

# IMPRESIÓN 3D PARA PROFESORES ... o principiantes!

QUÉ, CÓMO Y, SOBRE TODO, PARA QUÉ.

por

Javier Fernández Panadero

<http://lacienciaparatodos.wordpress.com>

[@javierfpanadero](#)



[Fuente](#)

## **ANTES DE NADA...**

**OJO:** Aunque este documento está pensado sobre todo para profesores, también puede usarlo cualquiera para dar los primeros pasos (y algunos más).

**NOTA:** Aunque este documento es de propósito general, como yo soy profe de la Comunidad de Madrid y hay muchos en estas circunstancias, haré referencias específicas a la impresora que nos mandaron, la Lion3D. Por si no la conocéis, esta es la [página oficial de la CAM con información](#) para usarla.

### **1. Un paso más allá de imprimir llaveros y figuras**

Cualquiera puede descargarse una figura o un llavero de un repositorio de Internet, por ejemplo [Thingiverse](#), y encargar la impresión en una tienda por unos pocos euros. Es divertido, es barato... y algunos compañeros lo usan para proyectos de microempresas y cosas así, pero, en mi opinión, es un uso limitado y tangencial de esta tecnología que debe ir más allá, al menos en Secundaria.

Nuestro **objetivo será fundamentalmente diseñar/adaptar objetos útiles.**

También me mola generar elementos puramente estéticos hechos por nuestros alumnos, aquí la participación de los profesores de Plástica sería fundamental. No entraremos aquí en esta aplicación.

### **2. ¿Qué objetos imprimir entonces?**

Lo dicho, útiles.

Aunque es interesante construir cosas que pudiera usar cualquiera, hay colectivos que tienen más necesidad de ayuda: personas con diferentes discapacidades.

La tecnología de impresión es muy interesante en estos casos porque en muchas ocasiones el “mercado” puede ser reducido y no resultar rentable para una producción industrial en masa. Podría ser incluso que cada objeto necesite ser adaptado a la persona concreta. Inviabile.

En nuestro caso bastará con dejar el diseño disponible, y esto incluye no solo el archivo para imprimir (normalmente STL) sino también el archivo original para poder editarlo, para que cualquier pueda adaptarlo o imprimirlo de manera local.

Desde el punto de vista educativo, poder llevar a cabo un proyecto que se convierta en un objeto real, que pueda ser descargado y modificado en cualquier lugar del

<http://lacienciaparatodos.wordpress.com>

mundo, que haga la vida más fácil de alguien que lo necesita, parece una estupenda opción.

En mi caso formo parte del proyecto [Diversidad Impresa](#) donde nos ocupamos principalmente del colectivo sordo-ciego (echadle un ojo).



Otro proyecto estupendo en el que os podríais embarcar sería objetos para personas mayores con problemas físicos o cualquier discapacidad.

## **YA SABEMOS QUÉ Y PARA QUÉ... VAMOS A POR EL CÓMO.**

### **3. Qué tipo de impresora y material**

Hay legión y cada día mejoran pero, hoy por hoy no es un proceso rápido ni “transparente”, como es imprimir una hoja de papel con un texto o calentar leche en un microondas. Requiere de ciertos conocimientos y te dará problemas, aunque ahora que dispones de nuestro estupendo manual ;) serán más fáciles de superar y con la práctica te irá yendo mejor. Recuerda también que, si tu objetivo primordial es el diseño, siempre puedes acudir a un servicio de impresión y pagar, no es prohibitivo.

Si tienes impresora, lo más probable es que tengáis una de filamento que va depositando material capa a capa, normalmente plástico.

Para entender cómo funciona, Imagina que coges una manga pastelera y haces un dibujo sobre una mesa. Bien, eso sería la primera capa. Ahora dejamos que se seque y sobre esa primera capa “pintamos” la segunda capa. Pues es bastante parecido.

Dicho con menos “merengue”, la idea es ir haciendo el objeto capa a capa, completando cada capa con un “churrito” de plástico fundido que se endurece tan

pronto como sale para poder seguir poniendo plástico encima y formar la siguiente capa.

Los plásticos más comunes son el PLA y el ABS con sus ventajas, diferencias e inconvenientes. Ambos te darán bastante buenos resultados para nuestras cosas, pero para entornos escolares suele preferirse el PLA por tener menos toxicidad en los gases emitidos y ser biodegradable. Tengo entendido que si tu pieza va a ser usada en entornos con agua o humedad puede que sea mejor que uses ABS.

También es muy popular el Filaflex si lo que quieres es que tu objeto sea flexible.

En todo caso, recuerda que existen multitud de filamentos y que su número y propiedades cambia día a día.

#### **4. Configurar la impresora**

Las impresoras bajan de precio y aumentan de calidad cada día.

Algunas vienen montadas y otras tienes que montarlas tú o tus alumnos (más baratas, claro).

Es fácil que ya la tengas en tu centro y simplemente tengas que usarla.

Dos elementos muy importantes de tu impresora son el cabezal y la base.

##### **El cabezal y la base.**

Tiene un montón de elementos, lo que más nos interesa es que el plástico entra por arriba y sale por abajo fundido. A esto lo llamamos extruir y al elemento que lo consigue extrusor.

El agujero por el que sale es una boquilla intercambiable típicamente de 0,4 mm de grosor. Ese será el tamaño del “churrillo” con el que imprimirás.

##### **a) Extruir**

Lo primero vamos a ver si conseguimos que salga plástico fundido.

Si no tienes el filamento “cargado”, eso es lo primero que tenemos que hacer.

Toma el rollo de filamento, colócalo en su soporte, asegúrate que gira bien y que no se enreda.

