

**TFG**

---

**APLICACIÓN DEL MODELADO DIGITAL Y  
LA IMPRESIÓN 3D EN EL PROCESO DE  
ELABORACIÓN DE PROPS Y FIGURAS  
COLECCIONABLES.**

**Presentado por Carles Ferrero Ibáñez  
Tutor: Francisco Martí Ferrer**

**Facultat de Belles Arts de Sant Carles  
Grado en Bellas Artes  
Curso 2016-2017**

## RESUMEN

Este trabajo de fin de grado de tipología práctica aborda la idoneidad técnica y la viabilidad económica de la implementación de las tecnologías digitales de fabricación en el flujo de trabajo autónomo del *prop maker* y del escultor de figuras coleccionables, incluyendo su incidencia en el post-procesado, la reproducción, el acabado y la comercialización.

Tras una fase de documentación acerca de las distintas tecnologías de impresión y su utilización en el ámbito profesional objeto de este trabajo a través de una serie de referentes, se procede a la determinación de las técnicas a utilizar, la realización de pruebas con diversas configuraciones de software y hardware, la resolución de problemas en los ensayos y la aplicación a un proyecto, cuyos resultados se materializan en diversas piezas acabadas.

Por último, a través de mi experiencia personal, se evalúa la viabilidad económica en función de las ventas y los beneficios esperados.

Palabras clave: Impresión 3D, autofabricación, réplica, utilería, escultura.

## ABSTRACT

This practical end-of-degree work addresses the technical suitability and economic viability of the implementation of digital manufacturing technologies in the autonomous workflow of the prop maker and sculptor of collectible figures, including their impact on post-processing, reproduction, finishing and marketing.

After a phase of documentation about the different printing technologies and their use in the professional scope of this work through a series of referents, we proceed to the determination of the techniques to be used, testing with various software and hardware configurations, problem solving in trials and their application in a project, whose results are materialized in various finished pieces.

Finally, through my personal experience, the economic viability is evaluated in terms of sales and expected benefits.

Keywords: 3D printing, self-fabrication prop, replica, sculpture.

## INTRODUCCIÓN

1. Objetivos y metodología	6
1.1. Objetivos	6
1.2. Metodología	6
2. Contexto y referentes	8
2.1. Impresión 3D: Técnicas y materiales	8
2.1.1. Sistemas de impresión 3D	9
2.1.1.1. Deposición de filamento fundido	9
2.1.1.2. Estereolitografía	11
2.1.1.3. Sinterización selectiva por láser	12
2.1.1.4. Inyección aglutinante	12
2.1.2. Aplicación al ámbito profesional de este trabajo	12
2.1.2.1. Prop making	12
2.1.2.2. Cosplay	13
2.1.2.3. Referentes profesionales	14
3. Determinación de las técnicas a utilizar	16
3.1. Técnicas de impresión 3D	17
3.2. Técnicas de postprocesado	18
4. Producción	20
4.1. Modelado orientado a la fabricación	20
4.2. Impresión 3D	23
4.3. Postprocesado	28
4.4. Reproducción	30
4.5. Pintura y acabado	32
5. Comercialización	33
6. Conclusiones	36
Bibliografía	37

# INTRODUCCIÓN

Mi interés en el campo del modelado 3D y la escultura digital<sup>1</sup> ha sido la motivación para emprender este trabajo, en el que materializo las obras producidas utilizando diferentes técnicas de impresión 3D. Entre los diversos campos de aplicación que tiene la impresión 3D, el sector de la escultura digital es uno de los más indicados para aprovechar sus capacidades, ya que estas tecnologías facilitan al autor la producción de originales de una forma relativamente rápida y económica.

Dentro de este sector, he querido centrar el trabajo en dos áreas afines a mis expectativas de profesionalización: la fabricación de *props* y de figuras coleccionables. La proliferación y popularidad de videojuegos, series y películas de género fantástico ha supuesto una demanda creciente de estos productos por parte de los aficionados, aspecto que junto a las herramientas tecnológicas de bajo coste propicia la inserción en el contexto profesional de productores que anteriormente sólo podían ejercer esta actividad como un hobby<sup>2</sup>, cubriendo el nicho de mercado para diversos títulos que no cuentan con estos productos a la venta, ya que los precios ofertados son asumibles para los aficionados y coleccionistas, dispuestos a pagar los servicios de un artista independiente para la elaboración de figuras con tirada de un número de ejemplares irrelevante para las grandes compañías y de encargos personalizados.

Consecuentemente, el trabajo práctico se concreta en la realización de siete proyectos correspondientes a los ámbitos descritos en el párrafo anterior, de los cuales se desarrollan dos para mostrar las distintas fases de la producción.

En lo que respecta a la estructura de este trabajo académico, siguiendo las pautas definidas en el manual de estilo, se articula en sucesivos capítulos que exponen el proceso de documentación, experimentación y producción llevado a cabo para este trabajo

---

<sup>1</sup> Adoptamos, como es usual en el campo de este trabajo, la terminología *digital modelling* y *digital sculpture* para distinguir entre herramientas y técnicas basadas respectivamente en la edición de mallas poligonales clásica, trabajando de forma más o menos directa con los componentes esenciales (vértices, aristas, facetas, polígonos) frente a herramientas más intuitivas y aproximadas a las técnicas de modelado manual.

<sup>2</sup> Al respecto, véase DORAN, BILL. How to Become a Professional Prop & Costume Maker [consulta: 10/03/2017] Disponible en <http://punishedprops.com/2015/07/28/how-to-pro-maker/>

El capítulo 1 “Objetivos y metodología” define y acota los objetivos a alcanzar y expone el trabajo realizado a partir de la documentación proveniente de las fuentes utilizadas, así como el conjunto de métodos empleados en el proceso de producción.

En el capítulo 2 “Contexto y referentes” se contextualiza este trabajo en los ámbitos tecnológico, cultural y de mercado, abordando distintas técnicas de fabricación mediante impresión 3d, actitudes culturales relacionadas con el ámbito del trabajo (cosplay y coleccionismo de figuras) y se indican una serie de referentes profesionales que han ayudado a determinar el formato de las obras y la metodología empleada para su producción.

En el capítulo 3 “Determinación de las técnicas a utilizar” se detalla el proceso experimental seguido para determinar el proceso de fabricación de las piezas, incluyendo materiales, técnicas de impresión y postprocesado.

En el capítulo 4 “Producción” se describen las distintas fases del proceso de producción de dos proyectos (un prop y una figura), desde el modelado digital hasta el acabado.

El capítulo 5 “Comercialización” aborda aspectos concernientes a la comercialización de los productos fabricados, incluyendo portales de venta online, aspectos legales relativos a la autoría, y viabilidad presupuestaria

Por último, en el capítulo 6 “Conclusiones” se evalúan los resultados obtenidos en relación a los objetivos iniciales y la repercusión de este trabajo en la conformación de mis perfiles académico y profesional.

# 1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

## 1.1 OBJETIVOS

El propósito de este trabajo, descrito en la Introducción se concreta en la consecución de una serie de objetivos principales:

- Conocer las tecnologías disponibles de fabricación 3D con filamentos plásticos y resinas fotosensibles
- Determinar a través de la experimentación las herramientas, técnicas y procesos adecuados para fabricar con bajo coste y de manera autónoma *props* y figuras de colección de buena calidad.
- Materializar los conocimientos adquiridos mediante la producción de dos proyectos correspondientes a dichos ámbitos.
- Aplicar a estos proyectos distintos conocimientos aprendidos durante mi formación en del grado de Bellas Artes.
- Adquirir una correcta metodología de documentación y trabajo práctico y realizar un texto en los términos que especifica el manual de estilo.

Como objetivo secundario, me propongo evaluar la viabilidad de comercialización de los productos obtenidos a través de plataformas de venta on-line.

## 1.2 METODOLOGÍA

Para realizar este proyecto he comenzado documentándome acerca de las distintas tecnologías y dispositivos de impresión 3D para determinar cuáles serían adecuados para este trabajo, teniendo en cuenta la precisión requerida y los costes de material.

Asimismo, he realizado una recopilación de documentación a partir de bibliografía, sitios web y canales de video de profesionales del sector sobre la fabricación de *props* y figuras mediante la impresión 3D.

El siguiente paso fue decidir qué objetos producir, ya que me propongo evaluar la posibilidad de comercialización del prop o figura. Para ello es necesario conocer qué tipo de réplicas tienen más demanda entre el público. Consulté listados acerca de los videojuegos más vendidos, los estrenos de películas con más asistencia de espectadores, y examiné las tiendas online de distintos *prop makers* para determinar qué productos son los más vendidos y obtener información sobre el rango de precios.

Tras haber valorado la posible rentabilidad del producto que se decida fabricar, el siguiente paso consistió en iniciar la producción utilizando el software más adecuado para cada tipo de objeto a producir en función de sus características formales, trabajando con software convencional de edición de malla poligonal (*3D modelling*), de alta poligonización con herramientas intuitivas (*3d sculpting*), o CAD (*Computer Aided Design*) para las piezas de aspecto más industrial.

Una vez acabado el modelado de las piezas y su optimización para que la impresión se desarrolle sin errores, el siguiente paso fue imprimir los objetos, utilizando distintos materiales dependiendo del tipo de prop o figura, ya que la correcta elección del material incide directamente en la calidad final.

Apliqué a las piezas impresas una serie de tratamientos para eliminar las estrías visibles a causa de la fabricación por capas, obteniendo un acabado liso de calidad profesional. Este es un proceso largo y laborioso, por lo que fue necesario encontrar la forma de obtener una gran cantidad de copias sin tener que realizar esta tarea cada vez. La solución a este problema pasó por la realización de moldes en silicona para producir copias de resina, reduciendo considerablemente el tiempo necesario para la obtención de cada copia.

Tras obtener las copias en resina, los últimos pasos de la producción son la pintura tanto con pincel como con aerógrafo, el acabado de la pieza con pátinas y lavados y finalmente, la aplicación de una capa selladora de barniz con objeto de proteger la pintura de erosiones.

