



Universidad  
Zaragoza

# Tema 6. Tecnologías y Procesos de Manufacturas.



# Tecnologías y Procesos

## Introducción

En los capítulos anteriores se hemos ido avanzando desde la previsión y la planificación de la producción, la estructura de la gestión de la producción hasta como distribuir los medios productivos en planta.

Es este tema, vamos a ocuparnos de las tecnologías y herramientas con las que finalmente se procesan y producen las piezas metálicas para darles forma geométrica, transformarlas y configurar productos finales.

La variedad de procesos, tecnologías y herramientas es muy amplia, así como la física y fórmulas que caracterizan la transformación de la chapa por la acción de esas herramientas. En este tema, tan solo se introducirán brevemente y de forma descriptiva algunos de los procesos más comunes en la industria y algunas de las características que puedan ser interesantes a considerar respecto a su funcionamiento y capacidades .

Distinguiremos entre dos tipologías de proceso: **Fabricación** (transformación de las piezas) y **Ensamblaje** (principalmente por medios de **Unión**) y dentro de cada una de ellas, se clasificarán según sus características.

# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Clasificación de procesos de fabricación

Se pueden clasificar las tecnologías de muchas maneras según el criterio que se elija para agrupar las tecnologías:

- El efecto que producen en la chapa (Separación, deformación, erosión).
- La energía con la que se consiga ese efecto en la chapa (mecánica, térmica).
- La energía con la que se mueve la herramienta o se genera la acción que procesa la chapa (hidráulica, eléctrica).
- El formato de pieza que procesa la tecnología (chapa plana, palanquilla, varilla, barras).
- Las características geométricas de la transformación de la chapa (plegado, estampado, embutido, perfilado).

En este texto distinguiremos entre el tipo de **transformación** que se le quiere realizar a la pieza original y, dentro de cada proceso, se citarán varias tecnologías / sistemas de los posibles que hay.

SEPARACIÓN  
CORTE

DEFORMACIÓN  
MOLDEO

MECANIZADO  
ARRANQUE DE VIRUTA

A continuación, se muestra una lista (no exhaustiva) de algunas tecnologías clasificadas según este criterio y posteriormente se describirán algunas de ellas.

# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Clasificación de procesos de fabricación

### CORTE

CIZALLADO /  
GUILLOTINA

PUNZONADO

CHORRO DE AGUA

ULTRASONIDOS

PLASMA

OXICORTE

CORTE LASER  
(FIBRA o CO<sub>2</sub>)

COMBINADO  
PUNZONADO-  
CIZALLADO

COMBINADO  
PUNZONADO-LASER

### DEFORMACION (Cambiar forma)

PLEGADO /  
PANELADO

FORJA

ESTAMPACIÓN

HYDROFORMING

PERFILADO (ROLL  
FORMING)

REPUJADO  
(METAL SPINNING)

LAMINADO

EXTRUSION

TREFILADO  
(ESTIRADO)

### MOLDEO (Dar forma)

FUNDICIÓN /  
COLADA

INYECCIÓN

ELECTROFORMADO  
(MOLDEO ESPECIAL)

### MECANIZADO POR ARRANQUE DE VIRUTA

FRESADO

TORNEADO

# Tecnologías y Procesos de Fabricación

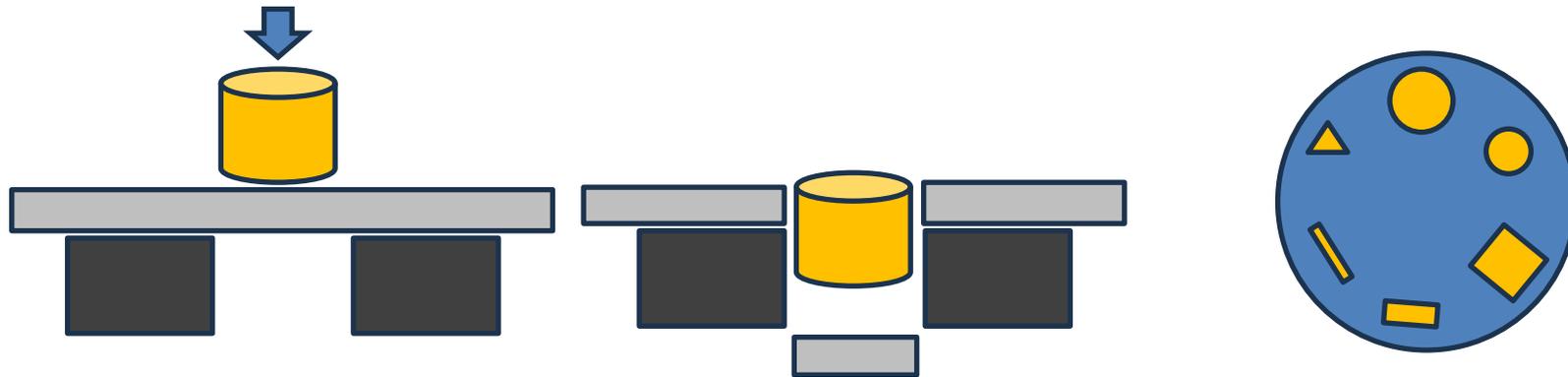
## Procesos de corte (Separación)

- **Cizallado / Guillotinado:**

Consiste en cortar formatos de chapas plana por medio de cuchillas afiladas a lo largo de toda la longitud.

- **Punzonado:**

El corte de la chapa se produce por cizalladura mediante la acción de un punzón que penetra en la chapa que esta apoyada en la matriz de la herramienta, generando el corte de forma local según la dimensión de la herramienta. Las formas del punzón pueden ser muy variadas; Las máquinas automáticas tienen una torreta en la que se montan varias herramientas (las que se van a usar en una misma pieza y las más usadas en general) de forma que la máquina, en automático, gira la torreta para trabajar con una u otra herramienta en función de la necesidad.



