

Creación de moldes flexibles mediante fabricación digital aplicado a la réplica de tipografía 3D en centros escolares

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

María Cabrera Pardo

Tutor: José Luis Saorín

Julio, 2018



**Máster en formación del
profesorado de educación
secundaria y bachillerato, formación
profesional y enseñanza de idiomas**

Especialidad de Dibujo, Diseño y Artes plásticas



**Universidad de La Laguna
Facultad de Educación**

**María Cabrera Pardo
Tutor: José Luis Saorín**

Índice

1	07 Resumen	7	Diseño de sesiones 33
2	09 Introducción	8	Prueba piloto 45
3	11 Antecedentes	9	Resultados 52
	11 Los moldes		Comparativa con otros métodos 53
	18 La tipografía		
	22 La impresión 3D		
4	28 Tecnologías asociadas a la impresión 3D y a la creación de tipografía	10	Discusión y conclusiones 54
	28 Digitalización		
5	29 La tipografía en el currículum educativo ligado a la educación plástica y visual	11	Anexos 57
6	31 Experiencias educativas en centros escolares	12	Bibliografía 61

1 Resumen

El uso de la tipografía data de siglos antes de Cristo, donde la caligrafía era el medio de comunicación. En la actualidad, se ha reinventado para dar paso a la tipografía digital. La asignatura de Tipografía se imparte en las enseñanzas de Artes Plásticas y Diseño, especialmente en los ciclos formativos y en las enseñanzas superiores. Hoy en día, su realización pasa del método de dibujo tradicional a la pantalla, normalmente es una transición de 2D en papel a 2D digital. Por lo general, no se trabaja la creación de tipografías en tres dimensiones. En este artículo, se presenta una posibilidad adicional que consiste en el paso de tipografía 2D a las tres dimensiones, tanto digital como tangible, con el objetivo de poder realizarlo en los estudios anteriormente nombrados. Para ello, se utiliza la impresión de moldes tridimensionales mediante tecnologías 3D de bajo coste, lo que nos permite, no solamente dar volumen a una tipografía que será tangible, sino que además se le podrá incluir otro tipo de texturas. Con este proceso, el alumnado investigará y dará otro enfoque al estudio de la tipografía, incluyendo la impresión digital que empieza a ser cada vez más latente en el sistema educativo. Las tecnologías que se han usado para llevarlo a cabo han sido elegidas con el fin de que sean accesibles para el profesorado y el alumnado. Esta actividad se ha sido puesta en práctica por alumnos y alumnas de Tipografía, en las Enseñanzas Superiores de Diseño Gráfico 2017-2018. ■

Palabras clave: 3D, impresoras 3D, fabricación digital, Filaflex, molde, tipografía, educación.

Abstract

The use of typography dates from centuries before Christ, where calligraphy was one of the ways of communication. Currently, it has been reinvented to give a step to digital typography. The subject of typography is being taught in plastic arts and design classes, especially in Vocational Training and University. Nowadays, it goes from the traditional drawing method to the screen, it is usually a transition from handwriting 2D to digital 2D. The creation of typography in three-dimensions is not normally used. That is why in this article an additional possibility is presented. It consists in turning 2D typography into the three-dimensions, both digital and tangible in order to apply this technique in the previously mentioned studies. Therefore, three-dimensional moulds are used with the help of low-cost 3D technologies, which allows us not only to give volume to a typography that will be tangible, but also to be able to include other types of textures. In this process, the students will investigate and give another approach to the study of typography, including the digital printing that begins to be important in the educational system. The technologies that have been used to carry it out have been chosen in order to be accessible to teachers and students. This activity has been put into practice by students of Typography subject in the Higher Graphic Design courses of the 2017/2018 academic year. ■

Key words: 3D, 3D - printer, Filaflex, mould, mold, typography, education.

2 Introducción

Con este trabajo se pretende la introducción de la Fabricación Digital en centros escolares, pero también, un estudio más profundo de la tipografía y sus posibles usos. Partiendo de que la elaboración de elementos tangibles mediante impresión digital implica invertir mucho tiempo en la fabricación de los mismos, ya que se trata de un proceso lento, se plantea generar esos objetos (piezas, letras, etc.), en este caso tipografías, a partir de moldes impresos en 3D, lo que supondría que no sólo diseñarían elementos planos o virtuales, sino que podrían llevarse las piezas completas a casa en un tiempo claramente inferior al que si imprimiéramos pieza a pieza. De esta forma, se agilizaría el proceso y la productividad del alumnado. Así, se estaría introduciendo la fabricación digital en el aula y a la par, se conseguiría que todos los alumnos y las alumnas se pudieran llevar las piezas realizadas por ellos. Todo esto con el añadido de que se disminuye el gasto energético y material, lo que contribuye al abaratamiento de los costes del centro. Por todo ello, se pretende profundizar en las posibilidades como un recurso didáctico a partir de los moldes impresos en tres dimensiones en el ámbito de la tipografía experimental.

Para este trabajo se definen los siguientes objetivos:

- Crear un proceso de diseño de moldes, a partir de la experimentación tipográfica, que pueda ser usado por otras personas.
- Conseguir que los alumnos conviertan tipografía 2D a 3D mediante programas gratuitos.
- Comprender, estudiar, esbozar, digitalizar y materializar la tipografía.
- Estudiar las herramientas digitales disponibles para el diseño tanto de la tipografía como de los moldes en 3D, utilizando tecnologías de impresión digital.

- Que todos los alumnos y las alumnas se puedan llevar un elemento tangible hecho con los moldes impresos en 3D.

Con esto se persigue:

- Explorar las posibilidades de la experimentación tipográfica partiendo de modelos impresos en 3D como recurso en las enseñanzas superiores.
- Tantear la elaboración de una tipografía en sus diferentes fases, desde el dibujo, vectorización, moldeo 3D, impresión de los moldes y realización de piezas.
- Diseñar las actividades como recursos educativos para el proceso que se llevará a cabo hasta la realización de las piezas finales. ■

3 Antecedentes

3.1. Los moldes

Los moldes son un proceso de creación que ha sido utilizado en diversos sectores, desde el arte hasta la producción industrial, pasando por paleontología, gastronomía o implantología dental entre otros.

delimitan una huella destinada a recibir una sustancia en estado líquido o pastoso que, después de solidificarse, adopta la forma de aquella huella y reproduce la escultura que ha servido de modelo.

El molde consiste en un conjunto de elementos en materiales apropiados (yeso, gelatina, arcilla, silicona, filaflex...) que

A la hora de hacer frente a los antecedentes, se hará un recorrido a través de los diversos entornos donde estos son utilizados.

3.1.1. Arte

En el área artística, dentro del ámbito de escultura o volumen, se puede observar la utilización de moldes para la realización de piezas escultóricas, tanto a gran escala como en pequeño formato, usando para ello diferentes tipos de moldes, según las características de la obra. Existen los siguientes tipos:

- Rígidos (de “buen hueco”) que pueden estar compuestos por escayola, resina, poliuretano, etc.
- Flexibles (blandos) que por el contrario se componen de látex, siliconas, plastoflex, gelatina, etc.



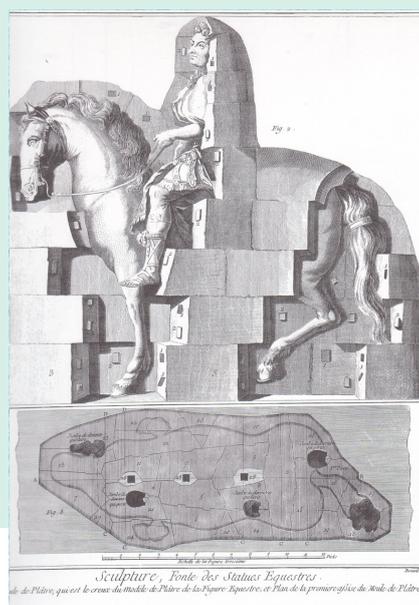
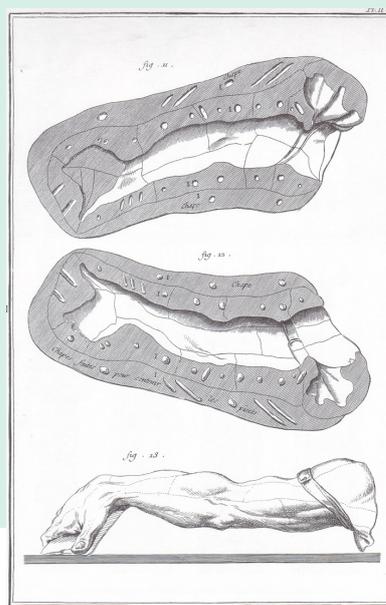
Moldeo a la cera perdida: creación de modelo y su molde de una manzana en escayola. Fuente: José-Manuel Benito.

MOLDES RÍGIDOS	EMPLEO	OBSERVACIONES
Moldes de piezas “a la francesa”	Muy utilizado en la antigüedad	Excelentes resultados
Molde de piezas “a la italiana”	Muy utilizado en la industria de la cerámica, porcelana	Excelentes resultados
Molde de piezas sobre modelo de arcilla	Uso muy restringido	Excelentes resultados
Moldes mixtos	Combinación con materiales blandos	Buenos resultados
Moldes divisibles por cordel	Vaciados del natural y moldes sencillos sobre arcilla	Buenos resultados
Moldes perdidos	Es el más utilizado para pasar de la arcilla a otro material	Excelentes resultados

MOLDES FLEXIBLES	EMPLEO	OBSERVACIONES
Moldes de gelatina	Muy utilizados anteriormente hasta la aparición de las siliconas	Resultados deficientes y mala conservación
Moldes de plastoflex	De uso relativamente restringido	Deficientes resultados
Moldes de silicona	Uso generalizado	Excelentes resultados
Moldes de látex	Empleo restringido	Resultados regulares

* Tablas tomadas de los apuntes de la asignatura de Creación Artística I, impartida en el itinerario de Escultura.
Fuente: Román Hernández González.

A la izquierda, molde de piezas a la “francesa”. A la derecha, molde de piezas a la “italiana”. Fuente: Enciclopedia de Diderot y D’Alambert, París, 1765. (Extraído de los apuntes de escultura impartida por Román Hernández González.)



A la hora de realizar un molde se comienza por el “molde perdido”, es el que debe ser destruido para obtener la prueba que contiene. A continuación, se crea el “molde matriz”(en piezas, flexible), este es reutilizable, con el que se puede hacer un número indeterminado de pruebas y reproducciones.

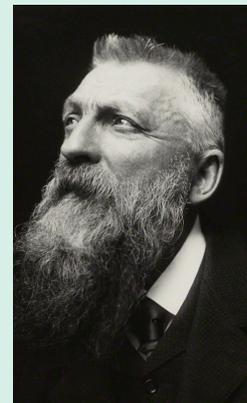
En cuanto a los moldes rígidos de escayola, como se aprecia en los cuadros anteriores, existen moldes de piezas a la francesa y a la italiana. El molde a la francesa también denominado “molde abierto”, se caracteriza por estar compuesto por dos madreformas o carcasas, una anterior y otra posterior que contiene sus piezas de molde respectivamente. Siempre se realiza desde un modelo de material rígido.

El molde a la italiana o “molde cerrado”, a diferencia del molde a la francesa está compuesto por más de dos carcasas, cada una de ellas con sus correspondientes partes del molde. También ha de reproducirse desde un modelo de material rígido.

Como se comenta a principio del apartado, existe otro tipo de moldes, los moldes flexibles, en los que el molde matriz está compuesto por una huella flexible de silicona que puede ser dividida o no. Estas huellas siempre están

protegidas por carcasas de escayola o estratificado de resina de poliéster.

Para finalizar el proceso, hay que recurrir al vaciado, cuya operación radica en introducir una sustancia fluida en un molde (perdido, de piezas o de materia plástica). Existen tres tipos de vaciados: voleo o volteo, impreso y estampado.



A la izquierda, “El beso” escultura de Rodin. A la derecha el autor, Auguste Rodin. Fuente: Wikimedia

Este método se ha empleado desde el Neolítico hasta la actualidad, usado y estudiado por muchos artistas, como Cennino Cennini en “Il libro dell’arte c. 1390”, donde explica a modo de recetario detalles sobre el moldeo (cara y cuerpo), o A. Rodin (1840-1917), escultor francés, considerado el padre de la escultura moderna. Su uso abarca desde elementos decorativos o pedagógicos a la reproducción de piezas o estudio de diversas estatuas.

3.1.2. Gastronomía

Desde que, según historiadores de la alimentación, las tortas comenzaron a hornearse y cocerse por primera vez en Europa a mediados del siglo XVII, los moldes han ido evolucionando, siendo inicialmente de metal, madera o papel.

Hoy en día, hay infinidad de moldes hechos de diferentes materiales como: hojalata fuerte, aluminio, acero inoxidable, aluminio anodizado, antiadherentes, de porcelana o cerámica de gres y de silicona, dejando atrás, por ejemplo, el molde de ángel, que a pesar de seguir usándose en las cocinas, los avances tecnológicos han influido positivamente en la creación otro tipo de moldes más novedosos y creativos.

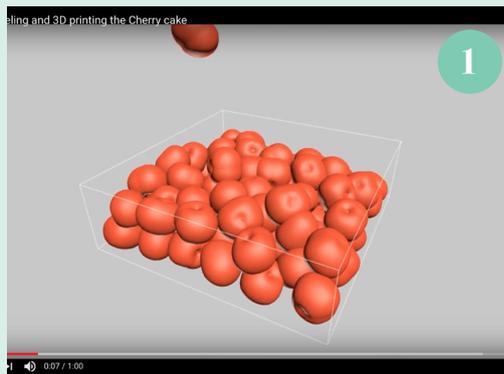
Como señala Priya Krishna (2018) en un artículo para el *The New York*

Times, “el vínculo entre la arquitectura y la pastelería se remonta aproximadamente hasta 1815, cuando la reconocida chef francesa Marie-Antoine Carême escribió “Le Pâtissier Royal”, un tratado que codificaba cómo los principios arquitectónicos como el dibujo y la planificación podían aplicarse en pastelería. Los chefs han jugado durante mucho tiempo con las posibilidades estructurales de azúcar, claras de huevo, harina y otros ingredientes”.