En lo que respecta a la comercialización de los *props* y figuras resultantes, realicé una serie de fotografías con la finalidad de exponerlos ante los potenciales clientes en los distintos mercados on-line donde situar mis productos para su venta.

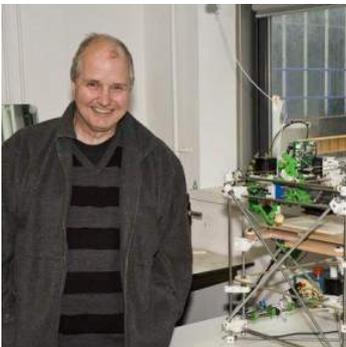
## 2. CONTEXTO Y REFERENTES

### 2.1 IMPRESIÓN 3D: TÉCNICAS DE DEPOSICIÓN DE FILAMENTO FUNDIDO, ESTEREOLITOGRAFÍA Y SINTERIZACIÓN.

La impresión 3D fue concebida como una solución rápida al prototipado de piezas para ingeniería<sup>3</sup>. Hasta la aparición de las primeras impresoras, prototipar una pieza requería una larga espera y un importante desembolso económico, pero con la aparición de las impresoras 3D, cualquier pieza podía ser diseñada digitalmente e impresa directamente, acortando el tiempo de operación y la prescindiendo de la necesidad de profesionales especializados.



Chuck Hull, precursor de la impresión 3D e inventor de la estereolitografía en 1989



Adrian Bowyer, responsable del proyecto RepRap para la popularización de la impresión 3D

En 1981, el japonés Hideo Kodama, del Instituto de Investigación Industrial Municipal de Nagoya, presenta el primer sistema de prototipado rápido basado en la solidificación de fotopolímeros por capas mediante un rayo láser ultravioleta. Basándose en su trabajo, el ingeniero norteamericano Chuck Hulls, consigue la impresión 3D estereolitográfica desde un archivo digital. En 1989, Scott y Lisa Crump (fundadores de Stratasys) patentan la tecnología de modelado por deposición fundida. En 1986, Carl Deckard y Joe Beaman patentan el diseño de la primera impresora de Sinterización Selectiva por Láser<sup>4</sup>, que utiliza un láser para solidificar materiales en polvo en vez de resina. En 2005, el doctor Adrian Bowyer, profesor de ingeniería mecánica en la Universidad de Bath en Reino Unido, funda el proyecto RepRap. El proyecto RepRap consistió en la producción de una impresora 3D autorreplicable que bajara drásticamente el precio de las impresoras comerciales, cuyos precios partían de los 20.000 dólares. En la actualidad es posible obtener una impresora 3D por menos de 200 dólares<sup>5</sup>.

En la actualidad las aplicaciones de la impresión 3D no se limitan al prototipado de piezas, sino a la fabricación en diversos ámbitos, utilizando técnicas y materiales diversos. Por ejemplo, en lo que respecta a grandes volúmenes, uno de los campos en los que actualmente se está implantando con éxito es la arquitectura<sup>6</sup>. En lo que respecta a las técnicas y materiales

<sup>3</sup> Recurso Online: *History of 3D printing* [consulta: 10/03/2017] Disponible en <<https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/history/>>

<sup>4</sup> Recurso Online: *Selective Laser Sintering, Birth of an Industry* [consulta: 10/03/2017] Disponible en <<http://www.me.utexas.edu/news/news/selective-laser-sintering-birth-of-an-industry>>

<sup>5</sup> Recurso Online: *Tienda online Aliexpress* [consulta: 10/06/2017] Disponible en <<http://bit.ly/2svXDso>>

<sup>6</sup> Recurso Online: *The world's first freeform 3D printed house* [consulta 10/03/2017] Disponible en: <<http://www.watg.com/the-worlds-first-freeform-3d-printed-house/>>

referidos en este apartado aplicadas a la producción de objetos afines al objeto de este trabajo de fin de grado, un creciente número de diseñadores de joyería ya trabajan exclusivamente con programas de modelado como Zbrush para diseñar sus joyas e imprimirlas en resina para utilizarlas directamente para producir los moldes<sup>7</sup>, y muchas de las empresas fabricantes de figuras han desplazado completamente la producción tradicional de originales para adoptar al 100% el método de la impresión 3D<sup>8</sup>.

### 2.1.1 Sistemas de impresión 3D

#### 2.1.1.1 Deposición de hilo fundido

La técnica de modelado por deposición de hilo fundido fue desarrollada por S.Scott Crump en 1989, y comercializada por su empresa Stratasys en 1990<sup>9</sup>. El término “Modelado por deposición de hilo fundido” está patentado por él, por lo que el resto de marcas comercializadoras de esta tecnología se refieren a este método como “Fabricación por hilo fundido”, siendo ambos términos correctos para referirse a este tipo de impresión<sup>10</sup>.

Es el método más accesible y económico de los que existen actualmente, ya que en el año 2005 nació proyecto RepRap, consistente en la creación de una impresora 3D libre y replicable por cualquier usuario, gracias a lo cual existe una gran comunidad de gente que comparte esquemas, planos y software para que cualquiera pueda fabricar su propia impresora a muy bajo precio. Este tipo de impresión consiste en aumentar la temperatura de un hilo de plástico hasta su punto de fusión y extruirlo a través de una boquilla que se desplaza sobre la base de impresión formando el objeto capa a capa. Se pueden extruir distintos tipos de materiales para la fabricación de objetos, dependiendo del tipo de producto que queramos fabricar, siendo los más utilizados los siguientes:

#### PLA

El Plástico Ácido Poliláctico, conocido por sus siglas en inglés como PLA, es un plástico derivado del almidón de maíz o de la caña de azúcar, por lo que es biodegradable y no tóxico. Su color es transparente, por lo que necesita de pigmentación para obtener filamentos de distintos colores. Su punto de fusión



Impresora por deposición de hilo fundido Prusa i3

<sup>7</sup> Recurso Online: O'CONNOR, CLARE. *How A Jewelry Company Is Making \$250,000 Pieces Using 3D Printing and Google Earth* [consulta: 10/03/2017] Disponible en <<https://www.forbes.com/sites/clareoconnor/2014/02/28/how-a-jewelry-company-is-making-250000-pieces-using-3d-printing-and-google-earth/#73008fdf4c47>>

<sup>8</sup> Recurso Online: Super-sized giant is now 3D printed Nendoroid giant bust [consulta: 10/03/2017] Disponible en <<http://www.3ders.org/articles/20130430-super-sized-giant-is-now-3d-printed-nendoroid-giant-bust.html>>

<sup>9</sup> Recurso Online: *3D printing history*. [consulta 10/03/2017] Disponible en <<http://www.avplastics.co.uk/3d-printing-history>>

<sup>10</sup> Recurso Online: *Fused deposition modeling* [Consulta 10/03/2017] Disponible en <[https://en.wikipedia.org/wiki/Fused\\_deposition\\_modeling](https://en.wikipedia.org/wiki/Fused_deposition_modeling)>

se encuentra en los 180°C, siendo su temperatura óptima de trabajo entre los 200°C y 220°C<sup>11</sup>, dependiendo de los distintos fabricantes y la velocidad a la que se desea imprimir.

#### ABS

El plástico Acrilonitrilo Butadieno Estireno, ABS por sus siglas en inglés, es un plástico usado en muchos ámbitos aparte del de la impresión 3D, como por ejemplo la fabricación de juguetes, contenedores de plásticos o piezas de automoción. Es un plástico derivado del petróleo, por lo que no es biodegradable y resulta ligeramente tóxico a altas temperaturas. Es rígido, más duradero que el PLA y se puede disolver con acetona. Es un material más difícil de imprimir que el PLA, ya que es extremadamente sensible al cambio de temperaturas, contrayéndose al enfriarse y causando problemas como por ejemplo la mala adherencia entre capas. Además, requiere de una impresora con cama caliente para evitar que se despreque de la base durante su impresión debido a la contracción.

Su rango de temperaturas ideales para la impresión oscila entre los 230°C y los 245°C, y se recomienda una temperatura de entre 90°C y 100°C para la cama caliente<sup>12</sup>.

#### TPE

Son las siglas en inglés de Elastómero Termoplástico. Es un plástico utilizado para la impresión de productos flexibles y que cada empresa lo comercializa con distintos nombres, como Filaflex, Ninjaflex o Polyflex. Su rango de temperaturas de trabajo se sitúa entre los 215°C y los 245°C. Soporta un alargamiento hasta de un 700% antes de su rotura<sup>13</sup>.

#### Nylon

El Nylon es un plástico derivado de las poliamidas, caracterizado por su gran dureza y resistencia en comparación a los plásticos anteriores. Además, tiene un coeficiente de fricción muy bajo, lo que lo hace ideal para la fabricación de piezas mecánicas. Necesita una temperatura muy alta de impresión, de entre 240°C y 260°C, por lo que no pueden utilizarse extrusores con tubo de teflón, ya que este se funde a los 245°C. Al igual que el ABS, también sufre de

---

<sup>11</sup> Recurso Online: *PLA* [Consulta 14/04/2017] Disponible en: <<https://www.bq.com/es/pla>>

<sup>12</sup> Recurso Online: *ABS vs PLA ¿Qué material utilizamos?* [consulta: 14/04/2017] Disponible en <<https://createc3d.com/abs-vs-pla-que-material-utilizamos/>>

<sup>13</sup> Recurso Online: *Acerca de Filaflex* [Consulta 14/04/2017] Disponible en : <<https://recreus.com/blog/acerca-de-filaflex/>>



Impresora estereolitográfica SLA  
Form 2

contracción al enfriarse, por lo que necesita una cama caliente capaz de alcanzar más de 70°C y pegamento de PVA para su adherencia a la base<sup>14</sup>.