## Procesos de corte (Separación)

- **Corte por chorro de agua:**

En este caso, el corte de las chapas planas se realiza por medio de la proyección de un chorro de agua a presión (normalmente mezclado con componente abrasivo) en la chapa.

- **Corte por ultrasonidos:**

El corte se produce por cuchilla mediante vibraciones a alta frecuencia y presión contra la pieza.

- **Corte por plasma:**

Se basa en la ionización de un gas para fundir el material localmente y producir el corte.

- **Oxicorte:**

Consiste en cortar el material con un proceso de calentamiento y posterior proyección de flujo de oxígeno puro a la zona a cortar.

# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de corte (Separación)

- **Corte laser:**

En esta tecnología, es un haz laser el que genera localmente la temperatura en la chapa que produce la separación. Los más comunes en la industria son los de CO<sub>2</sub> y los de fibra.

Para cortar un círculo con laser, el cabezal de la boquilla por el que se proyecta el laser debe realizar el movimiento circular a la velocidad que le permita, según el espesor de la chapa, generar en cada sección la temperatura necesaria para que la chapa funda y se genere el corte.

Con una punzonadora, en el caso de que se disponga de una herramienta con el diámetro del círculo que se quiere realizar, bastaría con un solo golpe para producirlo. Sin embargo, no es realista pensar que se va a tener una herramienta para cada tipo de corte o contorno que se quiera realizar en las piezas.

En el mercado, existen máquinas **combinadas** punzonadora-láser con el objetivo de tener las ventajas de cada tecnología juntas en el mismo equipo.



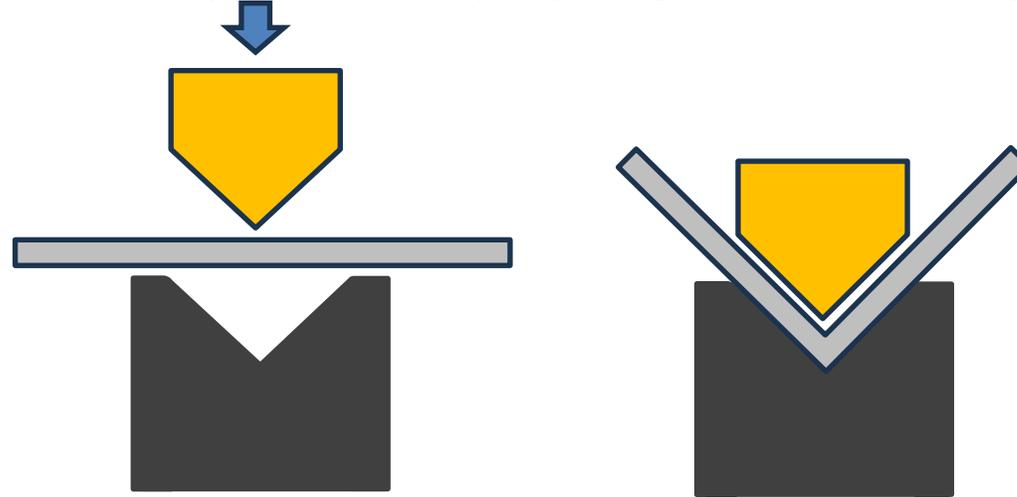
# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de deformación

El proceso de deformación se produce por la acción de una herramienta (herramienta de plegado, troquel) que fuerza contra una matriz para que adopte su forma mediante deformación plástica.

- **Plegado:**

El plegado se usa generalmente en formatos planos de chapas para generar formas angulares en la chapa a lo largo de un eje.



**Springback:** El proceso de plegado no está exento de este efecto que implica que, cuando se retira la fuerza, la parte de energía elástica que queda en la pieza hace que, parcialmente, la doblez vuelva hacia su estado original. Este efecto se compensa con distintas técnicas (overbending) o formas de las herramientas (plegado al aire vs. plegado a fondo).

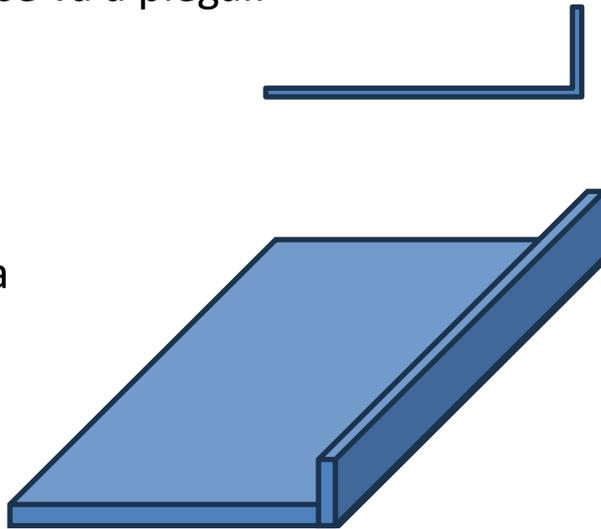
# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de deformación