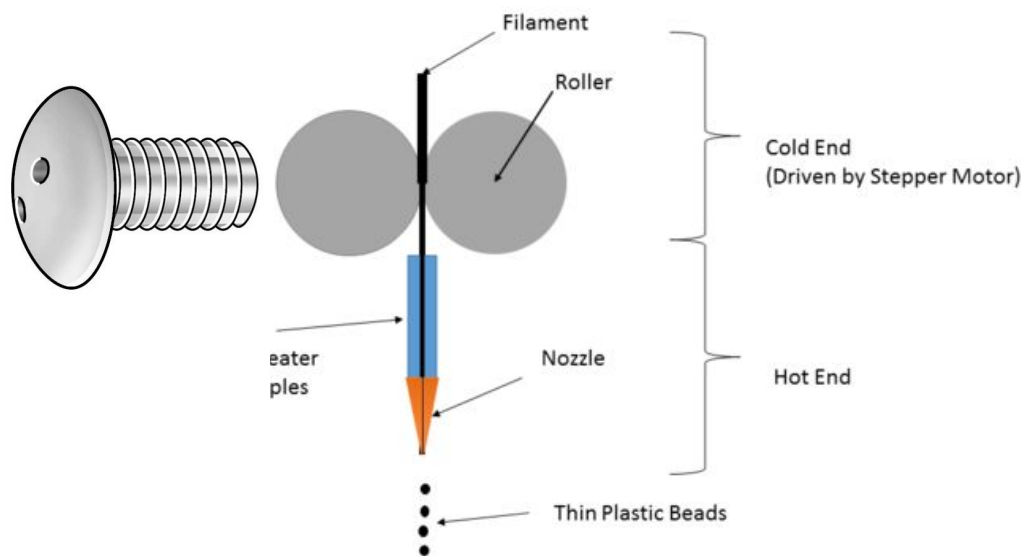
<http://lacienciaparatodos.wordpress.com>

Ahora se trataría de meter el filamento por la parte superior del cabezal, pero para eso tenemos que pensar en dos cosas.

1. Si no calentamos el extrusor el filamento sólo entrará cierta longitud, no saldrá por el final
2. Antes de llegar a la parte donde se calienta, pasa por un mecanismo para ir arrastrándolo y si este está “muy apretado” no conseguirá pasar.

Te cuento primero como va lo del arrastre.

Hay un sistema para que el filamento vaya entrando, unas ruedillas que atrapan el filamento y lo desplazan hacia el calentador. Puede que en tu impresora esto se automático, pero puede que haya un “pomo” (como un tornillo) que apriete o libere este sistema para que el filamento no esté ni muy suelto ni muy apretado y que no pueda avanzar. Un típico síntoma de esto es que las ruedas se mueven, pero el filamento no se desplaza. Te hago un “esquema”.



**3-D Printer Extruder**

[Fuente](#)

By Priybrat (Microsoft Power Point) [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], via Wikimedia Commons

¡Ya sabemos cómo va! ¡Pa' dentro con el filamento!

Comienza calentando el extrusor.

Esto lo puedes hacer “a mano”, eliges la opción en tu menú de temperatura del extrusor y lo pones a más de 200°C (para el PLA, p. ej.).

Mete el filamento por la parte de arriba, si ves que pasa bien entre las dos rueditas, estupendo, si ves que no puede, afloja un poco el tornillo hasta que pueda entrar bien.

Ya tienes el filamento entre las ruedas, ahora tienes que volver a apretar el tornillo, hasta que deje de girar, pero sin forzarlo (sé que es muy poco preciso todo esto, pero así está la tecnología de momento).

Después de las ruedas hay un agujero por el que tienes que meter el filamento. Llegará hasta cierto tope, no lo fuerces. Vuelves al menú de la impresora y eliges extruir. Si todo va bien ¡empezará a salir plástico por la boquilla!

En muchas impresoras existe la opción “cargar filamento” y hacen toda la secuencia ellas solas: Calientan el extrusor y comienzan a mover las ruedas para hacer bajar el filamento. A veces te toca empujarlo un poco, sobre todo si oyes como un traqueteo (tac-tac-tac separados como medio segundo) que es señal de que no está siendo capaz de “agarrar” el filamento.

¡¡¡Primer paso conseguido!!!

#### b) Calibremos la base de impresión

La base sobre la que se imprime tiene que estar bien horizontal respecto de la boquilla. Hay impresoras que hacen esta calibración automáticamente (aunque el proceso aún no es perfecto), en otras hay una opción que te guía paso a paso y, en otras... te toca hacerlo a mano.

En algunas impresoras el cabezal sólo se mueve en vertical y es la base la que se mueve en horizontal para ir haciendo cada capa. En otras es el cabezal el que hace todos los movimientos estando la base fija. En principio nos da igual, aunque si la pieza que vas a hacer es muy alta y lo que se mueve es la base, puedes tener problemas si se mueve muy rápido porque hará oscilar la parte superior y aparecerán errores.

Una buena distancia entre la boquilla y la mesa es 0,1 mm. Si quieres te puedes comprar una chapita de ese grosor o te puedes aprovechar que ese es, aproximadamente, el grosor de un típico folio de 80 g/m<sup>2</sup>.

Para calibrarla, sitúa el cabezal en una esquina (o mueve la base si tu impresora es así), pon una hoja entre la boquilla y la mesa, ajusta los tornillos que hay bajo la mesa (en la Lion3D) hasta que la hoja esté “casi” atrapada, que “suene” y vibre al retirarla. Repite la operación para las cuatro esquinas... y casi mejor, vuelve a hacer todo el proceso varias veces. En este vídeo te cuentan muy bien cómo se hace <https://www.youtube.com/watch?v=UyZDEy34tNY>

Ahora convendría que hicieras tu primera impresión (que será bastante cutre, pero necesaria) con un test de nivelado. Básicamente se trata de que imprima en varios puntos de la base. El que me pasaron a mí hace un cuadrado en cada esquina y los une con líneas por el perímetro exterior.

Pero cuidadín... antes de imprimir, ¿te has echado laca?

Sí, te lo pregunta un calvo...

Mira, cuando imprimes y vas por la mitad y echas plástico fundido sobre la capa anterior de plástico, se pega sin problemas, pero cuando haces la primera capa, cuando echas el plástico sobre el cristal, necesitamos asegurarnos de que se pegue.

Para esto usamos laca, las venden especiales para impresión 3D, pero los pioneros de esto echan la conocida Nelly del pelo de toda la vida y va bastante bien. En el caso de no usar una específica, que tenga pocos aditivos.

