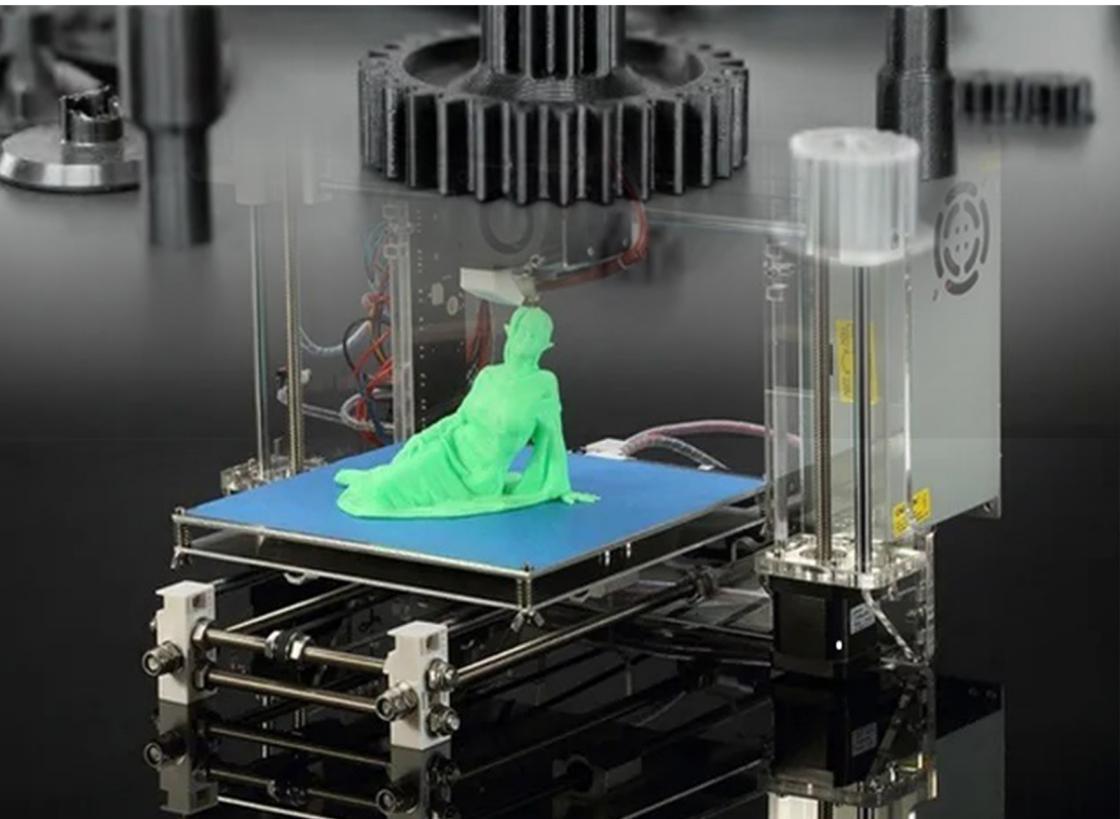




# IMPRESIÓN 3D

**DESDE EL DISEÑO HASTA LA REALIDAD**

Maxwell Arbey Salazar Guilecamaigua



Diseño de carátula y edición: D.I. Yunisley Bruno Díaz  
Dirección editorial: PhD. Jorge Luis León González

Sobre la presente edición:  
© Editorial EXCED, 2024

ISBN: 978-9942-7189-5-2

Podrá reproducirse, de forma parcial o total el contenido de esta obra, siempre que se haga de forma literal y se mencione la fuente.

El contenido del texto y sus datos en su forma, corrección y confiabilidad son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no representan necesariamente la posición oficial de la editorial EXCED.

Se permite descargar la obra y compartirla siempre que se den los créditos a los autores, pero sin posibilidad de alterarla de ninguna forma ni utilizarla con fines comerciales. El manuscrito fue previamente sometido a evaluación abierta por pares y aprobado por el Consejo Editorial, con base en criterios de neutralidad e imparcialidad académica.

EXCED se compromete a garantizar la integridad editorial en todas las etapas del proceso de publicación, evitando plagios, datos o resultados fraudulentos y evitando que los intereses económicos comprometan los estándares éticos de la publicación.



Editorial EXCED  
Dr. Kennedy Nueva. 2do Callejón 11  
A. Manzana 42, Número 26.  
Guayaquil, Ecuador.  
E-mail: [editorial@excedinter.com](mailto:editorial@excedinter.com)

# IMPRESIÓN 3D

**DESDE EL DISEÑO HASTA LA REALIDAD**

Maxwell Arbey Salazar Guilcamaigua

# COMITÉ EDITORIAL

**Maritza Librada Cáceres-Mesa,**

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

**Yamilka Pino-Sera,**

Universidad de Holguín, Cuba

**Samuel Sánchez-Gálvez,**

Universidad de Guayaquil, Ecuador

**María Hernández-Hernández,**

Universidad de Alicante, España

**Héctor Tecumshé-Mojica-Zárate,**

Universidad de La Sierra, México

**Yadir Torres-Hernández,**

Universidad de Sevilla, España

**Rodolfo Máximo Fernández-Romo,**

Universidad Autónoma de Chile, Chile

**Kenia Noguera-Nuñez,**

Universidad Católica Santo Domingo, República Dominicana

**Oscar Alberto Pérez-Peña,**

Universidad Internacional de La Rioja, España

**Marily Rafaela Fuentes-Aguila,**

Universidad Metropolitana, Ecuador

**Nancy Malavé-Quintana,**

Universidad Rey Juan Carlos, España

**Lázaro Salomón Dibut-Toledo,**

Universidad del Golfo de California, México

**Luisa Morales-Maure,**

Universidad de Panamá, Panamá

**Farshid Hadi,**

Islamic Azad University, Irán

**Mikhail Benet-Rodríguez,**

Fundación Universitaria Cafam, Colombia

<b>PRÓLOGO</b> .....	7
----------------------	---

## **CAPÍTULO I.**

### Fundamentos de la impresión 3D

1.1. Historia y evolución de la impresión 3D .....	9
1.2. Tipos de tecnologías de impresión 3D .....	15
1.3. Ejemplos en Aplicaciones reales .....	28

## **CAPÍTULO II.**

### Materiales, Equipos y Herramientas

2.1. La impresión por deposición de material fundido o FDM .....	33
2.2. Sinterización selectiva por láser (SLS) .....	53
2.3. Descripción de las distintas impresoras 3D disponibles en el mercado .....	55
2.4. Tipos de tecnologías para las Estereolitografía .....	60
2.5. Tipos de tecnologías para la fabricación por sinterización selectiva por láser SLS .....	62
2.6. Equipos complementarios para la impresión 3D .....	64
2.7. Software de modelado 3D .....	72
2.8. Software de Laminador .....	76

## **CAPÍTULO III.**

### Diseño para impresión 3D

3.1. Consideraciones de diseño para mejorar la calidad y la resistencia de las piezas impresas .....	79
3.2. Optimización de modelos para la impresora 3D .....	84

## **CAPÍTULO IV.**

### Aplicaciones de la impresión 3D

04

4.1. Integración de la impresión 3D con diferentes sectores .....	97
4.2. Beneficios económicos y medioambientales de la impresión 3D en la producción en masa .....	115

## **CAPÍTULO V.**

### Retos y consideraciones éticas

05

5.1. Impacto Medioambiental .....	117
5.2. Regulaciones legales .....	121
5.3. Manufactura de componentes peligrosos .....	122
5.4. Impacto social y ético de la democratización de la fabricación .....	124

# PRÓLOGO

Este libro es una guía exhaustiva sobre la impresión 3D, perfecta para entusiastas y profesionales. Comienza con los “Fundamentos de la impresión 3D”, explorando su historia, principios básicos y tecnologías como FDM, SLA, SLS y PolyJet. También se incluyen casos de éxito de empresas como General Electric, Adidas y Wilson.