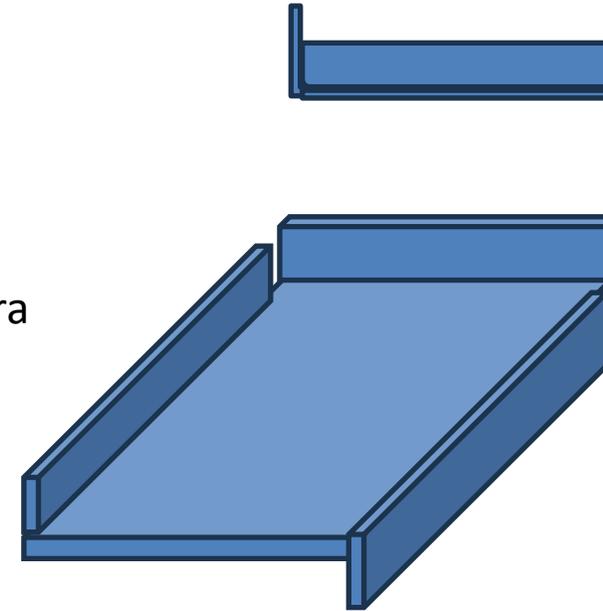
### ▪ Paneladora:

Una variante o evolución de las plegadoras muy interesante es la paneladora. La tecnología de plegado es la misma, pero la paneladora tiene la capacidad de plegar en varias direcciones, sin necesidad de sacar la pieza y volverla a posicionar, tanto por la acción de la herramienta (que puede ser tanto hacia abajo, como en la plegadora, como hacia arriba, como incluso horizontalmente) como por el movimiento de la chapa dentro de la máquina, que se realiza automáticamente, y permite cambiar el lado que se va a plegar.

Ejemplo  
plegadora



Ejemplo  
paneladora

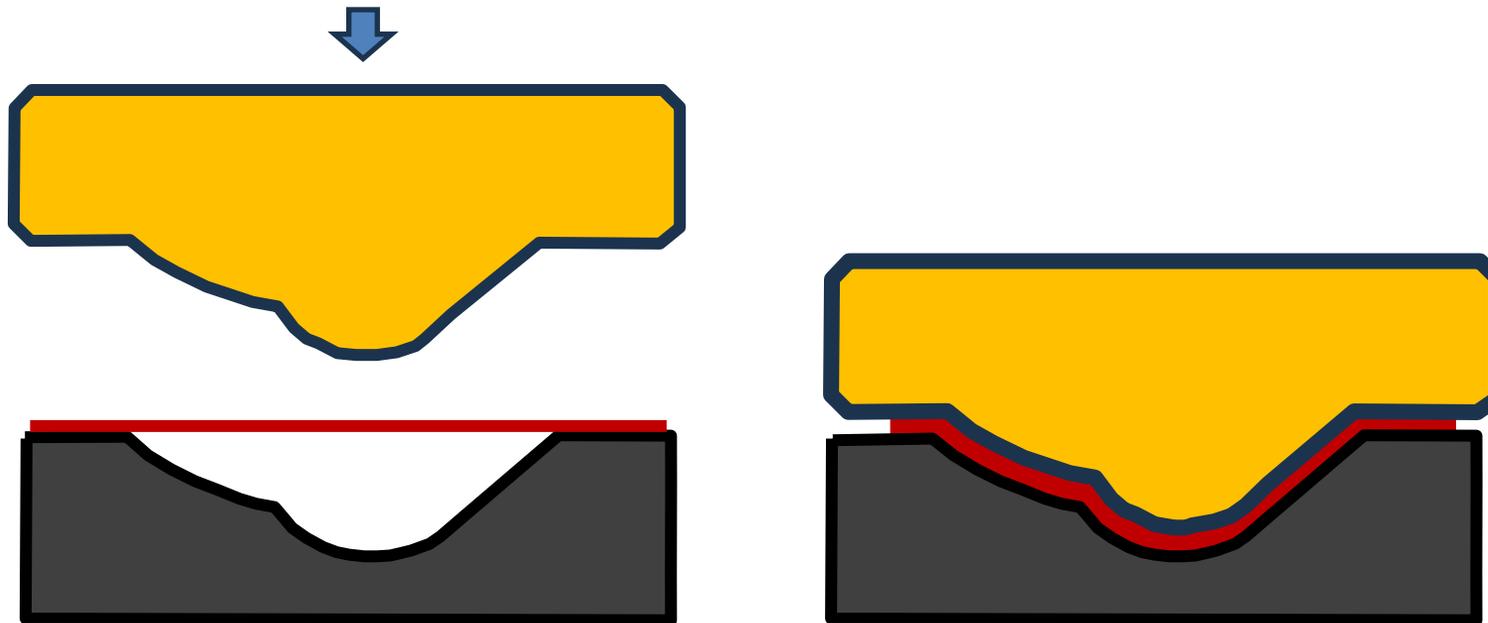


# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de deformación

### ▪ Estampación:

Consiste en presionar con un troquel superior montado en una prensa, el formato de la chapa contra una matriz con la forma deseada. Se pueden generar una gran variedad de volúmenes y curvas en un solo golpe.