#### 2.1.1.2 Estereolitografía

La estereolitografía es la técnica de impresión 3D mediante la solidificación por capas de resina líquida fotosensible. En 1984 los franceses Alain Le Mehaute, Olivier de Witte y Jean Claude André solicitaron la patente en Francia de esta tecnología, y tres semanas más tarde el estadounidense Chuck Hull hizo lo propio en Estados Unidos, y puesto que los franceses abandonaron su patente, se considera a Hull el inventor de esta.

Su patente estuvo en vigor desde 1984 hasta el año 2014, por lo que a partir de ese año cualquier empresa puede fabricar libremente su propia impresora 3D estereolitográfica. La empresa Formlabs fue una de las primeras en fabricar una impresora SLA tras quedar libre la patente, y tras ella aparecieron modelos de distintas empresas. Debido a esto, los precios han caído desde los 70.000€ a impresoras de menos de 2000€.

Hay distintos tipos de resina fotosensible disponible para estas impresoras, como por ejemplo resina opaca, transparente, ultrarresistente, flexible, calcinable, biocompatible...

Aunque el funcionamiento de este tipo de impresión es distinto, al igual que en la deposición de hilo fundido, el objeto se fabrica capa a capa, si bien en este caso, una luz solidifica cada capa hasta formar la pieza completa. Actualmente existen tres tipos de impresión estereolitográfica:

#### SLA

La tecnología SLA (del inglés Stereolithography Apparatus<sup>15</sup>) funciona mediante la proyección de un rayo láser ultravioleta en movimiento durante el tiempo necesario para que la forma de la capa quede solidificada. Una vez solidificada esta capa, el soporte de la pieza sube en el eje Z y el láser empieza a curar la siguiente capa.

#### DLP

El método de impresión estereolitográfica DLP (del inglés Digital Light Processing) es prácticamente idéntico al SLA, con la diferencia de que, en vez de proyectar la luz mediante un láser, este método utiliza un proyector digital DLP común que dirige la imagen hacia la cubeta de resina para curar cada capa.



Impresora estereolitográfica DLP  
Solidray 2

<sup>14</sup> Recurso Online: *Printing with nylon* [consulta: 14/04/2017] Disponible en <<http://www.matterhackers.com/articles/printing-with-nylon>>

<sup>15</sup> Recurso Online: PALERMO, ELIZABETH. *What is stereolithography?* [consulta: 14/04/2017] Disponible en: <<http://www.livescience.com/38190-stereolithography.html>>

## LCD

Este método de impresión estereolitográfica es prácticamente igual que la impresión DLP, con la diferencia de que el emisor de luz no es un proyector, sino una pantalla LCD. Se utilizan 2 tipos distintos de pantalla para este método: pantallas con luz ultravioleta, que curan con resinas sensibles a la luz ultravioleta, y pantallas LCD normales como las de cualquier tablet o teléfono, que curan con resina sensible a la luz azul visible.

### 2.1.1.3 Sinterización selectiva por láser

La impresión por sinterización selectiva por láser fue inventada y patentada en 1986 por los estadounidenses Carl Deckard y Joe Beaman de la Universidad de Austin en Texas.

Este sistema utiliza un láser de dióxido de carbono, mucho más potente que un láser de luz común, que solidifica capas de polvo que puede estar formado por partículas de plástico, vidrio, metal o cerámica.

### 2.1.1.4 Inyección aglutinante

Estas impresoras se asemejan bastante a las impresoras por inyección de tinta de papel. Las impresoras 3D de inyección imprimen el objeto a través de la deposición de un líquido solidificable a través de un inyector sobre una cama de polvo de yeso, arena o polvos plásticos que solidifican al entrar en contacto con el líquido<sup>16</sup>.

## 2.1.2 Aplicación al ámbito profesional de este trabajo

### 2.1.2.1 Prop Making

Entre las diversas aplicaciones de la impresión 3D están la fabricación de utilería y la réplica de objetos de películas, series y videojuegos.

La utilería, también conocida por el término anglosajón *prop*, abreviatura de *theatrical property*, es el conjunto de objetos utilizados en las representaciones teatrales que forman parte del atrezzo de la escena. Estos *props* pueden formar parte del escenario, como una mesa o una silla, o ser un objeto que forme parte del vestuario del personaje, como un bastón o un paraguas.

Ya desde las representaciones teatrales de la antigua Grecia se tiene constancia de la utilización de utilería, fabricada por los *skeupoios*, que puede traducirse del griego como “fabricante de máscaras” o “fabricante de



Mosaico Griego que muestra una estantería de máscaras y una espada utilizada como prop.

<sup>16</sup> Recurso Online: *Inyección aglutinante, te lo contamos todo* [consulta: 19/04/2017] Disponible en <<http://www.3dnatives.com/es/inyeccion-aglutinante-te-lo-contamos-23032016/>>

utilería"<sup>17</sup>, por tanto, se puede observar que el oficio de *prop maker* data al menos desde el siglo V a.c.

Durante el renacimiento, los actores de las pequeñas compañías de teatro reunían y compartían todos los recursos que podían encontrar para ser utilizados como *props*<sup>18</sup>.

En la actualidad hay artistas y empresas dedicadas exclusivamente a la producción de utilería no solo para obras de teatro sino sobre todo para producciones cinematográficas, que demandan una fabricación de *props* de alta calidad hecha por profesionales titulados en estudios de arte y diseño<sup>19</sup>.

El interés de los aficionados de las películas y videojuegos por coleccionar los *props* aparecidos en sus obras preferidas propició la inclusión de réplicas más o menos fieles de éstos en el *merchandising*, con el que las compañías poseedoras de los derechos de la película o videojuego podían obtener ingresos con la venta de productos relacionados con su obra. En muchas ocasiones las compañías no producen réplicas ni productos para su venta, por lo que este vacío de mercado ha hecho surgir la aparición de artistas independientes que fabrican estos *props* para aprovechar comercialmente esta demanda por parte de los aficionados.

#### 2.1.2.2 Cosplay

El *cosplay*, acrónimo de *costume play*, consiste en el acto de disfrazarse de personajes de ficción, normalmente de películas, series de animación, y videojuegos.

Aunque se considera que el *cosplay* como tal nació en Japón en los años 70, ya se practicaba anteriormente en convenciones de cómics en los Estados Unidos. El periodista Nobuyuki Takahashi, en un artículo para la revista *My Anime* en el año 1984 acuñó el término *Cosplay*, y su popularidad empezó a crecer enormemente gracias a la fama del manga y las series de animación<sup>20</sup>. La expansión de la popularidad del manga y el anime por todo el mundo hizo que gran cantidad de aficionados quisieran emular a los fans japoneses



Lista de gastos de utilería de tres obras teatrales en el Theatre Royal Drury Lane de Londres en 1716



Reportaje sobre cosplay en la revista My Anime. 1984.

<sup>17</sup>Recurso Online: HART, ERIC. *Ancient greek theatre props* [consulta: 19/04/2017] Disponible en <<http://www.props.eric-hart.com/education/ancient-greek-theatre-props/>>

<sup>18</sup>Recurso Online: *Props in history and today* [consulta: 19/04/2017] Disponible en <<http://spurcreative.co.uk/props-in-history-and-today/>>

<sup>19</sup>Recurso Online: *Prop maker* [consulta: 19/04/2017] Disponible en <[http://creativeskillset.org/job\\_roles/3748\\_prop\\_maker](http://creativeskillset.org/job_roles/3748_prop_maker)>

<sup>20</sup>Recurso Online: LUSTER, JOSEPH. *Exploring the history of cosplay with Cosplay USA*. [consulta: 19/04/2017] Disponible en: <<http://otakuusamagazine.com/Events/News1/Exploring-the-History-of-Cosplay-with-Cosplay-USA-5265.aspx>>

disfrazándose de sus personajes preferidos en los eventos dedicados a la cultura japonesa.

Pero más que considerarse un simple disfraz, para muchos aficionados practicar *cosplay* implica asumir el rol físico e incluso psicológico del personaje ficticio al que representan. Por este motivo hay muchos *cosplayers* que toman muy en serio la fidelidad de su apariencia respecto al personaje que representan, y no escatiman en gastos, tiempo y esfuerzo en tener un disfraz lo más fiel posible al original.



Ejemplo de prop en un cosplay.

Normalmente los practicantes de esta afición fabrican sus propios trajes y accesorios, pero en ocasiones, por falta de tiempo o habilidades, optan por encargar la fabricación de sus disfraces a terceras personas, por lo que este colectivo es uno de los principales clientes de los fabricantes de *props* y réplicas.

Algunas personas, tras años de asistir a eventos con sus disfraces y de publicitarse en internet, llegan a practicar el *cosplay* como profesión, teniendo cientos de miles de seguidores en todo el mundo. Muchas otras participan en concursos de nivel internacional que requieren *props* con un acabado profesional, por lo que acuden a *prop makers* para la realización de sus armas y armaduras pese al elevado precio que supone adquirir *props* personalizados por encargo.

Normalmente estas réplicas se han fabricado artesanalmente con materiales como foam, cartón, madera, espuma de poliuretano, resina, *worbla*, fibra de vidrio, etc. La impresión 3D ofrece ventajas como la rapidez y control del diseño, así como la velocidad de fabricación, de la que carecen los métodos tradicionales. Por ello cada vez más fabricantes de *props* trabajan con impresoras 3D para producir sus réplicas.<sup>21</sup>

#### 2.1.2.3 Referentes

A continuación, expongo una lista de diversos referentes en cuanto a la fabricación de *props* y escultura y pintura de figuras de colección:

Punished Props: Empresa formada por Bill y Brittany Doran dedicada a la fabricación de *props* desde el año 2009. También se dedican a instruir sobre la producción de réplicas tanto de forma tradicional como usando la impresión 3D a través de su página web, su canal de Youtube, y la publicación de 2 libros y 16 e-books.