En el capítulo de “Materiales”, se detallan insumos utilizados en FDM, como PLA y ABS, así como resinas fotosensibles para SLA y diversos polvos para SLS. Además, se describe las impresoras 3D más comunes, como las Cartesianas y Delta, y tecnologías específicas, junto con equipos complementarios y software de modelado y laminado.

El tercer capítulo, “Diseño para impresión 3D”, ofrece estrategias para mejorar la calidad y resistencia de las piezas, optimización de modelos y aspectos técnicos como la altura de capa y el relleno. En “Aplicaciones de la impresión 3D”, se analizan sus usos en sectores como automotriz, aeroespacial, salud, diseño, educación y manufactura, destacando los beneficios económicos y medioambientales.

Finalmente, el capítulo “Retos y consideraciones éticas” aborda temas críticos como el impacto medioambiental, regulaciones legales y el impacto social de la democratización de la fabricación. Con una sección de referencias para profundizar, este libro es una herramienta indispensable para comprender y aprovechar al máximo el mundo de la impresión 3D.



# CAPÍTULO I.

Fundamentos de la impresión 3D



## 1.1. Historia y evolución de la impresión 3D

La impresión 3D ha emergido como una de las tecnologías más emocionantes y disruptivas de nuestro tiempo, prometiendo transformar fundamentalmente la manera en que concebimos la fabricación y la creación de objetos. En este primer capítulo, nos adentraremos en los fundamentos de la impresión 3D, explorando su fascinante historia, los principios básicos que la sustentan y las diversas tecnologías que la hacen posible.

Desde sus humildes inicios en los laboratorios de investigación hasta convertirse en una herramienta omnipresente en industrias de todo el mundo, la impresión 3D ha recorrido un camino impresionante. Descubriremos cómo esta tecnología ha evolucionado a lo largo del tiempo, desde sus primeros prototipos rudimentarios hasta las complejas máquinas capaces de fabricar objetos de gran precisión y detalle.

Además, exploraremos los principios fundamentales que hacen posible la impresión 3D. Desde la deposición de capas sucesivas de material hasta la

solidificación controlada de resinas, entenderemos cómo funciona este proceso revolucionario que nos permite construir objetos tridimensionales a partir de datos digitales.

Por último, examinaremos los diferentes tipos de tecnologías de impresión 3D disponibles en la actualidad, desde la popular Fused Deposition Modeling (FDM) hasta la estereolitografía (SLA) y la fabricación de adición de metal (DMLS). Cada una de estas tecnologías tiene sus propias ventajas y aplicaciones específicas, y comprender su funcionamiento nos permitirá aprovechar al máximo el potencial de la impresión 3D en nuestras propias empresas y proyectos.

En resumen, este capítulo nos brindará una sólida base de conocimientos sobre la impresión 3D, preparándonos para explorar en profundidad sus aplicaciones y posibilidades en los siguientes capítulos.

Aunque la impresión 3D es un tema que puede parecer nuevo para cualquiera que lo escuche por primera vez, de hecho, su inicio se remonta a varias décadas atrás.

La impresión 3D tiene sus raíces en la década de 1980, cuando el estadounidense Chuck Hull inventó la estereolitografía (SLA), una de las primeras tecnologías de impresión 3D. Hull fundó 3D Systems Corporation en 1986, lo que marcó el inicio de la era de la impresión 3D comercial (Wohlers & Caffrey, 2020).



Figura 1. Chuck Hull. Fuente: Infortisa (2024).

La figura 1 muestra a Chuck Hull considerado el padre de la impresión 3D. En los años siguientes, se desarrollaron otras tecnologías de impresión 3D, como la Fused Deposition Modeling (FDM), patentada por Scott Crump en 1989. Estas tecnologías permitieron la fabricación de prototipos y piezas personalizadas de manera más rápida y económica que los métodos tradicionales (Lipson & Kurman, 2013).



Figura 2. Scott Crump, inventor del método FDM.

Fuente: Moby3dick (2024).

La figura 2 muestra a Scott Crump, inventor del modelado por deposición fundida FDM y cofundador de Stratasys, Ltd. A medida que la impresión 3D ganaba popularidad, comenzaron a surgir nuevas aplicaciones en una variedad de industrias, incluyendo la medicina, la aeronáutica, la automoción y la arquitectura. Por ejemplo, en la década de 2000, la impresión 3D se utilizó para fabricar prótesis personalizadas y modelos médicos (Gibson et al., 2015).



Figura 3. Prótesis médicas realizadas con impresión 3D.

Fuente Impresiontresde (2024).

La figura 3 muestra varias prótesis médicas que se pueden fabricar usando la tecnología de impresión 3D, cada uno de los ejemplos requiere de técnicas diferentes las cuales se explican más adelante. En la última década, la impresión 3D ha experimentado una democratización significativa, con la disponibilidad de impresoras 3D asequibles para uso doméstico y la proliferación de comunidades en línea donde los entusiastas comparten diseños y conocimientos (Anderson, 2012).

A medida que la tecnología continúa avanzando, se esperan nuevas innovaciones en materiales, velocidad y resolución de impresión. Sin embargo, también existen desafíos, como la regulación, la propiedad intelectual y la sostenibilidad ambiental, que deben abordarse para maximizar el potencial de la impresión 3D (Campbell, 2014).

## ***Principios básicos de funcionamiento***

El principio de funcionamiento de la impresión 3D implica la fabricación de objetos tridimensionales mediante la adición de capas sucesivas de

material. Este proceso, también conocido como fabricación aditiva, se lleva a cabo a partir de modelos digitales en tres dimensiones (3D). El modelo se lo exporta, en algún formato compatible con los softwares laminadores (STL, OBJ, 3MF).

Una vez que se ha exportado el modelo digital, se divide en capas finas que representan la geometría del objeto con la ayuda de un software especializado, este proceso se conoce como “slicing”. Luego, estas capas se envían a la impresora 3D, que utiliza datos de las capas para construir el objeto capa por capa (Gibson et al., 2015).



Figura 4. Etapas del proceso de impresión 3D.

La Figura 4 muestra las diferentes etapas de manera general para el proceso de impresión 3D, desde el diseño hasta el producto final.

Es un proceso que se contrapone a los métodos de fabricación tradicionales que implican la remoción de material (Wohlert & Caffrey, 2020), como lo es el maquinado CNC o por fresadora o torno. En cualquier método convencional se tiene un bloque de material el cual debe ser devastado, por el contrario, la impresión 3D se trata de añadir material.