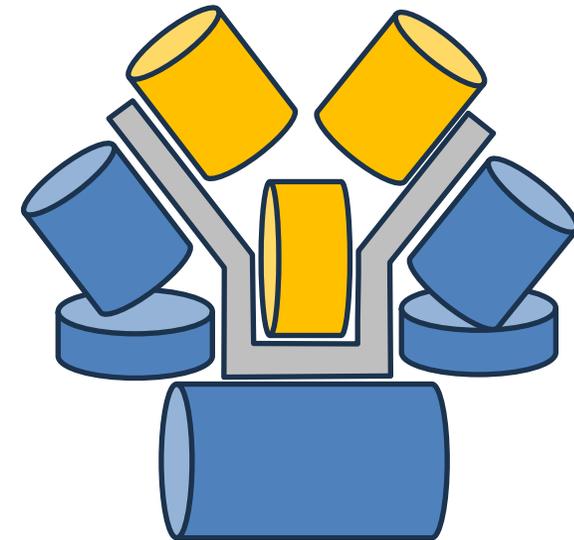
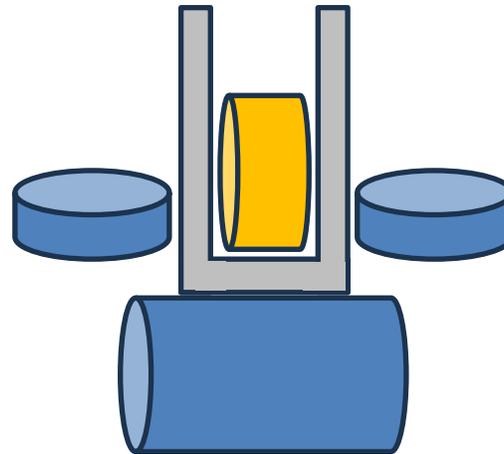
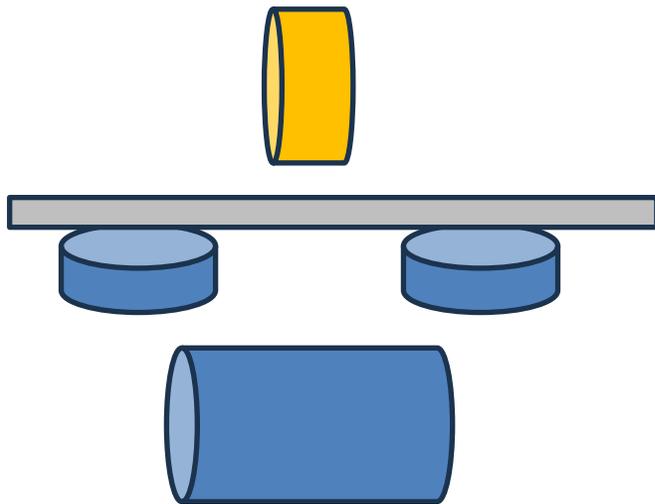


# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de deformación

### ▪ Perfilado o roll forming:

Los perfiles longitudinales o chapa que viene en bobina se hacen pasar por una serie rodillos puestos en determinadas posiciones que van dando geometría al perfil deseado.



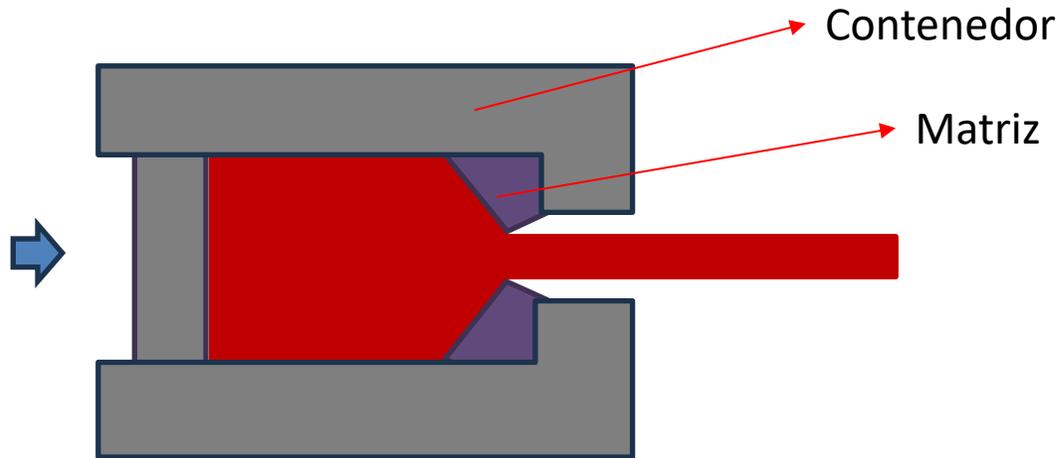
# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de deformación

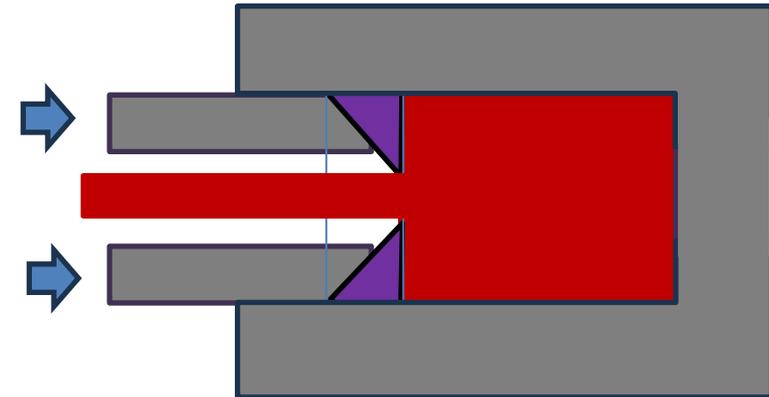
### ▪ Extrusión:

Una barra de metal se fuerza a fluir a través de un orificio de una forma determinada, generando la sección deseada en el perfil. Con la preparación adecuada, se pueden realizar secciones huecas.

La extrusión puede ser directa o indirecta. En la directa, la matriz se monta en el extremo del contenedor mientras que, en la indirecta, la matriz se monta en el pistón y el material fluye en la dirección contraria a la fuerza aplicada.



