

TEMA 5: DISEÑO Y FABRICACIÓN (OBTENIDO DEL LIBRO DIGITAL EDEBE 4º ESO)

1. ESTRATEGIAS DE SELECCIÓN DE MATERIALES EN BASE A SUS PROPIEDADES O REQUESITOS

La elección de materiales puede condicionar el éxito o el fracaso de un proyecto. Distintos materiales tienen características que los hacen más o menos apropiados para cada situación. Estas propiedades pueden ser de distintos tipos.



1.1. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades **mecánicas** indican cómo reacciona el material a distintas fuerzas:

- **Resistencia:** capacidad de soportar fuerzas sin deformarse o romperse. Materiales con alta resistencia son: acero, titanio, aleaciones de aluminio, fibra de carbono, fibras sintéticas (el kevlar es 5 veces más resistente que el acero).
- **Tenacidad:** capacidad de soportar golpes sin romperse (energía de deformación que es capaz de absorber un material antes de romperse). Materiales tenaces son: acero, algunos polímeros (polietileno, polipropileno, etc.), kevlar, aleación de aluminio 7075, aleaciones de titanio.
- **Elasticidad:** capacidad de deformarse de forma no permanente, recuperando la forma una vez que la fuerza deja de actuar. Materiales elásticos son: caucho, polímeros elastoméricos, acero para resortes, gomas sintéticas, nylon.
- **Ductilidad:** propiedad de deformarse sin romperse que permite obtener hilos. Los metales son dúctiles.
- **Maleabilidad:** capacidad de deformarse sin romperse para obtener láminas delgadas. Los metales son maleables.
- **Dureza:** resistencia a rayarse. Materiales con alta dureza son: diamante, carburo de tungsteno, cerámicas avanzadas, alúmina, acero endurecido.

1.2. PROPIEDADES FÍSICAS

- **Densidad:** magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Algunos metales son muy densos (osmio, iridio, platino, oro, mercurio, plomo...). Algunos materiales poco densos son: espumas plásticas, corcho, algunas maderas, etc.
- **Conductividad eléctrica:** es la medida de la capacidad de un material para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él. Los materiales pueden clasificarse en **conductores**, **semiconductores** o **aislantes** según tengan mayor o menor capacidad de transmitir electricidad. Buenos conductores son: los metales (plata, cobre, oro, aluminio...), el grafito, etc. Buenos aislantes son: vidrio, porcelana, plásticos, madera, caucho, aire, mica, etc. Los semiconductores más empleados son el silicio y el germanio.
- **Conductividad térmica:** capacidad de conducir el calor. Buenos conductores térmicos son: diamante, metales (plata, cobre, oro, aluminio...), grafito, etc. Aislantes térmicos son: plásticos (espumados), fibra de vidrio, lana mineral, madera, corcho, etc.
- **Propiedades ópticas:** describen la capacidad o no de dejar pasar la luz. Algunos materiales, como el vidrio o el metacrilato, son **transparentes**, aunque pueden ser también **translúcidos** con un proceso de esmerilado. Otros materiales, como los metales o la madera, son **opacos**, por lo que no permiten el paso de la luz.

2. ESTRATEGIAS DE SELECCIÓN DE MATERIALES: SOSTENIBILIDAD Y ACCESIBILIDAD

Además de sus propiedades mecánicas, ópticas o eléctricas, en la selección de materiales para nuestros proyectos debemos tener en cuenta otros factores relacionados con su ciclo de vida:

- **Extracción:** cómo afecta al medioambiente.
- **Producción:** materiales sintéticos, como los plásticos, son producto de un proceso que puede ser más o menos contaminante.
- **Transporte:** la distancia al centro de extracción o producción del material tiene un efecto en su sostenibilidad y accesibilidad.
- **Manipulación:** algunos materiales pueden ser peligrosos en su manipulación o tratamiento.
- **Deconstrucción:** al final de la vida útil el material no deja de existir, por lo que hemos de pensar en su recuperación y reutilización.



En términos generales, podemos asumir algunas pautas de los materiales:

Maderas

La extracción puede hacerse de manera sostenible y cercana. Los tratamientos de producción (antihongos o barnices) tienen un grado elevado de toxicidad. La manipulación es sencilla, y se pueden reutilizar en su forma original para aglomerados o como biomasa.

Plásticos

Al ser derivados del petróleo, requieren un alto consumo de energía para su extracción, producción y transporte. La manipulación suele resultar sencilla y segura, pero son difíciles de reciclar.