---

<sup>21</sup> Recurso Online: DORAN, BILL. *3D printing props and costumes* [consulta: 19/04/2017] Disponible en: <<http://punishedprops.com/3d-printing/>>

Volpin Props: Empresa formada por el exdiseñador gráfico Harrison Krix. *Prop maker* autodidacta que realiza réplicas de armas, armaduras y objetos de videojuegos.

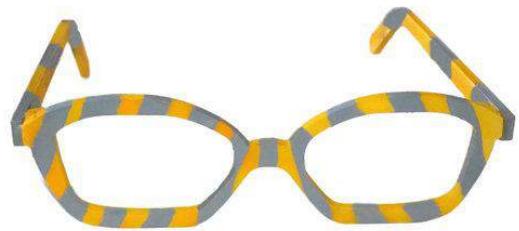
Adam Savage: Escultor, presentador de televisión y *prop maker* profesional, ha trabajado fabricando *props* para películas como Terminator 3, la segunda trilogía de Star Wars o Matrix.

Rafael Robledo Jr: Pintor freelance de figuras y *props*.

Harp lightsabers: Empresa dedicada a la fabricación de réplicas de diseños tanto originales como personalizados de sables láser de Star Wars.

### 3. DETERMINACIÓN DE LAS TÉCNICAS A UTILIZAR

La determinación de las técnicas y procesos adecuados para una correcta fabricación ha sido determinada a lo largo del último año durante la producción de distintas piezas, algunas de las cuales se muestran en la imagen inferior, exceptuando las dos que expondré detalladamente en esta memoria. El resto de piezas fabricadas pueden verse, junto con éstas, en el Anexo II.





De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Sable Kylo Ren, cráneo Cubone, Plumbus, , gafas 707  
Máscara Alex DeLarge, Hulk, Sable Darth Revan.

### 3.1 TÉCNICAS DE IMPRESIÓN 3D

La determinación de la técnica a utilizar la he realizado tras un proceso de documentación sobre las distintas tecnologías de impresión actuales, analizando factores como el precio de la impresora y los materiales, la calidad de impresión o el tamaño de la base de impresión, entre otras características.

La máquina que adquirí tras esta documentación fue la impresora BQ Hephestos i3, que es el nombre utilizado por la empresa española BQ para comercializar la impresora Prusa i3, de diseño libre. Los principales motivos para adquirir este modelo fueron el bajo precio de la impresora (479€), el bajo coste de los consumibles (15.95€/kg) y la baja anchura de capa que es capaz de imprimir (0,05mm).

Hice las primeras pruebas de impresión de figuras de coleccionismo y pude determinar que esta impresora no es adecuada para este trabajo, ya que las figuras deberían tener una cantidad de detalle que las impresoras por deposición de hilo fundido no son capaces de reproducir.

Tras descartar esta impresora para imprimir figuras de colección, realicé pruebas para la impresión de *props*, y la calidad de las piezas impresas a 0,05mm de anchura de capa satisfacía los requisitos para ser utilizadas en la fabricación de *props* y réplicas.

Debido a la lenta velocidad de impresión a 0,05mm, realicé una impresión a 0,1mm para comprobar si la calidad de impresión seguía siendo apta para obtener un *prop* de calidad, y el resultado fue positivo. Posteriormente realicé la prueba a 0,2mm resultando también positivo, y finalmente una prueba a 0,3mm en el que la pieza ya no tenía la calidad deseada para fabricar el *prop*, por lo que establecí el tamaño de capa máximo deseable en 0,2mm, que cuadruplica la velocidad de impresión respecto a imprimir a 0,05mm.

Para la impresión de figuras de colección adquirí una impresora estereolitográfica, optando por el modelo Liquid Crystal HR de la empresa Photocentric. Los motivos para la elección de esta impresora fue el bajo precio respecto al resto de impresoras del mercado (2.299€) con un coste de consumibles razonablemente asequible (89€/kg), además de la baja anchura de capa a la que es capaz de imprimir (0,025mm).

El funcionamiento de este tipo de impresoras es completamente distinto al de las máquinas por deposición de hilo, por lo que los conocimientos adquiridos tras las diversas pruebas con la Hepshestos i3 no eran de utilidad en esta nueva impresora, cosa que provocó pasar por una nueva curva de aprendizaje en la que las primeras impresiones fueron fallidas. Tras un proceso de aprendizaje tanto de software como de hardware basado en el ensayo y error, conseguí aumentar el ratio de impresiones satisfactorias y pude comenzar con las pruebas de calidad a distintas alturas de capa.

La primera impresión la realicé a 0,025mm de altura, consiguiendo una calidad realmente notable y adecuada para la producción de figuras. La segunda prueba fue a 0,05mm y la diferencia de calidad era inapreciable, pero con la diferencia de tiempo de impresión reducida a la mitad. A partir de 0,1mm ya se hacen notables las distintas capas que forman la figura, por lo que determiné que la altura de capa ideal para la impresión de figuras puede establecerse a 0,05mm para figuras que tengan una altura hasta 20cm, y de 0,1mm para tamaños superiores.

### 3.2 TÉCNICAS DE POSTPROCESADO

La siguiente técnica a determinar fue la del post-procesado de las piezas. Las impresiones 3D son fabricadas por capas que son apreciables a simple vista, y uno de los objetivos para alcanzar la calidad deseada es hacer desaparecer esta diferencia entre capas para darle un acabado liso y profesional.

Para determinar la mejor técnica de postprocesado de las piezas impresas en PLA, primeramente, me dispuse a lijar la pieza con una lija de grano grueso. La diferencia entre capas tras aplicar el lijado se redujo notablemente en zonas grandes y lisas, pero en zonas con huecos, hendiduras y detalles no se

consiguió suavizar el estriado visible, y por tanto no sirve como solución para mi objetivo.

Tras consultar diversas fuentes que tratan sobre este tema, adquirí resina epoxi de baja viscosidad para aplicarla sobre la pieza impresa. La resina epoxi forma una fina capa autonivelante sobre la pieza, que una vez seca forma una lámina dura y lisa que cubre el *prop*, con lo que el problema de visibilidad entre capas en piezas impresas por deposición de hilo queda solucionado.

Por otra parte, el postprocesado del ABS es completamente distinto, ya que este plástico tiene la característica de ser soluble en acetona. Tras leer una serie de documentación sobre la postproducción de las impresiones fabricadas en ABS, probé el método del baño de vapor en acetona. Este método consiste en aplicar vapor de acetona a la pieza impresa, cuyo efecto produce una ligera fusión superficial del plástico, obteniendo como resultado el suavizado de la diferencia entre capas del objeto impreso. Detecté ciertos problemas con este método, y es que en objetos con ángulos definidos o con detalles, debido a la fusión del material, quedan demasiado suavizados y por tanto se pierde fidelidad respecto al objeto modelado en 3D. Por tanto, este método no es adecuado para la impresión de piezas con ángulos tal como algunos tipos de armas o piezas con cierto detalle, pero es ideal para formas orgánicas o poco definidas.

Para reducir la visibilidad de las capas en las figuras impresas con la impresora estereolitográfica el proceso de pruebas fue más sencillo, ya que la diferencia entre capas es mucho menor que en las impresiones hechas con la Hephestos i3. Las zonas más amplias y lisas de la figura pueden lijarse con una lija de grano fino o muy fino hasta nivelar la superficie, y posteriormente le apliqué diversas capas de imprimación de alta densidad en spray, un tipo de pintura capaz de cubrir pequeñas hendiduras sin perder mucho detalle.

## 4. PRODUCCIÓN

### 4.1. MODELADO ORIENTADO A LA FABRICACIÓN

El modelado 3D consiste en la creación de la pieza de forma digital utilizando para ello un software de creación tridimensional. Existen distintos tipos de software según el método de creación 3D que queramos utilizar, como por ejemplo los programas de edición poligonal, de escultura digital, CAD...

#### 4.1.1 Modelado de alta poligonización

El modelado de alta poligonización es ideal para realizar esculturas de figuras, ya que es un tipo de modelado con el que resulta mucho más sencillo crear formas orgánicas.

El software utilizado para este tipo de modelado es el ZBrush, con el que se pueden lograr muy buenos resultados si se tienen suficientes conocimientos sobre su funcionamiento.

El objeto que voy a modelar consiste en una versión propia inspirada en las ilustraciones del comic de *Hulk*, un conocido personaje de la compañía de cómics Marvel. Es necesario antes de modelar tener suficientes imágenes de referencia para poder trasladar cualquier detalle del original a la figura.

Se pueden utilizar distintos flujos de trabajo para realizar un modelado con ZBrush; el elegido para modelar esta figura ha sido partir de una malla base que iré modelando y detallando hasta obtener el resultado deseado.

Para el modelado de esta malla base, partí de una esfera Dynamesh y a partir de ella modelé la cabeza, tronco y extremidades, situando la musculatura básica correctamente para que cuando esta malla sea usada, resulte más sencillo modelar la anatomía del personaje.

Es muy recomendable utilizar una tableta digitalizadora para trabajar con ZBrush, ya que este reconoce la presión del trazo y traslada esta presión a la intensidad que aplica la herramienta que se esté utilizando, ahorrando mucho más tiempo que si hubiera que definir este parámetro cada vez que se quisiera cambiar.

Utilizando las herramientas *Clay Buildup*, *Move* y *Dam Standard* he modelado la cara, la musculatura y el pelo. Es necesario aumentar las subdivisiones de polígonos del modelo para poder aumentar la calidad de detalle a la figura. Los pantalones los he modelado extrayendo la malla de las piernas y modelando las arrugas y pliegues característicos de la tela.



Personaje a modelar



Malla base



Modelado finalizado. 611.684 polígonos

Una vez satisfecho con el modelado del personaje, el siguiente paso es darle la pose que tendrá la figura, para lo que he usado la herramienta *Transpose Master*.