Directa



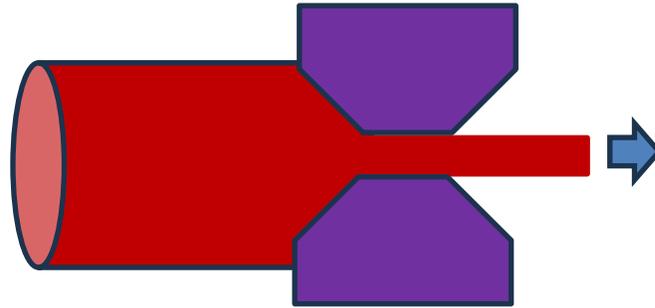
Indirecta

# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de deformación

### ▪ Trefilado (estirado):

Es un proceso similar al de la extrusión, pero en este caso, la fuerza para hacer pasar el material por la abertura con el perfil deseado se hace estirando de la barra o alambre por el extremo de salida.



# Tecnologías y Procesos de Fabricación

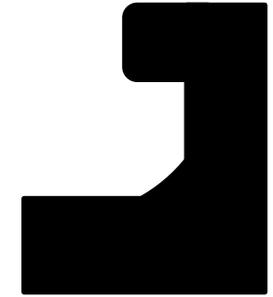
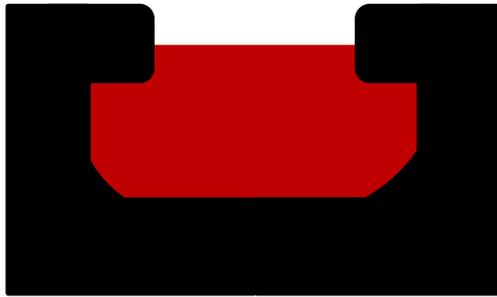
## Procesos de deformación

### ▪ Colada

Se realiza fundiendo el material y vertiéndolo en un molde que le dará su forma una vez el material solidifique.

Posteriormente se extraerá del molde (que suelen estar divididos para favorecer la extracción) o se romperá el molde (esta última técnica se llama a cera perdida).

Una variante es la colada centrífuga, que mediante el movimiento de rotación fuerza a la colada a distribuirse pegada a las paredes dejando el centro hueco.



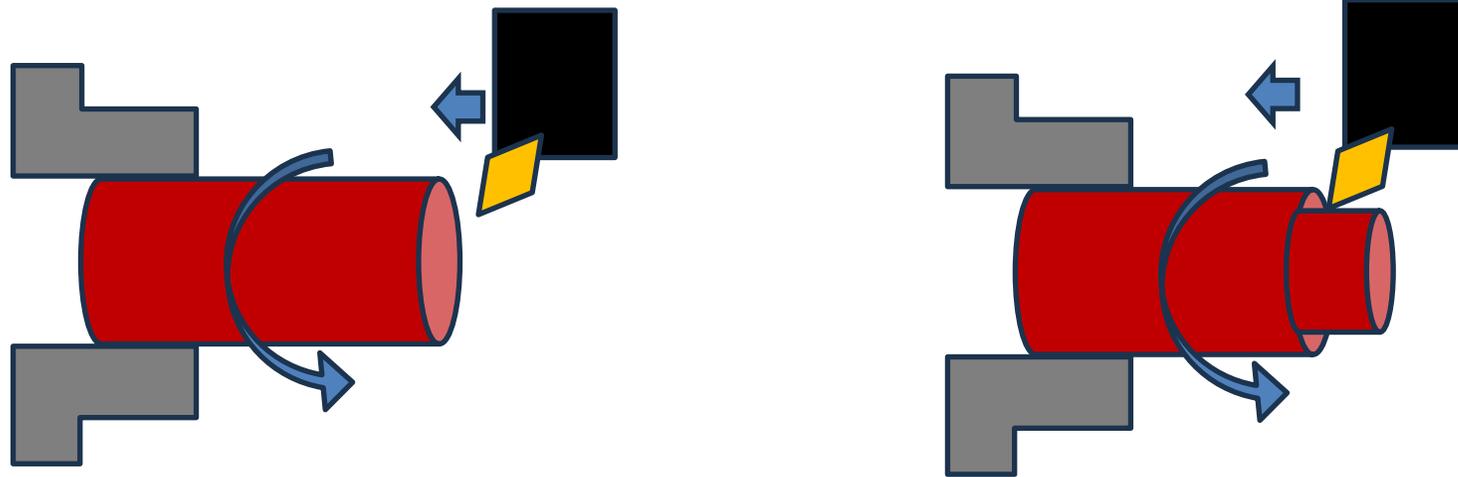
# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de mecanizado por arranque de viruta

### ▪ Torneado

Se usa para mecanizar piezas de revolución. La pieza se monta en un utillaje motorizado, que la hace girar a alta velocidad y, por otro lado, la herramienta con la cuchilla de corte se mueve en las 3 coordenadas para realizar las operaciones.

Las primeras pasadas, (las se hacen antes de dar la geometría en tolerancias), destinadas a quitar el material sobrante se llaman de desbaste.



No es necesario que la forma de la pieza inicial sea cilíndrica para trabajar en el torno: Una pieza de revolución se puede generar también a partir de una pieza rectangular.

# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de mecanizado por arranque de viruta

### ▪ Torneado (continuación)

El eje de avance de la herramienta en la dirección longitudinal de la pieza es el Z y el de avance transversal, hacia el centro de la pieza de revolución es el X.

Los parámetros clave que van a definir esta operación son:

- La velocidad de rotación del usillo donde esta la pieza.
- La velocidad de corte, calculada a partir de la velocidad de rotación y el diámetro de la pieza.
- La profundidad de cada pasada, que es lo que penetra la herramienta en la pieza en su dirección radial.
- El avance de la herramienta en la dirección del eje de rotación (distancia que recorre la herramienta en dirección al eje de rotación de la pieza en cada vuelta completa (revolución) de la pieza).

Algunos fabricantes comercializan tornos con eje Y, que permite ejecutar mecanizados desplazados del eje. También hay opciones de herramientas motorizadas.