Metales

Los más comunes son el acero y el aluminio, altamente reciclables, si bien cuentan con elevados costes de extracción y producción. Su gran resistencia permite usar menos material para soportar el mismo esfuerzo.

Celulósicos

Los cartones y el papel son materiales reciclables y, al final de su capacidad de reciclado, biodegradables. Sin embargo, su producción requiere procesos químicos que afectan al medioambiente.

3. HERRAMIENTAS DE DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR

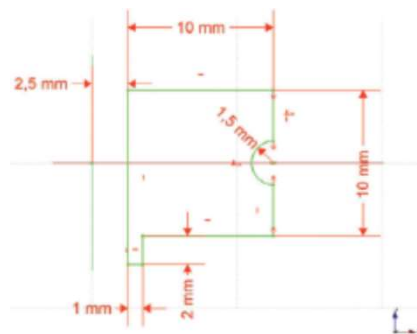
El **diseño asistido por ordenador** nos permite diseñar objetos con gran precisión mediante el uso de herramientas de *software* específicas.



El **software CAD (Computer Aided Design)** cuenta con una interfaz que incluye herramientas organizadas en **bancos de trabajo** y diferentes funciones y operaciones para facilitar el proceso de diseño. Este *software* está diseñado para crear y editar tanto dibujos bidimensionales (2D) como modelos tridimensionales (3D).

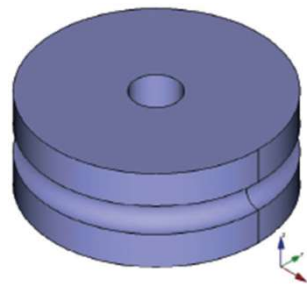
3.1. DISEÑO 2D

Combina elementos geométricos de carácter vectorial, como puntos, líneas, arcos y polígonos básicos. En este caso obtenemos dibujos técnicos 2D (ejes X e Y) simples que normalmente suelen ser la base para otros proyectos mayores. Los programas de diseño 2D nos permiten añadir acotaciones y comentarios a nuestros diseños.



3.2. DISEÑO 3D

Añade la utilización de superficies y sólidos, lo que permite conseguir modelos 3D. Los objetos se representan basándose en unos determinados datos geométricos situados en el espacio (ejes X, Y y Z). Combinando distintas piezas básicas podemos crear objetos más complejos. Permite convertir bocetos en modelos 3D que pueden ser visualizados, optimizados, simulados, impresos en 3D o producidos con otras herramientas de fabricación más tradicionales.



Existen sistemas CAD mixtos que combinan el diseño 2D con el 3D.

El diseño CAD 3D está muy extendido en gran variedad de sectores industriales, sobre todo en **ingenierías** (civil, aeronáutica o de automoción), **arquitectura** (incluyendo diseño de mobiliario e interiores) y más recientemente en la industria del **videojuego**, la **animación 3D** y la **realidad virtual**.

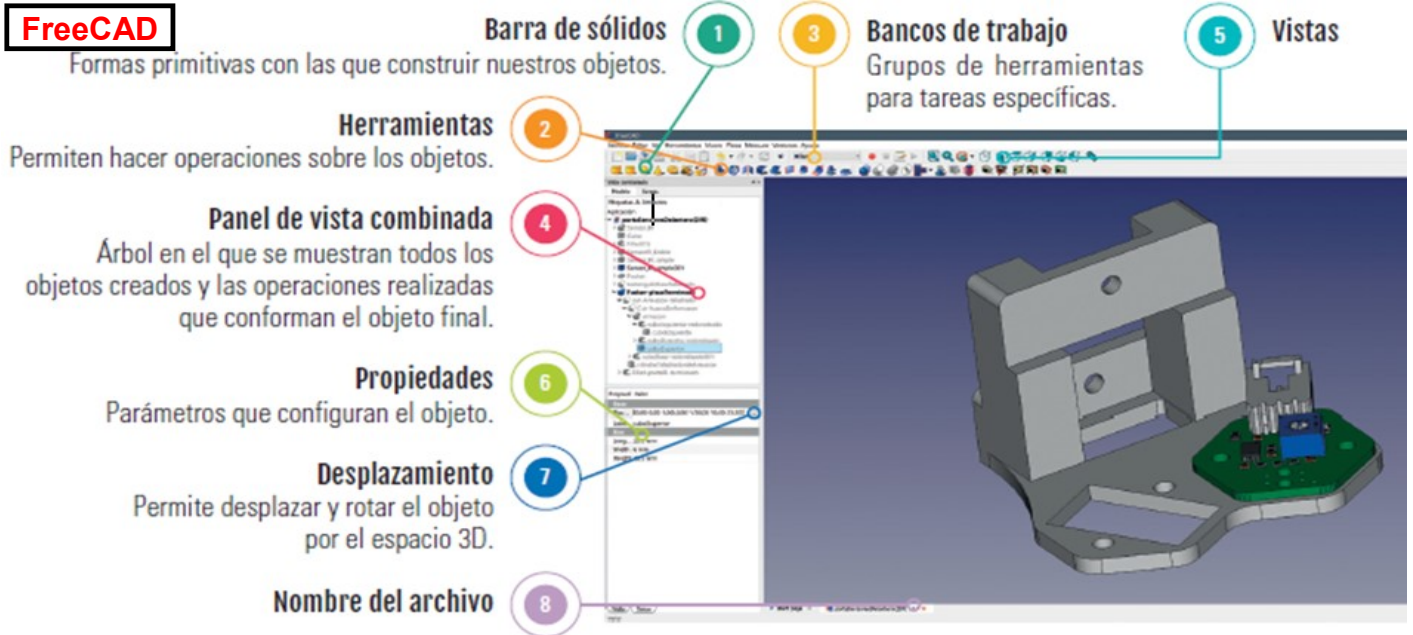
Hay diferentes programas de *software* CAD 3D. Veamos algunos ejemplos:

TinkerCAD. Es para iniciarse **diseño directo 3D**, con licencia de uso gratuita en línea. Dispone de una serie de formas básicas que se pueden combinar para crear modelos más complejos.

SolidWorks. Es el *software* profesional más utilizado en el mundo. Es una licencia de pago muy cara. Se parte de un modelo de **diseño paramétrico** basado en restricciones en el que todos los detalles se guardan en un árbol de historial junto con sus parámetros, estableciendo relaciones entre los objetos que forman parte del diseño.

FreeCAD. Situado entre los dos anteriores, es adecuado para principiantes y para usuarios avanzados. La licencia es gratuita y multiplataforma (para distintos sistemas operativos). Emplea técnicas de **modelado paramétrico** en las que cada objeto diseñado está definido tanto por sus coordenadas espaciales (X, Y y Z) como por sus propiedades. Permite realizar diferentes tipos de operaciones entre objetos.

FreeCAD



3.2.1. VENTAJAS DEL USO DEL DISEÑO CAD 3D EN LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN

- **Desarrollo rápido de los conceptos:** permite la visualización temprana del diseño ideado, lo que nos posibilita reducir la creación de prototipos.
- **Fabricación rápida:** el producto final llega a su fase de producción con mayor rapidez.
- **Agilización y optimización de los procesos:** facilita la detección de errores, mejorando así la calidad del diseño.

3.2.2. DISEÑO DIRECTO Y DISEÑO PARAMÉTRICO

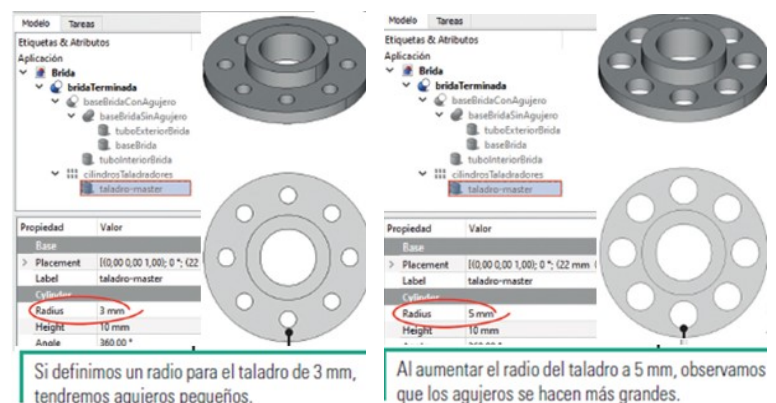
Al diseñar de piezas, mediante *software* CAD 3D, hay dos formas de modelado de sólidos:

- **Diseño directo.** El diseño directo es más visual y rápido, pero más impreciso. Se utiliza en la fase creativa, donde se valora más la rapidez que la precisión. Se añaden formas geométricas y se modifican directamente sobre la propia imagen.
- **Diseño paramétrico.** Tiene gran precisión, las figuras que forman el diseño se definen mediante **parámetros**. Por ejemplo, un cilindro necesitará las coordenadas del centro, su radio y su altura. Todas las modificaciones quedan reflejadas en un **árbol de diseño** o historial. Para modificar una figura, tendremos que modificar sus parámetros. Se utiliza en la fase del proyecto en la que se busca la mayor exactitud posible para definir el producto final.

