

# Taller Básico de Impresión 3D

Málaga MakerSpace

29/09/2018 – V0.1

<b>Introducción</b>	<b>3</b>
Objetivos de este taller	3
Sistema de impresión en el MMS	4
Reglas	4
Costes	5
<b>Fundamentos de Modelado por Deposición Fundida (FDM)</b>	<b>7</b>
Qué es una impresora y cómo funciona	8
Partes y características de una impresora	8
Placa madre	8
Extrusor	8
Cama de impresión	9
Finales de carrera	9
Cableado	9
General	9
Materiales de fabricación	10
Ácido Poliláctico (PLA)	10
Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)	10
Tereftalato de Polietileno (PET, PETG)	10
Poliuretano Termoplástico (TPU)	10
Nylon	11
Otros	11
Software, parametrización y modelos	11
Dónde conseguir o diseñar modelos	11
Modelos corruptos	12
Geometría para impresión	13
Rebanador (slicer)	14
Parámetros	14
Altura de capa	14
Grosor de perímetros/Número de perímetros	15
Retracción	15
Grosor superior/inferior	15
Densidad de relleno	15
Velocidad de impresión	16
Temperatura de impresión	16
Temperatura de cama	16

Soportes	16
Base de impresión	17
<b>Antes de imprimir</b>	<b>18</b>
Calibración y comprobación constante	18
Calibración de la cama	18
Retirar y colocar el filamento	19
Adhesivos	19
<b>Durante la impresión</b>	<b>20</b>
Primera capa	20
Qué vigilar durante la impresión	20
<b>Tras imprimir</b>	<b>22</b>
Extraer y limpiar la pieza	22
Post tratamiento	22
Mantenimiento	22

# Introducción

## Objetivos de este taller

El MakerSpace es un espacio donde se valora la proactividad y el aprender haciendo, pero para asegurar la durabilidad de las máquinas es necesario que los usuarios tengan nociones básicas sobre las mismas, conociendo sus capacidades y limitaciones.

Este taller está orientado a la iniciación en técnicas de fabricación aditiva de manera general, y en adquirir las competencias necesarias para utilizar de manera autónoma el equipamiento de fabricación aditiva del que se dispone en MakerSpace, consistente actualmente en la impresora Creality CR-10, para sus usos más habituales. Así pues, las competencias se pueden dividir en generales y específicas:

- Competencias generales.
  - Entender los principios físicos de la impresión 3D.
  - Reconocer el tipo de productos que se pueden fabricar con este tipo de tecnología.
  - Reconocer las partes físicas de una impresora, su funcionamiento y mantenimiento básico.
  - Conocer los principios del proceso de rebanado (slicing) a partir de modelos 3D virtuales.
- Competencias específicas.
  - Conocer el programa a utilizar (Ultimaker CURA). Estar familiarizado con parámetros de impresión y cómo afectan al resultado. Saber generar código G correctamente.
  - Saber reconocer las partes de la impresora a utilizar (Creality CR-10). Estar familiarizado con el proceso de calibrado y mantenimiento básico.
  - Preparación física de la impresión.
  - Tener una idea de los problemas más típicos que pueden ocurrir durante la impresión y cómo solventarlos.
  - Conocer las reglas de la impresión en el Málaga Maker Space, así como los derechos y obligaciones como usuario de equipamiento de fabricación aditiva.

Este taller no enseñará ni será capacitante para el uso de materiales diferentes al PLA. Tampoco se enseñará diseño asistido por ordenador, aunque sí se indicarán posibles fuentes de modelos. Tampoco se pretende enseñar usos avanzados de la impresión 3D o modificaciones funcionales de las máquinas. Cualquier uso, duda o problema emergente que se encuentre fuera del alcance de este taller deberá ser consultado con un miembro de mayor formación.

## Sistema de impresión en el MMS

El departamento de fabricación rápida es una de las primeras adiciones al Maker Space Málaga, concretamente el Modelado por Deposición Fundida. Por ello, la utilización de este equipamiento está englobada dentro del MakerSpace. Dado que no existe sistema de membresía para Málaga MakerSpace en la actualidad, se permite el uso de este equipo a personas ajenas al mismo, siempre y cuando superen este taller de fabricación rápida.

Para personas que opten por no realizar el taller o no lo superen, existe la posibilidad de utilizar el servicio de impresión 3D ofrecido por miembros cualificados del taller, a cambio de un suplemento con el que se compensará el tiempo de los voluntarios (ver apartado de costes).

## Reglas

A continuación se exponen las reglas del Departamento de Fabricación Aditiva que te afectan directamente tras haber completado el taller:

1. Es necesario haber asistido al taller y superado la prueba posterior que acredita los conocimientos adquiridos para poder hacer uso de las impresoras indicadas. Además, habrá que realizar una primera impresión bajo la supervisión de un miembro autorizado que dé el visto bueno.
2. La interacción con la maquinaria estará limitada uso para impresión directa en PLA y mantenimiento básico, como nivelación de cama o limpieza. Cualquier problema de mayor envergadura debe ser consultado con un miembro con mayor formación.
3. Se exige permanecer revisando el comienzo de impresión de manera presencial al menos hasta completar las primeras capas y asegurar la correcta extrusión y adhesión. Pasado este tiempo, existen diversas opciones:
  - a. Si el servicio de videovigilancia está online, se permite revisarlo remotamente. Aún así se recomienda no alejarse de la impresora.
  - b. Si se asegura la presencia de otras personas formadas se podrá delegar la supervisión.
  - c. Si no se dan estos casos, se requiere la presencia física del interesado en las proximidades del lugar de impresión y supervisión constante.
4. No se permite la impresión durante la noche mientras el servicio de control remoto no esté en línea.
5. No se permite la impresión de piezas sujetas a derechos de autor. Piezas open source están siempre permitidas (ver apartado de obtención de modelos online).
6. El daño accidental de la maquinaria no está penado, pero el responsable se deberá implicar en el proceso de reparación que será enfocado como una experiencia educativa. Si se podrán penar los fallos reiterados o debidos a negligencia.
7. Cualquier modificación de la maquinaria del MakerSpace está vetada sin el consentimiento expreso de la dirección del departamento.