Pero actualmente, está en auge la reinención de este contexto, donde los avances y los medios de impresión digital han permitido abrir un nuevo campo de estudio, la gastronomía digital, donde se incluye tanto la impresión de comida en tres dimensiones como la fabricación de moldes alimenticios de formas imposibles. Este es el caso de la repostera ucraniana Dinara Kasko, que estudió arquitectura y luego se adentró en el mundo de la repostería y de la venta de moldes, partiendo de técnicas digitales de impresión en 3D. No solo trabaja la forma, proporción, color, volumen y composición, sino que también le da gran importancia a la textura. La elaboración de postres esculturales y geométricos ha hecho que se haya marcado un claro hueco dentro del sector.

Diferentes moldes. 1) Molde de ángel, tradicionalmente usado. 2) Molde de Lekué para bizcochos de Halloween. 3) Moldes de Zoku para polos. Fuente: María Lunarillos, Lekué y Zoku respectivamente.





Dinara Kasko.
Fuente:
dinarakasko.com



En este caso, no se imprimen directamente los moldes, sino que primero se imprime la pieza positivada en tres dimensiones a partir de la cual se hace la réplica de moldes.



En cuanto a la actividad que se plantea, dista de la forma de trabajo de esta repostera, en que la impresión del molde sí se realizaría directamente en 3D utilizando como material el Filaflex. Aún así, el uso de estas tecnologías en este ámbito, permite ampliar el abanico de figuras novedosas que de maneras tradicionales no se podría lograr de forma tan precisa.



Proceso para la creación del la pieza en 3D para la posterior realización del molde en silicona. Y resultado final de la tarta.
Fuente:
dinarakasko.com

3.1.3. Industria

En el ámbito de la industria es muy usual el uso de moldes para la realización de piezas o herramientas, especialmente mediante el moldeo por inyección. Con los nuevos avances, se ha investigado en el sector, el desarrollo de estos moldes para que sean de manera rápida, eficiente y económica, recurriendo así a las herramientas de CAD y CAM que ofrece el mercado y aplicándolo al diseño. De esta manera se han construido moldes para la inyección de materiales termoplásticos (Miyer, Tafur y Calderón, 2015).

El proceso de inyección de plástico consiste en fundir material plástico en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades de un molde en el que se enfría hasta que alcanza una temperatura apta para que las piezas puedan ser extraídas sin deformarse. Este proceso de inyección puede dividirse en dos fases: En la primera, tiene lugar la fusión del material, y, en la segunda, la inyección de este en el molde (Campos, 2014).

3.1.4. Paleontología

La paleontología es la ciencia que trata de investigar aspectos del pasado utilizando para ello fósiles como herramienta principal. Existen diferentes técnicas para la reproducción de estos que facilitan la conservación del patrimonio paleontológico, entre otras cosas. Estas réplicas se realizan mediante moldes (unifaciales, bifaciales o multifaciales).

Para hacer una réplica el primer paso es realizar un molde, que se creará a partir de una pieza original, la cual se recubrirá con lacas especiales para que no corra riesgo de deteriorarse. De-

pendiendo del tamaño de la pieza será necesario el uso de sectores para poder crear, posteriormente, la pieza tridimensional. A estos sectores se les denomina taceles. Para delimitar cada uno de los taceles se utiliza una “pared” de arcilla o plastilina, con marcas que luego servirán para el encastrado entre las partes obtenidas. Para conseguir la impresión de cada una de las partes se utiliza caucho siliconado mezclado con un catalizador. Esta mezcla se vuelca sobre cada taceles. Encima del caucho fraguado se coloca resina poliéster, reforzada con fibra de vidrio para hacer un contramolde que mantenga la rigi-



Molde de silicona para la realización de una réplica con métodos tradicionales de un ejemplar del género *Strombus* usado en prácticas del área de Paleontología. Fuente: Elaboración propia (Carolina Castillo).

dez estructural del taceel. Cada uno de los taceles y sus contramoldes se unen mediante tornillos y tuercas, previendo un orificio por el cual se realizará el posterior relleno de la pieza o vaciado. Antiguamente se utilizaba yeso, pero en la actualidad se utilizan diversas resinas sintéticas como acrílico, poliuretano expandido, etc. Dependerá del tamaño de la pieza a replicar cuál de las resinas se utilizará.

Una vez que ha fraguado la resina se procede a retirar los tornillos, tuercas y contramoldes, quedando a la vista una réplica del original que debe ser rectificada quitándole los sobrantes de material o rebabas que quedan en las líneas de unión de los taceles. Para terminar se pintan las piezas con pintura acrílica

y un pátina que simule el tono del fósil original (Zampatti y Moly, 2013).

Artículos recientes, muestran también el uso de la tecnología digital en entornos educativos en esta área. Por lo que se ha comenzado a utilizar la digitalización de fósiles en 3D para mejorar el aprendizaje y el acceso a estudiantes universitarios, ya que son piezas que no suelen estar al alcance de todos, especialmente fuera del aula. De esta forma se crea una herramienta que permite al alumnado asimilar mejor los conocimientos, no sólo tienen acceso a esos datos de forma digital, sino que pueden imprimirlos en 3D y proceder así a la manipulación de objetos tangibles (Saorín, de la Torre-Cantero, Meier, Melián, Ruiz y Bonnet, 2016).

3.2. La tipografía

La tipografía es el arte o técnica de reproducir la comunicación mediante la palabra impresa o digital. Comprende la realización de libros, revistas, periódicos, cualquier cosa impresa o digital en suma que se comunica a los demás

mediante palabras. Además, la creación de tipografía consiste en el diseño de un sistema, un alfabeto completo, compuesto por una serie de caracteres, números y símbolos con características similares entre sí.

3.2.1. Historia de la tipografía

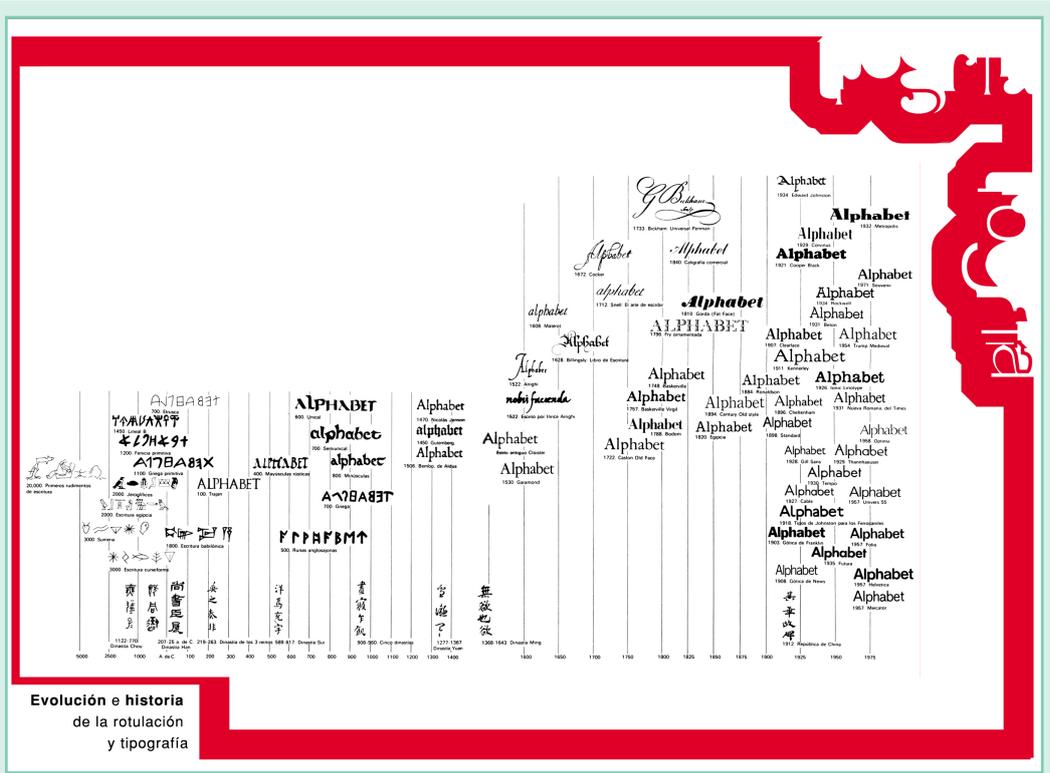
Antiguamente, la tecnología de impresión se basaba en los tipos metálicos, móviles. Cada letra, número o símbolo se fundía en metal o plomo, lo que proporcionaba una superficie entintable que posteriormente se transfería al papel.

La historia de la tipografía comienza con la invención de la escritura. Se acepta hoy, generalmente, que fue inventado en algún rincón del Mediterráneo oriental, hace menos de dos mil años antes de Cristo. La impresión con bloques de madera había alcanzado la categoría de arte en el siglo X d.C. No se sabe cuando comenzó a usarse en Europa la composición con bloques de madera, pero se supone que empleándose en la estampación textil desde el S. VI en adelante. Bien es sabido, que la aparición de la imprenta fue una gran revolución cultural e histórica detonante del Renacimiento (McLean, 1980). Desde la impresión de la Biblia

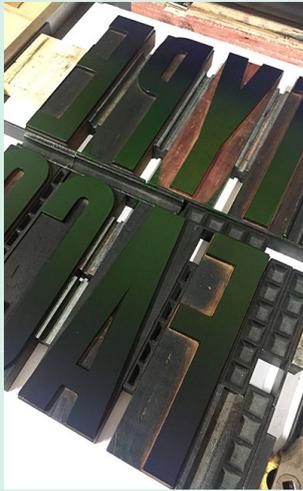
de Gutenberg y su tipografía gótica “Textura”, pasando por la transición a las tipografías con serifa inspiradas en escrituras romanas o la “Garamond”, de Claude Garamond (1490-1561), un tipógrafo, impresor y grabador de matrices francés, fue la primera tipografía dibujada, grabada y fundida por él mismo. Una vez pasado el Barroco y ya en el Clasicismo (S. XVIII y XIX), la tipografía da un giro, en el que el contraste entre trazos gruesos y finos se agudiza dando paso a las Romanas Modernas Didot y Bodoni.

Sobre 1900 comienzan a aparecer las tipografía modernas Sans Serif como la Standart, 1935 la Futura o en 1957 la famosa Helvética (Rojo, 2018)

Actualmente, se mantienen algunos centros de impresión tradicional, como es el caso de “Tipos en su tinta”, quienes han recuperado esta técnica impresión



Infografía sobre la historia de la tipografía. Fuente: La Nube Artística. (Ampliada en los anexos página 60)



Imprenta tradicional creativa. Fuente: Tipos en su tinta.

tipográfica, incorporando ese legado a la creación contemporánea desde una nueva perspectiva, y sin dejar de lado su trabajo de diseño gráfico por ordenador. Y siguen existiendo museos de tipografía,

como el Grafisch Museum en Groningen (Holanda). Pero normalmente, la mayor parte de los diseñadores usan los medios digitales para la creación de tipografía y el uso de las mismas.

3.2.2. La tipografía 3D en el mundo del diseño gráfico

La tipografía y el diseño gráfico vienen dados de la mano. Normalmente, toda creación de diseño lleva incorporada tipografía, como elemento de comunicación y utilizado como componente meramente visual.

Hay diferentes programas para llevar a cabo diseño de tipografía en tres dimensiones, desde los más básicos como Photoshop o Illustrator, a programas más complejos como Cinemas4D, Blender, Sculptris, TinkerCad entre otros.

Además hay otra corriente en el mundo del diseño gráfico, donde se crean tipografías en 3D y 4D de manera manual, usando papel u otros materiales. Este es el caso del estudio de diseño “Lo Siento Studio”, ellos están bastante enfocados en el mundo de la

tipografía experimental, dando forma a tipografías en volumen, tanto en tres dimensiones como en 4D. Para ello usan papel, de forma muy estudiada y meticulosa, crean mediante dibujo técnico, pliegues y pegues una serie de interesantes volúmenes, posteriormente lo pasan a la pantalla y lo llevan a carteles, folletos, identidad visual a través de la manipulación digital. Otras veces, también las sitúan en el espacio creando un juego entre la tipografía y el espectador.

Se puede observar, que hay una nueva tendencia en la que la tipografía está cobrando tridimensionalidad, algo que vemos en el día a día a pie de calle, donde muchos establecimientos optan por elegir rótulos tridimensionales ya sea con su logo o para promociones especiales.

Otro es el caso de Ben Johnston y Mark Simmons. Ben es un artista y diseñador multidisciplinario que cree en un enfoque artesanal para todos sus diseños, y Mark especialista en objetos 3D de imágenes impresas. Ambos han dado vida a este proyecto: la creación de esculturas de PLA en las que las letras de Ben Johnston adquieren profundidad y peso.