Retira la base de la impresora, tendrá algún tipo de anclaje que se puede poner y quitar, y dale una capa de laca a toda la base o, al menos, a la parte que vas a usar para imprimir. Me advierten también que aplicar la laca fuera es muy bueno porque podría estropear los mecanismos o incluso que se produzca fuego por alguna chispa debida a problemas electrónicos. ¡Cuidadín!

El problema de la laca es que queremos que pegue mucho la primera capa a la base, pero luego tenemos que despegar la pieza. Así que tiene que pegar... “lo justo”.



Un par de trucos para despegar piezas rebeldes son:

Coge el conjunto pieza-base y...

- Dale a la base con agua caliente y jabón, que irá disolviendo la laca y por expansión térmica ayudará a separarlas
- Métello en el congelador unos minutos.

Pero volvamos a nuestra preparación. Ya hemos echado la laca sobre la base, pongámosla de nuevo en su sitio y la anclamos..

Ahora sí... NUESTRA PRIMERA IMPRESIÓN.

Imprime tu test de nivelado...

Ah, vale. No te he dicho cómo narices se mete lo que uno quiere imprimir en la impresora.

Se puede hacer a través de una conexión USB y un programa de control, por ejemplo, el [Repetier Host](#), o bien a través de una tarjeta SD, donde hayas guardado el archivo con el objeto.

Más adelante hablaremos de eso con detalle, ahora permíteme sólo que te diga que estos archivos están en el formato GCODE. Aquí te dejo el test que yo tengo para que lo pruebes tú. [Test de Nivelado](#) (está dentro de este archivo comprimido)

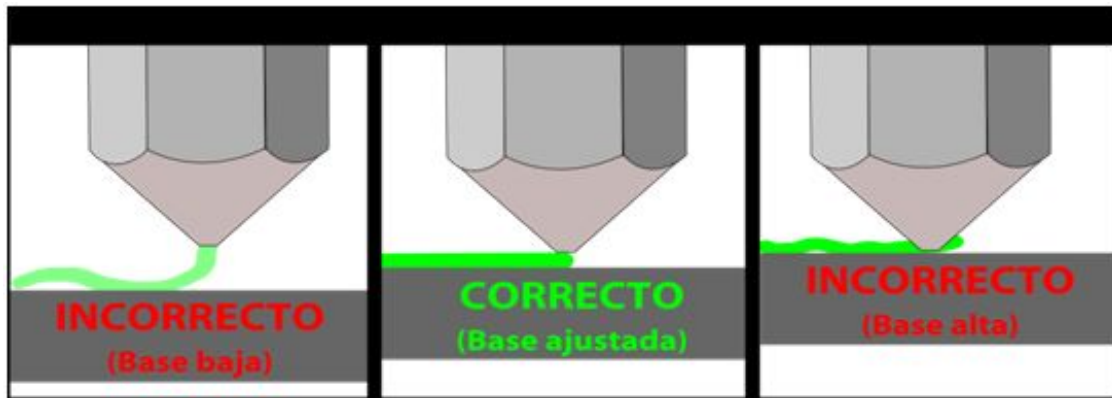
Selecciona en tu menú el archivo de la tarjeta SD y da la orden de imprimir.

En ese archivo ya está seleccionada la temperatura del extrusor, la temperatura de la base (sí, la base se calienta tb en algunas impresoras), la velocidad a la que se mueve el cabezal y otro montón de parámetros de los que no nos ocuparemos ahora (para la impresora Lion3D).

Observa cómo se va imprimiendo y escucha también.

La boquilla no debe ir rozando la base ni espachurrando el “churrito” (estaría muy cerca), es algo así como que lo vaya “depositando” sobre la base. Tampoco vale que lo “deje caer” desde demasiado arriba (estaría muy lejos).





Cuando termine, espera a que se enfríe la base (si tu impresora es de las que la calienta, puede estar como a 50 °C) y oíto con tocar el extrusor, estará típicamente por encima de 200 °C. Saca la base de su sitio y observa cómo ha quedado. Retira el plástico con una espátula (cuidado con las manos, es muy fácil cortarse, porque tendemos a poner la mano al lado opuesto de la espátula, se escapa la herramienta y zas). Cuando hagas piezas antes de usar la espátula, dale golpes secos con un listón de madera u otro objeto romo. Ayuda a que entre el aire entre la pieza y la base y a veces se separará directamente.

Corrige ligeramente los tornillos y repite hasta que tengas un resultado aceptable para las cuatro esquinas. Cuando hacen esto automáticamente es estupendo; a mano, un poco rollo a veces. De todas formas, piensa también que muchas piezas son pequeñas y las hacemos en el medio así que problemas de nivelado no serán tan críticos en esos casos.

Ya estamos en condiciones de imprimir, ahora tenemos que ocuparnos del proceso que nos llevará desde que ideemos un objeto hasta que consigamos el fichero gcode que introducimos en la impresora.

## **5. DEL DIBUJO A LA IMPRESIÓN**

### **PRIMERO “DIBUJAR LA PIEZA”**

Programas de diseño hay mil, os voy a comentar algunos, cuál uso yo y por qué.

Empezamos por los que más gustan a programadores y menos a mí porque me parecen más difíciles para los chavales.

#### **a) [OpenSCAD](#)**

Un programa estupendo con COMANDOS, por lo tanto con una enorme potencialidad, sobre todo si vamos a repetir cosas (usando bucles) o vamos a hacer

<http://lacienciaparatodos.wordpress.com>

diseños paramétricos (con variables de tamaños o posiciones que pueden cambiarse por el usuario), aunque, en mi opinión, no demasiado fácil. Siempre ayuda usar esta “[chuleta](#)” pero los comandos y el inglés suele ser una combinación difícil para mis alumnos.

Una manera de simplificar un poco esto es usar [BlockSCAD](#) que es un sistema de bloques (tipo Scratch, en realidad está basado en Blockly) que te genera código OpenSCAD. Con él puedes hacer “lo gordo” y que se entienda bien el flujo del programa y luego tocar los detalles editando el código tranquilamente.

## b) [FreeCAD](#)

Un programa muy completo que podéis usar offline y del que tenéis un montón de [tutoriales hechos por Obijuan](#). En mi opinión, este programa es un poco complejo para los chavales o para principiantes, yo prefiero empezar con TinkerCAD. Otros prefieren empezar justo por aquí, en cualquier caso, siempre es una estupenda opción para cuando necesites un nivel más avanzado de diseño.

