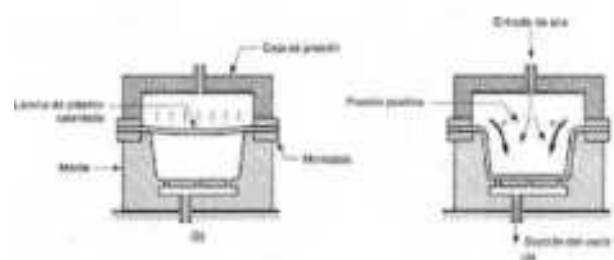
✿ Esta técnica se basa en la propiedad de los termoplásticos de reblandecerse con el aumento de temperatura. Consiste en calentar uniformemente una lámina o film semi elaborado de material y mediante la aplicación de vacío, presión/vacío o molde y contramolde deformarlo adaptándolo a la cavidad con la forma deseada.

*Ej: bandejas, platos, organizadores.*

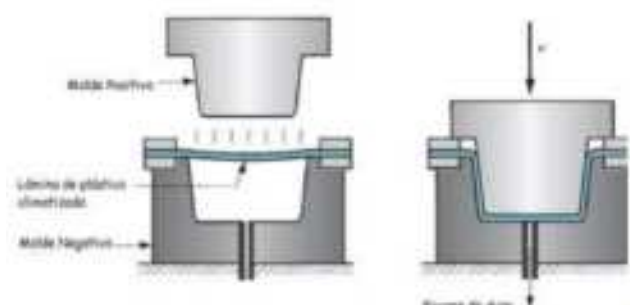
#### *Termoformado (VACÍO)*



#### *Termoformado (PRESIÓN Y VACÍO)*

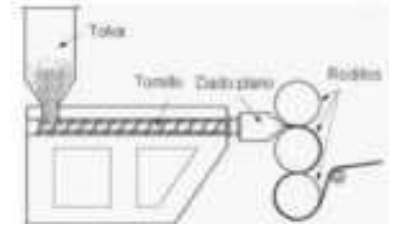


#### *Termoformado (MECÁNICO)*



## CALANDRADO

✿ El calandrado es un proceso de conformado que consiste en hacer pasar un material sólido a presión entre rodillos de metal, calientes y muy pulidos que giran en sentidos opuestos. La finalidad es obtener láminas de espesor controlado o bien modificar el aspecto superficial de la lámina.



## FABRICACIÓN DIGITAL ADITIVA

✿ Fabricación aditiva es el nombre técnico que engloba todas las tecnologías de impresión 3D, se trata de la fabricación de objetos tridimensionales por aportación de material en vez de sustracción. En impresión 3D, partiendo de un archivo digital (modelo 3D), se utilizan diferentes procesos aditivos en los que se aplican capas sucesivas de materia para crear un objeto tangible.

*¿Por qué se fabrican tantos productos en plástico?*

- ✿ Costo de la materia prima.
- ✿ Facilidad de la reproducción.
- ✿ Acabado final de las piezas.
- ✿ Gran libertad de diseño.
- ✿ Reducción en el peso de los productos.
- ✿ Reducción en el tiempo de armado/ensamblaje.
- ✿ Posibilidad de uso de plásticos especializados.
- ✿ Posibilidad de uso en condiciones extremas.

*Ventajas sobre otros materiales*

- ✿ Peso.
- ✿ Medio ambiente.
- ✿ Facilidad de fabricación de geometrías complejas
- ✿ Fácil adaptación.
- ✿ Aislamiento térmico.
- ✿ Aislamiento eléctrico.
- ✿ Resistencia a la corrosión/química.
- ✿ Color.
- ✿ Transparencia.
- ✿ Coeficiente de fricción.
- ✿ Alto volumen de producción.
- ✿ Elasticidad.