Ejemplo de tipografía de apariencia tridimensional, realizado mediante programas digitales por FOREAL® Studio. Fuente: Behance

EMPO (Escuela de Motilidad y Psicosteopatía orgánica) Identidad y Lettering. Fuente: Lo Siento Studio

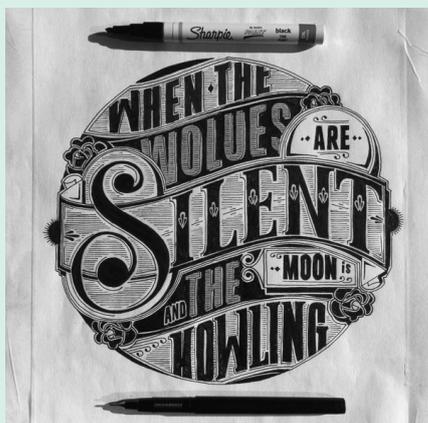




Typeframe.
Fuente: Lo Siento Studio



Ejemplo de rótulos actuales en los que la tipografía toma tridimensionalidad.
Fuente: Autoría propia



Lettering llevado a la impresión 3D, Ben Johnston y Mark Simmons, 2014. Fuente: Experimenta.es

El proceso comenzó con los bocetos a mano, que ajustaron en formato vertical, luego lo transformaron en formas 3D en forma de un archivo CAD, que se trató y animó con un ordenador y

finalmente, mediante una impresora 3D, se generó de forma física. Para las impresiones de cada una de estas obras fueron necesarias cincuenta horas (Experimenta, 2014).

3.3. La impresión 3D

La fabricación aditiva, puede definirse como aquella producción que utiliza la tecnología para automatizar un proceso con el objetivo de producir objetos tridimensionales desde un modelo digital, mediante la deposición de material (ori-

ginalmente en estado sólido, líquido o en polvo), de forma precisa y dentro de un espacio predeterminado. Se trata de una tecnología idónea para reproducir cualquier objeto que se quiera, siempre y cuando pueda dibujarse digitalmente.

3.3.1. Fases

La Fabricación Aditiva, tiene diferentes procesos, entre los que se encuentra la impresión 3D, la cual se descompone en varias fases:

- La primera fase es la digitalización o creación y gestión del archivo STL:

Se trata de crear un archivo STL, dibujando en un software especializado (CAD, CATIA, LITHOPHANE...) el elemento que se quiere construir en 3D. Cuando ya se ha plasmado la forma deseada del producto en el modelo del programa específico, se transforma el objeto en una malla de puntos formada por triángulos. Cuanto más se triangule el volumen creado, más información matemática tendrá el modelo y más peso tendrá el archivo generado.

Este formato de triangulación se denomina STL y en él se encuentra toda la información geométrica

del elemento pero transformada a información matemática.

- La segunda fase es la fabricación o construcción del elemento creado anteriormente:

Se basa en el desarrollo del elemento mediante la impresora 3D. En esta fase es muy importante tener en cuenta factores como la precisión y el espesor de las capas. Además, se controlará la duración de la impresión completa del elemento que dependerá directamente del tamaño y de la altura de éste (en función del método, esta fase puede ser la última).

- La tercera fase es el acabado o terminación del elemento final:

Consiste en aquellos procesos necesarios para finalizar el elemento, en cuanto a su acabado superficial extracción de soportes, vaciado de material

sobrante, operaciones de mejora del elemento, etc., siempre que la técnica empleada así lo requiera, para conse-

guir que el producto final sea correspondiente para su uso previsto. (Torres, 2016).

3.3.2. Historia de la impresión 3D

Para hablar de la historia de la impresión 3D es necesario remontarse a la creación de la Litografía, un método ideado por Aloys Senefelder en 1796, con el que copiar obras artísticas de bajo coste. El conocimiento de este concepto se debe a que la tecnología de impresión 3D actual fue conocida por vez primera como estereolitografía y desarrollada posteriormente.

El proceso de impresión 3D es fruto de mucho tiempo estudiando y mejorando una tecnología. Entre esas mejoras se encontraba la sinterización, se trataba de una técnica que consistía en crear objetos sólidos a partir de material en polvo, empleando diversas herramientas para ello.

A pesar de las mejoras en los materiales y los usos, se continuaba necesitando producir avances en la tecnología para crear y producir diseños de manera específica. De hecho, la tecnología de la informática y la del prototipado avanzaron paralelamente, el primer ordenador fue creado en 1946 y una versión temprana del programa de di-

seño asistido por ordenador (CAD) fue desarrollada por primera vez en 1963 (Chua, 2003).

Los programas continuaron mejorando, y a mediados de los setenta fueron capaces de incluir la curva en tres dimensiones y el modelado de superficies, lo que dio pie a la creación de los primeros prototipos virtuales. A partir de los ochenta, los avances continuaron y las primeras máquinas de prototipado rápido, lo que conocemos ahora como impresoras 3D, comenzaron a emerger (Chua, 2003).

Todo empieza cuando Charles Hull, en 1984, inventa el método de la estereolitografía (SLA), un proceso de impresión orientado a maquetas para las pruebas de prototipos antes de su fabricación. Varios años más tarde, entre 1989 y 1990, S. Scott Crump, fundador a su vez de Stratasys, desarrolló la técnica de *Fused Deposition Modeling* (FDM) o Modelado por deposición fundida, que consistía en la creación de objetos tridimensionales mediante la superposición de capas de

material fundido que posteriormente solidificaba con la forma deseada. Con el tiempo este método permitió una mayor difusión de la impresión 3D abaratando costes y permitiendo a pequeños usuarios y talleres no industriales tener acceso a esta tecnología para fines propios. También aparece durante estos años la *Selective Laser Sintering* (SLS) o impresión por sinterización selectiva por láser.

Con la llegada del nuevo siglo se produjo un importante crecimiento en la venta de impresoras y esta tecnología comenzó a perfilarse como una revolución en el mercado, aparece el proyecto RepRap y un número creciente de competidores que pretendían hacer llegar esta tecnología al mercado doméstico, es aquí donde entra en juego la comunidad Maker.

Ante los altos precios de las impresoras 3D, en 2005 el Dr. Bowyer (Universidad de Bath, UK) desarrolla la primera impresora 3D con capacidad de imprimir casi la totalidad de las piezas que la componen. Este hecho constituye la entrada del *Open-source* en la historia de la impresión tridimensional y un gran paso hacia su normalización en el mercado. Basándose en el proyecto RepRap, surgen a

su vez varios proyectos con la misma idea, favorecer el desarrollo de esta tecnología y acercarla al mayor número posible de público.

(Rivero, 2014)

Desde ese momento, el mundo de la impresión 3D ha ido evolucionando, llegando a estar al alcance de aficionados. Esta técnica se ha ido desarrollando y creciendo en muchos ámbitos, introduciéndose incluso en centros escolares, donde poco a poco se está explorando todas sus posibilidades.

Actualmente, las tecnologías de la información y comunicación denominadas TIC están cambiando radicalmente todos los ámbitos en la cual desempeñamos, en el campo de la educación, las TIC están cada vez tomando más fuerza, aun así, los centros educativos como escuelas y colegios no están aprovechando de manera frecuente estas tecnologías para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje.

Ya existen varios estudios y situaciones en los que se usa la fabricación aditiva como recurso didáctico, como se ha hecho en la provincia de Loja, Ecuador. Donde se ha investigado la forma de reinventar el aprendizaje de alumnos y alumnas de la asignatura de

Historia y Ciencias sociales, usando la impresión 3D como recurso educativo para la innovación de la enseñanza y el desarrollo de la creatividad de los mismos. Llegando a la conclusión de que diseñar con recursos didácticos

en 3D con los estudiantes, mejoró la comprensión de la historia, ya que motivó un mayor interés del discente para seguir diseñando e imprimiendo sus propios recursos.

(Rueda, 2016)

3.3.3. Moldes impresos en 3D

Los moldes 3D están realizados mediante impresoras tres dimensiones. Al igual que los moldes tradicionales, existen moldes rígidos y moldes flexibles. Estos últimos nos abren un nuevo campo de posibilidades aplicable a todo tipo de áreas.



Placas de la cavidad impresas. Fuente: Aplicación de herramientas CAD/CAM para el diseño y fabricación de prototipos de moldes de inyección de plásticos.

Existen estudios de impresión de moldes en 3D para el diseño y fabricación de prototipos de moldes de inyección de plásticos. En este caso, se fabricó el prototipo por medio de un escaneo 3D del molde original para obtener los archivos CAD /CAM con la simulación de la técnica de impresión 3D, para realizar un estudio experimental con el prototipo para la adaptación de sensores de temperatura y presión, y para recibir recubrimientos de materiales metálicos para su utilización en el proceso de moldeo por inyección. En dicha investigación, se llegó a la conclusión de que el proceso de impresión 3D es una herramienta para el prototipado rápido de piezas que se deseen

estudiar o poner a prueba de una forma veloz y eficiente. Esta herramienta ahorra tiempos de estudio y materiales, sin dejar a un lado la parte económica (Miyer, Tafur y Calderón, 2015).

Otro de los casos en los que se ha hecho uso de la fabricación aditiva de moldes, ha sido en la investigación de la manufactura de calzado deportivo a partir de la digitalización en 3D, utilizando para ello, la ingeniería inversa, que es el proceso llevado a cabo con el objetivo de obtener información o un diseño a partir de un producto. En lo que al diseño de producto de consumo se refiere, se debe considerar que la forma sea lo suficientemente atractiva

Fotografía del molde fabricado en prototipos rápidos y una preproducción en caucho. Fuente: Digitalización 3D como herramienta en la manufactura de calzado deportivo



al usuario sin menospreciar las condiciones funcionales. En el caso de los modelos deportivos la complejidad geométrica de la suela es un reto para el diseñador que debe dar como resultado un producto con atractivo visual, confort de uso y condiciones de fricción y desgaste. Para ello se hizo una investigación en la que se incluyó una

parte de fabricación 3D en prototipado rápido, en las que el archivo VRML del modelo de la suela se fabricó en una máquina de prototipos rápidos. Como modelo de prueba, se imprimió un molde a escala. El molde se utilizó para fabricar una suela de caucho como se muestra en la imagen (López, Ramírez y Ávila, 2009).

3.3.4. Materiales para la impresión 3D

En la impresión 3D que habitualmente se usa en centros escolares (FDM, impresión por deposición de material fundido), algunos de los materiales utilizados son: ABS (acrilonitrilo Butadieno Estireno), PLA (Ácido Poliláctico o Poliláctido), PVA, HIPS, PET, NYLON, LAYBRICK, LAYWOOD, FILAFLEX, TCP FLEX, NINJAFLEX, y otros muchos que están surgiendo

últimamente, ya que es una tecnología relativamente nueva que está reinventándose en todo momento.

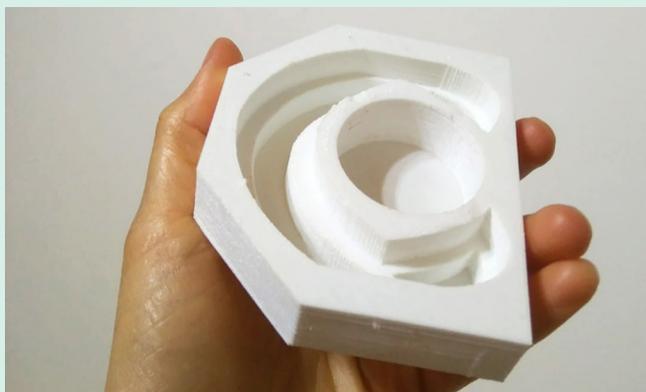
Partiendo de que la mayoría de los filamentos son rígidos, encontramos en el FILAFLEX un material idóneo para la realización de esta actividad, ya que es uno de los filamentos flexibles que existen, entre ellos también se encuen-

tra el SOFT PLA, TPC FLEX y PET y el TPE o NINJAFLEX.

El FILAFLEX es un elastómero desarrollado en España. Tiene una capacidad de estiramiento antes de romperse de un 700% respecto al tamaño original. Además, el plastificante que se le añade, reduce la temperatura de fundido y la viscosidad, esto permite que las impresoras 3d puedan fundirlo y darle la forma deseada, quedando como resultado final una pieza consistente que destaca por su flexibilidad, lo que la hace ideal para la creación de moldes, a partir de los que se trabajará la propuesta.

El precio del FILAFLEX oscila entre 40 y 70 euros el kilo. Es cierto, que este tipo de material encarece los costos con respecto al filamento más utilizado en las impresoras 3D, el conocido PLA (Ácido Poliláctico), que está alrededor de 30 euros el kilo.

Teniendo en cuenta las características de la propuesta, he elegido este material (Filaflex) por su característica flexible, algo esencial para la realización de las réplicas tipográficas, ya que es necesario doblar el molde para desmoldar las piezas, simulando, de esta forma, los moldes tradicionales hechos con silicona. ■



Ejemplo de la flexibilidad del Filaflex
Fuente: Autoría propia.

4 Tecnologías asociadas a la impresión 3D y a la creación de tipografía

4.4. Digitalización

En cuanto a la tipografía, actualmente, disponemos de diversas herramientas de desarrollo. Entre ellas se encuentran el Illustrator o el photoshop, que son programas básicos en el día a día de cualquier diseñador gráfico. También hay software de diseño en 3D o 4D que suelen utilizarse más en el ámbito de la animación digital o la creación de videojuegos pero con los que se puede conseguir resultados asombrosos, como es el caso del Cinemas4D, Blender, Fushion 360, entre otros. Para la actividad planteada se requiere el uso de los siguientes programas:

Illustrator: Es una programa informático dedicado al dibujo vectorial y al diseño de elementos gráficos como ilustraciones, logotipos, maquetas, iconos, tipografía, etc.

En esta actividad, se usará para la creación de las tipografías digitales en 2D, donde también se le dará las tonalidades de la escala de grises para luego pasarlo al Lithophane.

Lithophane: Es una aplicación web que permite transformar una foto en dos dimensiones en un fichero 3D con el formato “.STL” imprimible mediante fabricación digital.