8. Será necesario hacer una reserva de las horas de impresión y del material. Actualmente estas reservas se realizan verbalmente con algún supervisor del departamento.
9. El pago de los costes correspondientes se realizarán por adelantado y se basarán en los datos de la reserva. Si finalmente se requiere más tiempo o material se abonará la diferencia lo antes posible tras finalizar el uso. Se revisará los materiales y herramientas tras las reservas, y el impago o intento de fraude es considerado una falta grave.
10. También podrán solicitar impresiones individuos que no hayan superado el taller siempre que haya un miembro cualificado dispuesto a realizar el trabajo. Por este servicio el solicitante pagará una cuota adicional destinada a compensar el trabajo del operario (ver desglose de costes en la siguiente sección).  
El operario no recibirá directamente el importe, pero se le desgrabará de futuros usos del servicio de impresión. Es necesario recibir una autorización expresa de la Dirección del Departamento para poder realizar estos trabajos.

## Costes

Existen diferentes categorías de costes en el proceso de impresión 3D. Dichos costes serán aplicables según la formación y el material del que disponga el usuario. A continuación se desglosan las diferentes situaciones que se dan en este aspecto, y que tipo de costes de impresión se deben asumir en cada caso:

**NOTA: Este esquema de costes es provisional y se mantendrá mientras no se disponga de un espacio y cuota de membresía.**

1. **Personas no cualificadas (que no han superado el taller):** estos usuarios no están autorizados a utilizar la impresora de manera autónoma y por lo tanto deben contactar con un operario cualificado. En este caso se aplicarán las siguientes tarifas:
  - a. Un coste base de material de 0.03 € por gramo de PLA.
  - b. Por depreciación de la maquinaria y fungibles una tarifa base de 0.50 € por hora de impresión en la Creality CR-10, facturados en intervalos de media hora.
  - c. Por el tiempo dedicado por el operario se pagará una tarifa de 5 € por hora de pre y post procesamiento de las piezas, tanto digital como físico.
  - d. Sobre los puntos anteriores se aplicará un incremento del 10% para cubrir los gastos de eventuales fallos en el proceso de impresión.
  - e. Sobre el importe resultante de los puntos anteriores se añadirá el importe del IVA estipulado por la legislación (21%).
$$\text{Coste} = 1.21 \times 1.1 \times (5 \times \text{Operario} + 0.5 \times \text{Horas} + 0.03 \times \text{Gramos})$$
2. **Personas cualificadas sin material propio:** se aplica a usuarios que han superado el taller y el correspondiente test y desean imprimir con el material propiedad de MakerSpace. Se aplicarán las siguientes tarifas
  - a. Un coste base de material de 0.03 € por gramo de PLA.

- b. Por depreciación de la maquinaria y fungibles una tarifa base de 0.50 € por hora de impresión en la Creality CR-10.
- c. Sobre el importe resultante de los puntos anteriores se añadirá el importe del IVA estipulado por la legislación (21%).

$$Coste = 1.21 \times (0.5 \times Horas + 0.03 \times Gramos)$$

3. **Personas cualificadas con material propio:** se permite el uso de material de propiedad del usuarios que hayan superado el taller y test siempre que se cambie el filamento de forma autónoma y se vuelva a colocar el filamento propiedad del MakerSpace una vez terminada la impresión. La tarifa aplicada será la siguiente:

- a. Por depreciación de la maquinaria y fungibles una tarifa base de 0.50 € por hora de impresión en la Creality CR-10.
- b. Sobre el importe resultante de los puntos anteriores se añadirá el importe del IVA estipulado por la legislación (21%).

$$Coste = 1.21 \times (0.5 \times Horas)$$

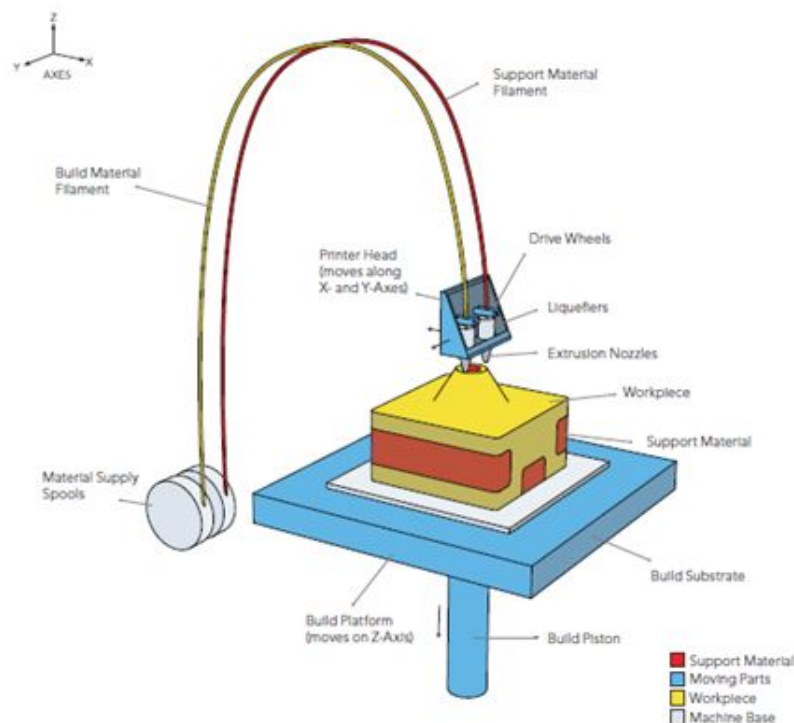
Con el fin de facilitar el cálculo del precio exacto existe una hoja de cálculo online en la que se debe introducir el peso del material a utilizar y se obtendrá el importe a abonar:

<https://goo.gl/Sg5CK8>

# Fundamentos de Modelado por Deposición Fundida (FDM)

La Deposición Fundida o Fused Deposition Modelling (FDM) es el método más utilizado por aficionados de impresión 3D con diferencia. Desarrollado en 1988 y comercializado en 1991, es uno de los métodos más utilizados de forma universal para un gran número de aplicaciones en diferentes campos de la ingeniería.

En este método un filamento de termoplástico en estado sólido es calentado por encima de su punto de fusión, tras lo que se extruye y deposita en la plataforma de construcción en estado semi-sólido. Dicha plataforma es descendente, de manera que baja cada vez que debe producirse un cambio de capa. Los soportes pueden ser construidos en el mismo material, en cuyo caso serán extraídos a mano, o usando un material soluble en agua.