La herramienta de corte no es una arista viva, tiene un radio de curvatura: al acabado superficial que podamos conseguir en la pieza va a depender de este radio y del avance.

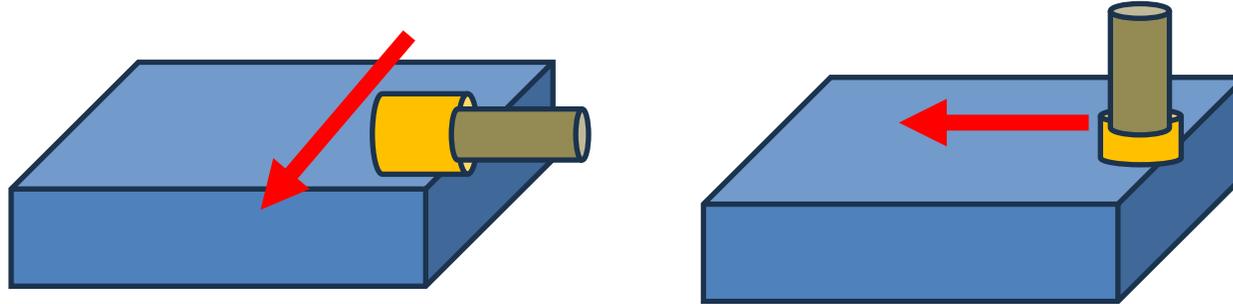
# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de mecanizado por arranque de viruta

### ▪ Fresado

En el fresado, a diferencia del torneado, la pieza está fija y es la herramienta de corte la que gira. Esto hace que ya no se trate de una cuchilla con un único punto de contacto con la pieza sino de una herramienta con varios filos de corte.

Se llama periférico cuando el eje se mueve paralelo al plano de la superficie y frontal cuando el eje es perpendicular.



Tanto el fresado como el torneado permiten obtener buenas tolerancias dimensionales. Mientras que el torneado es para obtener piezas de revolución, con el fresado se puede obtener casi cualquier geometría, siempre que la forma geométrica sea alcanzable y accesible para la herramienta y permita su entrada y salida de la pieza, así como el desalojo de la viruta.

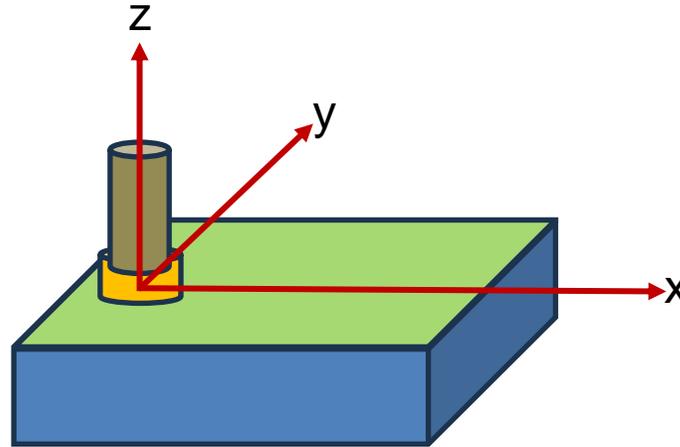
Uno de los inconvenientes de este proceso es la cantidad de material desperdiciado (según el volumen de partida y el volumen final deseado).

# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de mecanizado por arranque de viruta

### ▪ Fresado (continuación)

Las máquinas de fresado tradicionales o más sencillas tienen 3 ejes lineales: El Z, que es el de avance del usillo (el eje que va a ejecutar la penetración de la herramienta en la pieza) y los ejes X e Y que forman el plano base perpendicular a la dirección de avance del usillo. Con esta configuración, se puede mecanizar solo uno de los lados de la pieza.

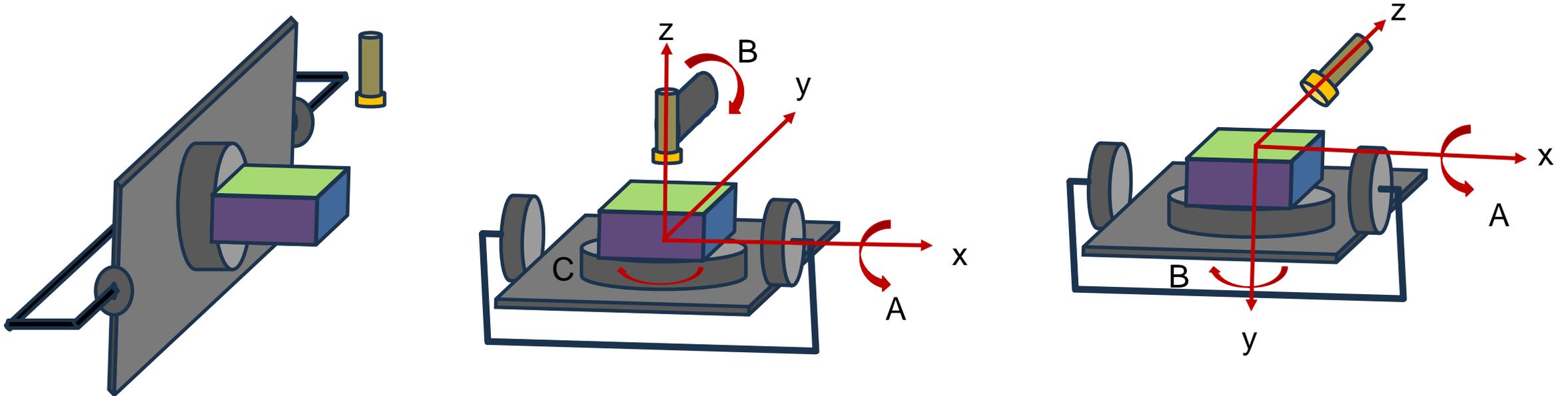


# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de mecanizado por arranque de viruta

### ▪ Fresado (continuación)

Los centros de mecanizado más avanzados pueden incorporar movimientos de rotación alrededor de los ejes X, Y y Z, que son llamados A, B y C respectivamente. Los hay de 4, 5 o 6 ejes, siendo los 3 primeros los lineales y los restantes, combinaciones de los de rotación. También son posibles configuraciones como mesas verticales de sujeción de la pieza.