3.2.3. ÁRBOL DE DISEÑO

Es una especie de línea temporal en la que quedan reflejadas:

- Toda la **secuencia de operaciones** de modelado que se llevan a cabo en el diseño de la pieza.
- Los **parámetros** que controlan cada una de las operaciones y que definen los objetos básicos o primitivos de diseño.



4. TÉCNICAS DE FABRICACIÓN MANUAL

El objetivo final de cualquier proceso de diseño es construir el objeto diseñado mediante una técnica de fabricación. Se persigue conseguir una pieza final partiendo de una materia prima o de un objeto primitivo inicial aplicando una serie de **técnicas** y empleando unas **herramientas** específicas.

El **mecanizado** es el conjunto de procesos industriales realizados en una pieza de materia prima para darle la forma y el tamaño finales deseados **eliminando progresivamente el material sobrante** de manera controlada.

En el caso de la **fabricación manual** el proceso se caracteriza por llevarse a cabo mediante herramientas de uso manual. Se trata de un proceso artesanal que conlleva mucho más tiempo y esfuerzo que otro tipo de procesos más automatizados. Por lo general, se emplea en la producción de piezas a pequeña escala.

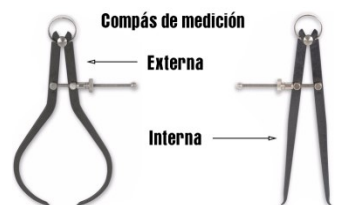
A continuación, repasaremos las técnicas de fabricación manual, así como las herramientas manuales específicas utilizadas en cada una:

4.1. MEDIDA, TRAZADO Y SUJECCIÓN

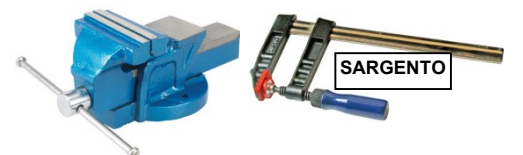
El primer paso consiste en aplicar una serie de técnicas que nos permitan preparar el material antes de proceder a mecanizarlo:

- La **medida** consiste en determinar las dimensiones de las piezas o partes con las que se va a trabajar. Las herramientas utilizadas son el metro de carpintero, las reglas fijas, el flexómetro, el compás de medir y el transportador de ángulos.
- El **trazado** consiste en marcar sobre el material las dimensiones del objeto diseñado, utilizando como herramientas el lápiz de carpintero, el compás de trazar, la escuadra, el gramil y el punzón.
- La **sujeción** perfecta de las piezas que se van a trabajar es necesaria antes de iniciar cualquier operación de mecanizado. Para ello se emplean principalmente dos herramientas: el tornillo de banco y el sargento.

<https://equiposmedida.com/compas>



<https://www.megataaller.com>



4.2. DOBLADO

Es una **técnica de conformado** que consiste en modificar la forma de un material sin que se produzcan pérdidas de este (no la consideramos mecanizado por este motivo). Para llevar a cabo esta técnica se usan los alicates de puntas y, en el caso de láminas metálicas, diferentes tipos de mazas (madera, caucho o plástico).



4.3. CORTADO

Se aplica a materiales por lo general blandos y consiste en separar una parte del material por medio de cortes rectos o curvos. Para cortar se utilizan los alicates universales, distintos tipos de tijeras o el cúter, dependiendo del material. Para cortar materiales metálicos se pueden emplear herramientas más específicas, como cortatubos, cortavarillas y tijeras de chapa.



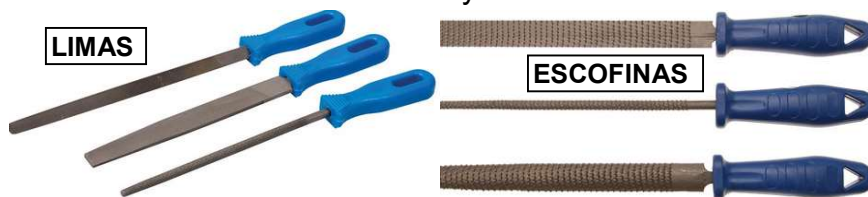
4.4. ASERRADO

Consiste en cortar el material con sierras y serruchos, con lo que se generan residuos de material sobrante que reciben el nombre de *recortes*. Existen diferentes tipos de serruchos, como el serrucho ordinario, el serrucho de costilla y el serrucho de punta. Para cortar objetos metálicos usamos la sierra de arco.



4.5. LIMADO

Se trata de arrancar finas partículas de material de una pieza para darle la forma deseada o conseguir un acabado estético de su superficie. Existen dos tipos de herramientas para limar que se clasifican en función del tamaño y del número de sus dientes: las escofinas y las limas.