El FDM es un proceso limpio, sin materiales en polvo o resinas, lo que hace que sea utilizable en un gran rango de entornos. El tamaño de construcción es grande, y las piezas presentan excelentes propiedades mecánicas, pudiendo ser utilizadas para evaluación funcional de conceptos. Los materiales a utilizar son polímeros de grado industrial, ofreciendo versatilidad dentro esta categoría.

## Qué es una impresora y cómo funciona

Se llama coloquialmente impresora 3D al aparato que hace posible la deposición fundida y que además tiene la capacidad de leer código G y construir modelos físicos a partir del mismo.

Así pues, una impresora 3D tiene componentes electrónicos destinados al procesamiento de datos y control y partes mecánicas destinadas al movimiento del extrusor y la cama.

## Partes y características de una impresora

### Placa madre

También llamada placa controladora, es básicamente el cerebro de la impresora 3D, en el que se desarrolla el procesamiento de los archivos gcode y se controlan los movimientos de los motores paso a paso, así como las temperaturas de extrusor y cama.

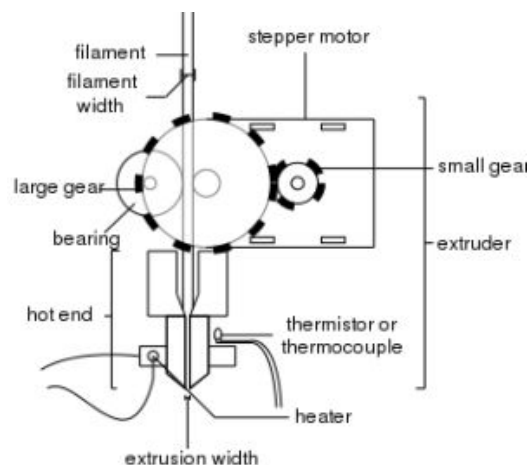
En este taller básico no se va a ahondar en las diferencias entre las placas madres presentes en el mercado, ni cómo configurarlas y realizar las conexiones electrónicas.

### Extrusor

El extrusor es la zona por la cual el material plástico fundido es depositado en la cama de impresión. Por tanto el extrusor tiene los cometidos de:

- Asegurar el paso constante de filamento hacia la boquilla del extrusor.
- Calentar el filamento antes de ser depositado.

La mayoría de impresoras de uso cotidiano o DIY (incluyendo la CR-10) tienen una cabeza extrusora de tipo direct drive, la cual emplea un sistema de ruedas dentadas conectadas a un motor paso a paso para alimentar el extrusor.





La cabeza extrusora también dispone de un resistor destinado a calentar el filamento a la temperatura deseada y un termistor para controlar dicha temperatura. Finalmente se encuentra la boquilla de la impresora 3D, cuyo tamaño influirá en la calidad y rapidez de la impresión 3D.

En el espacio de impresión la cabeza extrusora puede tener diferentes grados de libertad de movimiento, dependiendo del modelo. En el caso de la Creality CR-10, la cabeza extrusora puede moverse en los ejes X y Z.

## Cama de impresión

También llamada Placa de impresión, es la superficie sobre la cual el material es depositado durante la impresión. Así pues, es primordial que sea una superficie plana y perpendicular al extrusor.

Suele estar fabricada en metal, y cubierta por un cristal o espejo sobre el cual se depositará el material, cubriendo antes la superficie con algún tipo de adhesivo. Esta superficie de cristal existe para facilitar la limpieza post-impresión.

Puede ser fija o tener algún grado de libertad, dependiendo del modelo de impresora. En el caso de la CR-10, puede desplazarse en el eje Y.

## Finales de carrera

Son sensores, normalmente neumáticos o mecánicos, que indican que se ha alcanzado el final de recorrido de una cinta o correa en un eje determinado. En impresión 3D, sirven para asegurar que los motores paso a paso no intentan sobrepasar las dimensiones de la impresora 3D, lo cual sería peligroso para la integridad de la misma.

La Creality CR-10 dispone de un final de carrera para cada eje, que están conectados a la placa controladora por cables individuales.

## Cableado

Los cables están destinados a conectar la placa controladora con los dispositivos electrónicos de la impresora 3D, siendo estos la cabeza del extrusor, los motores paso a paso y los sensores final de carrera.

## General

Otros componentes de la impresora 3D son las poleas y correas, destinadas a posibilitar el desplazamiento de las partes movibles durante de la impresión.

A parte de esto, la estructura de la impresora es primordial, ya que ofrece soporte al resto de componentes. Esta puede estar fabricada en diferentes materiales y perfiles.

## Materiales de fabricación

### Ácido Poliláctico (PLA)

El ácido poliláctico es con diferencia el material más común en la impresión FDM. Esto se debe a que es fácil de imprimir, no es excesivamente sensible a la humedad y es asequible en comparación con otros materiales. Sus propiedades mecánicas son aceptables y habitualmente tiene un fallo frágil, dependiendo de los parámetros de impresión utilizados.

Es un polímero constituido por moléculas de ácido láctico, obtenido normalmente a partir de almidón de maíz, yuca o mandioca, o de caña de azúcar. El PLA no es un derivado directo del petróleo y es biodegradable, por lo que rogamos que se favorezca su uso sobre otras opciones menos sostenibles.

Este taller se centrará en la impresión 3D utilizando PLA debido a esto. El objetivo es que el usuario de la impresora sea capaz de imprimir con éxito en este material, relegando el uso de otros materiales a cursos más avanzados.

El PLA suele ser extruido a temperaturas alrededor de 210°C. Una cama de impresión alrededor de los 70°C ayuda a su adhesión y retrasa el enfriado, propiciando la adhesión de capas y mejorando las propiedades mecánicas del objeto final.

### Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)

El ABS fue el estándar de la tecnología FDM antes de la adopción del PLA, principalmente como herencia de la industria de inyección. Si bien es ligeramente menos resistente que el PLA, tiene un fallo dúctil que lo hace atractivo para muchas aplicaciones, además de que soporta mayores temperaturas antes de perder propiedades mecánicas.

La principal desventaja que presenta este material es un alto índice de contracción, que produce una amplia variedad de problemas durante la impresión.

Por lo general no recomendamos su uso a pesar de su gran soporte histórico, pues en la actualidad existen otros materiales con similares propiedades y que presentan menores desafíos.

### Tereftalato de Polietileno (PET, PETG)

Material con un buenas capacidades mecánicas y fallo dúctil pero considerablemente más sencillo que imprimir que ABS. Aún así presenta cierto grado de contracción térmica y es higroscópico.