**Y ahora, mi opción para principiantes sería...**

## c) [TinkerCAD](#)

Un programa visual muy sencillo para empezar pero con mucha potencialidad de retoque y sofisticación para el que quiera ir complicándose la vida. Una desventaja es que es un editor online.

Aquí os dejo [un videotutorial mío](#) empezando desde cero y con el que acabaréis haciendo ciertas operaciones complejas... hasta donde tu imaginación de diseñador llegue.

Aunque quien domine TinkerCAD podrá hacer piezas muy sofisticadas, si notas que se te queda “pequeño”, no hay problema, salto a FreeCAD y ¡la diversión continua!

Si vosotros o vuestros alumnos domináis ya **SketchUp** también podéis diseñar allí y exportarlo luego para impresión 3D. A día de hoy hay que instalar una extensión.. Pero bueno, si queréis usar ese camino, no es difícil.

## **SEGUNDO: EL VOLUMEN... LA SUPERFICIE**

En tu diseño hay un montón de información que no necesitamos, cuántas piezas que forman el conjunto, colores, texturas... a nosotros sólo nos interesa el “recubrimiento” o malla del objeto. Digamos la forma con que quedaría una tela que

<http://lacienciaparatodos.wordpress.com>

recubriera tu objeto. Hay varios tipos de archivos que cumplen esa función, uno de los más populares es el STL.

Desde los programas que hemos comentado se puede exportar el diseño directamente con ese formato. ¡Segundo paso completado!

### **TERCERO: LAMINADO y GCODE**

Ya tenemos el contorno de nuestro objeto, ahora tenemos que convertirlo en información que sea entendible por la impresora. Esto es, generar el archivo GCODE.

Para generar este archivo necesitas algún programa de laminado. Dos de los más conocidos son [Slic3r](#) y [Cura](#). Estos programas pueden estar dentro de aplicaciones más generales que tienen otras funciones (como controlar la impresora o la propia impresión), por ejemplo, Repetier Host.

En este paso hay que configurar los parámetros concretos relativos al tipo de impresora que uno tiene y el filamento que va a usar y a cómo queremos que nos salga el objeto (detalle, relleno, etc.). Esto puede hacerse a mano (nada fácil) o bien cargar perfiles predeterminados. Hay muchos sitios donde podéis encontrarlos, aquí os dejo los [perfiles específicos para la Lion3D](#) que fue enviada a los institutos de la Comunidad de Madrid.

Puede ser interesante echar un ojo al archivo GCODE ya que consiste básicamente en valores de parámetros como temperaturas o velocidades de los movimientos y después un montón de coordenadas que son los puntos por los que irá pasando el cabezal para ir dejando el plástico y “pintar” la pieza.

### **PARÁMETROS PARA LAMINAR**

Como ya hemos dicho hay algunos parámetros que no vamos a tocar, vamos a dar por supuesto que los perfiles están bien, por ejemplo, la temperatura del extrusor o de la cama (la base). Los expertos aconsejan que comprobemos en la caja del filamento que hayáis comprado que esos valores son los aconsejados por el fabricante y cambiarlos a los recomendados si no es así. Por ejemplo, con la temperatura inadecuada podríamos estar quemando el filamento o quizá intentando sacarlo frío y atascar el extrusor.

Hay otros parámetros que podrías atreverte a tocar, sobre todo si detectas ciertos errores. Te pondré un ejemplo. A veces, al terminar de imprimir una pieza, se aprecian “hilillos” entre las partes, como si no se “cortara” del todo la extrusión

<http://lacienciaparatodos.wordpress.com>

cuando pasa de una zona de la pieza a otra que no están conectadas. En teoría el cabezal “echa hacia atrás” el filamento un poco para que esto no ocurra, esto se llama Retracción, pero si no lo hace lo suficiente, pues salen esos hilillos. Si ves que ocurre, puedes aumentar ese parámetro.

En este enlace verás muchos de los errores más típicos y maneras de intentar solucionarlos, [Página de Lion3D](#) (español)

Aquí otro par de enlaces para ver cómo solucionar problemas (en inglés, pero se entiende muy bien)

[Página de Pinshape](#)

[Página de Simplify3D](#)

En los tres casos no son errores particulares de esas impresoras o software, son generales.

Pero hablemos de parámetros que sí vamos a tocar.

### **Relleno (Infill)**

No hay necesidad de hacer los objetos macizos. De hecho es extremadamente lento y un despilfarro de material. Así que dejaremos el interior parcialmente vacío, lo llenaremos con un entramado (hay distintos tipos) que sólo cubrirá un porcentaje del volumen.

Para hacer piezas resistentes es llamativo que basta incluso con rellenos tan bajos como un 12%. Hay quien incluso hace piezas con sólo una capa exterior... y ¡se aguantan! Por ejemplo, el conocido [Low Poly Pikachu](#) se puede imprimir sin relleno.

El relleno estándar es de un 20% que podemos bajar o subir según nuestras necesidades. Nos aconsejan no subir de 30% salvo que queramos una pieza sólida por una solicitud mecánica muy exigente de nuestro diseño.

Esto es para el interior, las capas exteriores de la pieza se hacen compactas. Aunque los perfiles elegirán cuántas quieres hacer macizas, puedes cambiarlo a mano si te parecen muchas o pocas.

### **Calidad**

En los perfiles de las impresoras suelen venir predeterminados algunos ajustes como PLA-Normal o PLA-Bueno, pero tenemos que entender esto bien.

Volvamos al principio de la explicación de cómo funciona una impresora. Con un churrito vamos dibujando una capa, luego nos movemos en vertical y dibujamos la capa siguiente.

El grosor del churrito no podemos elegirlo, es el de la boquilla del extrusor, en nuestro caso 0,4 mm. Es un buen compromiso entre detalle y rapidez, aunque los hay más pequeños.

Por esto, no podemos aumentar la “calidad” en horizontal de nuestro dibujo, las líneas que pintemos serán de 0,4 de grosor y detalles que hayamos diseñado menores que eso, no saldrán bien.