División en dos piezas



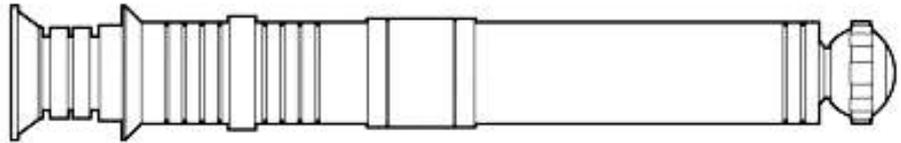
Modelado terminado

El paso final consiste en dividir el modelo en distintas partes para facilitar su impresión. En mi caso lo he dividido en tan solo dos partes, ya que no es un modelo excesivamente complejo de imprimir y replicar. Tras esto tan solo queda exportar las piezas en un archivo .obj o .stl.

#### **4.1.2 Modelado de baja poligonización**

Este tipo de modelado es el más adecuado para la elaboración de *props* como pistolas, armas de ciencia ficción o espadas, ya que son objetos con una sencillez formal y cantidad de detalle muy inferiores a los modelados orgánicos tales como el cuerpo humano.

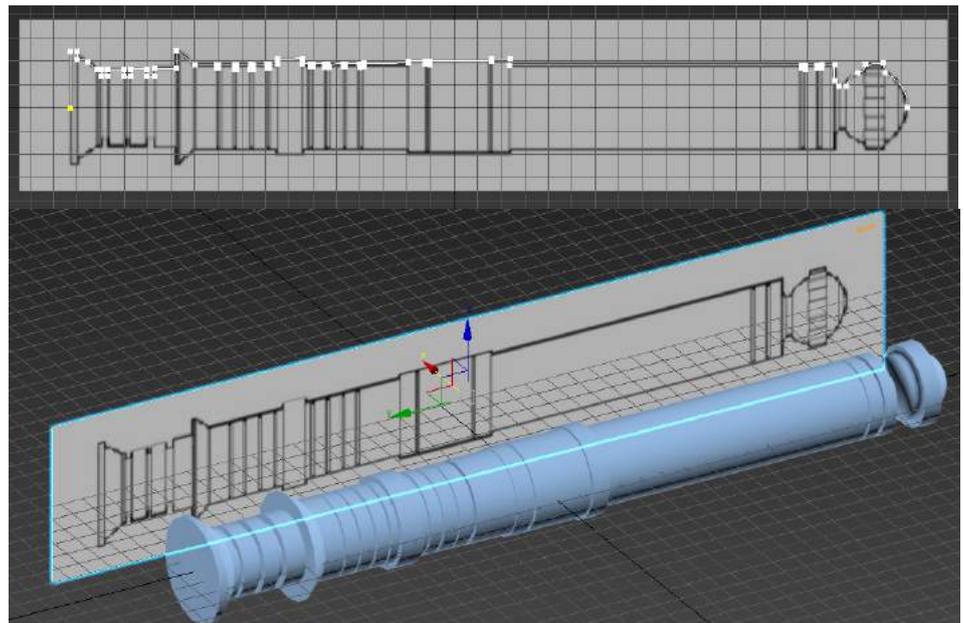
He utilizado este tipo de modelado 3D para la creación de un sable láser inspirado en los aparecidos en la película Star Wars. Para ello he partido de un diseño en 2D que sirva de referencia para el modelado.



Diseño 2D vista lateral

El software con el que he modelado es el 3D Studio Max 2016, ya que reúne todas las herramientas necesarias para hacer un buen modelado poligonal.

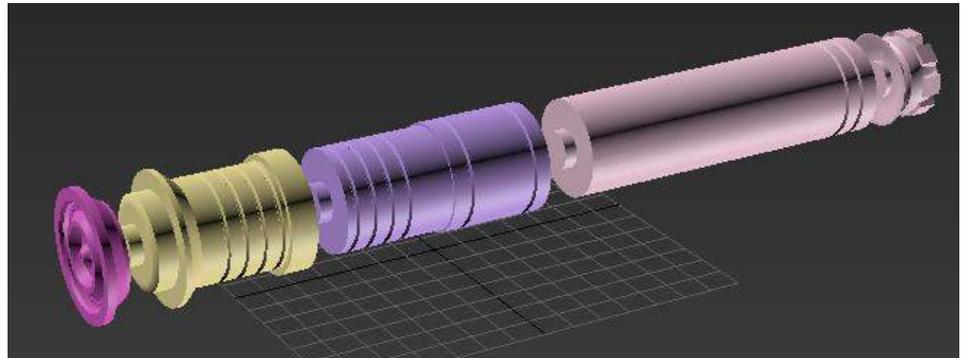
Utilizando la herramienta *splines*, he contorneado una mitad de la pieza y he aplicado la herramienta *torno* para crear la pieza.



Modelado del objeto en 3DS Max

Este ha sido el resultado al aplicarle el modificador *torno*, en el que se observa que ya queda modelada la base de la pieza y tan solo queda aplicarle algunos detalles para tener el modelo finalizado.

Finalmente lo he acabado de detallar y lo he dividido en varias piezas para optimizar la impresión, siendo este el resultado final a imprimir:



Resultado final con las piezas divididas

Tras esto, he exportado cada parte a un archivo .stl compatible con cualquier software de impresión 3D del mercado.

## 4.2. IMPRESIÓN 3D

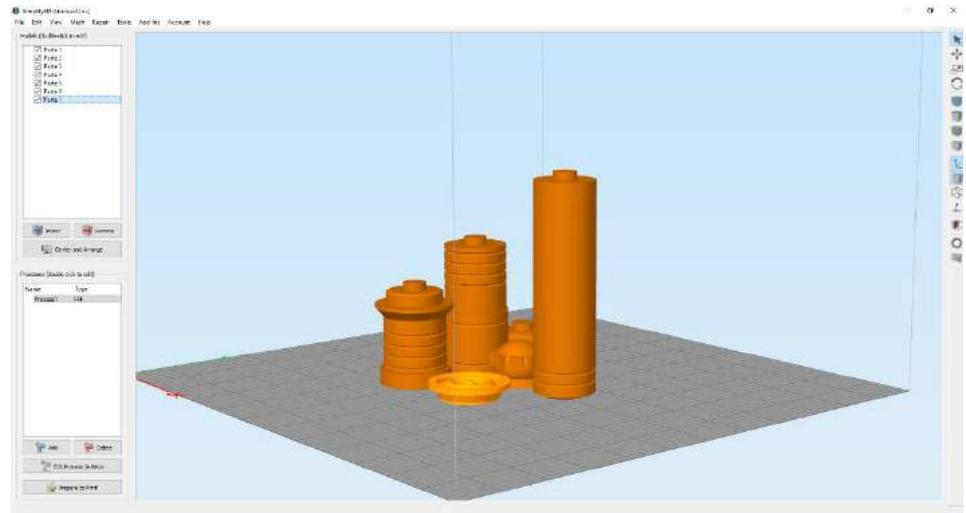
El proceso de impresión 3D consiste en la elaboración de la pieza modelada digitalmente. Este paso comienza con el procesamiento del archivo de forma que la impresora sea capaz de interpretarlo y proceder a su fabricación.

Cada tipo de impresora 3D utiliza un formato de archivo distinto, pero todas coinciden en que la fabricación se realiza capa a capa, por lo que cualquier archivo que se desee imprimir en 3D tiene que ser dividido en capas utilizando un software dedicado a esta función.

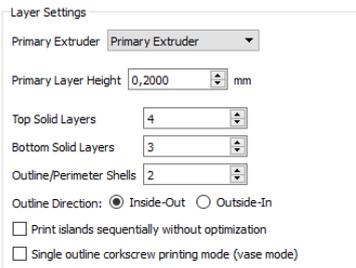
### 4.2.1 Impresión por deposición de hilo fundido

El primer paso consiste en convertir el archivo 3D en un archivo .gcode que pueda leer la impresora. Existen diversos softwares de procesamiento de archivos para impresión por deposición de filamento fundido, la mayoría de ellos gratuitos, como *Cura* o *Slic3r*. En mi caso utilizo *Simplify 3D* ya que es el más complejo y por tanto el que más opciones manuales permite modificar, teniendo con ello mayor control sobre el proceso de impresión.

Es necesario entender las propiedades de las que dispone una impresora por filamento fundido, ya que la correcta configuración de estas afectará directamente al éxito de impresión de la pieza, pudiendo resultar fallida si no se ha configurado correctamente.



Disposición de las piezas sobre la cama de impresión



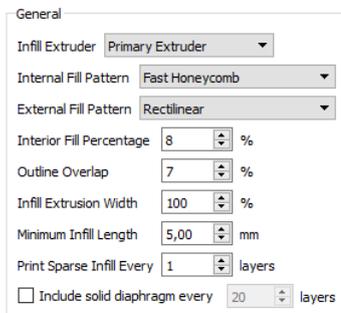
Configuración del grosor de capa.

Grosor de capa: Es necesario saber de antemano a que altura de capa a la que se desea imprimir, ya que esto afectará directamente tanto a la calidad como al tiempo de impresión. A mayor tamaño de capa, menor calidad y más velocidad. Si el objeto tiene poco detalle, se puede imprimir a 0,200 milímetros, pero si la pieza tiene bastante detalle es recomendable imprimir a 0,100 milímetros o menos.

Grosor de pared: El grosor de pared indica los milímetros de ancho del perímetro de la pieza, así como de las capas inferior y superior. Cuanto más gruesas sean las paredes, más resistencia tendrán a golpes y deformaciones, pero más tardarán en imprimirse y más material se utilizará.

El grosor de la capa inferior y superior se calcula dividiendo el grosor deseado entre la altura de capa que hemos definido, así por ejemplo si se quiere imprimir con un grosor de 1mm y la altura de capa está definida a 0,2mm, hay que indicar en la configuración que queremos 5 capas inferiores y 5 superiores.

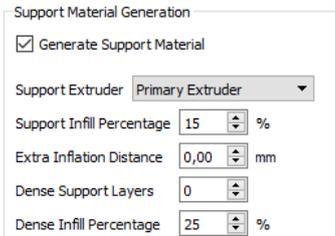
El grosor de pared se calcula dividiendo el tamaño de orificio del extrusor entre el ancho deseado, por tanto, el tamaño de grosor debe ser múltiplo del diámetro del orificio. En mi caso, el extrusor es de 0,4 mm, por lo que, si deseo imprimir con un grosor de 1,2mm hay indicar que tenga un grosor de 3 capas perimetrales.