### Poliuretano Termoplástico (TPU)

Los TPU conforman una amplia familia de filamentos con diferentes grados de flexibilidad y abren la puerta a un sinfín de nuevas posibilidades en nuestros proyectos. Sin embargo su naturaleza mecánica dificulta la extrusión de los mismos. Normalmente requieren equipos

especializados para su utilización o un muy delicado ajuste de los parámetros de impresión y supervisión para tener éxito.

## Nylon

Polímero termoplástico de gran resistencia a la abrasión, excelentes propiedades mecánicas y buena flexibilidad. Excelente para aplicaciones ingenieriles, pero de alto coste en comparación con otros materiales como PLA o ABS y muy sensible a la humedad. Además requiere una temperatura de impresión muy alta para la que no todas las impresoras están preparadas.

## Otros

Existen muchos más materiales y su número aumenta por días, pero cada uno de ellos requiere un estudio especial para su uso. Cabe destacar que todos los materiales anteriormente expuestos también se presentan mezclados con otros compuestos, como madera, metal o fibra de carbono, para cambiar sus propiedades o aspecto.

## Software, parametrización y modelos

### Dónde conseguir o diseñar modelos

El primer paso de la impresión 3D es tener un modelo 3D virtual adecuado que poder llevar a la realidad. Así pues es interesante conocer los principales programas de diseño asistido por ordenador y saber manejar al menos dos de ellos:

- Modelado NURBS:
  - Rhinoceros
  - Blender
  - Autodesk 3Ds Max
- Modelado Paramétrico:
  - SolidWorks
  - SolidEdge
  - CREO
  - Autodesk Fusion 360

El pensamiento popular acerca de la impresión 3D es que está fuertemente relegada al diseño asistido por ordenador, y que un usuario de impresoras 3D debe de manera imperativa ser experto en este software. Lo cierto es que, aunque esto ayuda, en la actualidad existen gran cantidad de plataformas online en las que se pueden conseguir modelos 3D para diferentes programas o incluso en .stl. Algunos ejemplos son las siguientes:

- Thingiverse: no es necesario registro, sólo modelos .stl.

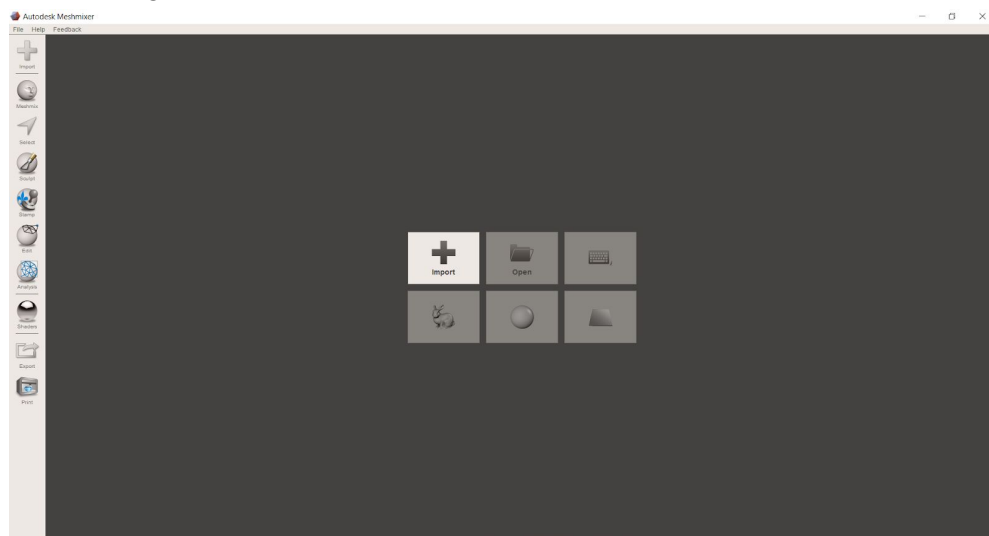
- GrabCAD: necesario registro, modelos en .stl y en diferentes programas paramétricos.
- 3D Warehouse.
- Turbosquid.

## Modelos corruptos

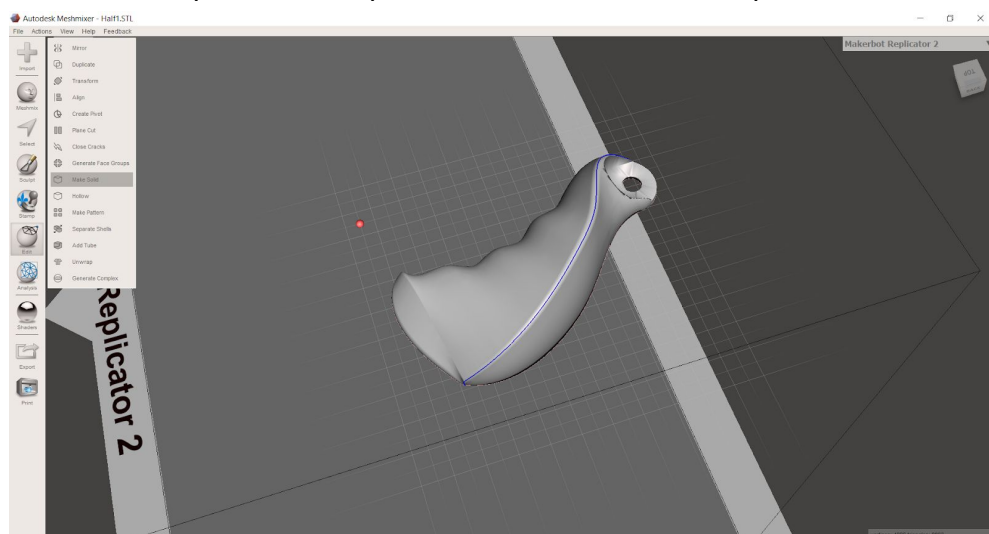
Existe la posibilidad de que determinados modelos no sean adecuados para impresión. Esto puede pasar por errores del programa a la hora de generar el archivo STL, o geometría intersecante que no ha sido resuelta satisfactoriamente.