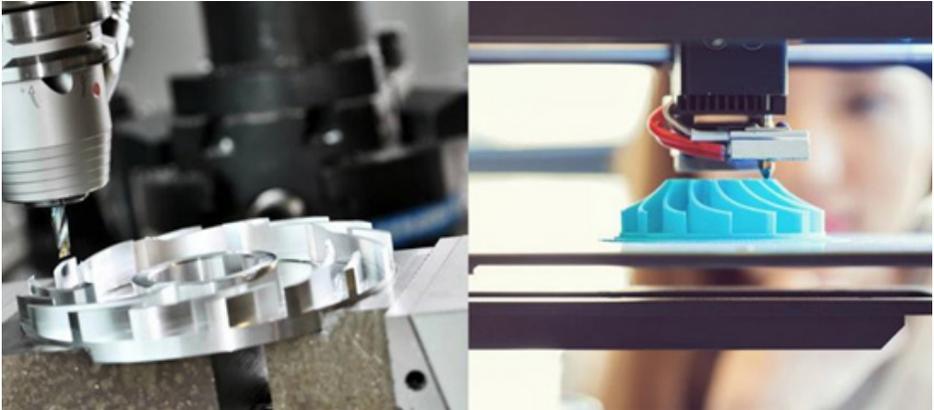


Figura 5. Impresión 3D vs Maquinado por CNC.

Fuente: Shenzhen Rapid Direct Co., Ltd (2024).

La Figura 5 muestra la clara diferencia que existe entre ambos métodos de fabricación. En la izquierda se encuentra el maquinado por CNC el cual implica devastar parte del material para que la pieza tome forma. Por otro lado en la derecha, la impresión 3D consiste en aplicar varias capas de material hasta que todo se junte en un solo cuerpo. Existen varias tecnologías de impresión 3D, cada una con sus propios métodos de deposición y solidificación de material.

Por ejemplo, en la Fused Deposition Modeling (FDM), la impresora extruye filamentos de plástico fundido capa por capa para construir el objeto, mientras que en la estereolitografía (SLA), un láser cura resina líquida fotorpolimerizable capa por capa para formar el objeto (Campbell, 2014).

A medida que la impresora 3D deposita y solidifica cada capa de material, el objeto comienza a tomar forma gradualmente. Este proceso se repite hasta que se completa la impresión del objeto en su totalidad. Una vez terminado, el objeto puede ser retirado de la impresora y, en muchos casos, puede requerir procesos adicionales, como post-procesamiento o acabado, dependiendo del material y la aplicación (Anderson, 2012).

Aunque hay varios métodos que se usan para la impresión 3D, todas comparten esta característica en común; la cual, es independientemente del material que se use o de la tecnología, la impresión 3D consiste en la superposición de capas hasta obtener un producto final.

## **1.2. Tipos de tecnologías de impresión 3D**

La impresión 3D, ha revolucionado la forma en que se diseñan, prototipan y fabrican objetos físicos en una amplia gama de industrias. Este proceso innovador permite la creación de objetos tridimensionales capa por capa a partir de datos digitales, ofreciendo una flexibilidad y versatilidad sin precedentes en la producción de piezas y componentes. Para comprender mejor cómo funciona este proceso, es fundamental explorar los diferentes métodos utilizados en la impresión 3D. A continuación, se explicará los principales métodos de impresión 3D, destacando sus características, aplicaciones y ventajas específicas en el mundo actual.

### ***Fused Deposition Modeling (FDM)***

La impresión por deposición de material fundido o FDM por sus siglas en inglés, es un método el cual consiste en un filamento de material termoplástico que pasa a través de un cabezal de impresión que se calienta y deposita capas de material fundido para construir el objeto capa por capa. Este es uno de los métodos más populares y accesibles de impresión 3D debido a su bajo costo y versatilidad (Gibson et al., 2015).

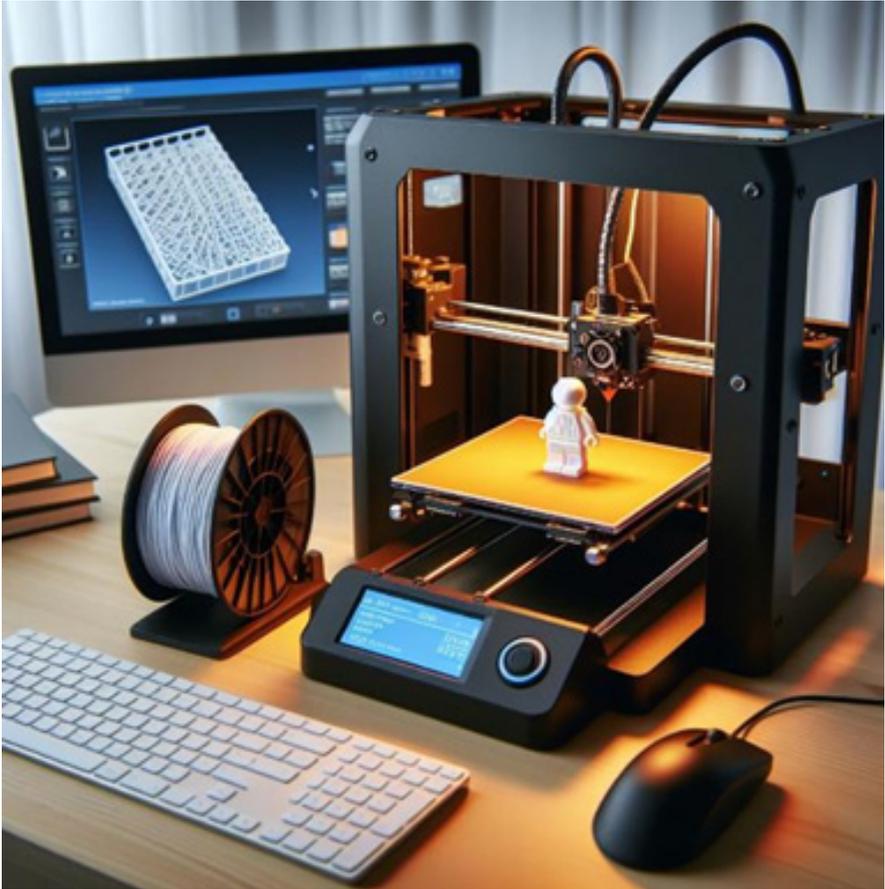


Figura 6. Proceso de impresión 3D FDM.

La figura 6 muestra el proceso de impresión 3D FDM, desde cómo se realiza, el diseño, el rollo de material usados y la máquina trabajando.

Actualmente es uno de los métodos más utilizados debido a su bajo coste y fácil aprendizaje. Aunque no es el que ofrece la calidad más pulida se ha vuelto la mejor alternativa para principiantes del tema, que desean empezar con esta tecnología.

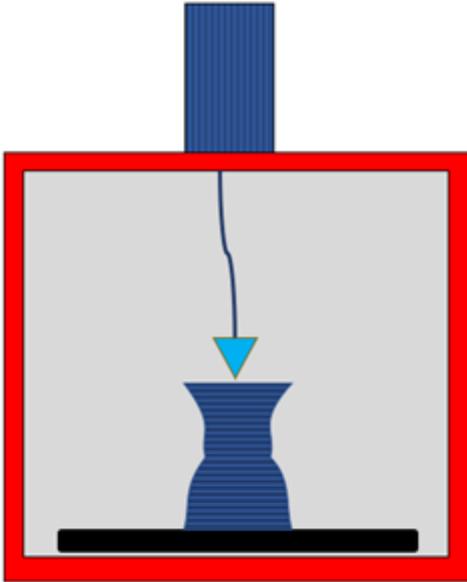


Figura 7. Impresión por deposición de material fundido (FDM).