La litofanía, en castellano, consiste básicamente en la proyección de una luz a través de una lámina semitransparente en la que se ha modelado un volumen. Variando la opacidad por el cambio de grosor que hace el trasluz, de esta forma se crea una escala de grises, siendo el blanco el mayor volumen y el negro más profundidad. ■

5 La tipografía en el currículum educativo ligado a la educación plástica y visual

Para la realización de la actividad, se ha elegido la asignatura de Tipografía y Comunicación, que se imparte en las Enseñanzas Artísticas Superiores de Diseño, ofertada en la Escuela de Arte Fernando Estévez, para ser más exactos, en el 2º curso de la rama de Diseño Gráfico, donde el perfil del alumnado oscila entre los 20 y los 35 años. Aunque hay que tener en cuenta que la asignatura de Tipografía se estudia en los 2 primeros niveles de las Enseñanzas Artísticas Superiores de Diseño Gráfico, en Primero de Ciclo Formativo de Grado Medio de Asistente al Producto Gráfico Interactivo y en 1º y 2º del Ciclo Formativo de Grado Superior de Gráfica Publicitaria.

Como se señala en la guía docente, esta asignatura contribuye a la formación del estudiante en el campo de la comunicación mediante un uso más experimental de las tipografías,

ya que su conocimiento les ayudará a percibir el significado de las formas tipográficas más allá del uso común de la tipografía, es por ello que se amolda perfectamente al perfil de actividad que se ha diseñado.

Los contenidos de esta asignatura, como se puede observar en el siguiente cuadro, se divide en dos bloques:

De los cuales, se ha seleccionado el punto 2.2 (Tipografía, caligrafía y lettering) del primer bloque y 3.1./3.2. (Cómo diseñar una tipo / Del boceto a la pantalla) del segundo.

Esta actividad se plantea dentro de estos apartados, ya que son áreas del contenido que se centran en la tipografía más experimental, desde la indagación personal para alcanzar un objetivo. Se trabaja la tipografía desde la base, el dibujo. Primero a mano y luego se pasa a la pantalla.

Bloque temático	Tema	Apartados
I.- TIPOGRAFÍA Y COMUNICACIÓN: TIPOGRAFÍA, PERCEPCIÓN Y SIGNIFICADO	Tema 1 Tipografía y color. Variables visuales	1.1. La combinación de tipos y color 1.2. Investigaciones sobre legibilidad
	Tema 2 La tipografía como expresión gráfica	2.1. Tipografía, retórica y poesía visual. 2.2 Tipografía, caligrafía y lettering
II.-TIPOGRAFÍA EXPERIMENTAL: ESTILOS Y TENDENCIAS EN EL DISEÑO TIPOGRÁFICO	Tema 3 Tipografía experimental. Diseño y edición. Métodos de investigación y experimentación	3.1. Cómo diseñar una tipo 3.2. Del boceto a la pantalla 3.3. Presentación
	Tema 4 Diseño tipográfico en la comunicación audiovisual	4.1. Tipografía en movimiento 4.2. Títulos de crédito

* Tabla extraída de la programación de la asignatura

Posteriormente, solo tendrían que seleccionar una de las letras hechas en Illustrator para pasarla al programa Lithophane, donde luego se descargará y se mandará a imprimir en la impresora después, de este modo se obtienen los moldes de cada letra diseñada. ■

6 Experiencias educativas en centros escolares

Como se ha comentado en secciones anteriores, la utilización de las impresoras tridimensionales ha estado limitada a determinados sectores con gran poder adquisitivo debido al precio elevado de la maquinaria. Pero, actualmente, y gracias a la reducción de costes, se encuentra en auge la introducción de estas máquinas en entornos escolares, convirtiéndose en un método para poner en uso nociones teóricas aplicadas a la realidad, lo que plantea la necesidad de crear nuevas metodologías con las que acercar la fabricación digital al alumnado. Ya que con este tipo de tecnologías se mejora la capacitación tecnológica y la comprensión de la visión espacial, creando relaciones entre las imágenes tridimensionales y el objeto físico.

Así mismo, el uso y conocimiento de la tipografía, enmarcada en el área del diseño, ya sea dentro del currículo educativo de Bachillerato Artístico, Ciclos Formativos o Enseñanzas Superiores de Diseño, busca el objetivo de que el discente comprenda el significado de las formas tipográficas más allá del uso



común de la tipografía y experimente con estas.

No obstante, en determinadas asignaturas se siguen usando las técnicas tradicionales de moldeo, como es el caso de la asignatura de Volumen, incluida en Bachillerato Artístico y Ciclos Formativos, donde el reconocimiento y estudio de métodos de reproducción (moldeo y vaciado) así como los sistemas de ampliación y reducción, forman parte de su currículo educativo.

Hoy en día, muchos colegios disponen de impresoras 3D, pero muchas veces

Molde tradicional con silicona y pieza, creada a partir de la unión de réplicas, en proceso.
Fuente: Autoría propia

Ejemplo de espacio FabLab con impresoras 3D en el centro escolar La Salle. Fuente: Autoría propia



quedan olvidadas en las estanterías de las clases o las usan para crear piezas sueltas con PLA, ya que no disponen de actividades específicas en las que se puedan usar las impresoras 3D, siendo una de las problemáticas que se pueden observar en los centros. Además de quedarse estancados en el uso

convencional del filamento PLA, sin darse cuenta de todas las posibilidades que ofrece en cuanto a materiales se refiere. Esta herramienta de impresión tridimensional, puede tener sentido en Educación Plástica y Visual, donde se puede plantear a los alumnos y las alumnas el salto de soportes bidimensionales a tridimensionales, no solo de forma digital, como se hace de costumbre, sino de manera tangible. Por ello, es necesario crear nuevas propuestas para que los centros educativos den uso a este gran recurso, que podría enriquecer el trascurso de las clases dando una motivación extra al alumnado. Es cierto, que hay centros que aún no disponen de estas impresoras, pero no debería considerarse esto como un problema, ya que, actualmente, esta tecnología está al alcance de todos, pudiendo encargar la impresión a empresas externas al centro. ■

7 **Diseño de sesiones**

INTRODUCCIÓN

Las actividades propuestas consisten en el conocimiento, la investigación, el diseño y la digitalización de una tipografía, para la posterior reproducción mediante impresión 3D y realización de réplicas a través de un taller.

CONTEXTUALIZACIÓN

Esta propuesta, ha sido desarrollada para la asignatura de Tipografía y Comunicación, que se imparte en el segundo curso de las Enseñanzas Superiores de Diseño Gráfico que oferta la Escuela de Arte y Superior de Diseño Fernando Estévez.

EL CENTRO

La Escuela de Arte y Superior de Diseño Fernando Estévez se caracterizaba, antiguamente, por ser la escuela de artes y oficios, en la actualidad, está enfocada en la oferta de Bachillerato Artístico, Ciclos Formativos de Grado Medio y Superior y Grados de Enseñanzas Superiores. Sus características, hacen que sea el único centro público de este ámbito que se encuentra en la isla, además de ser uno de los cuatro similares de la Comunidad Autónoma de Canarias, ya que existe uno en La Palma, Lanzarote y Gran Canaria, aunque ya se ha publicado que para el curso 2018-2019 se unirá a estos, una nueva Escuela en Fuerteventura.

CONTENIDOS

Esta propuesta se ha creado para la asignatura de Tipografía y Comunicación, y ha sido creada para asimilar de forma práctica, los contenidos de la materia relacionándolos con la fabricación digital.

Dichos contenidos, como la investigación, el trabajo en equipo y la experimentación, motivan al alumno a través de actividades prácticas, donde también tendrán que hacer uso de una producción más artesanal que les haga distanciarse un poco de la pantalla, haciendo que se planteen los límites que hay entre la pantalla y la realidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos de la propuesta son los siguientes:

- Comprender, estudiar, esbozar, digitalizar y materializar tipografía.
- Probar si se pueden utilizar tecnologías de impresión digital para la realización de tipografía.
- Lograr que todos los alumnos se puedan llevar un elemento tangible hecho con moldes.
- Conseguir que los alumnos conviertan tipografía 2D a 3D mediante programas gratuitos.

COMPETENCIAS

Teniendo en cuenta que las enseñanzas superiores no disponen de competencias básicas en sí mismas a la hora de evaluar, se desarrollarán en base a las competencias correspondientes a las enseñanzas profesionales de artes plásticas y diseño, regidas por la legislación vigente, compuestas por competencias transversales, generales y específicas.

Competencias transversales

- **CT7.** Utilizar las habilidades comunicativas y la crítica constructiva en el trabajo en equipo.
- **CT8.** Desarrollar razonada y críticamente ideas y argumentos.
- **CT13.** Buscar la excelencia y la calidad en su actividad profesional.
- **CT15.** Trabajar de forma autónoma y valorar la importancia de la iniciativa y el espíritu emprendedor en el ejercicio profesional.

Competencias generales

- **CG2.** Dominar los lenguajes y los recursos expresivos de la representación y la comunicación.
- **CT7.** Organizar, dirigir y/o coordinar equipos de trabajo y saber adaptarse a equipos multidisciplinares.
- **CT18.** Optimizar la utilización de los recursos necesarios para alcanzar los objetivos previstos.

Competencias específicas

- **CE3.** Comprender y utilizar la capacidad de significación del lenguaje gráfico.
- **CE5.** Establecer estructuras organizativas de la información.
- **CE6.** Interrelacionar los lenguajes formal y simbólico con la funcionalidad específica.
- **CE7.** Determinar y, en su caso, crear soluciones tipográficas adecuadas a los objetivos del proyecto

PRINCIPIOS PSICOEDUCATIVOS

Además de entender al los profesores y las profesoras como agentes posibilitadores de aprendizajes escolares, han de ser capaces de generar en el alumnado, la curiosidad y la necesidad por adquirir los conocimientos, las destrezas y las actitudes y valores presentes en las competencias. Por ello, para que un aprendizaje se eficaz y más humano nos basaremos en los siguientes principios:

Principio constructivista

Es un proceso de asociación y construcción que cognitivamente necesita la participación de algunos procesos cognitivos, es decir, no consiste en la mera recepción de información, sino de algo que se construye. Esto supone fomentar dos tipos de aprendizaje: el activo,

donde el alumno o la alumna intervienen adquiriendo, transformando y evaluando la información, y, por otro, el aprendizaje significativo, ya que se establecen relaciones y se conecta con los conocimientos previos del sujeto, en otras palabras, activamos sus esquemas para hacerles entender la información. Existe un rol activo del alumno en su aprendizaje.

En este caso, el/la docente ejerce de mediador, que negocia significados, invitando al alumno/a a crear, buscar e interpretar la información.

Principio vivencial-afectivo

No existe aprendizaje si no se activa ningún tipo de emoción, en el que el discente le de alguna utilidad a esa información, que incluso, se divierta aprendiendo. Hay un componente emocional que facilita el aprendizaje. No se trata, únicamente, de partir de conocimientos previos, sino de crear situaciones que afiancen los nuevos contenidos. Consiste en vivenciar afectivamente el contenido a través de estrategias, juego de roles, talleres...

Principio inductivo

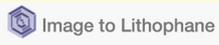
Se trata de acercar el conocimiento a través de experiencias. Este aprendizaje se refiere a la capacidad mental de reordenar y transformar el conocimiento, pudiendo el sujeto ir más allá de la información. Es un aprendizaje basado en la experiencia. En este caso, el/la profesor/a pasa de ser la fuente principal de conocimiento, a guiar a través de la reflexión y el cuestionamiento posibilitando la participación cognitiva del alumno/a. El aprendizaje conduce a descubrir el conocimiento. A pesar de tener muchas ventajas, ya que es fácilmente transferible a la realidad y de esta forma desarrolla la capacidad de aprender a aprender, también tiene el inconveniente de que no todos los alumnos y las alumnas se motivan mediante este tipo de aprendizaje, resultando poco válido en alumnos impulsivos, pero no es lo común.

METODOLOGÍA

Marco teórico

La metodología para esta propuesta, se basa en los principios anteriormente señalados. A través de la cual, el alumnado intervendrá adquiriendo, transformando y evaluando la información, basándose en la experiencia y en las vivencias, materia y ejercicios que se propondrán como parte del aprendizaje.

Durante las sesiones se usarán los siguientes programas informáticos:

Programas	Características	Compatibilidad	Precio
	Realizar glifos a partir de escaneado de láminas hechas a mano previamente.	Windows y Mac	Pago*
	Crear una fuente digital a partir de los glifos hechos en Illustrator.	Windows y Mac	Pago*
	Generar moldes en 3D a partir de las letras vectorizadas en Illustrator.	Online	Gratuito

* La escuela tiene ambos programas instalados en los ordenadores del centro

TEMPORALIZACIÓN

La asignatura se compone de dieciséis semanas, en las que el Tema 3 “Tipografía experimental”, del bloque temático II, comenzaría en la semana ocho. Teniendo en cuenta que cada clase consta de dos horas, se han diseñado las sesiones en torno a estas, las cuales se dividen en un total de cinco o seis semanas aproximadamente.

EVALUACIÓN

Los criterios de evaluación, al igual que las competencias, se dividen en trasversales, generales y específicos.

Criterios de evaluación transversales

- Contribuir con aportaciones constructivas al desarrollo del trabajo cooperativo.
- Formular ideas adecuadas a las necesidades de conceptualización y justificación de las distintas fases del trabajo.
- Mostrar interés en la consecución de un nivel óptimo de cualificación para el desarrollo de la práctica profesional del diseño.

Criterios de evaluación generales

- Utilizar los lenguajes y recursos expresivos propios de los sistemas de representación y comunicación en diseño.
- Gestionar con responsabilidad y eficiencia las tareas propias de un director de equipo y adaptarse a las características y singularidades de cada una de las distintas disciplinas profesionales que pudieran confluir.