Lo que sí podemos cambiar es el desplazamiento vertical, el grosor de las capas. Ese es el parámetro que se selecciona cuando ponemos PLA-Bueno o PLA-Excelente. Puede ser tan pequeño como 0,1 mm o incluso menos. Es interesante que mires los valores de estas cosas cuando cargues un perfil para ver qué apartados se cambian y en qué valores se quedan.

Nos aconsejan un valor de compromiso entre calidad y rapidez de 0,2 que podemos bajar a 0,1 si necesitamos mucha calidad o a 0,3 si el detalle no es crucial, como en jarrones u otros recipientes.

De esta forma si quieres hacer un rectángulo con un dibujo encima y que tenga cierto detalle, no lo imprimiremos en horizontal (donde el detalle estará limitado por nuestra boquilla de 0,4) sino en vertical donde podremos llegar a 0,1.

Es cierto que cambiar la calidad también aumenta el tiempo de impresión (lo que siempre es un fastidio). En los programas más avanzados de laminado se puede elegir distinta calidad para distintas zonas de la pieza, algo que puede ser muy conveniente, como podrás imaginar. Uno de estos es [Simplify3D](#) (de pago).

### **Skirt (Loops)**

Disculpad, pero en mi programa viene en pitinglis.

Cuando el extrusor comienza a funcionar durante los primeros segundos la salida de material es mala, discontinua. Es necesario que demos antes unas vueltas alrededor de la posición de la pieza (haciendo unas simples líneas) de manera que cuando vamos a imprimir nuestro objeto la salida sea continua y de calidad.

Es una cosa simple pero importante, no dejes de activarla..

## Raft

Se trata de hacerle una base a la pieza que luego desecharemos. De esta forma tu pieza se imprime sobre ese plástico (la unión es débil y luego se retira) y la primera capa de tu pieza no queda con un acabado feo por estar directamente sobre la base (manchas de laca, parcialmente fundido por calor de la cama, etc.)

## Brim

Si tu pieza tiene una base pequeña o la tiene muy grande y tienes miedo de que pueda deformarse (levantarse por los extremos, *warping*), esta opción extiende la primera capa constituyéndose en una base “pegada” que se sostendrá mejor. Por cierto, lo de usar la cama caliente es precisamente una medida que evita en parte el *warping*.

Estas opciones son importantes también en objetos que pueden moverse o desequilibrarse a mitad de impresión, por ejemplo una esfera con un único punto de apoyo.

## Material de soporte

Imagina que vas a imprimir una T puesta en vertical. Empezamos: imprime un cuadrado (de la columna central), luego imprime otro, luego otro... cuando llega a la altura de la barra horizontal debe imprimir un rectángulo que incluye el cuadrado que le toca a la columna central y la primera capa de la barra horizontal, pero... eso se queda ¡en el aire! Bueno, no... se caerá.

¿Cómo se puede solucionar esto? Pues con lo que llamamos material de soporte. Se trata de imprimir unas columnas desde abajo de manera que cuando tenga que imprimir esa capa que va en el aire, se apoye sobre las columnas. Cuando se termine de imprimir, retiramos con alicates de corte, de punta larga o pinzas y con mucho cuidado ese material (el programa lo calcula para que no esté demasiado unido a la pieza, lo justo para sostener).

Esto aumenta el tiempo y el material de impresión grandemente, así que intentamos colocar las piezas en una posición en la que no lo necesiten. Por ejemplo, si queremos imprimir una T, la pondremos tumbada y así no hay nada en voladizo.

Algunos voladizos no necesitan material de soporte ya que cuando tenemos una capa hecha podemos “salirnos” un pelín sin que el material se caiga y así ir subiendo con cierto ángulo. Un valor razonable de inclinación para no necesitar material de soporte es 45°, si tu voladizo es más horizontal lo más probable es que

<http://lacienciaparatodos.wordpress.com>

lo necesites. A nuestro experto de guardia, Julian, no le gusta aconsejar separarse más de 30° de la vertical. Ahí queda, mira en cada pieza o juégatela con el material de soporte.

Para algunos objetos es imposible no utilizar material de soporte, así que hay que pasar por el aro. El problema, además del material y del tiempo, es que siempre es un engorro retirarlo sin que quede feo o incluso que rompas esos voladizos que sostenía el material.

En programas básicos como Repetier Host solo podemos elegir que nos calcule automáticamente el soporte o que no lo ponga, además no siempre lo calcula bien y termina poniendo cosas innecesarias y dejando de poner cosas necesarias, por lo que girar la pieza para colocarla, como hemos hecho con la T, en la posición que necesite menos material de soporte nos ahorrará muchos dolores de cabeza (si es que es posible)

Más adelante te hablaré de un programa que hace un estupendo material de soporte, MeshMixer, que será el que usemos nosotros.

### **La posición de la pieza**

Esto no es realmente un parámetro de la impresión y puede elegirse en el programa de laminado partiendo del STL no hace falta que lo hayas dibujado desde el principio en la posición que vayas a elegir.

Ya hemos comentado algunos de los factores que nos hacen elegir la posición de la pieza:

1. Poner los detalles que necesitan más calidad en vertical
2. Reducir la necesidad de material de soporte

Hay otra razón interesante para elegir una orientación u otra. La resistencia según la dirección.

Recuerda que nuestra pieza está hecha a capas y por lo tanto su resistencia en la dirección perpendicular a las capas es mayor que en la dirección paralela, en la que es más fácil que se fracture y se separen capas. Si tu pieza va a estar sometida a esfuerzos considerables, tenlo en cuenta.

### **¿CÓMO SE COMPARTEN LAS PIEZAS EN INTERNET?**

Ya mencionamos antes que todo el mundo está colgando sus objetos en la red y podemos descargarlos, a veces modificarlos, pero siempre imprimirlos sin más.

<http://lacienciaparatodos.wordpress.com>



Ahora que sabemos más podemos preguntarnos, ¿en qué formato están puestas esas piezas?

Hay muchas maneras de compartir, algunos solo muestran las fotos de lo que diseñan, porque viven de eso y lo que quieren es que las compres. Otros comparten los ficheros “fuente” (el código OpenSCAD, los enlaces de TinkerCAD, etc.) de forma que puedes transformar el objeto para tus necesidades, lo que les agradecemos. En todo caso, siempre se aporta el STL que es el fichero preparado para que tú lo lamines, lo transformes en GCODE.