La figura 7 muestra como el proceso se realiza una capa a la vez, la calidad del trabajo dependerá de que tan fina es la capa con la se está realizando la impresión.

El proceso consiste en que un rollo de algún material plástico (PLA, ABS, PETG, etc) se derrite y a su vez es depositado sobre una superficie plana, hasta que se endurece, el control de temperatura debe ser adecuado ya que de esto dependerá el resultado final (Tabla 1).

**Tabla 1. Características principales de la impresión FDM.**

Característica	Descripción
Tecnología	FDM, siglas en inglés de Fabricación por Deposición Fundida, es un proceso de impresión 3D ampliamente utilizado que requiere de filamentos de material termoplástico.

Característica	Descripción
Materiales	Utiliza una amplia variedad de materiales termoplásticos, como PLA, ABS, PETG, Nylon, entre otros, lo que ofrece una gran versatilidad en la elección del material para diferentes aplicaciones.
Principio de funcionamiento	El filamento termoplástico se alimenta a través de un extrusor que lo calienta hasta su temperatura de fusión. Luego, el material fundido se deposita capa por capa sobre la plataforma de construcción, solidificándose rápidamente para formar el objeto deseado.
Precisión	La precisión del proceso de impresión 3D FDM depende de varios factores, como el tamaño de la boquilla, la resolución de capa y la estabilidad de la plataforma de construcción. Puede lograr tolerancias de hasta unas pocas décimas de milímetro, pero generalmente es menos preciso que otros métodos de impresión 3D.
Velocidad de impresión	La velocidad de impresión puede variar según la complejidad del objeto, la configuración de la impresora y la calidad deseada. En general, la impresión 3D FDM puede ser más rápida que otros métodos de impresión 3D, pero esto puede comprometer la calidad y la precisión del acabado final.
Post-procesamiento	Los objetos impresos con FDM pueden requerir cierto post-procesamiento para eliminar imperfecciones superficiales, como líneas de capa visibles o protuberancias. Esto puede incluir lijado, pintura, recubrimiento o pulido para lograr un acabado deseado.
Aplicaciones	La impresión 3D FDM se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, como prototipado rápido, fabricación de herramientas y utillaje, piezas de repuesto, modelos arquitectónicos, juguetes, productos personalizados, entre otros. Su versatilidad y bajo costo la hacen ideal para proyectos de fabricación rápida y producción en pequeñas cantidades.

## ***Estereolitografía (SLA)***

Esta técnica fue la primera técnica en utilizarse. Consiste en la aplicación de un haz de luz ultravioleta a una resina líquida (contenida en un cubo) sensible a la luz. Un láser ultravioleta cura resina líquida fotopolimerizable capa por capa, formando el objeto deseado. Esta tecnología ofrece alta precisión y detalles finos, siendo ampliamente utilizada en aplicaciones que requieren alta calidad superficial, como la joyería y la odontología (Lipson & Kurman, 2013).

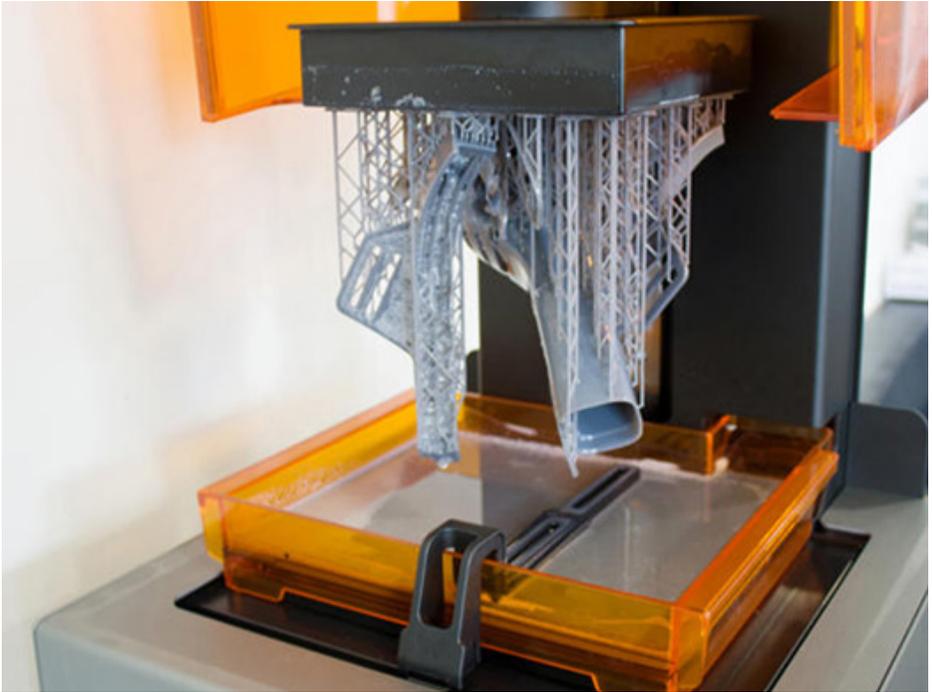


Figura 8. Impresora 3D por Estereolitografía.

Fuente: shutterstock (2017).

La figura 8 muestra el proceso SLA, se puede observar la resina en el depósito inferior, a medida que el modelo asciende la luz va solidificando la resina solamente en secciones específicas hasta completar el modelo.

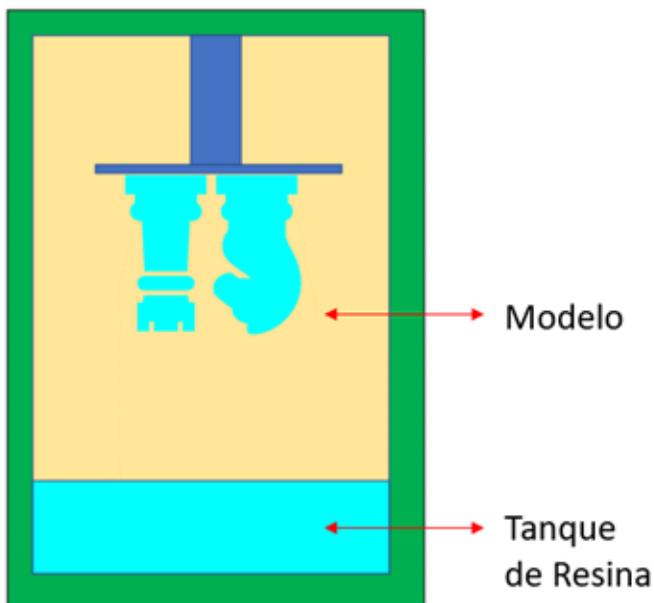


Figura 9. Impresión por Estereolitografía (SLA).

La figura 9 muestra como la resina líquida se solidifica en capas muy finas, este proceso es más tardado pero los resultados son mucho mejores (Tabla 2).