Criterios de evaluación específicos

- Reconocer y aplicar de forma adecuada los aspectos significativos del lenguaje gráfico.
- Ordenar, clasificar y registrar adecuadamente la información obtenida para su correcta utilización en los procesos de trabajo.
- Establecer relaciones entre el lenguaje visual y sus valores significativos según las necesidades comunicativas del trabajo que se realiza.
- Conocer el lenguaje tipográfico para aplicar soluciones adecuadas a los propósitos planteados en el proyecto.

Para desarrollar estos contenidos en el aula, la propuesta que se plantea, consiste en el estudio de la tipografía, para la posterior creación de una fuente propia y consiguiente estudio y realización de tipografía experimental tridimensional a partir de moldes impresos en 3D. Para ello es necesario seguir una serie de pasos que se programarán dentro de unas sesiones determinadas.

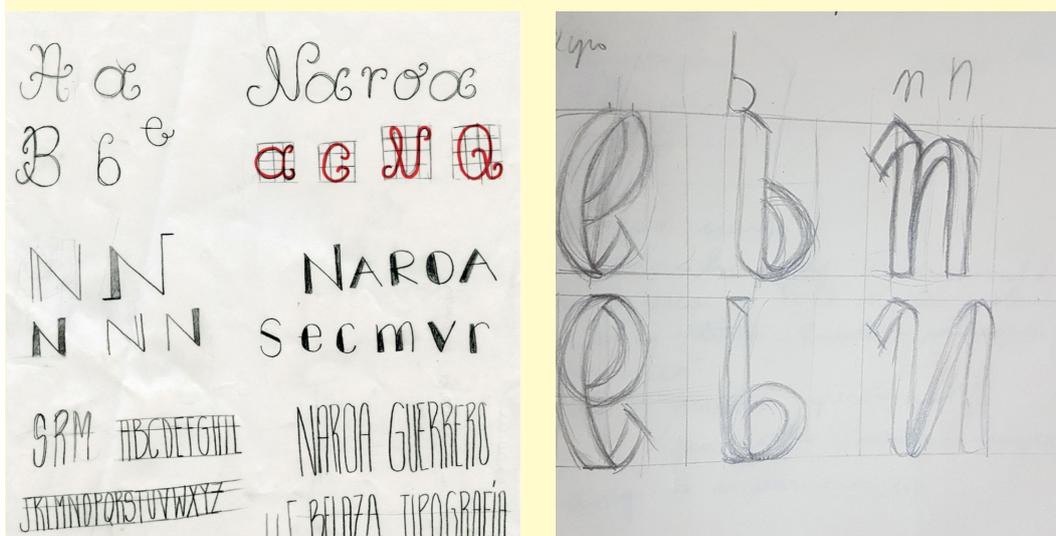
Semana 1

• Sesión 1: Explicación y búsqueda de documentación. (2h)

Se trata de una clase teórico-práctica, en la que se apoyará la teoría con recursos visuales y documentación, una vez explicado el tema de la Tipografía experimental, cómo diseñarla y editarla, el alumnado tendrá que comenzar a buscar información para las posteriores sesiones.

• Sesión 2: Clase práctica/trabajo individual. (2h)

En esta clase los discentes comenzarán a realizar el boceto de la tipografía que quieran hacer, no quedándose solo en los primeros bocetos, sino haciendo un estudio completo, teniendo en cuenta la armonía y la cohesión con el tema que se les haya propuesto.



Bocetos del alumnado de Tipografía y Comunicación.
Fuente: Naroa Guerrero y Gerson Pérez.

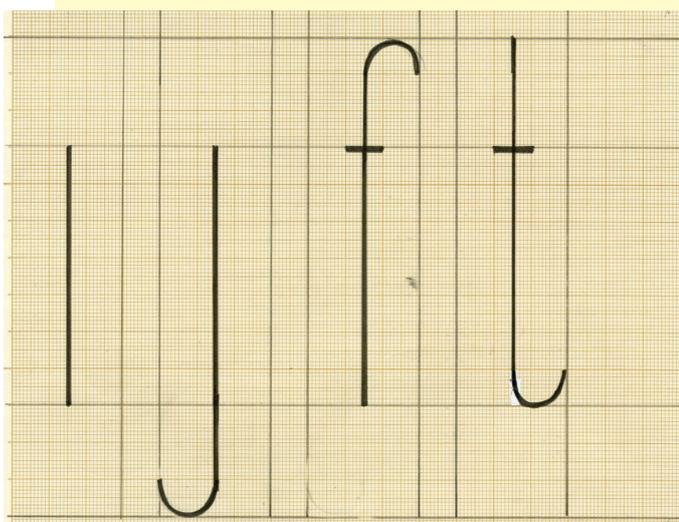
Semana 2

• Sesión 3: Clase práctica (2h)

Una vez trabajado los bocetos, se procederá a la elección de uno de ellos y, a partir de ahí, comenzarán a realizar un alfabeto completo siguiendo una misma línea gráfica, sin dejar de lado el tema con el que tiene que estar vinculado (ejemplo: el carnaval de Santa Cruz de Tenerife).

• Sesión 4: Clase práctica (2h)

Continuarán con la creación del alfabeto completo y los que hayan terminado empezarán pasar la tipografía del boceto al papel milimetrado, manteniendo la proporción de las letras, los símbolos y los números.

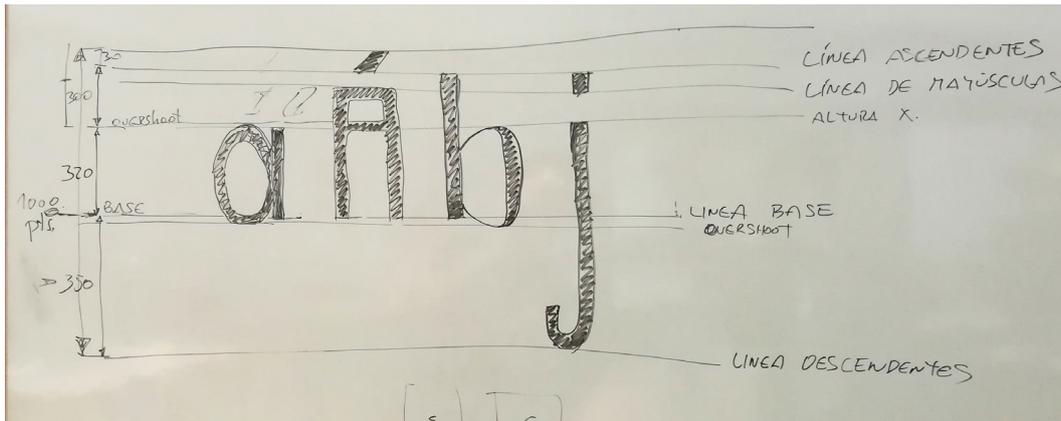


Tipografía
pasada al papel
milimetrado.
Fuente: Naroa
Guerrero

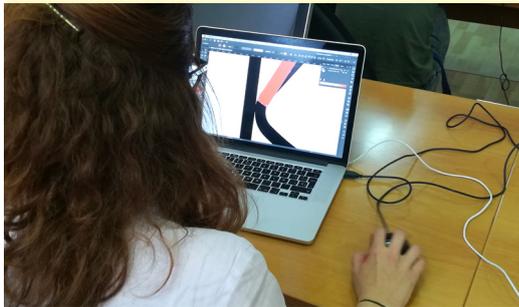
Semana 3

• Sesión 5: Clase teórico-práctica. (2h)

Paso del papel milimetrado al Illustrator para adaptar las medidas a los 1000pt necesarios para el momento en que se pase la tipografía de Illustrator a FontLab. Para ello, se reservará una parte de la sesión a explicar las medidas necesarias en las que encuadrar la tipografía.



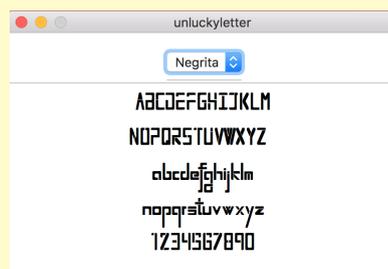
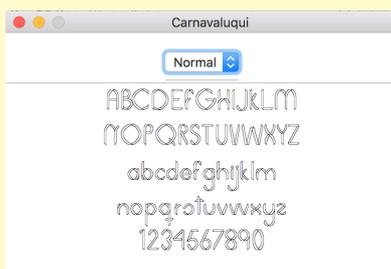
Explicación gráfica, elaborada por la profesora, de la medida de los 1000 pt que tiene que tener la tipografía en Illustrator antes de pasarla a FontLab. Realizado por Pilar Sarrión. Fuente: Autoría propia.



Alumna y alumno retocando los glifos en Illustrator. Fuente: Autoría propia.

Además, se seleccionará una palabra entre toda la clase, formada por 4 o 5 letras. Posteriormente, el docente hará una selección de los alfabetos de los alumnos y las alumnas, para realizar una votación de las letras, creadas por estos, que conformarán la palabra.

- Selección de tipografías y de letras:



Selección de fuentes tipográficas de los alumnos. Fuente: Autoría propia.



• **Sesión 6: Clase teórico-práctica. (2h)**

Se continuará con los retoques finales de la tipografía en Illustrator. Además se presentará el programa FontLab y el Lithophane. Sobre los que se repartirá un tutorial específico para cada uno de ellos, con el objetivo de que el alumnado comience a familiarizarse con los mismos en su tiempo autónomo para la siguiente sesión.



Alumnos de Tipografía y Comunicación trabajando con el FontLab.
Fuente: Autoría propia

Semana 4

• **Sesión 7: Clase práctica (2h)**

En esta clase, el alumnado comenzará a pasar los glifos del Illustrator al Fontlab, una vez colocada cada letra, número o signo en su lugar, se harán los ajustes de kerning y tracking que sean necesarios. Previamente, se hará un recordatorio de cómo hacer el proceso y posibles fallos que pueden ocurrir durante el mismo.

• **Sesión 8: Clase práctica (2h)**

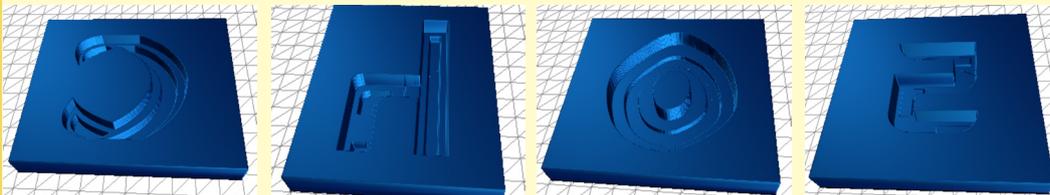
Se continuará trabajando en el Fontlab. Además, se guardará media hora para crear cambios de tonalidades en las letras seleccionadas, se hará un volteo horizontal y se enviará al Lithophane siguiendo los pasos explicados en el .pdf que se les repartió en la sesión cinco. Una vez descargado el archivo .STL de cada letra se mandará a la impresora 3D para que comience a realizar los moldes de las piezas.

PROCESO DE ILLUSTRATOR AL LITHOPHANE Y A LA IMPRESORA 3D

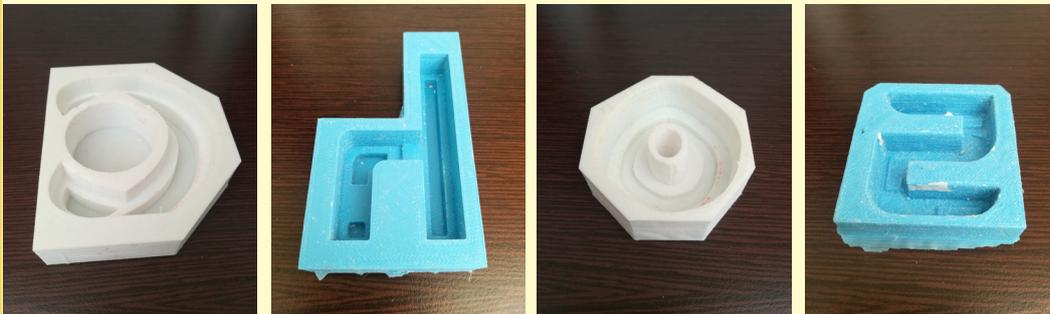
Retoques de tipografía y tonalidades en el Illustrator.
Volteo de la imagen para la posterior creación del molde



Imágenes 3D en Lithophane



Moldes impresos en Filaflex



Tiempos de impresión 3D

2 h 59 min

3h 14 min

1 h 32 min

4 h 10 min

Gasto de PLA (Filaflex)

9'75m - 29 gr

11'47m - 34gr

4'74m - 14gr

9'91m - 29gr

Precio aproximado del gasto por pieza

2'17€

2'54€

1'05€

2'17€

* Todas las fotos son de elaboración propia.

Semana 5

• Sesión 9: Fabricación digital de los moldes (2h)

En el caso de que se quieran hacer los moldes en clase, serán necesarias varias impresoras 3D o en su defecto una, que vaya imprimiendo uno de los moldes para que el alumnado pueda ser partícipe del proceso completo de creación de los moldes. Si por el contrario no se dispusiera de impresora 3D o de Filaflex, esta sesión se omitiría y el encargo de los moldes sería externo al centro, con lo que se traerían directamente a la siguiente sesión.

Aún así, hay que tener en cuenta que el tiempo de impresión de los moldes varía según el modelo, por este motivo, no en todos los casos se podrá ver el proceso completo de impresión, ni dará tiempo a imprimirlos todos en las dos horas de clase que se dispone.

• Sesión 9: Clase taller (2h)

En este taller, se harán réplicas de las tipografías con resina, pudiendo llevarse la palabra completa compuesta por las letras tangibles que previamente han seleccionado los/as alumnos/as de manera digital.