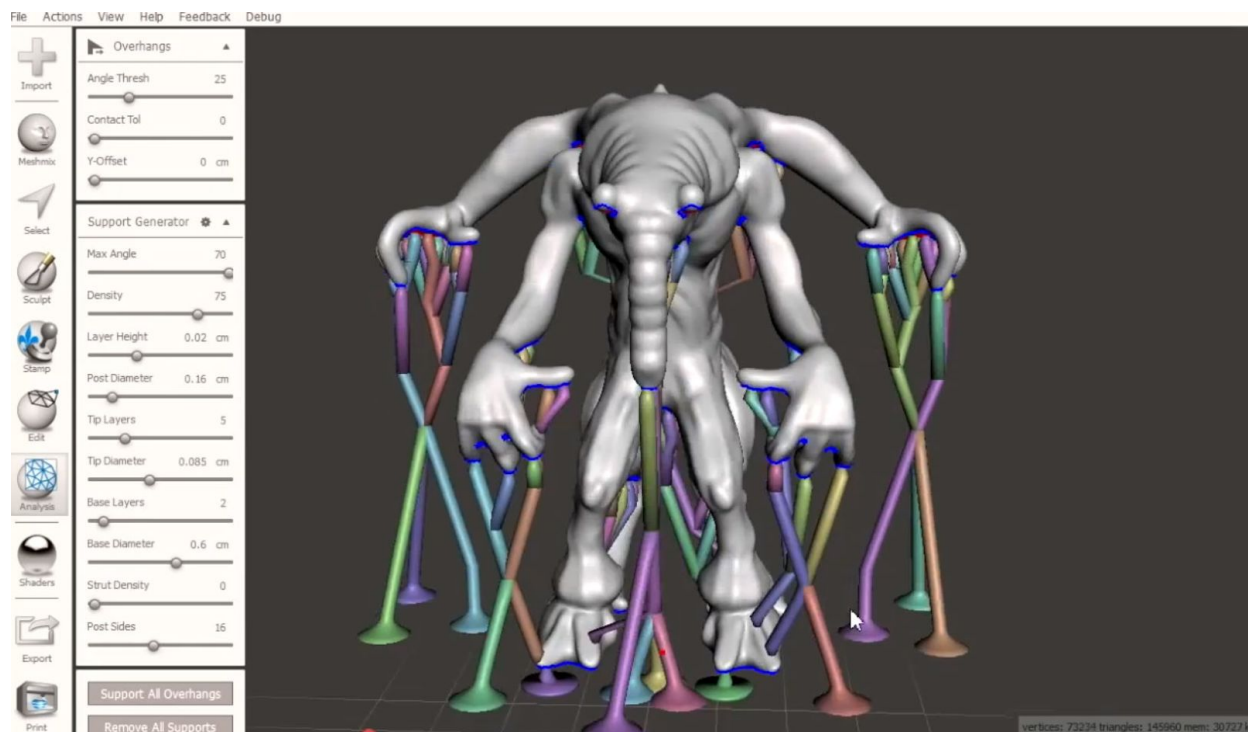
El GCODE no tiene sentido compartirlo porque depende de tu impresora en particular, el filamento y parámetros que podrías querer configurar de otra manera y que incluso podrían estropear tu impresora si están fuera de rango y si su software no es capaz de responder correctamente.

Ni que decir tiene que es muy deseable que nosotros también compartamos lo que podamos, para que otros se beneficien como nosotros lo hacemos. Juntos somos más.

## EL MEJOR MATERIAL DE SOPORTE DEL MUNDO...

Ya dijimos que el material de soporte es un dolor de cabeza, pero si no consigues orientar tu pieza para que no lo necesite, o si tiene una forma que lo necesita sí o sí, una solución estupenda en un programa libre: [MeshMixer](#).

En lugar de paredes y columnas genera “árboles”. Mira



¡Fíjate qué maravilla! Poco material, lo soporta perfectamente, mira cómo las ramas acaban en punta, así que se quitan muy bien y casi no dejan restos. Las genera de forma automática, pero se pueden añadir y quitar a voluntad, con lo que nos podemos asegurar que todo irá bien. Los pies de los árboles también pueden hacerse más grandes para mayor estabilidad, en fin, un lujo.

Este programa además te permite arreglar de forma automática agujeros que a veces quedan, paredes demasiado estrechas, piezas que se desequilibran a mitad de impresión y se caerían, o eliminar estructuras internas indeseadas que a veces quedan cuando juntas piezas en programas como TinkerCAD (sé que no suele ocurrir, pero al diseño de unos alumnos sí le sucedió, así que os aviso.)

MeshMixer permite la fusión de piezas de manera “suave” e incluso diseñar desde cero una pieza a partir de elementos sencillos. No tengo mucha práctica con él para

diseño desde cero. Me a la impresión de que es menos intuitivo que TinkerCAD, aunque más potente.

Supongo que el tiempo y la sofisticación de los diseños según vayamos practicando nosotros y nuestros alumnos nos llevará a “necesitar” en el futuro programas más potentes como FreeCAD o quizá MeshMixer.

## RESUMIENDO: EL FLUJO DE TRABAJO

Este es el flujo de trabajo que yo recomiendo para principiantes.

0. **Boceto a mano** (ayuda a tener claras las distancias y medidas)
  - a) Nuestro experto sugiere que lo **descompongamos en primitivas** (p.ej- chupachups = cilindro-estrecho + esfera) para facilitar el diseño posterior en el programa.
1. **Diseño en TinkerCAD** (u otro programa de CAD). Exportamos STL
2. **\*MeshMixer (Sólo si necesitas soporte o arreglos)**
  - a. Arreglo de agujeros, paredes estrechas, etc
  - b. Generación de soportes
  - c. Exportamos STL
3. **Importamos STL con Repetier Host** (u otro programa de laminado) y generamos GCODE
4. **Imprimimos**

## 6. DETALLES IMPORTANTES... LO QUE NADIE TE DIJO

En este punto podríamos dar por terminado este manual, pero quiero contarte unas cosillas que no se suelen encontrar con facilidad.