Configuración del relleno

Relleno: Se puede imprimir la pieza con un relleno desde el 0% (hueca) hasta el 100% (maciza). El relleno es una trama de plástico que proporciona solidez a la pieza y sirve de soporte interno para las capas superiores. Las piezas utilizadas con fines mecánicos se deben imprimir con un alto valor de

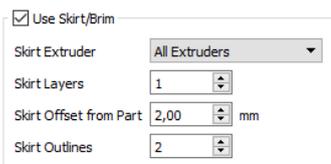
relleno para darle resistencia frente a roturas, pero para las réplicas no es necesario un relleno denso, por lo que es suficiente entre el 5% y el 15%.



Configuración de los soportes

**Soportes:** La impresión por deposición de filamento funciona depositando el plástico sobre una base, por tanto, si una parte de la pieza no se sostiene sobre la base o sobre la misma pieza, esta se depositará sobre el aire y caerá por efecto de la gravedad, causando que la impresión de esa parte no se realice correctamente. Para eso existe la opción de construir soportes, unos pilares sobre los que se asentarán las partes de la pieza que estén en el aire. De esta forma el plástico extruido ya tiene una base sobre la que posarse correctamente.

Los parámetros de los soportes son configurables para modificar su densidad, por tanto, si se aumenta la densidad de los pilares, será más fácil que la pieza se asiente con estabilidad sobre ella, pero consumirá más tiempo y material.

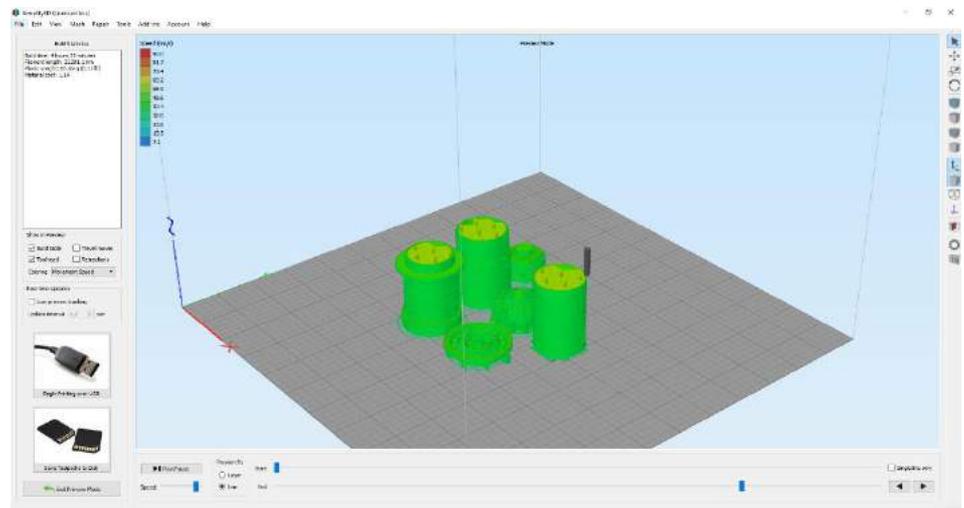


Configuración de falda/rejilla

**Falda/rejilla:** La falda y la rejilla es un elemento de soporte cuya finalidad es la de ayudar a la pieza a adherirse a la base y evitar que se desprenda durante la impresión. La falda imprime una capa de plástico del grosor que le indiquemos sobre la base, y la rejilla, como su propio nombre indica, imprime una trama de plástico en forma de rejilla sobre la que se asienta la pieza.

Tras configurar estos parámetros, hay que asegurarse de que la temperatura es la adecuada para el tipo de material con el que se va a imprimir.

Finalmente, solo falta comprobar en la previsualización si no hay ningún error, y ya se puede guardar el archivo e imprimir.



Vista previa de la impresión

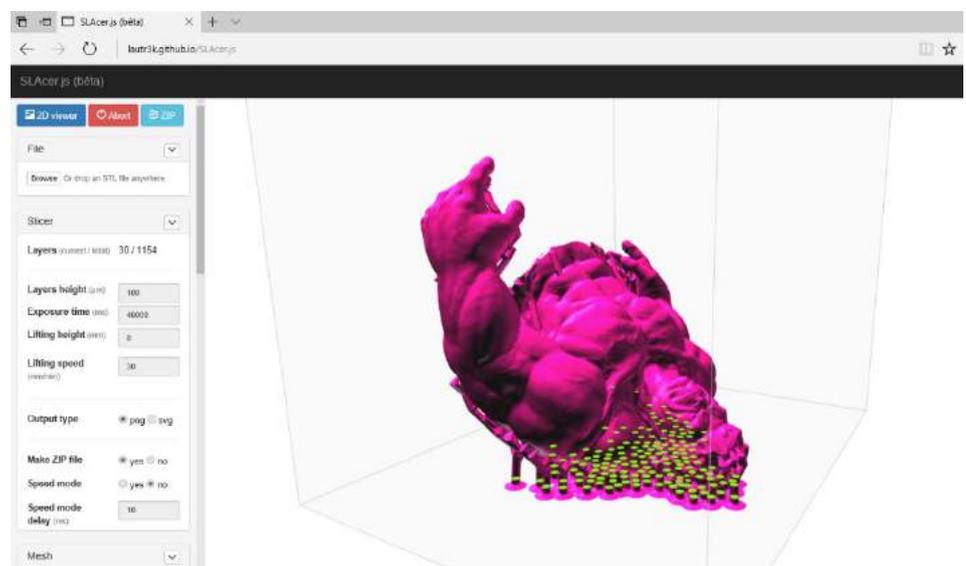


Piezas impresas

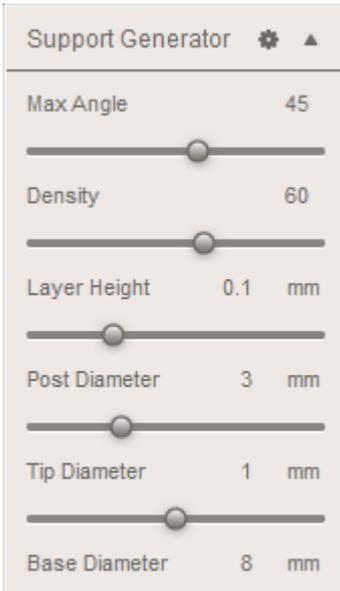
#### 4.2.2 Impresión por estereolitografía

El funcionamiento de las impresoras estereolitográficas difiere bastante de las de deposición de filamento fundido, por tanto, hay que tener en cuenta unos parámetros distintos para una correcta impresión.

Los softwares para este tipo de impresión no están tan popularizados como para las de filamento, siendo normalmente cada empresa la que desarrolla su propio software de impresión para sus dispositivos, habiendo pocas opciones *open source*. En mi caso he utilizado el software Meshmixer de Autodesk para el tratamiento del modelo, y la aplicación libre SLAcer para el fileteado y exportación del archivo imprimible.



Vista previa de la impresión



Configuración de los soportes



Configuración de grosor de capa y tiempo de exposición

**Soportes:** También la impresión en resina necesita unos soportes que anclen cada parte a la base, ya que no puede construir sobre el aire, por tanto, hay que utilizar pilares en las partes necesarias para que la pieza pueda ser finalizada con éxito.

**Tiempo de curado:** Los polímeros fotosensibles se endurecen con su exposición a la luz, por tanto, hay que conocer cuánto tiempo necesita nuestra resina para endurecerse al ser expuesta a nuestra fuente de iluminación. Normalmente este tiempo viene determinado por el fabricante, pero en ocasiones será necesario ajustar ese tiempo según nuestras necesidades.

**Grosor de capa:** Al igual que con las impresoras de filamento fundido, el grosor de capa afectará a la calidad final de la pieza, al representar más detalle cuanto menos sea esta. En este tipo de impresoras, un mayor grosor de capa requiere un mayor tiempo de exposición para curar la resina.

**Relleno:** Debido al alto precio de la resina fotosensible, es muy recomendable que la pieza sea hueca en la medida de lo posible. Al contrario de las impresoras de filamento, estos softwares no permiten darle una densidad de relleno interior a la pieza, solamente es posible elegir el grosor perimetral de la capa. Es muy recomendable incluir un pequeño orificio en la pieza para poder drenar la resina líquida que haya quedado dentro una vez finalice la impresión.



Pieza impresa

Finalmente, solo falta ejecutar el procesado del modelo y exportarlo para su impresión.

## 4.3 POSTPROCESADO

### 4.3.1 PLA

Primeramente, hay que retirar la pieza de la cama de la impresora y eliminar con la ayuda de unas pequeñas tenazas o alicates las estructuras de soporte de la pieza. Cuando haya quedado la impresión limpia de elementos ajenos a la pieza ya se puede proceder a la postproducción en sí.

Como he comentado en el apartado de determinación de la técnica, el método utilizado para postprocesar las piezas impresas en PLA es la combinación de lijado superficial con la aplicación de una capa de resina epoxi.

La resina epoxi elegida para este tipo de postprocesado es la XTC-3D comercializada por la marca Smooth-On. Esta resina debe ser mezclada con su catalizador en una proporción de 2:1 y tiene un tiempo de aplicación máximo de 30 minutos, y un tiempo de secado de 4 horas, tras el cual la capa de resina ya se ha endurecido y puede lijarse para la eliminación de imperfecciones y obtener un buen alisado que nos permita pasar al siguiente paso.