Se comenzará la clase haciendo un breve repaso de todo el proceso, a continuación, se explicarán los materiales necesarios y su correspondiente uso para el óptimo desarrollo de la actividad. Una vez hecho esto, se hará una demostración de ejemplo para que luego el alumnado lleve a cabo sus propias piezas.

Semana 6

• Sesión 10: Presentación (2h)

Cada alumna/o saldrá ante sus compañeras/os para defender su trabajo, apoyándose de una presentación digital, en la que se evaluará la presentación, la síntesis y la expresión oral. ■

8 Prueba piloto

Nuestro estudio se centra en un taller sobre creación de réplicas de tipografía tridimensional a partir de moldes flexibles impresos mediante fabricación aditiva, en Enseñanzas Superiores de Diseño Gráfico.

PARTICIPANTES

Este ejercicio de reproducción de piezas tipográficas tridimensionales mediante fabricación digital de moldes, fue llevado a cabo con el grupo de segundo de Enseñanzas Superiores de Diseño Gráfico, con edades comprendidas entre 20 y 25 años, en la asignatura de Tipografía y Comunicación ofertada en La Escuela De Arte Y Superior De Diseño Fernando Estévez durante el mes de mayo de 2018.

MATERIALES Y MÉTODOS

Hemos proporcionado todos los materiales para la realización del taller, cuyo precio aproximado ronda los 10 -15 euros, entre los que se encontraban:

Moldes



Guantes



Kit resina



Vasos y estopa



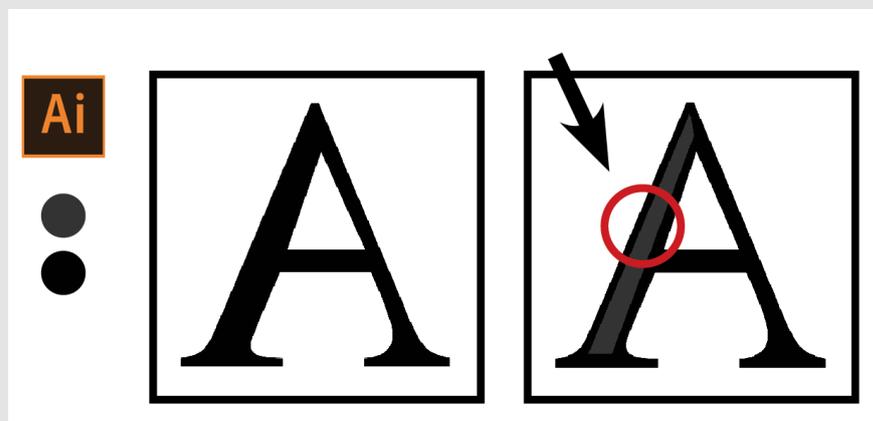
Jabón y aceite



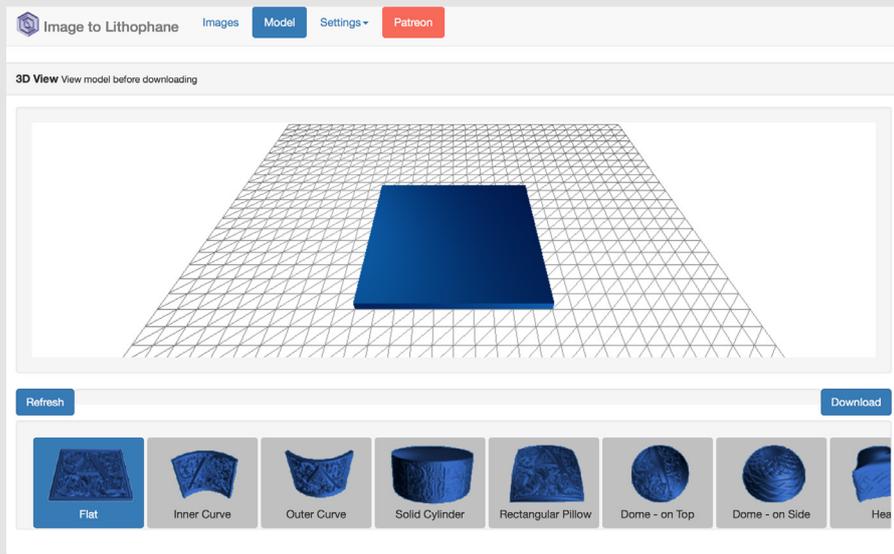
Primero se les ha explicado el proceso previo que lleva la actividad. Como, por ejemplo, las diferentes modificaciones que se le han hecho a las tipografías que ellos nos han facilitado, ya que algunas eran muy finas y no eran factibles para usarlas como moldes, debido a que eran muy frágiles y se partían con facilidad. Con lo que se ha repasado el tutorial que se les había pasado en clases previas para que tuvieran una idea de las fases que hay que seguir hasta llegar a los moldes impresos. Los alumnos se han mostrado interesados y han realizado muchas preguntas sobre los materiales usados, los tiempos, otras formas de llevarlo a cabo, etc.

A continuación se explica el contenido de dicho documento paso a paso:

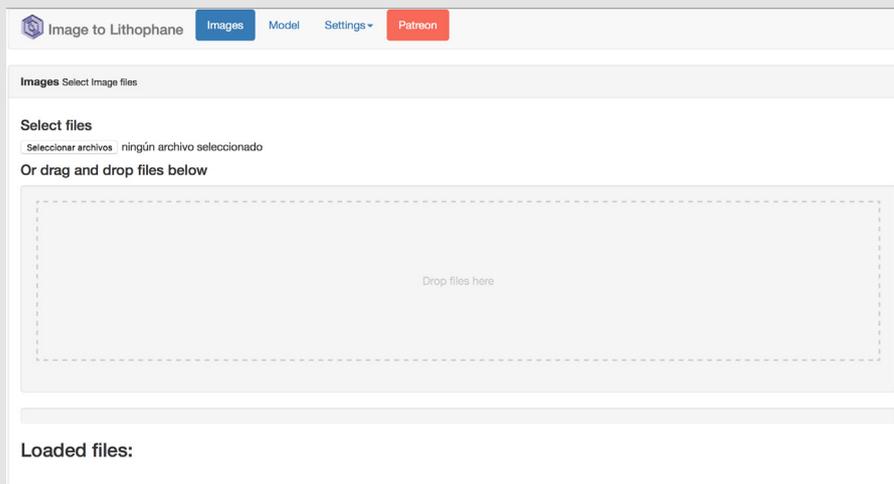
1º Una vez seleccionadas las tipografías para la creación de la palabra elegida en el programa Illustrator, las customizamos por medio de escala de grises, siendo el blanco el mayor volumen y el negro más profundidad del molde. Hay que tener cuidado con las aristas o las formas muy finas, pues a la hora de desmoldar tienden a romperse. Además, es hay que voltear la imagen en horizontal para poder realizar luego el negativo de la letra para el molde. Una vez terminado, guardamos la imagen en JPG manteniendo un borde blanco, podemos usar la mesa de trabajo para ello, como se puede apreciar en las imágenes.

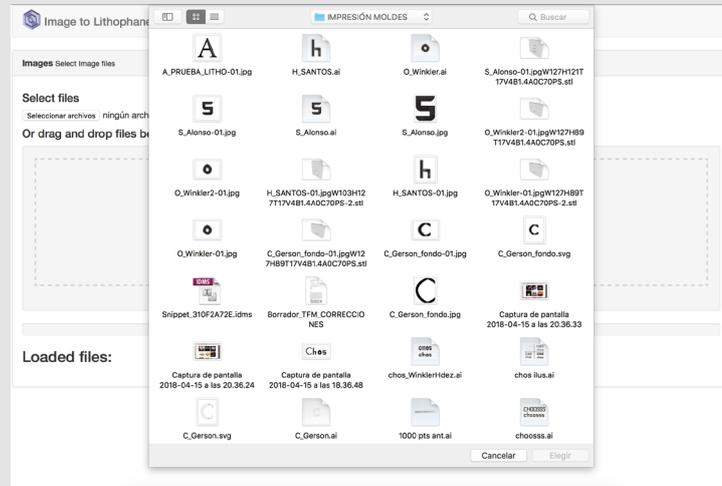


2º Esta es la primera imagen que nos encontramos cuando abrimos Lithophane, un programa de edición en 3D gratuito y online. Esta es la url de la página: <http://3dp.rocks/lithophane/>

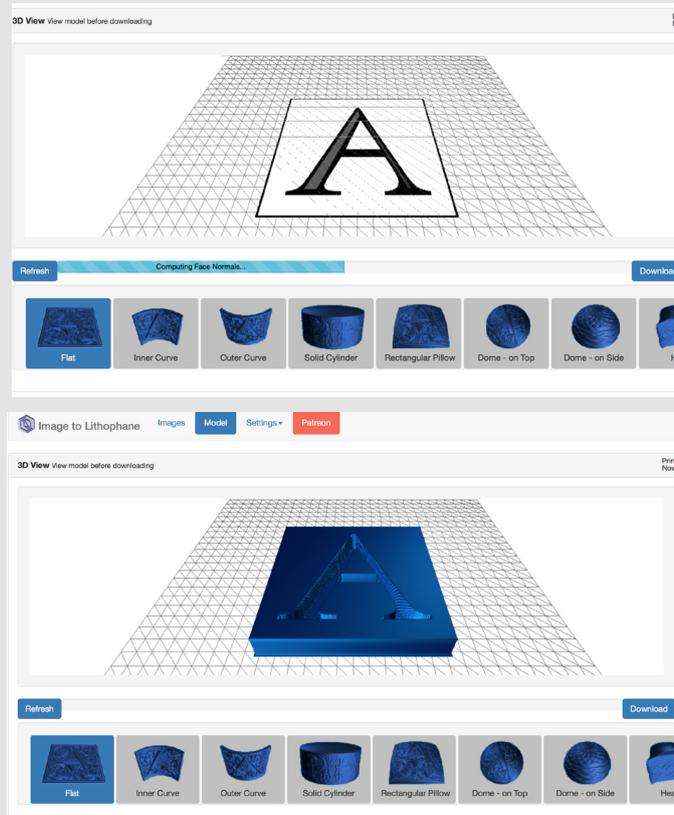


3º A continuación, iremos a la pestaña “images” y seleccionamos el archivo de la letra que queremos subir.

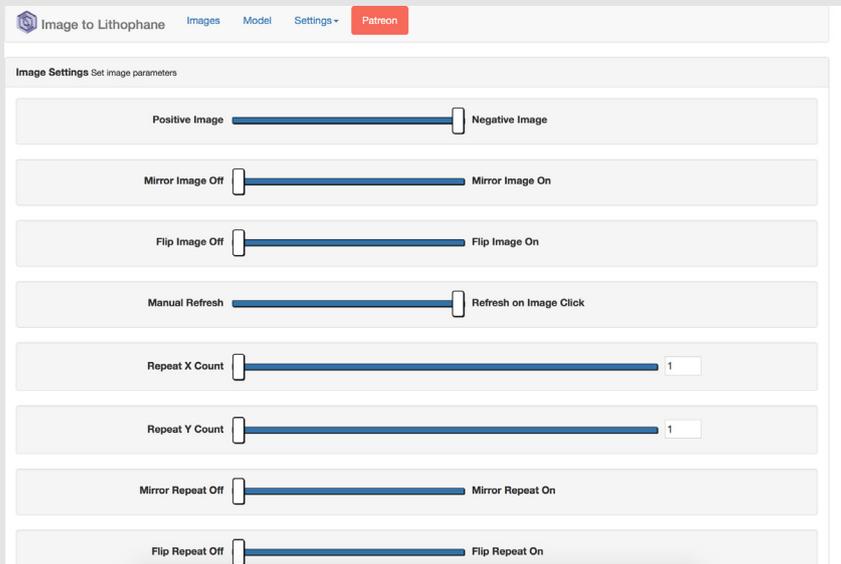




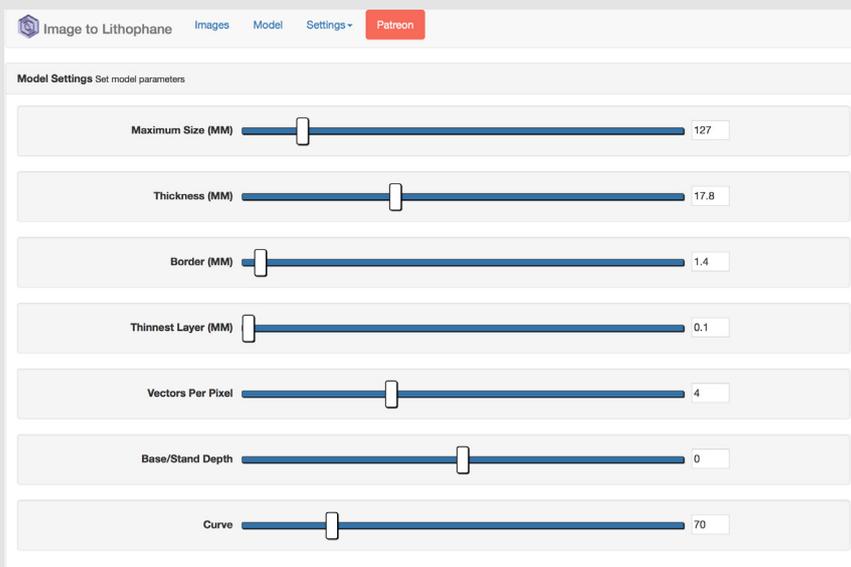
4º Una vez seleccionada la letra se verá este proceso en la pantalla y se creará un molde virtual. En el caso de que no se genere el molde es que los parámetros no están bien ajustados.



5º En la pestaña de “Settings” podremos regular los parámetros. Es importante que dentro de “Image Settings” seleccionemos “Negative Image”.