### Piezas que encajan

Si quieres que una pieza entre en un agujero no pueden tener las mismas dimensiones, como en todo diseño real, hay que tener en cuenta unas tolerancias. Un cilindro de 5 mm no cabe en un agujero de 5 mm.

La holgura necesaria para que una forma entre en un agujero (cilíndrico, cuadrado, etc.) es normalmente de MEDIO MILÍMETRO

Con esta holgura entra bien y en el caso del cilindro gira sin problemas (y sin exceso de holgura), pero no se queda encajado.

Es un valor estupendo porque en vertical se hace sin problemas y en horizontal también, recuerda que la precisión en horizontal es el diámetro de la boquilla (0,4).

Ojo porque **la calibración de tu base influirá de manera muy importante** en las tolerancias de tu pieza. Si por ejemplo la boquilla está muy cerca de la base y aplasta más de lo que debería el plástico que extruye, tus líneas serán más gruesas y, tus agujeros, más estrechos.

## Bisagras

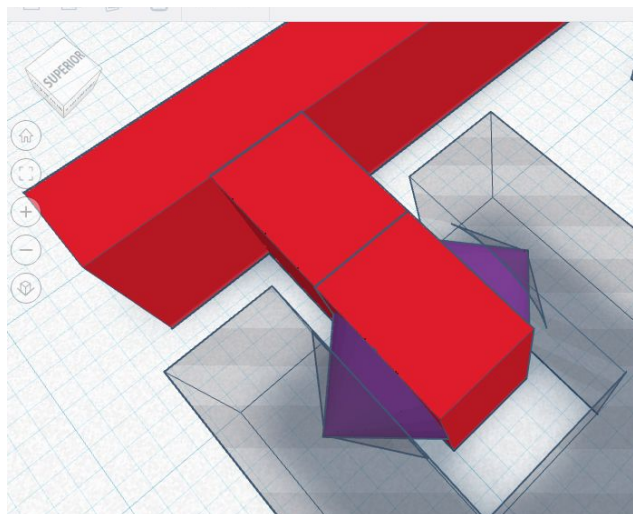
Para hacer una bisagra convencional (cilíndrica) en vertical, simplemente imprimimos el cilindro interior y dejamos holgura con el exterior. Fácil.

El problema es cuando queremos hacer la bisagra horizontal, porque el cilindro interior queda en voladizo dentro del cilindro exterior. Se caerá y quedará pegado. Además como va todo por dentro es imposible hacer material de soporte.

Una opción es usar otras piezas impresas por separado o material extra (tornillos, tuercas). Incluso un poco de filamento como eje.

Otra es hacerlas cónicas, con la ventaja de que funcionan tanto en vertical como en horizontal.

En este caso nos aprovechamos del hecho de que podemos hacer voladizos de 45° o menos.



Lo he puesto transparente para que se vea bien. Te lo cuento.

- Hacemos coincidir los vértices del cono y del asiento.
- Dejamos un milímetro entre las dos piezas que giran
- Dejamos otro milímetro a cada lado entre cono y el final del asiento

Para que quede más claro.

- El cono mide 6 mm de diámetro y 3 mm de altura (45°)
- El asiento mide 6 mm de diámetro y 2 mm de altura
- Sus vértices son coincidentes, luego sus bases no

Nada más imprimirse parece que están pegados, pero se despegan inmediatamente en cuanto se intentan mover. Funciona muy bien.

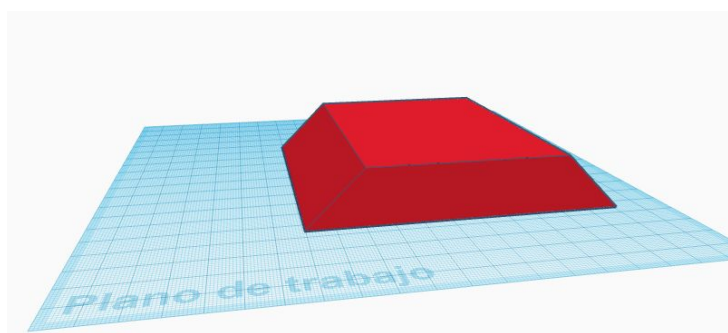
Otras variantes muy interesantes para hacer bisagras nos la explica [Maker's Muse](#) y aprovecho para recomendar sus vídeos, muy interesantes e instructivos.

### **Tapas deslizantes**

Me refiero a una lámina que va por un carril, como en las cajas de piezas de dominó o en las de ajedrez.

Basta con que el hueco sea 0,4 o 0,5 mm más ancho que el grosor de la tapa. Con esto puede moverse, pero no desliza con facilidad. No se abre sola (muy conveniente). Por debajo de esa holgura la tapa se atasca.

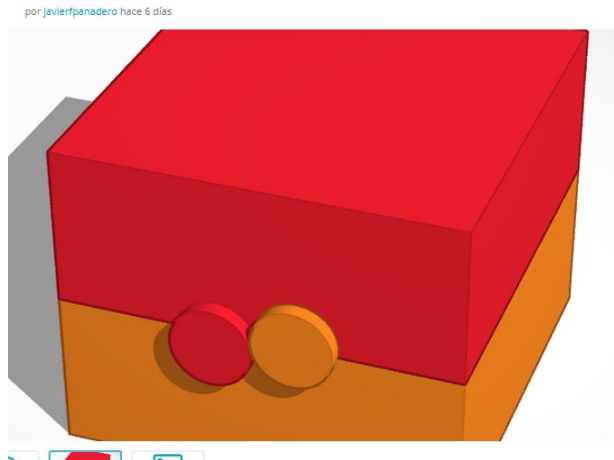
Si vas a imprimir la ranura en vertical puedes hacerla con forma rectangular, pero si estás imprimiendo la caja de forma que el carril queda horizontal no puedes diseñarlo así porque la parte superior del carril queda en voladizo. En ese caso, haz el carril con forma de triángulo rectángulo isósceles, de forma que la tapa es más ancha por la base que por arriba.



## Cierre para tapa

Imagina que hacemos una caja con bisagra y queremos que pueda cerrar y quede cerrada.

Siempre podríamos usar elementos externos como gomas o cintas, pero si queremos usar el mismo plástico te propongo esta opción.