**Tabla 2. Características principales de la impresión SLA.**

Característica	Descripción
Tecnología	La estereolitografía (SLA) es un proceso de impresión 3D que utiliza resinas fotosensibles y un láser ultravioleta para solidificar capas sucesivas de material y construir objetos tridimensionales.
Materiales	Utiliza una variedad de resinas fotosensibles, que pueden ser estándar, de alta temperatura, flexible, transparente, entre otras, ofreciendo una amplia gama de propiedades físicas y estéticas para las piezas impresas.

Característica	Descripción
Principio de funcionamiento	El láser UV se utiliza para solidificar una capa delgada de resina fotosensible en la parte superior de un tanque de resina. Luego, la plataforma de construcción se baja ligeramente y se repite el proceso para construir el objeto capa por capa, hasta que se complete.
Precisión	La estereolitografía es conocida por su alta precisión y resolución, capaz de producir detalles muy finos y superficies suaves. Puede lograr tolerancias de hasta unas pocas micras, lo que la hace adecuada para aplicaciones que requieren alta precisión y calidad de acabado.
Velocidad de impresión	La velocidad de impresión puede variar según la complejidad del objeto, la resolución deseada y el tipo de resina utilizada. En general, la estereolitografía puede ser más lenta que otros métodos de impresión 3D, especialmente para objetos grandes o complejos.
Post-procesamiento	Los objetos impresos con SLA suelen requerir un post-procesamiento para eliminar el exceso de resina no polimerizada y curar completamente las piezas. Esto puede incluir enjuague con solventes, curado UV adicional y acabado superficial para obtener un aspecto final deseado.
Aplicaciones	La estereolitografía se utiliza en una variedad de aplicaciones, como prototipado de alta fidelidad, joyería, odontología, modelos médicos, fundición y moldes, productos de consumo de alta gama y piezas personalizadas con detalles finos. Su alta precisión y calidad de acabado la hacen ideal para aplicaciones que requieren detalles finos y una superficie suave y uniforme.

## **Selective Laser Sintering (SLS)**

Impresión por Sinterización Selectiva por Láser (SLS), consiste en que un láser de alta potencia se utiliza para fusionar o sinterizar polvos de material, como poliamida o polvo metálico, capa por capa. Este método es adecuado para la fabricación de piezas funcionales y prototipos de alta resistencia y precisión (Campbell, 2014).



Figura 10. Proceso de impresión 3D SLS.

Fuente: Avancetecnologicoginna (2024).

La Figura 10 muestra una pieza fabricada con el proceso SLS, cuando el proceso finaliza está cubierta con el polvo que no se ha solidificado, por lo que requiere una limpieza, pero su versatilidad es mucho más amplia que con los procesos anteriores.

El material en polvo se funde con la ayuda de un láser, solidificándolo hasta formar un objeto sólido, todo el material se encuentra dentro de un contenedor y gracias a su proceso no se generan desperdicios. El proceso es muy similar al proceso SLA. Este sistema de impresión 3D es más rápido, permitiendo obtener piezas de gran calidad de detalle, sin embargo, su costo es más elevado. Disponible solamente en universidades o laboratorios especializados.

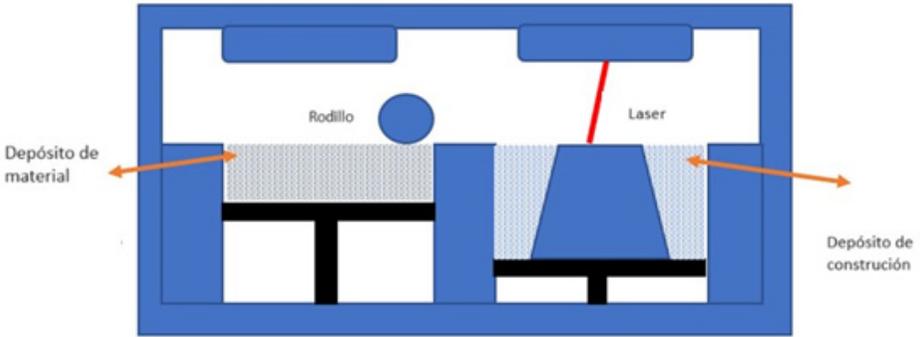


Figura 11. Impresión por Sinterización Selectiva por Láser (SLS).

La Figura 11 muestra el proceso SLS. Un rodillo mueve el material de un depósito mediante capas finas hacia un segundo depósito en el cual un láser solidifica el polvo, el proceso se repite una y otra vez hasta que el láser solidifica solamente por donde este paso, dejando sólida esa sección y como polvo por donde no ha pasado (Tabla 3).

**Tabla 3. Características principales del proceso de impresión 3D (SLS).**

Característica	Descripción
Tecnología	La Sinterización Selectiva por Láser (SLS) es un proceso de impresión 3D que utiliza un láser de alta potencia para fusionar selectivamente polvos de material, capa por capa, para construir objetos tridimensionales.
Materiales	Utiliza una variedad de polvos termoplásticos, metálicos y cerámicos, que pueden incluir nylon, polipropileno, aluminio, acero, entre otros, ofreciendo una amplia gama de propiedades físicas y aplicaciones para las piezas impresas.

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Principio de funcionamiento	El láser de alta potencia se utiliza para calentar y fusionar selectivamente los polvos de material en capas delgadas sobre la plataforma de construcción. Luego, la plataforma se baja y se repite el proceso para construir el objeto capa por capa, hasta que se complete.
Precisión	La SLS es conocida por su alta precisión y capacidad para producir piezas con detalles finos y tolerancias ajustadas. Puede lograr tolerancias de hasta unas pocas décimas de milímetro, lo que la hace adecuada para aplicaciones que requieren precisión dimensional y calidad superficial.
Velocidad de impresión	La velocidad de impresión puede variar según el tamaño del objeto, la complejidad de la geometría y el tipo de material utilizado. En general, la SLS puede ser más rápida que otros métodos de impresión 3D, especialmente para objetos grandes o lotes de producción.
Post-procesamiento	Los objetos impresos con SLS pueden requerir un Post-procesamiento para eliminar el exceso de polvo no fusionado y mejorar la calidad superficial. Esto puede incluir el soplado de aire comprimido, el lijado, el pulido y el teñido o recubrimiento para mejorar la estética y las propiedades funcionales de las piezas.
Aplicaciones	La Sinterización Selectiva por Láser se utiliza en una variedad de aplicaciones, como prototipado funcional, producción de piezas finales, herramientas y utillaje, prótesis médicas, piezas aeroespaciales y automotrices, y modelos arquitectónicos. Su versatilidad y capacidad para imprimir una amplia gama de materiales la hacen ideal para una variedad de aplicaciones industriales y comerciales.

## **PolyJet Printing**

El proceso PolyJet inicia mediante la pulverización de diminutas gotas de fotopolímeros líquidos en capas, que se endurecen instantáneamente mediante luz ultravioleta. Durante la construcción, los vóxeles (píxeles tridimensionales) se disponen estratégicamente, permitiendo la combinación de fotopolímeros flexibles y rígidos, conocidos como

materiales digitales. Cada vóxel tiene un grosor vertical equivalente al de la capa, que es de 30 micras. Estas capas delgadas de materiales digitales se superponen en la plataforma de construcción para producir piezas impresas en 3D precisas.