4.6. CEPILLADO

Consiste en rebajar la madera sobrante para alisar la superficie de una pieza y darle un acabado uniforme. La herramienta manual básica es el cepillo de carpintero, aunque también podemos encontrar garlopas que son un tipo de cepillo largo que se utiliza para desbastar y aplanar grandes superficies.



4.7. TALLADO

Se trata de practicar rebajes o huecos en la madera. Se trata de un proceso en el que se elimina material desde el exterior hacia el interior a través del desgaste y el pulido. Para llevar a cabo esta técnica, se utilizan los formones (hoja plana) y las gubias (hoja curva). Normalmente se persigue como objeto final una talla que implica un componente artístico u ornamental.



4.8. TALADRADO

Consiste en practicar agujeros de diferente calibre sobre el material. Para esta operación se usan diferentes herramientas manuales, como la barrena, el berbiquí y la taladradora manual, con distintos tipos de brocas.



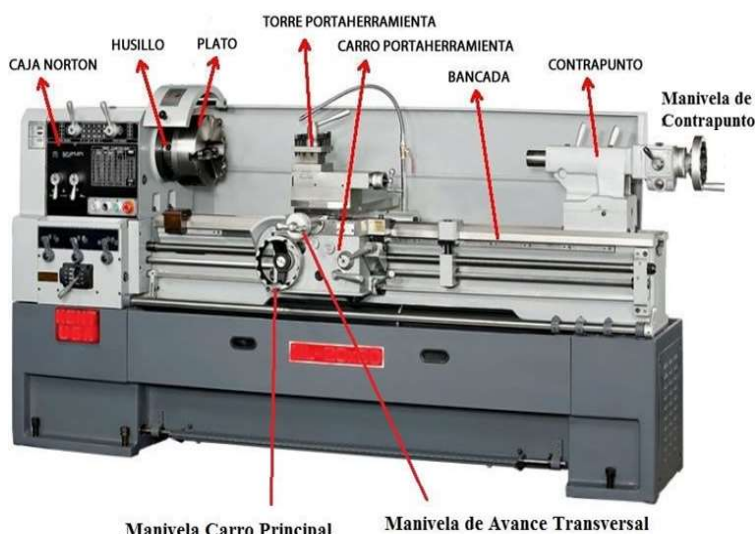
5. TÉCNICAS DE FABRICACIÓN MECÁNICA

En el caso de la **fabricación mecánica**, las sencillas herramientas de uso manual se sustituyen por máquinas. Se emplean **máquinas herramientas** para fabricar piezas a partir de bloques de materiales sólidos, principalmente de carácter metálico. Esta maquinaria dispone de diferentes elementos (de corte, fresado, torneado y plegado) con los que esculpir o dar forma a las piezas que se desea fabricar. Las técnicas de fabricación mecánica más habituales son las siguientes:

5.1. MECANIZADO POR TORNEADO

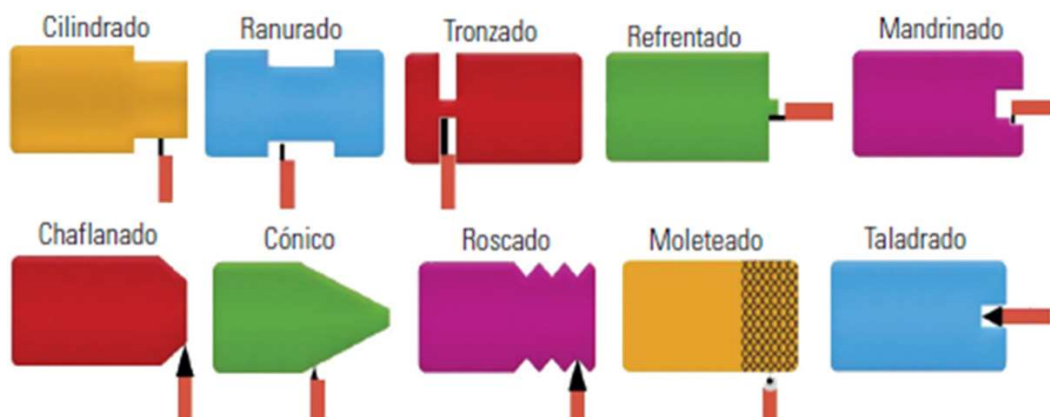
Con el **torneado** generamos piezas de revolución (formas cilíndricas y redondeadas) por arranque de viruta. La pieza que queremos mecanizar se fija sobre un eje que gira a gran velocidad. La herramienta de corte se aproxima a la pieza, arrancando viruta. El **torno** suele estar formado por los siguientes elementos:

- **Bancada:** soporta el resto de unidades del torno y da rigidez al conjunto.
- **Plato o cabezal motor:** contiene el motor que hace girar la pieza que se quiere mecanizar y que va sujeta al llamado *eje principal*.
- **Contrapunto:** sirve de apoyo a piezas que por su longitud podrían deformarse durante el mecanizado. Puede desplazarse a lo largo de la bancada.
- **Carro principal:** se desplaza a lo largo de la bancada en dirección hacia el plato. Aquí encontramos la torreta portaherramientas, donde colocamos la herramienta de corte que arranca la viruta de nuestra pieza.



Fuente: <https://todotornos.com/blog/partes-torno/>

Con el torno, dependiendo de la orientación y de la forma de las herramientas de corte, se pueden mecanizar diferentes tipos de piezas. A continuación puedes ver algunas:



5.2. MECANIZADO POR FRESADO

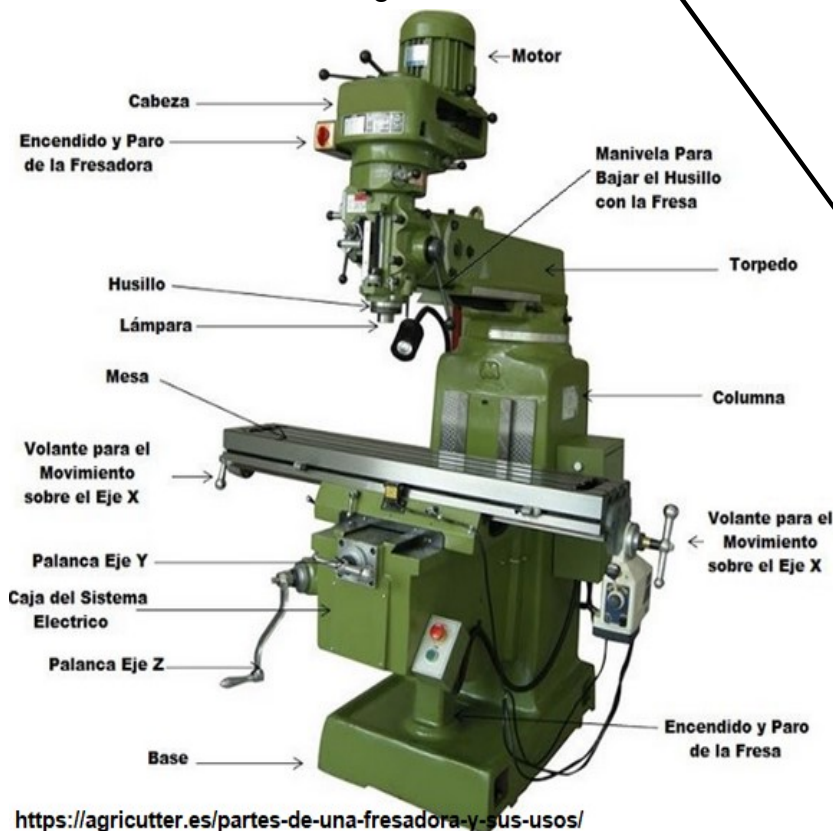
El **fresado** es una técnica de conformado que nos permite crear superficies planas y con una forma determinada por arranque de viruta.

El **fresado** consiste en fijar la pieza que se va a mecanizar en los carros. La herramienta de corte, denominada **fresa**, va montada sobre el cabezal que gira a gran velocidad. Al acercarse la fresa se produce el desbaste del material por eliminación de viruta.



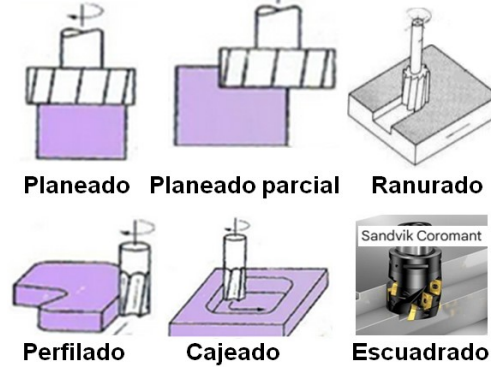
Dependiendo del tipo de fresa, se produce una clase distinta de fresado, como planeado (dejar plana la superficie), escuadrado (superficies que formen 90°), achaflanado (corte de una arista), cajeado (vaciado en una superficie) o ranurado (hacer ranuras).