Afortunadamente, para estos casos existen diferentes programas de reparación de modelos de acceso libre. El más utilizado, y el que solemos utilizar nosotros con muy buenos resultados es el Meshmixer. El flujo de trabajo normal cuando se tiene una geometría con problemas es el siguiente:

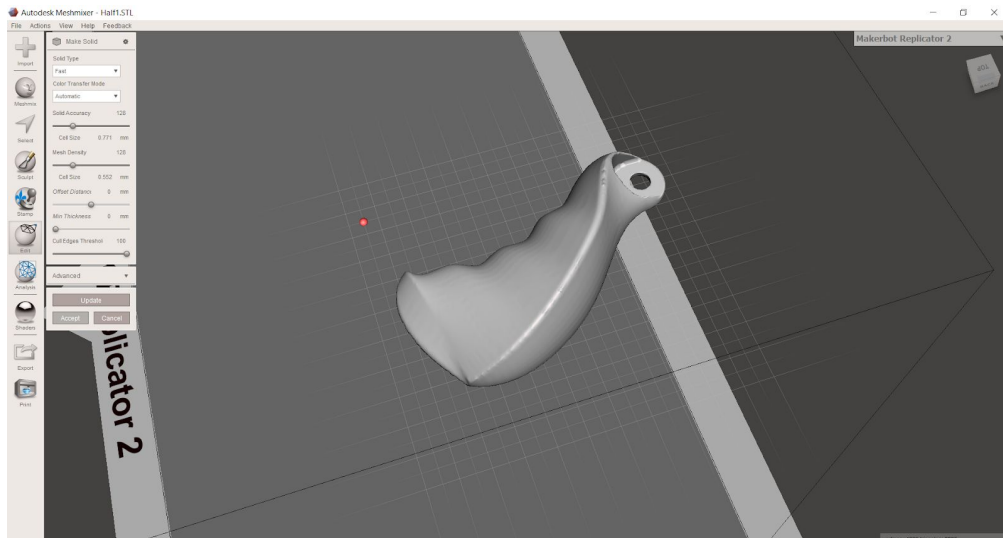
1. Importar la geometría STL.



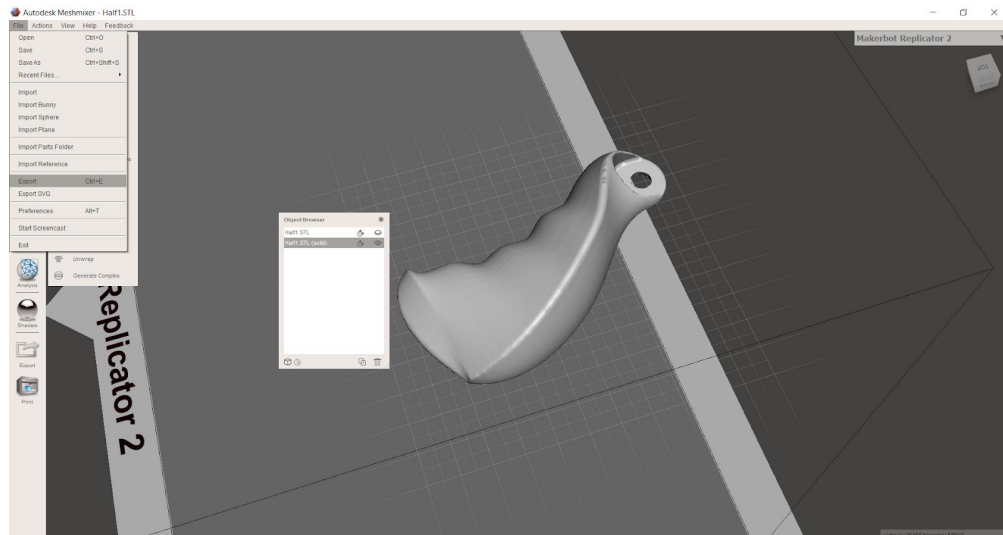
2. En el menú de la izquierda, en la pestaña Edit, seleccionar la opción Make Solid.



3. Elegir los parámetros adecuados para hacer sólido el modelo. Normalmente los parámetros por defecto funcionan bien.



4. Exportar la nueva geometría como STL.



Se recomienda revisar el proceso de impresión de manera gráfica en el software rebanador en cuestión para asegurar que el modelo se está imprimiendo correctamente. Si se observa alguna anomalía, se debe introducir el modelo en Meshmixer y realizar las operaciones explicadas en la anterior guía.

Hemos observado que las anomalías pueden ser producidas cuando el modelo original procede de un modelo de curvas NURBS modelado en un programa paramétrico, tal y como SolidWorks Surfaces. Se recomienda prestar especial atención en casos en los que el modelo se haya realizado con estos métodos.

## Geometría para impresión

Si bien la fabricación aditiva ofrece más posibilidades que otras técnicas más tradicionales, no todo es realizable, especialmente mediante FDM. La geometría y colocación de la pieza son factores importantes para la impresión y propiedades físicas finales.

En primer lugar es importante tener una cara plana sobre la que imprimir. Si la capa inicial es demasiado pequeña en relación con el resto del modelo podrían desarrollarse problemas de adhesión que lleven al fallo de la impresión. También ha de tenerse en cuenta que cuando una parte del modelo no esté naturalmente sostenida desde abajo se requerirán soportes para su impresión. Los soportes añaden tiempo y material a la impresión, además de que deben ser retirados y empeoran la calidad superficial del resultado. La orientación del modelo es crítica para determinar la cantidad de soportes necesarios.

La orientación de las capas también juega un papel importante en el aspecto y propiedades de la impresión. Por lo general hay que recordar que la dirección perpendicular al plano de impresión es la más débil y fallará antes a tracción.

## Rebanador (slicer)

El slicer o rebanador es el software que toma el modelo STL y realizando cortes paralelos a la cama de impresión, divide el objeto por capas para su impresión. Tras realizar esto, genera una serie de instrucciones que la placa controladora de la impresora puede entender, el Gcode.

Existen gran cantidad de software destinado a este fin, tal y como Slic3r, Simplify3D, KISSlicer... pero el más utilizado, siendo también de acceso libre, es el software CURA, desarrollado por Ultimaker.

## Parámetros

Hay cientos de parámetros que podemos elegir a la hora de rebanar nuestro modelo, a continuación presentaremos los más comunes. Por lo general hay un compromiso entre la calidad del acabado, el tiempo de impresión y las propiedades mecánicas de la pieza. Intentar mejorar cualquiera de estos factores normalmente provocará el empeoramiento de otro.