Lijado de las piezas

### 4.3.2 ABS

En el caso de que la pieza haya sido impresa en ABS, el postprocesado a realizar va a ser el método del baño de vapor de acetona. Para ello se utiliza un recipiente metálico o de cristal con suficiente espacio para la la pieza. Se introducen aproximadamente 100ml de acetona líquida en el recipiente, y tras taparlo, se debe calentar a una temperatura de entre 85°C a 100°C. Hay utilizar un calentador eléctrico para la olla, jamás hay que utilizar llama de fuego ya que el vapor de acetona es altamente inflamable y se podría producir una deflagración. Tras 10 minutos hay que retirar la pieza del recipiente y

comprobar si el nivel de suavizado es el deseado. En caso de ser insuficiente, hay que introducir de nuevo la pieza y extraerla cuando el suavizado sea el que buscamos, pero siempre teniendo en cuenta que un exceso de tiempo en el baño de vapor deformará nuestra pieza.

En este caso no se ha realizado este paso ya que la pieza está impresa íntegramente en PLA.

#### **4.3.3 Resina fotosensible**

La alta calidad de las piezas producidas por las impresoras de resina hace que su postproducción sea muy sencilla.

En primer lugar, hay que separar las piezas de la base y retirar los soportes. Luego, y según el fabricante, deben ser limpiadas con agua caliente para eliminar la resina líquida que ha quedado sobre la pieza. En mi caso no sigo estas instrucciones, sino que utilicé una máquina de limpieza por ultrasonidos en la que introduzco la pieza en un baño de acetona, dándome un mejor resultado que la opción propuesta por el fabricante.

Posteriormente debemos realizar el proceso de post-curado, bien utilizando un horno ultravioleta, exponiéndola a la luz del sol, o bajo la luz de una bombilla de más de 60 vatios. Finalmente hay que lijar las posibles imperfecciones y darle varias capas de aparejo en spray para conseguir una superficie sin las características marcas de la impresión 3D.



Figura imprimada y lista para pintar

## 4.4 REPLICADO

Con las piezas totalmente acabadas y sin rastros de imperfecciones, el siguiente paso consiste en el replicado mediante el uso de resina y moldes de silicona.

En primer lugar, voy a exponer los materiales necesarios para esta finalidad:



Moldes de silicona

### 4.4.1 Silicona

La silicona, cuyo nombre químico es *polidimetilsiloxano*, es un compuesto fabricado a partir del óxido de silicio y utilizado ampliamente para la fabricación de moldes debido a su flexibilidad, resistencia, y tolerancia a altas temperaturas.

Las siliconas se presentan en forma de líquido de alta viscosidad, y tienen que ser usadas junto a un catalizador que provoque su solidificación. Estos catalizadores se deben añadir de forma precisa en la proporción que indique el fabricante, ya que de lo contrario no habrá un buen curado en la silicona y habrá que desechar el molde y hacer uno nuevo.

### 4.4.2 Resinas

La resina será el material con el que estén fabricadas las réplicas. Hay distintos tipos de resinas, por lo que es importante saber cuál es el más adecuado para este objetivo.

reactividad, alta velocidad de curado y facilidad de uso, ya que la mezcla se realiza a partes iguales entre la resina y el catalizador.

### 4.4.3 Procedimiento

El primer paso es la realización del molde de silicona. Va a ser un molde de doble cara que facilite la extracción de las piezas una vez endurecidas.

- En primer lugar, hay que cubrir con plastilina una de las mitades de la pieza y dejar al descubierto la otra mitad, sobre la que se posará la silicona para formar la primera parte del molde.

- Una vez esté la pieza cubierta hasta su mitad con plastilina, se le añaden unas hendiduras para que posteriormente las dos mitades del molde encajen sin dificultad.

- Tras esto hay que fabricar un recipiente para alojar la pieza y la silicona, utilizando cartón pluma cortado a la medida requerida, y pegado con silicona termofusible. También se puede realizar con madera o con bloques del juego de construcción *Legó*.

- Posteriormente procedemos a la mezcla de la silicona y su catalizador. Para ello es necesario el uso de una báscula digital que indique el peso con una



Mezclado de resina de poliuretano y su catalizador



Molde sujeto por sargentos y listo para la colada de resina



Pieza de silicona solidificada sin extraer del molde

diferencia de +/- 1gr. para poder mezclar los componentes de la forma más precisa posible.

- Es muy recomendable utilizar una campana de vacío para extraer el aire que ha quedado alojado en la silicona. Como en mi caso no dispongo de una, la forma de eliminar el aire contenido en la mezcla será hacer vibrar la superficie mediante ligeros golpes hasta que las burbujas desaparezcan.

- Se vierte la silicona sobre la pieza asegurándose de que recubre la totalidad de la superficie. Es importante hacerlo de forma lenta para que no queden grandes burbujas de aire.

- Según el tipo de catalizador utilizado, el proceso de endurecimiento de la silicona puede tardar de 2 a 24 horas. Cuando esté endurecido, se retira toda la pieza del recipiente fabricado con cartón pluma, y se procede a retirar toda la plastilina dejando la pieza lo más limpia posible.

- Tras esto hay que dar la vuelta a la pieza, volver a colocar las paredes de cartón pluma y repetir el proceso de la mezcla y vertido de silicona.

- Tras la solidificación de la silicona, ya se puede retirar del recipiente de cartón pluma, separar las dos mitades del molde y extraer la pieza original. Con esto ya está listo el molde para realizar las réplicas en resina.

- Para proceder a la fabricación de la réplica, primero hay que unir las dos partes del molde de manera firme para que no se produzcan filtraciones de resina.

- Posteriormente hay que mezclar las partes A y B de la resina de poliuretano en proporciones iguales según su volumen, ya que la densidad de estos materiales es distinta y no reaccionarían de manera adecuada si se mezclan según su peso.

- Se vierte la mezcla resultante, rotando ligeramente el molde para que la resina llegue a todos los rincones y no se formen burbujas de aire, y se espera hasta que endurezca.

- Una vez endurecida la resina, hay que separar las dos mitades del molde y extraer la réplica.

- Finalmente solo falta lijar las posibles imperfecciones. Si aparece alguna burbuja o hendidura se puede utilizar masilla para taparla. Con esto queda la réplica de resina lista para pintar.

#### 4.5. PINTADO Y ACABADO

Hay distintos métodos de pintura dependiendo del tipo de réplica que se desee pintar, ya sea bien con pincel o con aerógrafo, siendo lo ideal una combinación de estas dos técnicas.

Para superficies grandes o con color uniforme, se pueden dar capas de pintura mediante aerógrafo. Además, con esta herramienta se pueden realizar fácilmente gradaciones de color, y simular luces y sombras en los relieves.

Para detalles se recomienda el pincel. Es más preciso que el aerógrafo, y además puede simular efectos sobre la réplica, como desgastes metálicos, oxidaciones, rayaduras... muy difíciles de conseguir con aerógrafo.

Estos serían los pasos a seguir para el pintado de la pieza:

- En primer lugar, se imprima la pieza con imprimación en spray.
- Posteriormente se procede a pintar la pieza usando el aerógrafo y pintura acrílica para aerografía.
- Una vez pintadas las capas base, se pintan las luces y las sombras
- Se detalla con el pincel
- Finalmente, se aplica una capa de barniz mate para proteger el color de posibles daños.



Prop terminado



Figura terminada

## 5. COMERCIALIZACIÓN

El paso final para la profesionalización en la creación de *props* es su venta. Hay distintos públicos objetivos que pueden estar interesados en la adquisición de *props*, entre los que se encuentran empresas teatrales, productoras de cine y televisión, *cosplayers* y coleccionistas.

En lo que respecta al sector de los *cosplayers* y coleccionistas, a través de internet se puede llegar a un gran número de personas interesadas en adquirir nuestros *props*.

Los métodos habituales para la venta por internet de estos productos consisten en incluirlos en portales de compra-venta o crear y mantener una tienda online propia.

Si se opta por una tienda online propia, es necesario contratar un servidor y dominio, además de tener que crear y mantener la página web. Además, hay que realizar una importante inversión en publicidad para que el público objetivo conozca la existencia de la tienda.

Por otra parte, hay distintos portales de internet que funcionan como mercados digitales, tales como Ebay o Etsy, donde a cambio de una comisión, gestionan la venta del producto y su cobro, ahorrando mucho más tiempo al vendedor que si tuviese que crear y gestionar su propia tienda on-line. Además, apenas hay que invertir en publicidad ya que estos portales son muy conocidos entre los posibles clientes. Por tanto, considero apropiado, al menos inicialmente, vender mis *props* a través de tiendas de terceros, que se encargarán de gestionar el mantenimiento del portal y los cobros de mis productos, proporcionándome más tiempo para dedicar a la fabricación.

Es muy importante realizar buenas fotografías del *prop* y asegurarse de que tienen buena resolución e iluminación, ya que estas fotografías serán el principal escaparate de venta al público.

En cuanto a los derechos de autor, puede surgir la duda sobre la legalidad de producir y vender réplicas de objetos aparecidos en películas y videojuegos con derechos de autor. Las productoras no suelen perseguir la comercialización de *props* si el número de ejemplares es poco significativo para sus intereses, pero cada país tiene su propia legislación sobre la materia. Por ejemplo, en Japón existe lo que se conoce como “licencia de un solo día”<sup>22</sup>,

---

<sup>22</sup> Recurso online: SETO, CHRIS. *A collector's take: Garage kits 101* [consulta 09/04/2017] Disponible en <<http://www.tomopop.com/a-collector-s-take-garage-kits-101-17994.phtml>>

utilizada en ferias donde los escultores aficionados quieren vender figuras con copyright tan solo durante el evento en cuestión sin tener problemas legales. En Reino Unido los *props* tienen protección por derechos de autor durante 15 años, tras los cuales cualquier *prop maker* es libre de fabricarlos sin problemas de copyright<sup>23</sup>.