La **fresadora** tiene los siguientes elementos:



<https://agricutter.es/partes-de-una-fresadora-y-sus-usos/>

https://issuu.com/cavd/docs/revista_virtual_fresado_basico.docx/s/11451535



Base: soporta el resto de elementos.

Columna: sostiene el cabezal.

Cabezal: contiene el motor y la caja de engranajes que impulsan el eje principal, que soporta y transmite la rotación al portaherramientas.

Eje principal: impulsa el portaherramientas que sujeta la herramienta de corte. En este tipo de máquina se denomina eje Z.

Carros: permiten desplazar la pieza que se va a mecanizar de forma controlada en cualquiera de los tres ejes (X, Y y Z) longitudinal, transversal y vertical.

5.3. MECANIZADO POR TALADRADO

El **taladrado** es una técnica de conformado por arranque de viruta que consiste en practicar agujeros cilíndricos de diferente calibre sobre el material. En este caso la máquina-herramienta utilizada es el **taladro de banco**. En el proceso de taladrado se producen dos movimientos: uno principal de giro de la herramienta de corte, que recibe el nombre de **broca**, y otro en el que esta realiza un movimiento de avance mediante el que se consigue la profundidad de agujero deseada.



5.4. MECANIZADO POR RECTIFICADO

El **rectificado** es un tipo especial de mecanizado de precisión que se lleva a cabo sobre piezas ya terminadas para lograr una mejora en el acabado final. Esta operación se realiza por abrasión de materiales en una máquina llamada **rectificadora** mediante la aplicación de discos abrasivos, conocidos como **muelas**, acordes al material que se desea mecanizar.

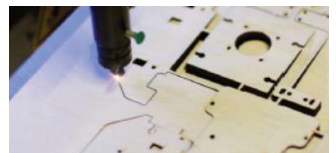
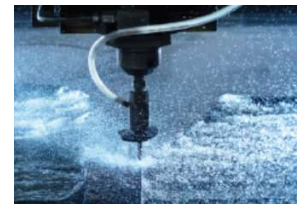


5.5. MECANIZADOS ESPECIALES

Por lo general, estos tipos de mecanizados están relacionados con el concepto de **fabricación digital**, porque necesitan la intervención de sistemas informáticos que controlen el proceso.

Entre estos casos podemos encontrar:

- Mecanizado por **chorro de agua**: el material de la pieza conformada es arrancado gracias al impacto de un flujo de agua a unas elevadas velocidades y presiones que en ocasiones incorpora **partículas abrasivas** (minerales de sílice con dureza ≈ 7) que potencian la capacidad de corte.
- Mecanizado por **ultrasonido**: los ultrasonidos son vibraciones elásticas de muy alta frecuencia (20-25 kHz). Entre la herramienta que genera las vibraciones y la pieza que se va a mecanizar se coloca un material abrasivo al que se le transmiten las vibraciones consiguiendo de este modo el conformado de la pieza. Se consigue un acabado superficial muy bueno.
- Mecanizado por **láser**: el conformado de la pieza se realiza por medio de un corte térmico, de gran precisión, producido por la incisión de un haz de luz de alta energía.



6. TÉCNICAS DE FABRICACIÓN DIGITAL

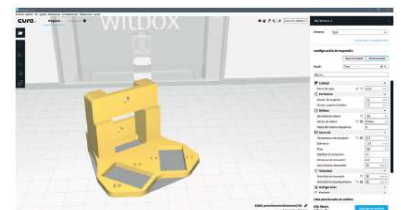
La **fabricación digital** es el conjunto de procesos utilizados para fabricar un determinado producto mediante el uso de **máquinas automáticas** a partir de un diseño 3D, realizado con programas CAD. Es 100 % digital y automática a partir del diseño, lo que conlleva mayor rapidez y eficacia que las técnicas de fabricación tradicionales.

6.1. FASES DE LA FABRICACIÓN DIGITAL

SOFTWARE CAD (Computer Aided Design). Se parte de una idea o boceto y se elabora un diseño del objeto en 3D. Ejemplos de este tipo de *softwares* son TinkerCAD o FreeCAD a un nivel básico y CATIA o Solid-Works a nivel profesional.

SOFTWARE CAE (Computer Aided Engineering). Partiendo del diseño 3D, se emplean diferentes programas CAE **para simular situaciones reales que pongan a prueba la eficacia y resistencia del objeto diseñado**. Así, se puede analizar cómo se comportará el objeto cuando sufra impactos, fuerzas que traten de deformarlo, altas temperaturas, etc. También se puede comprobar cómo encaja con otros elementos del producto. Según los resultados obtenidos en las pruebas, se modifica el diseño 3D para mejorar su funcionamiento.