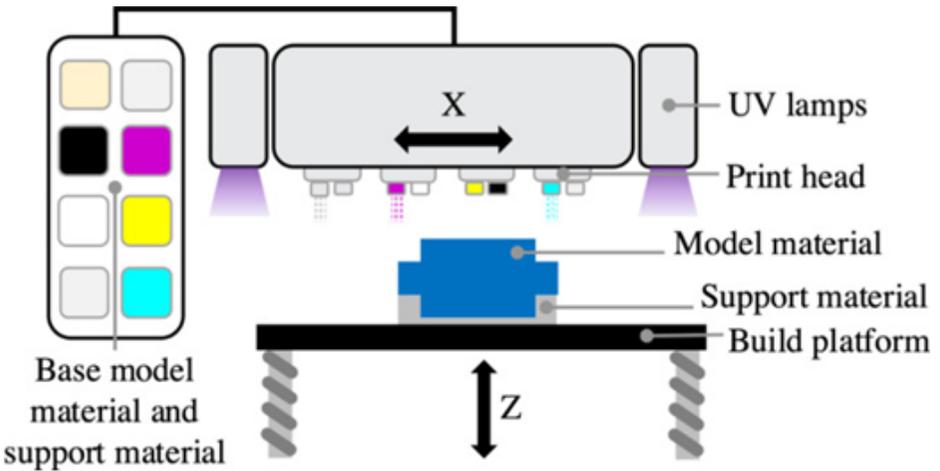


Figura 12. PolyJet Printing.

Fuente: deed3dprinting. (2024).

La Figura 12 muestra el proceso PolyJet printing. Este método es el más parecido a la impresión sobre papel con la diferencia que en lugar de imprimir una sola capa se imprimen varias. El proceso consiste en colocar capas de un fotopolímero el cual se solidifica con la ayuda de luz ultravioleta, una vez depositada y curada una capa, la plataforma de construcción desciende a una altura equivalente al espesor de una capa y el proceso se repite hasta construir un objeto 3D.

Durante todo el proceso de construcción, cada pieza PolyJet (DEED 3D, 2023) se encuentra completamente cubierta de material de soporte, el cual se elimina manualmente al finalizar la fabricación utilizando un chorro de agua a presión y un baño de solución química. Después de completar la etapa de fabricación, no se requiere ningún proceso de postcurado adicional.

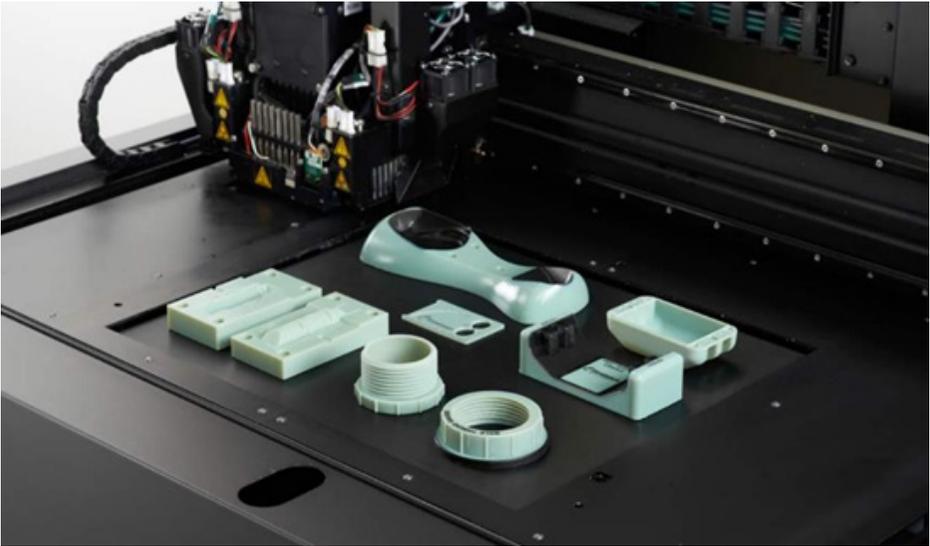


Figura 13. Proceso de impresión PolyJet.

Fuente: t2labs (2024).

La Figura 13 muestra el proceso real de la impresión 3D PolyJet, siendo una relativamente nueva en el mundo de la impresión 3D, y algo desconocida si lo comparamos con los métodos anteriormente explicados.

Cada material se cura con luz ultravioleta, lo que permite la creación de objetos con múltiples propiedades, como colores y durezas variables en una sola impresión (Wohlers & Caffrey, 2020) (Tabla 4).

**Tabla 4. Características principales del proceso de impresión PolyJet.**

Característica	Descripción
Tecnología	PolyJet Printing es un proceso de impresión 3D que utiliza tecnología de chorro de tinta para depositar y curar fotopolímeros líquidos capa por capa para construir objetos tridimensionales.

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Materiales	Utiliza una variedad de fotopolímeros líquidos que pueden ser opacos, transparentes, flexibles o con propiedades simuladas de caucho, ofreciendo una amplia gama de propiedades físicas y estéticas para las piezas impresas.
Principio de funcionamiento	Los fotopolímeros líquidos se depositan mediante cabezales de impresión en capas delgadas sobre la plataforma de construcción. Luego, se curan con luz ultravioleta para solidificarlos instantáneamente. Se pueden utilizar múltiples materiales en una sola impresión, así como también se pueden imprimir objetos multicolor.
Precisión	La impresión 3D PolyJet Printing ofrece una alta precisión y resolución, capaz de producir detalles finos y superficies suaves. Puede lograr tolerancias de hasta unas pocas micras, lo que la hace adecuada para aplicaciones que requieren alta precisión y calidad de acabado.
Velocidad de impresión	La velocidad de impresión puede variar según la complejidad del objeto, el tamaño de la capa y la resolución deseada. En general, la impresión 3D PolyJet Printing puede ser rápida para objetos pequeños o medianos, pero más lenta para objetos grandes o complejos.
Post-procesamiento	Los objetos impresos con PolyJet Printing pueden requerir un post-procesamiento para eliminar los soportes de material, lijar o pulir las superficies y, en algunos casos, aplicar un acabado superficial adicional para mejorar la apariencia estética de las piezas.
Aplicaciones	La impresión 3D PolyJet Printing se utiliza en una variedad de aplicaciones, como prototipado de alta fidelidad, modelos arquitectónicos, piezas de consumo, productos médicos, odontología, joyería y diseño de productos. Su capacidad para imprimir objetos multicolor y con múltiples materiales la hace ideal para aplicaciones que requieren detalles finos y realismo visual.

Cada método explicado es muy diferente en su funcionamiento materiales, características, etc. Sin embargo, todas las tecnologías muestran ventajas y desventajas lo que hace que se continúen en investigaciones en todas las áreas ya que hay aplicaciones que son más factibles con algún método específico, por ejemplo, para realizar prótesis dentales la mejor opción es la estereolitografía, para prototipos funcionales y resistentes la mejor opción es la tecnología SLS, y para prototipos iniciales o descartables la mejor opción es la tecnología FDM. Lo importante es seleccionar adecuadamente el método según la aplicación a realizarse.

### **1.3. Ejemplos en Aplicaciones reales**

Todos los métodos explicados anteriormente están siendo usados ya en muchas aplicaciones industriales, tanto en pequeña como a gran escala.

#### ***General Electric***

General Electric (GE) ha sido un pionero en la adopción de la impresión 3D, particularmente en su división GE Aviation, donde la tecnología se utiliza para fabricar componentes de motores a reacción y otros sistemas avanzados.