En cuanto a la legislación española se refiere, en el código penal, los artículos 273 y 274 sobre delitos contra la propiedad industrial, tratan sobre la ilegalidad de la falsificación de productos con derechos de autor cuando la copia posea un signo distintivo idéntico o confundible al producto original<sup>24</sup>. Esta ley se aplica principalmente a falsificaciones de ropa, relojes y otros productos destinados al engaño del cliente para hacerle creer que está comprando un producto original. En el caso de la fabricación de *props* y figuras no se produce este engaño, por lo que no serían aplicables estos artículos. Por tanto, en el caso de que una empresa deseara impedir la venta de réplicas hechas por terceros, debería enviar una carta de desistimiento o directamente realizar una demanda legal para que un juez determine si debe detenerse la actividad comercial.

Por último, expongo a continuación tres pautas a seguir para conseguir un buen rendimiento económico con la fabricación de *props* y figuras:

- Optimizar los procesos de fabricación. Reducir el tiempo necesario para la realización de cada *prop* es una máxima a perseguir en este oficio, ya que así se tendría la capacidad de aumentar la producción y por tanto los ingresos. Para optimizar estos procesos hay que invertir tiempo en el aprendizaje de la técnica, y dinero en la compra de buenos equipos. En mi caso, las impresoras 3D de las que dispongo son de muy baja calidad técnica y su fiabilidad deja muchísimo que desear, resultando fallidas alrededor del 50% de las impresiones. Esto supone perder desde 2 hasta 20 horas de impresión diarias, además del coste del material que hay que desechar. También conviene aprender a realizar correctamente los moldes de silicona y las copias de resina, ya que cuantos menos fallos tengan el molde y las copias, menos trabajo de postproceso habrá que realizar. Si se consiguen optimizar correctamente estos procesos de fabricación se podrá acortar notablemente el tiempo de fabricación de cada *prop*.

---

<sup>23</sup> Recurso online: *Star Wars prop maker wins right to sell Stormtrooper helmets in UK* [consulta: 09/04/2017] Disponible en <<http://www.telegraph.co.uk/culture/film/film-news/8665299/Star-Wars-prop-maker-wins-right-to-sell-Stormtrooper-helmets-in-UK.html>>

<sup>24</sup> Recurso online: *De los delitos relativos a la propiedad intelectual* [consulta: 08/04/2017] Disponible en: <[http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/Penal/lo10-1995.l2t13.html#c11](http://noticias.juridicas.com/base_datos/Penal/lo10-1995.l2t13.html#c11)>

- Aumentar el catálogo de venta: Cuantos más productos estén disponibles a la venta, más posibilidades hay de vender alguno de estos *props* o figuras, y por tanto de aumentar los ingresos. Para llevar a cabo esta posibilidad es necesario aplicar primero la anteriormente descrita de optimización de procesos de fabricación, ya que de nada serviría que aumentara la demanda de nuestros productos si no se tiene la capacidad para satisfacerla.

- Aumentar la calidad, y con ello el precio: No siempre es necesario competir a la baja con los precios de otros fabricantes de *props*, ya que muchos clientes están dispuestos a pagar elevadas cantidades por un *prop* de muy alta calidad. Por tanto, es necesario perfeccionar la técnica a través de la documentación y la práctica para poder fabricar *props* de mayor calidad que la competencia, y poder así aumentar los precios.

## 6. CONCLUSIONES

En este trabajo he intentado plasmar los conocimientos adquiridos durante el último año en cuanto a impresión 3D y modelado 3D orientado a la impresión. También en cuanto al tratamiento de dichas impresiones para la fabricación de *props* y figuras coleccionables, y de los canales de venta para su comercialización.

Observando los resultados, creo haber cumplido satisfactoriamente los objetivos, habiendo conseguido como resultado producir *props* y figuras aptas para su comercialización. Por otra parte, la elaboración de esta memoria me ha aportado capacidades de documentación, análisis, síntesis y exposición de resultados que considero importantes tanto para futuros trabajos aplicados y de investigación como para la comunicación en el ámbito profesional.

Quiero destacar las competencias adquiridas en el grado en Bellas Artes, que me han sido de utilidad para llevar a cabo este proyecto, ya que si bien las asignaturas *Medialab e Impresión 3D y Modelado 3D para videojuegos* han sido claves para aprender en este proceso, el resto de ellas me han ayudado enormemente en la comprensión del color, la forma o la anatomía que posteriormente he plasmado en las obras producidas.

Mi intención tras este Trabajo de Final de Grado es seguir mejorando y aprendiendo técnicas de impresión y modelado 3D, tanto mediante la práctica profesional como durante mis estudios de máster, que espero poder realizar en el Máster en Artes Visuales y Multimedia de esta Universidad, ya que estas tecnologías son realmente útiles no solo en el ámbito de la fabricación de *props* y figuras, sino también en el campo del arte multimedia.

## BIBLIOGRAFÍA

### MONOGRAFÍAS

DORAN, BILL. *A Beginner's guide to making mind blowing props*. Seattle: E-Book autoeditado, 2013.

Disponible en: <<http://punishedprops.com/shop/a-beginners-guide-to-making-mind-blowing-props-book/>>

QUINDT, SVETLANA. *Advanced Cosplay Painting – Airbrush & Weathering*. Ohio: Impact Books, 2016

THORSSON SHAWN. *Make: Props and Costume Armor: Create Realistic Science Fiction & Fantasy Weapons, Armor, and Accessories*. San Francisco: Maker Media, 2016

### CONGRESOS Y CONFERENCIAS

ORLANDO MONTES, J. *Impacts of 3D printing on the development of new business models*. Frankfurt, Alemania: IEEE, 2016

### PÁGINAS WEB

HART, ERIC. *Ancient Greek theatre props*. Eric Hart's Prop Agenda, 2009. [consulta: 19/04/2017]. Disponible en: <<http://www.props.eric-hart.com/education/ancient-greek-theatre-props/>>

PIERS, CRIS. *The history of cosplay*. The Robot's Pajamas, 2016 [consulta: 10/03/2017]. Disponible en: <<http://www.therobotspajamas.com/the-origins-and-history-of-cosplay/>>

DORAN, BILL. How to Become a Professional Prop & Costume Maker [consulta: 10/03/2017] Disponible en <<http://punishedprops.com/2015/07/28/how-to-pro-maker/>>

DORAN, BILL. *3D printing props and costumes* [consulta: 19/04/2017] Disponible en: <<http://punishedprops.com/3d-printing/>>

O'CONNOR, CLARE. How A Jewelry Company Is Making \$250,000 Pieces Using 3D Printing And Google Earth [consulta: 10/03/2017] Disponible en <<https://www.forbes.com/sites/clareoconnor/2014/02/28/how-a-jewelry-company-is-making-250000-pieces-using-3d-printing-and-google-earth/#73008fdf4c47>>

ALCAIDE, JORGE. La escultura digital en la creación de las fallas [consulta: 10/03/2017] Disponible en <http://proyectolleona.blogspot.com.es/2012/09/la-escultura-digital-en-la-creacion-de.html>

SETO, CHRIS. *A collector's take: Garage kits 101* [consulta 09/04/2017] Disponible en <http://www.tomopop.com/a-collector-s-take-garage-kits-101-17994.phtml>

Super-sized giant is now 3D printed Nendoroid giant bust [consulta: 10/03/2017] Disponible en <http://www.3ders.org/articles/20130430-super-sized-giant-is-now-3d-printed-nendoroid-giant-bust.html>

*A brief history of 3D printing*. [consulta: 10/03/2017]. Disponible en: [https://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D\\_Printing\\_Infographic\\_FINAL.pdf](https://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D_Printing_Infographic_FINAL.pdf)

*3D Printing history*. AV Plastics. [consulta: 10/03/2017]. Disponible en: <http://www.avplastics.co.uk/3d-printing-history>

*Props in history and today*. Spur Crative Workshop, 2015 [consulta: 19/04/2017]. Disponible en: <http://spurcreative.co.uk/props-in-history-and-today/>

*Star Wars prop maker wins right to sell Stormtrooper helmets in UK* [consulta: 09/04/2017] Disponible en <http://www.telegraph.co.uk/culture/film/film-news/8665299/Star-Wars-prop-maker-wins-right-to-sell-Stormtrooper-helmets-in-UK.html>

*De los delitos relativos a la propiedad intelectual* [consulta: 08/04/2017] Disponible en: [http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/Penal/lo10-1995.l2t13.html#c11](http://noticias.juridicas.com/base_datos/Penal/lo10-1995.l2t13.html#c11)

PLA [Consulta 14/04/2017] Disponible en: <https://www.bq.com/es/pla>

*ABS vs PLA ¿Qué material utilizamos?* [consulta: 14/04/2017] Disponible en <https://createc3d.com/abs-vs-pla-que-material-utilizamos/>

*Acerca de Filaflex* [Consulta 14/04/2017] Disponible en : <https://recreus.com/blog/acerca-de-filaflex/>

*Selective Laser Sintering, Birth of an Industry* [consulta: 10/03/2017] Disponible en <http://www.me.utexas.edu/news/news/selective-laser-sintering-birth-of-an-industry>

*The world's first freeform 3D printed house* [consulta 10/03/2017] Disponible en: <http://www.watg.com/the-worlds-first-freeform-3d-printed-house/>

*Super-sized giant is now 3D printed Nendoroid giant bust* [consulta: 10/03/2017] Disponible en <http://www.3ders.org/articles/20130430-super-sized-giant-is-now-3d-printed-nendoroid-giant-bust.html>

*Fused deposition modeling* [Consulta 10/03/2017] Disponible en [https://en.wikipedia.org/wiki/Fused\\_deposition\\_modeling](https://en.wikipedia.org/wiki/Fused_deposition_modeling)

## **VIDEOGRAFÍA**

DORAN, BILL. Punished Props. En: *Youtube*. Seattle: Youtube, 2017-06-07 [consulta: 10-03-2017]. Disponible en: <https://www.youtube.com/user/punishedprops/featured>

ROBLEDO, RAFAEL. Rafael Robledo Jr. Channel. En: *Youtube*. 2017-05-17 [consulta: 21-05-2017]. Disponible en: <https://www.youtube.com/user/rrjrstatueman/featured>