El concepto de giros para llevar la herramienta a un determinado punto de trabajo también será de utilidad para explicar los brazos robóticos.

# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de mecanizado por arranque de viruta

### ▪ Fresado (continuación)

En fresado también se define con la velocidad de corte, el avance (pero aquí es por diente de la herramienta), la profundidad de pasada y el ángulo de contacto.

La orientación del giro de la herramienta respecto al avance de la misma puede ser en concordancia (down milling) cuando tienen el mismo sentido o en oposición (up milling) cuando tienen sentidos contrarios.

Durante el proceso de arranque de viruta, tanto en el torno como en la fresa, se produce un incremento de temperatura por el calor debido a la energía disipada en el corte. Esta alta temperatura produce efectos indeseados en el corte (como deformaciones en la herramienta de corte y acabados no controlados). Para evitar esta situación, durante el mecanizado se proyecta un chorro de **taladrina** hacia la zona de corte. La taladrina es una mezcla de agua y aceites que favorece tanto la lubricación como la refrigeración de la zona de corte.

# Tecnologías y Procesos de Fabricación

## Procesos de mecanizado: Automatización y Software

- ▶ Los centros de mecanizado automáticos son máquinas con **CNC**: control numérico por computadora. Las máquinas CNC leen e interpretan un **G-Code**, donde están las instrucciones de movimientos y velocidades que se definan para el mecanizado.
- ▶ Los softwares **CAD-CAM** se usan para diseñar piezas y generar las instrucciones para que el centro de mecanizado las pueda fabricar, es decir, generar el código G necesario.

CAD: Computer-Aided Design

CAM: Computer-Aided Manufacturing

El convenio de nomenclatura de ejes para máquinas de control numérico esta definido en la norma:

**ISO 841**: Numerical control of machines — Axis and motion nomenclature.

Sin embargo, la ubicación del origen de este centro de coordenadas, queda a criterio de cada fabricante.

# Tecnologías y Procesos de Unión

## Procesos de unión

Por procesos de ensamblado o unión nos referimos al proceso de unir piezas unitarias o subconjuntos, para formar otra pieza conjunto. No se está deformando ninguna de las dos piezas, pero la colocación de unas con respecto a otras en geometría da lugar a una nueva pieza.

### ▪ **Atornillado:**

Consiste en la unión de dos elementos mediante un elemento de sujeción, que es el tornillo, para crear la unión roscada de piezas.

Una gran ventaja es la facilidad de unir materiales de distinta naturaleza. La física que define la unión del atornillado es muy interesante y compleja, y necesaria para el diseñador de uniones atornilladas. Los responsables de procesos de manufacturas encargados de implementarlas y ejecutarlas, estarán particularmente interesados en conocer y controlar el par de apriete especificado (en Nm).

Existen juntas rígidas y elásticas según el tornillo y la presencia o no de arandelas u otros elementos y las características de las piezas que se unan. La energía necesaria para alcanzar el par de apriete se verá afectada por esta tipología.

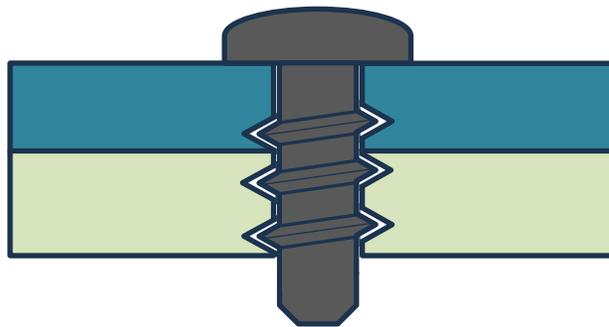
# Tecnologías y Procesos de Unión

## Procesos de unión

### ▪ Atornillado (Continuación):

Los atornilladores pueden ser accionados neumáticamente o eléctricamente y están provistos de embragues mediante los cuales se permite ajustar el par deseado. Algunos atornilladores disponen de controles de par y de ángulo de giro del tornillo para monitorizar el par aplicado.

Existe en el mercado una gran variedad de soluciones que pueden facilitar la implementación de uniones roscadas en producción, reduciendo incluso algunos pasos del proceso como la creación de la rosca en el agujero, como los tornillos autotaladrantes, tornillos autoroscantes, tornillos con rosca autolimpiante (para roscas ya existentes pero que puedan estar obstruidas con proyecciones de soldadura o restos de pintura), cabezas de tornillo con brida o con autofreno debajo de la cabeza, etc.).