GE utiliza la impresión 3D para producir inyectores de combustible para motores a reacción, específicamente en su motor LEAP, desarrollado por CFM International (una empresa conjunta entre GE Aviation y Safran Aircraft Engines). Estos inyectores de combustible impresos en 3D son más ligeros y duraderos que sus contrapartes fabricadas de manera tradicional.



Figura 14. Componentes de motores fabricados con impresión 3D.

Fuente: General Electric Additive (2024).

La Figura 14 muestra varias piezas que serán parte de los motores que fabrica GE. Los inyectores impresos en 3D son hasta un 25% más ligeros, además, la estructura unificada sin soldaduras mejora la resistencia y la vida útil del componente. La precisión de la impresión 3D permite un diseño más eficiente, lo que contribuye a una mejor combustión y, por ende, a un menor consumo de combustible.

GE también utiliza la impresión 3D para el mantenimiento y la reparación de componentes de motores a reacción. La tecnología permite la producción rápida de piezas de repuesto y la reparación de componentes dañados, lo que reduce el tiempo de inactividad de las aeronaves. Gracias a esta aplicación la capacidad de producir piezas bajo demanda agiliza los procesos de mantenimiento.

**Sostenibilidad:** La impresión 3D reduce el desperdicio de material, ya que solo se utiliza la cantidad exacta de material necesario para fabricar cada pieza.

## **Adidas**

Adidas ha integrado la impresión 3D en la producción de suelas para sus zapatos de la línea Futurecraft. Utilizando tecnología de impresión 3D avanzada, Adidas puede diseñar y producir suelas personalizadas que se adapten a las necesidades específicas de los usuarios.

La impresión 3D permite la creación de suelas personalizadas que se ajustan a la forma y las necesidades individuales de los usuarios. Las suelas personalizadas pueden mejorar la comodidad, la amortiguación y el rendimiento general del calzado.



Figura 15. Zapatos de la línea Futurecraft.

Fuente: 3dnatives (2021).

La Figura 15 muestra unas suelas de zapatos fabricada con impresión 3D.

## **Wilson**

Wilson, la compañía encargada de producir el balón oficial de la NBA, ha desarrollado el modelo “Wilson Airless Prototype”, un balón impreso en

3D que no requiere que el usuario lo infle antes de jugarlo. La superficie de esta creación mediante fabricación aditiva, tiene agujeros en forma de esfera que permiten que el aire entre y salga de la estructura.



Figura 16. Pelota fabricada con impresión 3D.

Fuente: 3dnatives (2023).

La Figura 16 muestra una pelota fabricada por la empresa Wilson (Wilson Airless Prototype).

La impresión 3D también puede utilizarse para optimizar el rendimiento de las pelotas de tenis. Wilson puede experimentar con diferentes materiales y geometrías de construcción para mejorar la aerodinámica, la durabilidad y la sensación de las pelotas.

La tecnología de impresión 3D permite la personalización de diseño de pelotas de tenis según las preferencias individuales de los jugadores. Wilson puede adaptar el peso, la densidad y otros aspectos de las pelotas para satisfacer las necesidades específicas de los usuarios.



# CAPÍTULO II.

Materiales, Equipos y Herramientas



## 2.1. La impresión por deposición de material fundido o FDM

La impresión 3D posee un gran número de alternativas con respecto a los materiales. Cada material presenta ventajas y desventajas que dependerán de la aplicación a usarse. Para cada método se puede tener diferentes materiales a continuación, se procede a explicar cada uno de los materiales más usados.

Esta tecnología requiere de rollos de filamento que normalmente son de 1Kg. A nivel comercial existen 4 principales materiales los cuales se detallan a continuación:

### **Ácido Poliláctico (PLA)**

El PLA es uno de los materiales más populares y ampliamente utilizados en la impresión 3D FDM. Se deriva de fuentes naturales como el maíz o la caña de azúcar, lo que lo convierte en un material biodegradable y respetuoso con el medio ambiente. El PLA es fácil de imprimir, tiene una buena resistencia y rigidez, y está disponible en una amplia variedad de colores. Es adecuado para una amplia gama de aplicaciones, desde prototipos hasta objetos decorativos (Gibson, Rosen & Stucker, 2015).



Figura 17. Rollo de material PLA.

Fuente: 123rf (2024).

La Figura 17 muestra una gran variedad de colores para el material PLA. Existen muchos colores disponibles y cada fabricante va incrementando esta gama de colores cada vez más.

### ***Tereftalato de Polietileno Modificado con Glicol (PETG)***

El PETG es un tipo de filamento utilizado en la impresión 3D que ofrece una combinación única de propiedades deseables. El PETG es transparente y tiene un brillo similar al vidrio, lo que lo hace ideal para proyectos donde la estética es importante.



Figura 18. Ejemplo de filamento PETG.

Fuente: lemai (2024).

La Figura 18 muestra un ejemplo de un rollo PETG con un modelo impreso, se puede ver que el material tiene un brillo mayor y permite el paso de luz haciendo que el objeto sea translúcido. Al igual que el PLA hay una gran variedad de colores disponibles.

Es más resistente y duradero que muchos otros filamentos de impresión 3D mayor que el PLA pero menor que el ABS, lo que lo hace adecuado para piezas que necesitan soportar cargas o impactos. Es resistente a muchos productos químicos, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en entornos que podrían implicar exposición a sustancias corrosivas.

### ***Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)***

El ABS es otro material comúnmente utilizado en la impresión 3D FDM. Es un polímero termoplástico resistente y duradero que ofrece una buena resistencia a los impactos y a la temperatura.

El ABS es ideal para aplicaciones que requieren resistencia mecánica y durabilidad, como piezas funcionales, carcasas de dispositivos y

herramientas de trabajo. También es posible post-procesar el ABS mediante lijado y pulido para obtener acabados más suaves y estéticos (Wohlers & Caffrey, 2020).

El ABS es un material más resistente pero es más complicado trabajar con este debido a que es muy sensible a los cambios de temperatura, provocando muchos fallos si está expuesto a corrientes de aire, por lo que se debe trabajar en un entorno cerrado, con una impresora 3D cerrada. Además, hay un problema respecto a la contaminación ya que este material emite gases tóxicos cuando se produce la impresión.



Figura 19. Impresora 3D cerrada.

Fuente: iStockphoto (2024).

La Figura 19 muestra una impresora 3D cerrada ideal para imprimir con el material ABS. Estas impresoras son más costosas y debido a la dificultad que tiene el ABS se usa en menor medida y solo cuando se requiere una alta resistencia y no se tiene acceso a otros métodos. Es importante mencionar que en estas impresoras también se puede imprimir los otros materiales incluso con una mejor calidad que las abiertas.

## ***Poliuretano Termoplástico (TPU)***

El TPU es un material flexible y elástico utilizado en la impresión 3D FDM para producir objetos con propiedades de flexión y estiramiento. Es ideal para la fabricación de piezas que requieren flexibilidad, como fundas de teléfonos, sellos y piezas de amortiguación. El TPU es resistente al desgaste y al desgarro, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que involucran movimiento y deformación repetida (Campbell, 2014).



Figura 20. Ejemplo de un objeto impreso con filamento TPU.

Fuente: Improto 3D (2024).