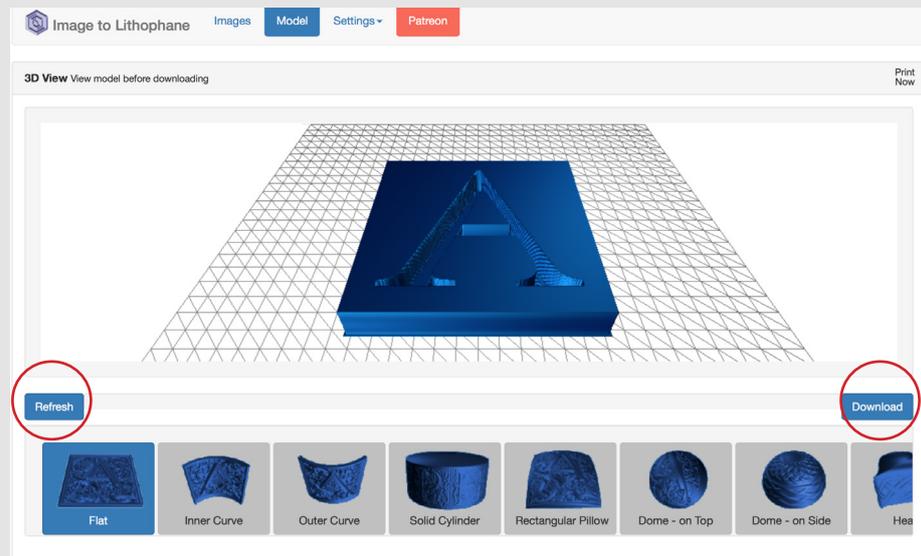


6º En el apartado de “Model Settings” estos son los parámetros que he establecido, pero todo dependerá del resultado que cada uno busque.



7º Siempre que se modifique algo hay que darle a “refresh” para poder ver los cambios.

8º Cuando terminemos el proceso, descargaremos el archivo .stl presionando la techa “Download” y con ese archivo podremos imprimir nuestro molde.



Teniendo en cuenta que la impresión de los moldes se realizó entre la sesión 8 y la sesión 9, y a pesar de no estar incluida la impresión de los moldes en las sesiones, en el caso de que se quisiera introducir en la clase, se necesitarían varias impresoras o ampliar la temporalización para realizar los moldes y que el alumnado pudiera vivir en primera persona todo el proceso hasta la obtención final de las piezas. Aunque la Escuela estaba interesada en imprimir en el centro los moldes, ya que disponían de impresoras 3D y les parecía una actividad atractiva, no disponían de Filaflex, ni tenían conocimiento del uso de este material. Por este motivo, y debido a la falta de tiempo, decidí trabajar en colaboración con Alejandro Bonet, alumno de Doctorado de Educación, que se prestó a realizar los moldes y poder llevarlos al centro para la posterior puesta en marcha del taller, facilitándome la información de los tiempos utilizados para la impresión y el gasto de material.

Una vez explicado el proceso, se les ha comentado qué materiales son necesarios para realizar las réplicas, cómo se hace la mezcla de la resina, las cantidades, y recursos para evitar que las piezas se rompan, como la aplicación de desmoldante casero (compuesto por jabón y aceite de cocina) o la introducción de filamentos de estopa, para que si la pieza se parte evitar que se separe.

Luego, hemos empezado a hacer una letra de prueba para que tuvieran un patrón, y seguidamente han comenzado a elaborar ellos y ellas sus propias réplicas.

Además, se ha llevado un molde realizado en silicona mediante el método tradicional, para que vieran las diferencias y también se ha explicado los tiempos que necesita cada una de las técnicas. ■



Alumnos en el taller y palabra completa con las piezas de resina extraídas de los moldes. Fuente: Autoría propia.

9 Resultados

El grupo al completo consiguió realizar las piezas para la obtención de varias réplicas por alumno/a. Además, cabe destacar, que gran parte de los alumnos, aunque sí conocían la existencia de tecnologías de bajo coste, no se habían planteado la posibilidad de implementarlas en el estudio de la tipografía experimental.

Tras la realización del taller, se les repartió un cuestionario de diez preguntas, para medir el rendimiento del ejercicio y su opinión en cuanto a la efectividad del mismo. Al cual contestaron 5 de los 8 alumnos y alumnas.

Los resultados fueron los siguientes:

Nº	Preguntas	Resultados en base a 5
1	La fabricación digital es útil para realizar tipografía 3D	4'6
2	Los moldes flexibles son una buena herramienta para el diseño de tipografía experimental	3'8
3	Es fácil pasar del modelo 2D en Illustrator al 3D mediante el programa online Lithophane	4
4	Me considero capaz de llevar a cabo todo el proceso hasta obtener la pieza en 3D	3'4
5	Creo que con esta técnica se pueden hacer cosas interesante para mi futuro profesional	3'8
6	Antes de esta actividad no conocía estas tecnologías	2'8
7	Creo que es una actividad interesante dentro de la asignatura de tipografía	4
8	El taller me ha parecido ameno	4'4
9	Ya conocía el material FILAFLEX (material flexible) para la impresión digital de moldes o piezas flexibles	3
10	Mi grado de satisfacción con la actividad es alto	4'6

9.1. Comparativa con otros métodos

Como se ha comentado en apartados anteriores, además de las técnicas de construcción tridimensional mediante fabricación aditiva, existen los métodos tradicionales, que son bien usados en este tipo de enseñanzas, o la misma impresión 3D pero pieza a pieza, a continuación se hará un análisis comparativo con cada una de ellas.

Si analizamos posibilidades, tiempo y costes de producción, podremos ver como la impresión de moldes en 3D, mejora todos estos parámetros, sobretudo por si queremos modificar la escala de las piezas, ya que en el caso del moldeo y vaciado tradicional, habría que realizar la pieza desde el principio con todo el trabajo y el material que ello conlleva, incluyendo las 24 horas para que frague la silicona. En cambio, con la impresión 3D puedes escalar el molde y volver a realizarlo sobre la marcha en las horas que tarde dependiendo del tamaño y la forma,

pero con un tiempo mucho menor al fraguado de la silicona, con lo que denota una clara reducción de tiempo y de gasto material.

Otro de los métodos que se podría usar es la impresión de las piezas tipográficas de forma directa en 3D, pero los tiempos de impresión para hacer réplicas para todos los alumnos serían tan altos que es inviable para llevar a cabo en entornos escolares, ya que dentro del horario escolar no tendría cabida, lo que afectaría al flujo de trabajo de la clase y al resultado del taller, ya que no todos los alumnos podrían disponer de la palabra completa, cosa que sí conseguimos realizándolo a través de los moldes impresos, ya que los alumnos tienen tiempo suficiente de realizar réplicas con resina o barro y, posteriormente, llevarse la palabra completa a casa, lo que influye positivamente en la motivación del alumnado a la hora de realizar la tarea. ■

TÉCNICA	TIEMPO	MATERIAL
Moldes tradicionales	24h en que solidifique bien el molde	Barro, objeto que queramos replicar, escayola y silicona
Impresión 3D de letras	30 minutos	Impresora 3D + PLA
Impresión 3D de moldes	Entre 1h y media y 4 horas	Impresora 3D + FILAFLEX

* Todas los tiempos son aproximados.

10 Discusión y conclusiones

Hay que tener en cuenta, que no todos los moldes fueron óptimos para la realización de las réplicas, pues al bajar los parámetros de producción de la impresora, los moldes salieron defectuosos. También, es necesario destacar que no todas las piezas pudieron ser desmoldadas satisfactoriamente, pues el diseño, un tanto complejo, de los moldes, hizo que las réplicas fueran frágiles y delicadas



Tipografías que no llegaron a un feliz término, pero que también forman parte del proceso de aprendizaje.
Fuente: Autoría propia

a la hora de desmoldar. Con el objetivo de mantener unida la pieza se añadió el uso de filamentos de estopa. Asimismo, algunos alumnos se apresuraron en el desmolde y muchas de las piezas se

rompieron al no disponer de la solidez que se les concedía una vez la resina estaba fraguada

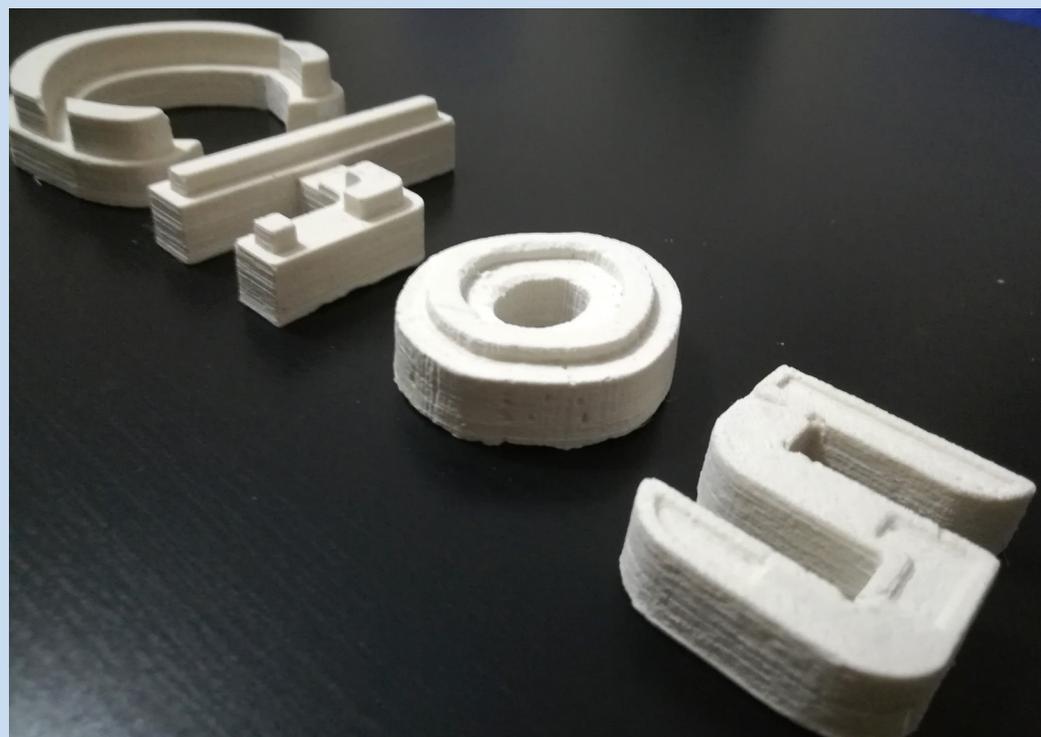
Estos errores, nos instigan a mejorar el diseño de los futuros moldes, evitando piezas con relieves o contrarrelieves finos, si las piezas a realizar son de pequeño tamaño.

De este Trabajo Final de Máster podemos obtener una serie de conclusiones generales, conseguidas mediante la investigación y documentación llevada a cabo. También, otras conclusiones más específicas basadas en los resultados de la puesta en práctica de la propuesta y de los cuestionarios pasados al alumnado.

CONCLUSIONES GENERALES

Al no haber encontrado antecedentes referenciados sobre esta práctica en concreto, hemos llegado a la conclusión de que hemos encontrado un nuevo camino por el que poner en uso las impresoras 3D disponibles en muchos de los centros educativos, llevando la fabricación digital al aula con este tipo de material flexible (Filaflex)

e introduciéndolo en una asignatura tan específica como tipografía, donde todo suele quedarse en la pantalla o en papel impreso, creando únicamente tipografía bidimensional. Con esto conseguimos que el alumnado se sumerja más en el mundo de la tipografía experimental con nuevas herramientas y que a parte de modelar en 3D, puedan



Palabra realizada por los alumnos y las alumnas de Tipografía y Comunicación en el taller propuesto. Fuente: Autoría propia

materializarlo en elementos tangibles. Y no solo eso, sino que al ser moldes flexibles impresos en 3d vamos más allá, teniendo la posibilidad de hacer infinitas réplicas, en cambio, como ya hemos visto, si hiciéramos letra a letra mediante fabricación digital con PLA convencional, no tendríamos tiempo de hacer cada una de ellas para que los alumnos pudieran llevarse la palabra completa a casa. Además, esta propuesta creada, conecta al alumnado con el sistema motriz y el tacto, haciendo de algo tradicional un ejercicio de lo más actual, mediante la utilización de las últimas tecnologías.

Además, cabe recalcar, que la introducción de la fabricación digital en entornos educativos puede incluirse como una actividad más, no sólo en el ámbito de Tecnología, muchas veces ligado a temas de robótica y arduino, sino llevando a cabo el modelado digital en 3D para la posterior la impresión de los moldes en material flexible (FILAFLEX) y la creación de tipografía en tres dimensiones. Dando una nueva cabida en la que usar la fabricación digital como medio de creación artística en las asignaturas relacionadas con la Educación Plástica y Visual o en asignaturas más técnicas y específicas, como es el caso de la Tipografía.

CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA

Aunque solo han contestado 5 alumnos, de la propuesta expuesta con anterioridad, hemos podido obtener las siguientes conclusiones:

- Todos los alumnos que participaron en la actividad consiguieron realizarla correctamente con los medios, los materiales y los tiempos propuestos.
- La implicación vista en el alumnado, denota que este tipo de actividades les motiva y hace que las clases no sean siempre monótonas, dotándolas de experiencias en las que además de aprender, cooperan con el resto de compañeros/as (se denota también en los resultados sobre el grado de satisfacción, siendo un 4,6 sobre 5).
- Es 100% factible llevar a cabo esta actividad en cualquier centro que posea una máquina de impresión 3D o, en el caso de que no disponer de ninguna, encargar la impresión, de manera externa, a una empresa especializada en el sector.
- El alumnado ha visto utilidad a la introducción de la fabricación digital aplicada a la tipografía (4,6 en una escala de 5).
- Previamente a la actividad muchos de los/as alumnos/as no conocían bien estas tecnologías de fabricación digital, y muy pocos habían oído hablar del Filaflex pero tampoco lo habían usado (2,8 y 3 respectivamente sobre 5). ■

11 Anexos

CENTRO: _____ FECHA: _____

ASIGNATURA: _____ EDAD DEL PARTICIPANTE: _____

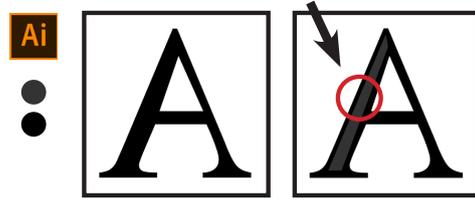
Tengo conocimientos de modelado 3D SI NO

1	La fabricación digital es útil para realizar tipografía 3D				
2	Los moldes flexibles son una buena herramienta para el diseño de tipografía experimental				
3	Es fácil pasar del modelo 2D en Illustrator al 3D mediante el programa online Lithophane				
4	Me considero capaz de llevar a cabo todo el proceso hasta obtener la pieza en 3D				
5	Creo que con esta técnica se pueden hacer cosas interesantes para mi futuro profesional				
6	Antes de esta actividad no conocía estas tecnologías				
7	Creo que es una actividad interesante dentro de la asignatura de tipografía				
8	El taller me ha parecido ameno				
9	Ya conocía el material FILAFLEX (material flexible) para la impresión digital de moldes o piezas flexibles				
10	Mi grado de satisfacción con la actividad es alta				

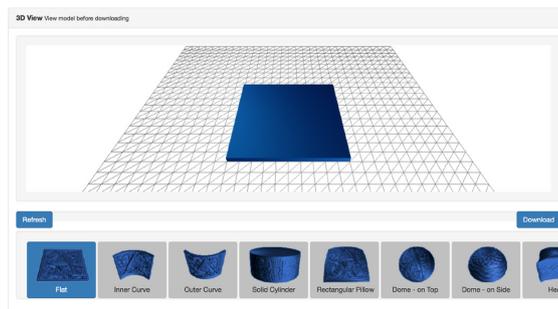
Nada de acuerdo
 De acuerdo
 Bastante de acuerdo
 Muy de acuerdo

Creación de moldes tipográficos de 2D (Illustrator) a 3D con Lithophane

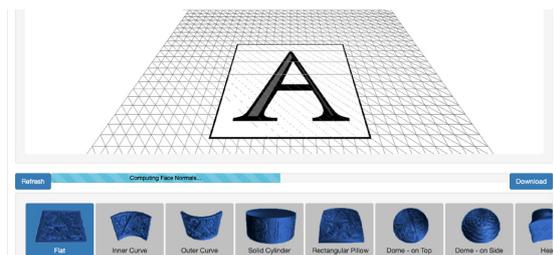
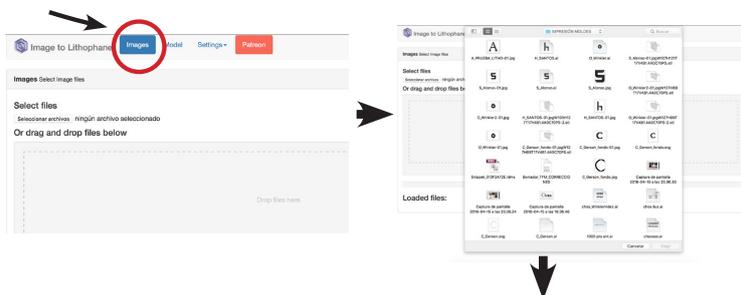
1º Una vez seleccionadas las tipografías para la creación de la palabra elegida en el programa Illustrator, las customizamos por medio de escala de grises, siendo el blanco el mayor volumen y el negro más profundidad del molde. Hay que tener cuidado con las aristas o las formas muy finas, pues a la hora de desmoldar tienden a romperse. Además, es hay que voltear la imagen en horizontal para poder realizar luego el negativo de la letra para el molde. Una vez terminado, guardamos la imagen en JPG manteniendo un borde blanco, podemos usar la mesa de trabajo para ello, como se puede apreciar en las imágenes.



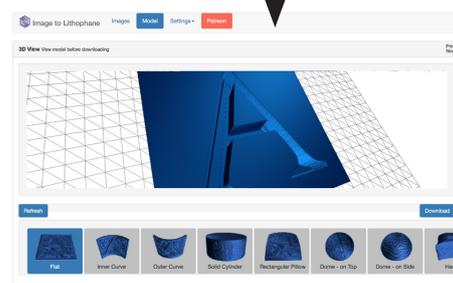
2º Esta es la primera imagen que nos encontramos cuando abrimos Lithophane, un programa de edición 3D gratuito y online. Esta es la url de la página: <http://3dp.rocks/lithophane/>



3º A continuación, iremos a la pestaña "images" y seleccionamos el archivo de la letra que queremos subir.

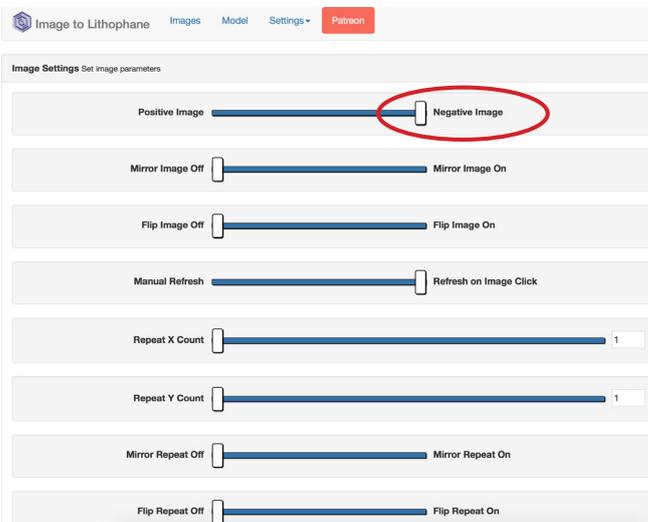


4º Una vez seleccionada la letra se verá este proceso en la pantalla y se creará un molde virtual. En el caso de que no se genere el molde es que los parámetros no están bien ajustados.

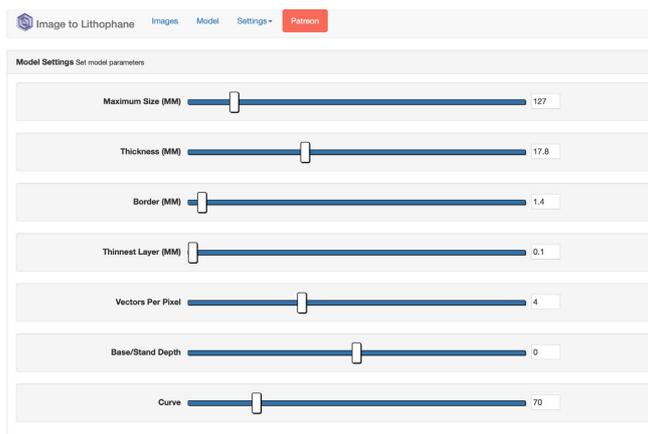


5º En la pestaña de “Settings” podremos regular los parámetros.

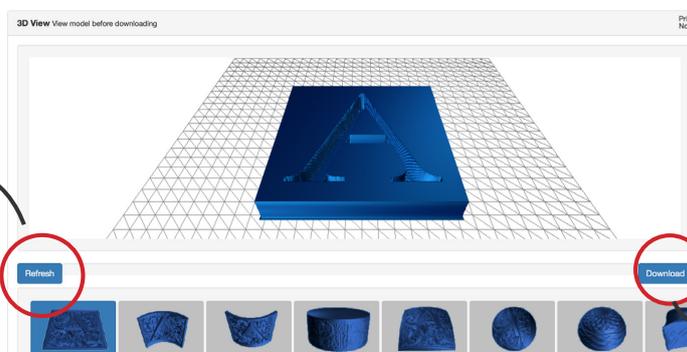
Es importante que dentro de “Image Settings” seleccionemos “Negative Image”.



6º En el apartado de “Model Settings” estos son los parámetros que he establecido, pero todo dependerá del resultado que cada uno busque.



7º Siempre que se modifique algo hay que darle a “refresh” para poder ver los cambios.



8º Cuando terminemos el proceso, descargaremos el archivo .stl presionando la tecla “Download” y con ese archivo podremos imprimir nuestro molde.

12 Bibliografía

Aberasturi, A., & González, A. (2010). Taller de replicado paleontológico-falsificadores. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18(2), 210-215.

Alambique (2018). Guía completa de moldes de repostería. Recuperado de <https://www.alambique.com/es/> (26/06/2018).

Arteaga Medina, L. (2018). FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FILAMENTOS PARA IMPRESORA 3D A PARTIR DE MATERIALES RECICLADOS (Grado en Ingeniería Mecánica). Universidad de La Laguna, Tenerife, España.

Beck, M., & Amundsen, L. (2018). Tipos en su tinta » Los Tipos. Recuperado de <http://www.tiposensutinta.com/los-tipos/> (03/05/2018).

Campos, I., & Medina, R. (2014). Proceso de diseño, fabricación y pruebas de funcionalidad de un molde de inyección para un producto plástico (Tesis). Universidad Autónoma del Estado de México, Tianguistenco, México.

Castrillón, A. M. S., Preciado, W. T., & Nieves, P. R. C. (2015). Aplicación de herramientas CAD/CAM para el diseño y fabricación de prototipos de moldes de inyección de plásticos. *Tecnura*, 19(46), 115-122.

CHAVARRIA, J.: Moldes, Parramón, Barcelona, 1999.

Chua, C. L., Leong, K.F. y Lim, C. S. (2003). Rapid Prototyping Principles and Applications. (2ª Ed.). Singapore: World Scientific Publishing Co.

Donato, O., & Marzol, M. (2015). Desarrollo de sistemas alimenticios aplicables a la tecnología de impresoras 3D (Proyecto Final Ingeniería). Universidad Argentina de la Empresa, Argentina.

Hernández González, R. (2018). Departamento de Pintura y Escultura - Dr. Román HernándezGonzález. Recuperado de <https://romher.webs.ull.es> (12/04/2018).

Kasko, D. (2018). DINARA KASKO – Pastry Art. Recuperado de <http://www.dinarakasko.com> (28/05/2018).

Krishna, P. (2018). A New School of Pastry Chefs Got Its Start in Architecture. Recuperado de <https://www.nytimes.com/2018/01/23/dining/pastry-chefs-architecture.html> (28/04/2018).

López, F.E., Ramírez, F. Y Ávila, A. (2009). Digitalización 3D como herramienta en la manufactura de calzado deportivo. Universidad Autónoma de Nuevo León. Obregón, México.

María, F. (2018). Historia de la Tipografía | Rincón Creativo. Recuperado de <http://www.staffcreativa.pe/blog/tipografia-historia/> (02/05/2018)

Martínez, B. (2018). Lo Siento Studio | Graphic Design Barcelona. Recuperado de <http://www.losiento.net> (05/05/2018)

McLean, R. (1987). Manual de Tipografía. Madrid, España: Hermann Blume Ediciones.

Mejía, F., Heriberto, J. (2016). *VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS IMPRESORAS 3D*. Rev. Tecnológica [online]. 2016, vol.12, n.18, pp. 30-34. ISSN 1729-7532.

Palacios, M. (2017). Diseño y puesta en marcha de nuevos filamentos cargados para su uso en impresión 3D (Trabajo Final de Máster). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Pérez, S., Luis, J., Meier, C., Ruiz Castillo, C., Torre-Cantero, J. D. L., Melián Díaz, D., & Bonnet de León, A. (2016). Creación, visualización e impresión 3D de colecciones online de modelos educativos tridimensionales con tecnologías de bajo coste; Caso práctico del patrimonio fósil marino de Canarias.

Pia (2014, abril). Tipografía 3D de Ben Johnston y Mark Simmons. Recuperado de <https://www.experimenta.es> (13/05/2018).

Qué Cartucho. (2015). Que es y que se puede hacer con el filamento flexible de impresoras 3D. Recuperado de <https://quecartucho.es/blog/que-es-y-que-se-puede-hacer-con-el-filamento-flexible-de-impresoras-3d/> (22/04/2018).

Rivero, D. (2014). Impresoras 3D en el ámbito educativo (Trabajo Final de Máster). Universidad de la Laguna (ULL), Tenerife, España.

Royo, J. (2018). [Colección] La historia de la tipografía Archivos | Tentulogo. Recuperado de <https://tentulogo.com/categoria/disenio-ilustracion-y-tipografia/tipografia/> (03/05/2018).

Rueda, L. F. (2016). La Impresión 3d Como Recurso Educativo Para La Innovación De La Enseñanza Y El Desarrollo De La Creatividad En Los Alumnos De Primer Año De Bachillerato, En La Asignatura De Historia Y Ciencias Sociales, Del Colegio De Bachillerato Emiliano Ortega Espinoza, Cantón Catamayo, Provincia De Loja. Periodo 2014-2015 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Ecuador.

Sánchez, A. (2018). ¿Cómo surgió el mundo de la impresión 3D? Impresión 3D antes de RepRap | DIWO. Recuperado de <http://diwo.bq.com/impresion-3d-historia/> (05/05/2018)

UTD, R. (2018). Tratado clásico de tipografía: 1 Generalidades. Recuperado de <http://www.unostiposduros.com/tratado-de-tipografia-1-generalidades/> (04/05/2018).

Zampatti, Laura Haydee; Moly, Juan José; Duplicación de fósiles; Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo; Revista del Museo de La Plata; 26; 11-2013; 68-71

20minutos (2018). Recuperado de <https://www.20minutos.es/noticia/2814663/0/abre-londres-primer-restaurant-comida-impresa-3d/> (30/05/2018).