Existe gran diversidad de *softwares* CAE, dependiendo del ámbito de trabajo en el que se realiza el diseño. Así, podemos encontrar *softwares* específicos para cálculo y verificación de engranajes (KISSsoft) o para diseño, simulación y análisis de inyección de plásticos (Moldex3D).



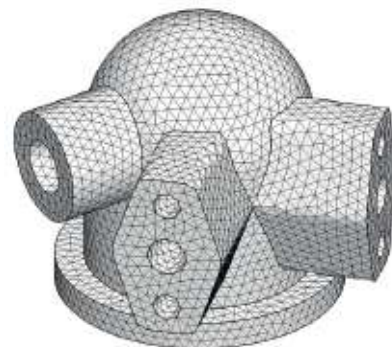
SOFTWARE CAM (Computer Aided Manufacturing). A partir del diseño 3D definitivo generado con el *software* CAD y comprobado con el *software* CAE, estos programas generan un archivo con el que las máquinas-herramienta de mecanizado automático fabricarán la pieza.

Según la máquina que se vaya a usar se necesitará un tipo de programa que, a su vez, generará un tipo de archivo. **Para la impresión 3D** se usan **programas laminadores 3D** (slicer) que dividen en láminas milimétricas el modelo en 3D. Los programas laminadores, como **Ultimaker Cura** o **Slic3r**, a partir de un **fichero 3D** (STL, OBJ, 3MF,...) crean un fichero en **formato GCODE** que contiene las instrucciones para la impresión 3D (dónde posicionar el extrusor, cuánto calentarlo...). Para trabajos más profesionales se utilizan **máquinas CNC** y programas avanzados como el **PowerMill**.

En la web de **Thingiverse** hay un enorme repositorio de piezas para impresoras 3D, diseñadas por los propios usuarios, que se pueden descargar gratuitamente.

Un **archivo STL** contiene únicamente información sobre la **geometría de las superficies del objeto 3D**, dejando de lado otra información que no interviene en el proceso de la impresión 3D, como el color o la textura.

Los archivos STL permiten codificar la geometría del modelo 3D usando formas geométricas sencillas, triángulos en este caso, de tal modo que no haya superposiciones ni tampoco espacios a la hora de conformar las superficies de la pieza, es decir, como formando un mosaico.



6.2. MÉTODOS DE FABRICACIÓN DIGITAL

Las técnicas de **fabricación digital**, según el método a partir del cual se generan las piezas, pueden usar dos tecnologías: **la sustractiva o la aditiva**.

6.2.1. FABRICACIÓN DIGITAL SUSTRACTIVA

Fue la primera técnica que apareció. Partiendo de un bloque de materia prima, vamos aplicando distintas técnicas de corte y eliminación de viruta hasta generar la forma deseada.

En este tipo de fabricación se emplean **máquinas de control numérico computarizado (CNC)**. El archivo digital generado, en la fase del *software* CAM, guía el instrumento de corte con instrucciones automatizadas. Las piezas se fabrican con muy poca o prácticamente ninguna intervención humana, que se limita a la introducción de los programas en el panel de control de la máquina.

Las técnicas de torneado y fresado basadas en CNC se basan en programar los movimientos de sus herramientas de corte, especificando el movimiento para cada eje de coordenadas. Un torno CNC se controla precisando el movimiento en 2 ejes (X, Y) y en una fresa CNC, en tres (X, Y y Z).



6.2.2. FABRICACIÓN DIGITAL ADITIVA

Se basa en la adición de capas de material, que se van adhiriendo una tras otra hasta dar lugar al objeto deseado. Los materiales que pueden usarse con este tipo de máquina pueden ser muy variados: plásticos, metales, vidrio, arcillas o incluso tejidos humanos.

Existen varios métodos de fabricación digital aditiva. El más utilizado es el **modelado por deposición fundida (FDM)**, es el que usan las **impresoras 3D**. La impresora 3D dispone de tres elementos fundamentales: una **cama de impresión** en la que se imprime la pieza, una **bobina de filamento** que sirve como material de impresión y una **cabeza de extrusión**. El filamento es succionado y fundido por el extrusor de la impresora 3D, que va depositando el material de forma precisa, capa por capa, sobre la cama de impresión. El extrusor se mueve según le indica el archivo digital STL que contiene la información para el conformado de la pieza.



La relativa facilidad para acceder a y trabajar con impresoras 3D ha fomentado el interés en el emprendimiento dando lugar al desarrollo de la **cultura maker** o «**hazlo tú mismo**» (**DIY = do it yourself**).