Ponemos a vuestra disposición algunos perfiles básicos para las impresoras que disponemos en el siguiente enlace:

<https://goo.gl/DUWcCc>

### Altura de capa

Determina el grosor de cada capa de impresión. Valores menores resultan en más capas y una mayor calidad de impresión a expensas del tiempo de impresión. Un buen punto intermedio es 0.15 ó 0.2mm. Impresiones de muy alta calidad pueden tener una altura de capa de hasta 0.05mm, pero tardan hasta 5 veces más que un grosor medio. Por otro lado mayores grosores tardarán menos y serán más resistentes mecánicamente, pues habrá menos uniones entre capas. Se recomienda que la altura de capa no sea mayor al 75% del diámetro del extrusor.

Nota: Usualmente se puede se puede especificar una grosor específico para la primera capa, y se recomienda que no sea muy fino para evitar problemas de adhesión.

↑ Altura de Capa:                      ↓ Calidad              ↓ Tiempo              ↑ Resistencia

### Grosor de perímetros/Número de perímetros

Según el rebanador utilizado se pedirán un número de perímetros o un grosor de perímetro. Lo que estaremos determinando es el grosor de la pared externa de la pieza. Juega un papel muy importante en las propiedades mecánicas, pues las mayores tensiones suelen pasar por las paredes exteriores.

$$\text{Nota: } n \text{ Perímetros} = \frac{\text{Grosor pared}}{\text{Diámetro extrusor}}$$

↑ Grosor de perímetro:              ~Calidad              ↑ Tiempo              ↑ Resistencia

### Retracción

La retracción ayuda a tener unas impresiones más pulcras retrayendo el filamento dentro del extrusor cuando no se está imprimiendo (por ejemplo, en los movimientos que cruzan un hueco). Puede ser difícil de ajustar y los sistemas de extrusión indirecta son especialmente sensibles. Si la retracción es muy pequeña pueden haber hilos entre partes de la pieza y si es muy grande pueden haber vacíos que afecten a la integridad de la pieza.

↑ Retracción:                              ↑ Calidad              ~Tiempo              ↓ Resistencia

### Grosor superior/inferior

Similar al grosor del perímetro, indica el grosor de la parte superior e inferior de la impresión. Un grosor muy fino puede resultar en partes débiles y fallos superficiales por hundimiento.

↑ Grosor superior/inferior:              ↑ Calidad              ↑ Tiempo              ↑ Resistencia

### Densidad de relleno

Expresado como un porcentaje, indica la solidez interior de la pieza. Influye en la resistencia de la pieza (según la geometría menos que el grosor de los perímetros) y sirve de soporte para las estructuras superiores. Utilizar un 100% de relleno no es común ni recomendable. Un 20% suele resultar en piezas suficientemente resistentes, aunque se puede elevar al orden del 60% para requerimientos exigentes o bajar al 5-10% para prototipos rápidos.

Nota: Existen diversos patrones de relleno, y cada uno tiene unas características específicas de resistencia y tiempo de impresión. En la mayoría de los casos un relleno de cuadrícula es suficientemente rápido y resistente.

↑ Densidad de relleno:                      ~Calidad              ↑ Tiempo              ↑ Resistencia

## Velocidad de impresión

Se refiere a la velocidad del extrusor se desplaza cuando está depositando el material y se trata de un parámetro muy importante. Imprimir demasiado rápido causará casi siempre problemas mecánicos y de calidad. Imprimir más despacio mejorará la calidad, pero no siempre es práctico.

↑ Velocidad de impresión:    ↓ Calidad    ↓ Tiempo    ↓ Resistencia

## Temperatura de impresión

Es la temperatura de la cabeza del extrusor y también es muy relevante en el resultado de la impresión. Desafortunadamente su calibración óptima es muy complicada y está afectada por una miríada de factores. El termistor de una impresora puede no estar calibrado como el de otra y el parámetro de temperatura puede variar de un equipo a otro. Diferentes materiales tendrán diferentes temperaturas de impresión, e incluso habrá variación entre colores y fabricantes de un mismo material.

Si la temperatura es muy alta los modelos se deformarán e incluso se degradarán por el calor, pudiendo dañar la impresora en el proceso. Por otro lado si la temperatura es muy baja puede haber problemas de adhesión entre capas que afecten a la resistencia de la pieza.

↑ Temperatura de impresión: ↓ Calidad    ~Tiempo    ↑ Resistencia

## Temperatura de cama

Calentar la base de impresión puede mejorar la adhesión y evitar el *warping*. Para el uso de materiales como ABS es fundamental mientras que no siempre es necesario para imprimir en PLA. Se recomienda calentar siempre la cama y esperar a que se enfríe antes de retirar la pieza.

↑ Temperatura de cama:    ↑ Calidad    ~Tiempo    ↑ Resistencia

## Soportes

Los soportes son necesarios para sostener partes de la pieza que de otra forma caerían o se deformarían en el proceso de impresión. Los soportes dejan marcas en la superficie del objeto y aumentan el tiempo de impresión y el gasto en materiales, por lo que deben minimizarse siempre que sea posible. Esto debe ser considerado en el diseño de la pieza y su colocación. El slicer generará una serie de soportes automáticamente, pero siempre han de ser revisados a mano.

↑ Soportes:    ↓ Calidad    ↑ Tiempo    ~Resistencia

## Base de impresión

Para mejorar la adhesión de la pieza a la cama se pueden tomar dos medidas. La primera es añadir un borde, esto son perímetros adicionales en las primeras capas que aumentan la



superficie de contacto con la base. Se puede retirar fácilmente y no deja marcas muy significativas. Si este borde está separado de la pieza se denomina falda y no sirve para mejorar la adherencia sino para asegurar que la extrusión se ha normalizado antes de comenzar con la pieza. Siempre se recomienda añadir un borde o falda a la impresión.

La otra es imprimir una balsa, una base que soporta por completo a la pieza. Tiene todas las desventajas de los soportes, por lo que hay que intentar que no sea necesaria en las fases de diseño y colocación.

↑ Soportes:                      ↓ Calidad      ↑ Tiempo      ~Resistencia

# Antes de imprimir

Ya tenemos nuestros archivos de Gcode listos y estamos casi preparados para empezar a imprimir. Solo queda llevar los archivos a la impresora y hacer algunas comprobaciones.