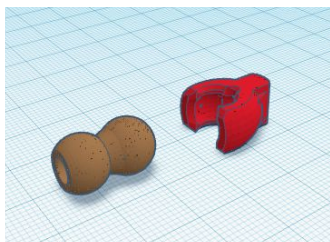
Los discos están puestos directamente sobre la tapa y funcionan subiéndolos también un poco menos. Quizá lo óptimo sea dejarlos de manera que coincida el borde de la caja con el diámetro.

Cierra muy bien nada más imprimirse y se va aflojando con el tiempo, debido a que el agarre tiene que ver con el rozamiento entre la cara posterior de los discos y la tapa contraria, que se van desgastando con el uso.

## Articulaciones

En Tinkercad hay prediseñados enganches de ball&socket (bola y asiento), como la articulación del fémur o del húmero. Tiene la facilidad de rotar en todas direcciones.

Para hacer algo así el asiento debe tener cierta flexibilidad, para que deje pasar la bola y luego no la deje escapar. Esto se consigue “rompiendo” la esfera del asiento en secciones, cosa que también debilita la pieza. Cuidado con forzar demasiado al entrar. Nos cuentan que el ABS es ligeramente más flexible que el PLA, pero que en este tipo de aplicaciones se nota.



Aunque están prediseñadas, si quieres hacértelas a mano, supongo que la holgura que probamos antes, de medio milímetro, servirá perfectamente para que ruede libre y no “baile”.

La combinación bola-asiento podría servir también como cierre, aunque cuidado porque cuando se fuerza y se repite, el asiento se debilita.

## **Pestañas**

Esas convenientes piezas que hacen “clack” y que además de flexionarse para entrar en su asiento y quedarse ahí, pueden volver a flexionarse para salir de él y liberar la unión.

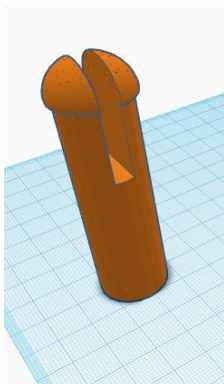
Confieso que se me resisten... lo que significa, en realidad, que se me rompen. Me resulta complejo que funcionen a la primera y no me dan ninguna confianza en el largo plazo.

Uniendo esto con lo que decíamos antes sobre el cierre de discos y su desgaste con el tiempo, podría ser interesante hacer un diseño que tuviese agujeros o salientes para poder utilizar gomas u otros elementos si el cierre original falla, y así no echar a perder la pieza.

## **Ejes con topes**

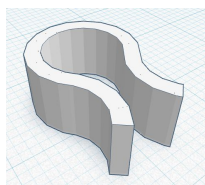
Estoy pensando en ejes que ponemos y que queremos que se queden en esa posición aunque podrían intentar utilizarse como formas de cerrar.

Imagina un eje que acaba en una “cabeza”, como una seta. Si le quitas dos trozos en vertical, eso le dará flexibilidad para que podamos cerrar la cabeza de la seta hasta que tenga el diámetro del tronco y después liberar para que el eje no se salga.





## **Pinzas**



Este tipo de forma (viene prediseñada en TinkerCAD) presenta cierta flexibilidad y por lo tanto cierta capacidad de agarre.

Queda en ti probar sus usos y su capacidad de resistir, que no es demasiada. Además recuerda que grandes deformaciones producen roturas internas y debilitan la estructura.

Si juegas con los distintos porcentajes de relleno verás cómo cambian sus propiedades mecánicas.

Quizá también haya que relajarse y acudir a usar tornillería o piezas elásticas como gomas... o si es muy necesario que la pieza sea elástica, Filaflex.

## **7. DESPEDIDA Y CIERRE**

### **Agradecimientos**

Como siempre a todos los que me han enseñado, mucha gente y muy diversa. Desde cursos presenciales y webs online, hasta consejos por Twitter.

Particular mención a todos los compañeros de Diversidad Impresa.

Y muy particular a Julian <https://twitter.com/jcarolinales> participante también de Diversidad Impresa y que le ha dado una buena vuelta y muchos comentarios valiosos a este documento. Esos “expertos” que menciono de cuando en cuando... suele ser el tío Julián. Gracias, majo.

### **Hasta pronto... y contadnos lo que vayáis aprendiendo**

Espero que os haya servido y que os haya ahorrado las horas que me han traído hasta aquí.

Por supuesto es mucho lo que falta y lo que no se explica en detalle, pero ya os dije que esto iba a ser una guía rápida y útil.

Seguiré completando el documento con más cosas que me parezcan útiles y se agradecería mucho que me contaseis los trucos y recursos que vosotros conozcáis.

## **ACTUALIZACIÓN 08-10-2017**

### **¿Cómo estimar las holguras y encajes necesarios? (MUY BUENO)**

Santiago Cambor, profesor de Tecnología de la CAM, no cuenta que para ver qué tolerancia tiene cada impresora en particular usa la estrategia de imprimir un tronco de cono y un cubo con un agujero idéntico al tronco de cono.

Por ejemplo, un cubo de 10 mm de lado y un tronco de cono de altura 10 también, pero de radio menor 5 y de radio mayor 6.

Después de imprimirlos se intentan encajar y un poco del tronco sobresale, con eso estima la tolerancia de la siguiente (e ingeniosa manera)

Si no sobresaliese nada, la holgura sería cero. Si sobresaliese todo (10 mm) es que la tolerancia sería de un milímetro. Así que si divide los milímetros que salen entre diez, esa es la tolerancia en DÉCIMAS de milímetro que tiene que aplicar.

### **Apuntes/Prácticas de OpenSCAD**

Aunque ya os conté mi preferencia sobre los lenguajes de bloques, incluso para usar con OpenSCAD (blockly), Santiago Cambor nos propone estos apuntes/prácticas de OpenSCAD y nos cuenta que le funciona bastante bien. Si os queréis animar, aquí lo tenéis.

[Apuntes de OpenSCAD Santiago Cambor](#)

**Javier Fernández Panadero**

[@javierfpanadero](#)

[javierfpanadero@yahoo.com](mailto:javierfpanadero@yahoo.com)

<http://lacienciaparatodos.wordpress.com>