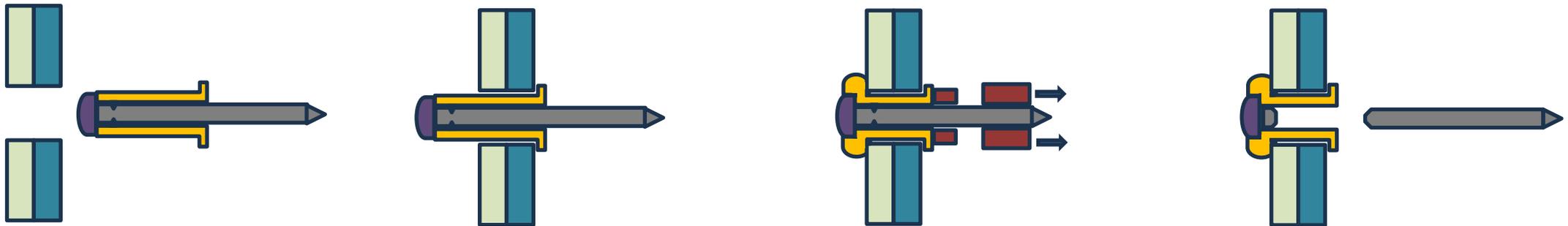
# Tecnologías y Procesos de Unión

## Procesos de unión

### ▪ Remachado

Es un proceso de unión de piezas mediante la deformación plástica de un elemento (el remache) que atraviesa y sujeta las piezas. El remachado es por tanto una unión permanente, al contrario que el atornillado que permitiría quitar el tornillo y volverlo a poner. En principio, el remachado es un proceso más económico por no necesitar elementos adicionales como arandelas, tuercas o roscas implementadas en la chapa.

Existen muchos tipos de remaches y, al igual que pasaba con ciertos tipos de tornillos, algunos de ellos no necesitan de la existencia previa de agujero en las chapas a unir. Uno de los más utilizados es el remache ciego, que tiene un vástago y un cuerpo con una cabeza. El remache se introduce en los agujeros de las chapas a unir hasta que la cabeza apoye en la chapa y la herramienta remachadora tira del vástago deformando la cabeza para ejecutar la unión. El vástago está diseñado con una zona debilitada para que rompa por ahí tras la deformación. Ese tramo de vástago partido, se retira y se desecha.



# Tecnologías y Procesos de Unión

## Procesos de unión

### ▪ Adhesivado

Los adhesivos han ganado terreno en los últimos años como alternativa a la soldadura de piezas metálicas. Hay mucha variedad de adhesivos en función de su composición química. Algunos como los epóxicos, acrílicos o poliuretanos pueden ser aptos para ciertas uniones metálicas.

Es importante validar la adhesión sobre los sustratos. Los mecanismos de curado del adhesivo pueden ser por calor (en hornos de curado) o por absorción de la humedad ambiental (en cuyo caso, el tiempo de curación será, en general, más alto). Algunos adhesivos se diseñan como bi-componentes, es decir, el proceso de curado se inicia mediante la reacción química que se produce al poner en contacto dos componentes químicos distintos.

Algunos adhesivos resultan en una unión rígida y otros tienen un cierto grado de flexibilidad, que resulta de mucha utilidad para absorber cierto grado de vibraciones sin que la unión se resienta.

# Tecnologías y Procesos de Unión

## Procesos de unión: Soldadura.

### ▪ Principios de soldadura

La soldadura es el proceso de unión de dos materiales mediante la fusión de los mismos. Para fundirlos, se tiene que aportar calor a la zona donde se desea la soldadura por encima del punto de fusión del material.

La soldadura se puede realizar con aporte de material o sin él. Existen también distintas formas de generar el calor necesario para la fusión en el punto de soldadura.

### ▪ Soldadura por resistencia.

En una soldadura sin aporte de material. Se llama así porque basa la generación del calor en la resistencia de los materiales al paso de corriente. Los materiales a unir se presionan mediante 2 electrodos y se hace pasar corriente de uno a otro. En ese recorrido, encuentra resistencias que disipan energía en forma de calor mediante la ley de Joule:

$$E = R \cdot I^2 \cdot t$$

Interesa que toda la energía posible se localice en la resistencia entre las dos chapas a soldar, pues es el punto donde se desea la soldadura.

La temperatura de fusión del acero está en torno a los 1400-1500 ° dependiendo de su composición y la del aluminio en torno a los 660 °

# Tecnologías y Procesos de Unión

## Procesos de unión: Soldadura.

### ▪ Soldadura al arco con aporte

Existen muchos tipos de soldadura al arco con aportación según el gas usado, el electrodo y el material de aporte. Algunos de los más destacados son:

- **GMAW (Gas Metal Arc Welding)**, soldadura con electrodo continuo y gas protector dentro del cual se distinguen el **MIG (Metal Inert Gas )** y el **MAG (Metal Active Gas)**.
- **TIG (Tugnsten Inert Gas) o GTAW (Gas Tugnsten Arc Welding)**, soldadura con electrodo de tungsteno no consumible protegida por gas inerte.
- **SAW (Submerged Arc Welding)**, soldadura por arco sumergido en fundente granular, sin necesidad de gas protector.
- **SMAW (Shielded Metal Arc Welding)**, Soldadura por electrodo revestido. El revestimiento actúa de protector al fundir.
- **FCAW (Flux Cored Arc Welding)**, puede ser con gas externo o sin él. El electrodo es tubular y lleva el fundente en su interior.
- **PAW (Plasma Arc Welding)**, considerado una variante del TIG, el flujo de gas se calienta hasta ionizar, generando el plasma.

## Procesos de unión: Soldadura.

### ▪ Soldadura al arco con aporte

- **CMT (Cold Metal Transfer).** Es un proceso de soldadura al arco, perteneciente a la tipología GMAW, desarrollado por la compañía Fronius. Es un proceso avanzado en el que el hilo de aporte con el que se genera el arco de soldadura se mueve hacia detrás para que las gotas de metal se transferirán a la pieza a una temperatura menor.

Este baja aporte de calor reduce las proyecciones, reduce el aporte térmico y mejora la calidad del cordón.