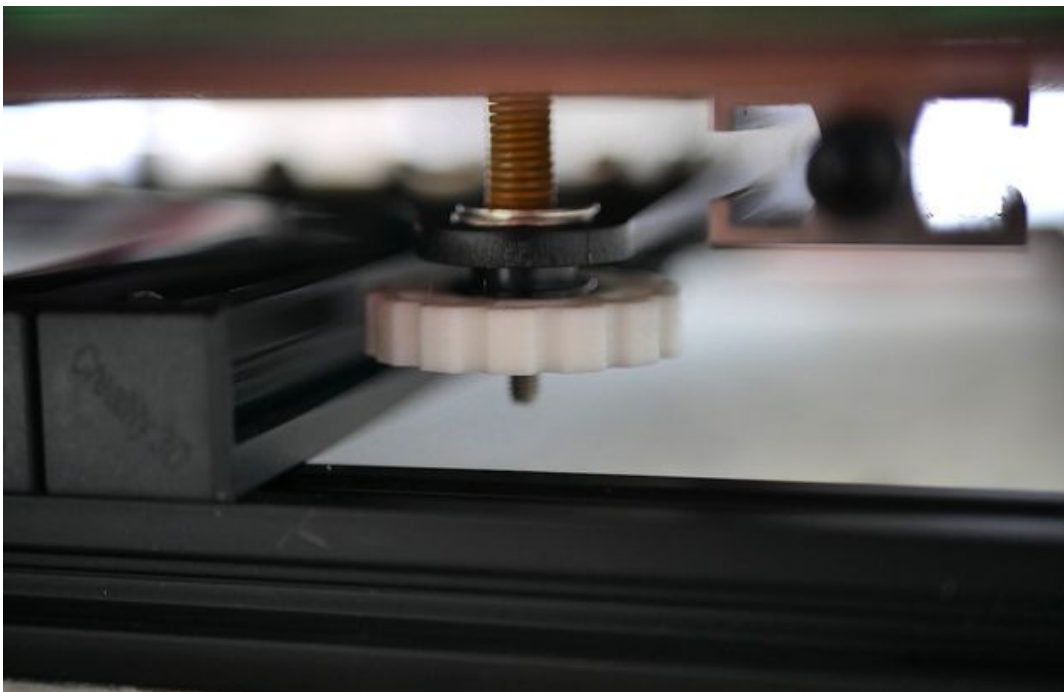
## Calibración y comprobación constante

Las impresoras son máquinas que requieren una calibración precisa para su correcto funcionamiento. Es responsabilidad del usuario asegurarse de que la máquina se encuentra en condiciones de uso tanto antes de comenzar su impresión como al terminarla. Específicamente, es fundamental comprobar la calibración de la cama de impresión y la correcta imprimación de adhesivo.

### Calibración de la cama

Para que la impresión tenga éxito es fundamental que la cama sea plana y perpendicular al eje Z. Algunas impresoras pueden detectar los desperfectos de la cama y ajustarse a ellos, pero aún así la cama tiene que ser decentemente paralela. Además, la mayoría de las impresoras no poseen esta capacidad, como es el caso de la Creality CR-10.

La cama se nivela mediante cuatro tuercas situadas debajo de la misma. Al girarlas en sentido horario la cama bajará y subirá al girar en sentido antihorario. La forma más común de hacer la calibración es llevar el eje Z al fin de carrera y, en cada una de las esquinas, ajustar la altura de la cama hasta que un calibre pase ajustado, normalmente una hoja de papel. Asegúrate de que tu manera de calibrar la impresora es consistente con los ajustes de la primera capa. La cabeza del extrusor debe estar limpia de residuos para realizar la calibración.



Asegúrate también de que la base de impresión está correctamente sujeta a la impresora, esto es, que los enganches correspondientes estén colocados en las cuatro extremos de la cama.

## Retirar y colocar el filamento

Se cambiará el filamento cuando se desee usar un color distinto, se esté acabando el la bobina de filamento o haya un problema de atoramiento.

Para extraer el filamento la cabeza de extrusión deberá estar caliente pero idealmente no tanto como para que el plástico se encuentre líquido. Se procederá apretando el pulsador que se encuentra sobre el motor de extrusión y tirando del filamento sin brusquedad pero con firmeza. También puede ser retirado mediante tracción del eje E, en el menú de control de la impresora.



Para introducir nuevo filamento hay que cortar la punta del mismo en un ángulo de 45° y, apretando nuevamente el pulsador, introducirlo por el conducto de teflón hasta que empiece a fluir por la cabeza del extrusor. Según el caso será necesario extruir material extra para limpiar el extrusor del filamento anterior. Una vez satisfechos con el resultado retiraremos el exceso de plástico con unos alicates finos.

## Adhesivos



Según la cama que utilicemos y el material de impresión necesitaremos aplicar un medio que ayude a la adherencia de la pieza.

Los medios más comunes y accesibles son cinta de enmascarar, barras de pegamento escolar, spray de goma y cola blanca diluida. También se puede combinar para obtener mejores resultados.

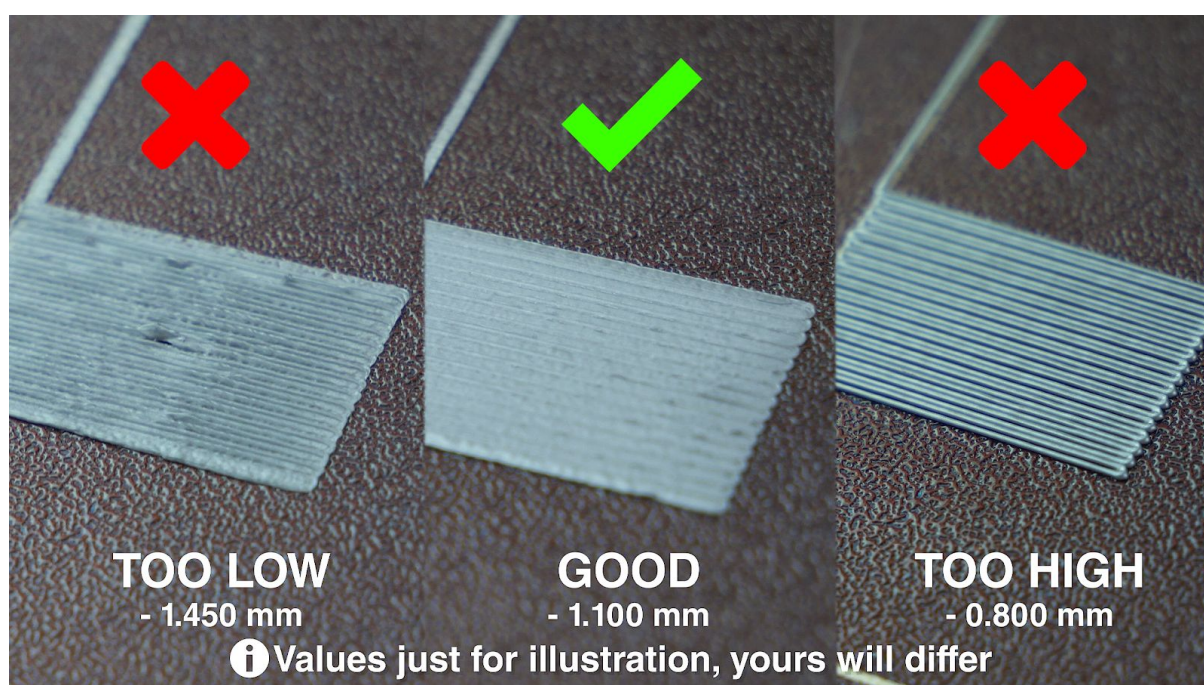
Sea cual sea la capa adhesiva se irá deteriorando con el uso, por lo que es importante revisar el buen estado ante de cada impresión y reponerla si fuera necesario. NO será admisible voltear la base de impresión y utilizar el otro lado, pues esto puede interferir con la calibración de la cama.

## Durante la impresión

Por fin se empieza a imprimir la pieza, pero desgraciadamente aún hay cosas que pueden salir mal. Tendrás que prestar atención para asegurar no perder todo el tiempo y material invertido.

### Primera capa

Se trata de la parte más crítica del proceso, pues de la correcta aplicación de la capa base depende el éxito del resto de la pieza. Vigila atentamente que el grosor de la extrusión no sea demasiado fino ni grueso, la línea de extrusión no puede presentar discontinuidades ni tener forma cilíndrica.

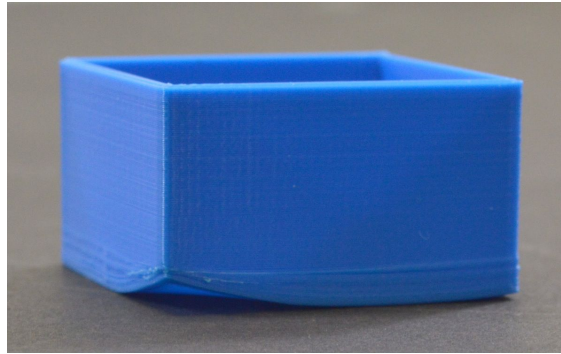


Si hay irregularidades en la primera capa revisa la sobre-extrusión y altura de la primera capa en el slicer. También es posible que estos problemas se den por una mala nivelación de la cama o falta (o exceso) de imprimación de adhesivo.

### Qué vigilar durante la impresión

Una vez depositadas las primeras capas habremos pasado la parte más crítica de la impresión. El fallo más grave que puede ocurrir en este punto es que la pieza se desprenda de la cama o se produzca warping. Es importante monitorizar la impresión para pararla en caso de que se un fallo, pues esta no se detendrá sola y seguirá malgastando filamento. Tras un fallo de este tipo habrá que revisar los factores que influyan en la adhesión. Un fallo de este tipo también puede producir que el plástico se acumule en la cabeza del extrusor, y

si se deja mucho tiempo en caliente puede empezar a degradarse y dañar la boquilla de la impresora.



Si durante la impresión de una pieza se produce un atoramiento en la cabeza del extrusor habrá que parar la impresión y enfriar la máquina de inmediato. Después habrá que contactar con un miembro del MakerSpace que esté adecuadamente formado para solucionar el problema.

# Tras imprimir

Felicidades, tu pieza está terminada y estás tan solo a unos pasos de disfrutar de ella.

## Extraer y limpiar la pieza

Desde luego un desprendimiento de la pieza puede ser un fallo catastrófico, pero en nuestro afán de evitarlo algunas veces las piezas quedarán fuertemente adheridas a la cama de impresión.

- Si la cama está aún caliente, espera a que se enfríe. Muchas veces la contracción del plástico ayudará a retirar la pieza. Además, retirarla cuando todavía está caliente podría llevar a deformar la pieza plásticamente.
- Si aún así la pieza no se desprende retira la base de la impresora y utiliza una espátula afilada para, con cuidado, retirar la pieza. Es muy importante que ninguna parte de nuestro cuerpo esté en la dirección de la fuerza aplicada, la espátula puede cortar y las piezas pueden soltarse espontáneamente.

Si quedaran restos del adhesivo en la pieza podrán retirarse rascando con la espátula o aplicando un disolvente adecuado. Evidentemente, es muy importante que el disolvente elegido no ataque al material del que está hecho la pieza.

Si al retirar la pieza se dañara la capa de adhesivo que hay en la cama, será necesario limpiarla antes de volver a situarla en la impresora. No habrá que reponer el medio adhesivo, pues quedará en manos del siguiente usuario elegirlo.

## Post tratamiento

Tal vez queramos utilizar la pieza para hacer un molde de silicona, pintarlas o simplemente queramos retirar las marcas del proceso de fabricación. La solución más inmediata, aunque laboriosa, es lijar y pulir la pieza, utilizando o no una imprimación de relleno. Recuerda que es importante usar una mascarilla con filtro de partícula para evitar inhalar el polvo resultante. También es recomendable usar protección ocular básica.

Existen otros métodos para suavizar las impresiones, como baños en diversos barnices y disolventes, pero pueden ser relativamente complejos y utilizan químicos en su mayoría nocivos.

## Mantenimiento

Tras un taller básico como este no se te exigirá que conozcas todos los entresijos de las máquinas ni que sepas repararlas, pero siempre es importante dejar las cosas en un estado tan bueno como se encontraron. Se mantendrá limpia la zona de trabajo, las herramientas y la maquinaria. Se por cualquier motivo la cama se hubiera descalibrado durante su uso se volverá a nivelar antes de dejar la impresora. Por último, se avisará a un miembro

cualificado de cualquier problema de mayor envergadura que se pueda encontrar, como obstrucciones en el extrusor, desconexión de algún motor, etcétera.

Sin más, aquí termina el material del taller básico de impresión 3D. Esperamos que hayas sacado algo en claro y que muy pronto estés aplicando estos conocimientos en magníficos proyectos.

Suerte y hasta la próxima