La Figura 20 muestra como un objeto está construido con un material flexible. Para garantizar que el producto final sea elástico es importante tener en cuenta los parámetros correctos al momento de imprimir.

**Tabla 5. Resumen de los materiales principales encontrados comercialmente.**

Material	PLA	PETG	ABS	TPU
Tipo	Bioplástico	Termoplástico	Termoplástico	Termoplástico
Resistencia	Buena	Buena	Buena	Buena
Flexibilidad	Rígido	Rígido	Rígido	Flexible
Dureza	Media	Media	Alta	Media
Biodegradabilidad	Sí	No	No	No
Temperatura de impresión (°C)	180-220	210-240	220-250	210-230
Resistencia al impacto	Moderada	Alta	Alta	Moderada
Resistencia al calor	Baja	Baja	Media	Baja
Aplicaciones típicas	Prototipado, objetos decorativos	Prototipado, objetos decorativos	Piezas funcionales, carcasas	Fundas, sellos, amortiguadores
Post-procesamiento	Fácil (lijado, pintura)	Moderado (lijado, pulido)	Moderado (lijado, pulido)	Fácil (flexión, estiramiento)

La temperatura de impresión es solo referencial, cada marca maneja sus propios rangos de temperatura, es importante revisar las instrucciones del fabricante antes de usar cualquier material listado.

Los 4 materiales explicados son los que han popularizado la impresión 3D, sin embargo, no son los únicos, aunque si los más sencillos de conseguir. Sin embargo, hay materiales menos conocidos que poseen características destacables, a continuación, se explica estos materiales.

## **Nylon**

El filamento de nylon es otro material popular utilizado en la impresión 3D debido a sus diversas características útiles.

- Las piezas impresas en nylon tienden a ser fuertes y capaces de soportar cargas significativas, lo que las hace adecuadas para una variedad de aplicaciones funcionales.
- Aunque el nylon es resistente, también tiene cierta flexibilidad, lo que significa que las piezas impresas pueden doblarse o deformarse antes de romperse.
- El nylon tiene una superficie suave y una baja fricción, lo que lo hace adecuado para piezas que necesitan deslizarse o moverse suavemente entre sí.
- Es resistente a muchos productos químicos, lo que lo hace adecuado para aplicaciones en entornos donde las piezas pueden estar expuestas a diversos productos químicos o solventes.
- El nylon puede ser un poco más desafiante de imprimir en comparación con otros materiales como el PLA o el PETG. Requiere temperaturas de extrusión más altas y una cama caliente para la adhesión adecuada. Además, puede requerir una cámara de impresión cerrada para controlar la temperatura y minimizar la absorción de humedad durante la impresión.



Figura 21. Filamento de nylon.

Fuente: Ggo3dprint, (2024).

La Figura 21 muestra un objeto que fue impreso con nylon, solamente teniendo el objeto físico se lo podría diferenciar de los otros materiales anteriormente explicado. Su proceso de impresión es más complicado, lo que hace que se utilice en aplicaciones muy específicas, principalmente en componentes de tipo mecánicos.

## ***Fibra de carbono***

- La fibra de carbono es un material compuesto utilizado en la impresión 3D para producir piezas con propiedades excepcionales en términos de resistencia y rigidez.
- Las piezas impresas con fibra de carbono son notablemente más fuertes y más rígidas en comparación con las piezas impresas con materiales plásticos estándar como el PLA o incluso que el ABS. Esto las hace ideales para aplicaciones que requieren una alta resistencia a la tracción y una rigidez superior.
- A pesar de su alta resistencia, la fibra de carbono es notablemente liviana en comparación con muchos otros materiales estructurales. Esto es especialmente beneficioso en aplicaciones donde se busca reducir el peso sin comprometer la resistencia, como en la industria aeroespacial o automotriz.
- Tiene una de las mejores relaciones resistencia-peso de todos los materiales disponibles, lo que significa que puede proporcionar una alta resistencia con un peso mínimo.
- Posee una baja densidad y una alta tenacidad, lo que significa que puede absorber impactos y vibraciones sin romperse fácilmente.
- Es un buen conductor de electricidad y calor, lo que la hace útil en aplicaciones donde se requiere disipación de calor o protección contra interferencias electromagnéticas.

- Las piezas impresas con fibra de carbono tienen un acabado superficial distintivo y atractivo, con una apariencia similar a la fibra de carbono tejida utilizada en la fabricación de componentes de alta gama. Esto las hace populares en aplicaciones donde la estética es importante, como en la fabricación de piezas de automóviles personalizados o accesorios de alta gama.



Figura 22. Piezas impresas con fibra de carbono.

Fuente: colorplus3D (2024).

La Figura 22 muestra objetos creados con fibra de carbono, cuya aplicación es para piezas que requieren una alta resistencia y bajo peso, es un proceso más costoso, pero con excelentes resultados.

## ***Filamento con madera***

El filamento compuesto por madera para la impresión 3D es un material interesante que combina polímeros con partículas o fibras de madera. Esta combinación produce piezas con propiedades únicas que pueden asemejarse a la madera real. Es importante recalcar que son solamente fibras de madera, el filamento no está compuesto en su totalidad de madera.



Figura 23. Ejemplos de objetos impresos con el filamento de madera.

Fuente: Aalicdn (2024).

La Figura 23 muestra objetos fabricados con filamento de madera. El objeto final posee una textura similar a la madera sin tratar, pero hay que recordar que sigue siendo plástico, pero con fibras de madera, el cual puede tener varias tonalidades igual que la madera real.

## **Policarbonato**

El policarbonato es un material termoplástico ampliamente utilizado en diversas aplicaciones debido a sus propiedades únicas. En el contexto de la impresión 3D, el policarbonato ofrece varias ventajas:

- El policarbonato es excepcionalmente resistente a la tracción y al impacto, lo que lo hace ideal para la fabricación de piezas que necesitan soportar cargas pesadas o que están sujetas a condiciones adversas. Las piezas impresas en policarbonato son menos propensas a romperse o agrietarse en comparación con otros materiales.
- Tiene un excelente rendimiento en una amplia gama de temperaturas, desde frío extremo hasta calor intenso. Esto lo hace adecuado para aplicaciones que requieren estabilidad dimensional y resistencia a la temperatura, como componentes de automóviles, piezas para exteriores o aplicaciones en entornos industriales.
- El policarbonato es resistente a una variedad de productos químicos, incluidos aceites, grasas, ácidos y bases. Esta resistencia química lo hace adecuado para aplicaciones en entornos donde las piezas pueden estar expuestas a sustancias corrosivas o agresivas.
- El policarbonato tiene una excelente transparencia y claridad óptica, lo que lo convierte en un material popular para piezas que requieren visibilidad, como carcasas de luz, protectores de pantalla o lentes.
- Aunque puede ser más difícil de imprimir en comparación con algunos otros materiales como el PLA o PETG, es más sencillo que el ABS nylon o fibra de carbono, así que el policarbonato se puede imprimir con éxito en muchas impresoras 3D estándar. Requiere temperaturas de extrusión relativamente altas y una cama caliente para una buena adhesión, pero una vez configurado correctamente, produce piezas de alta calidad.

- El policarbonato tiene una baja contracción y deformación térmica, lo que significa que las piezas impresas mantienen sus dimensiones y forma con precisión incluso cuando están sujetas a cambios de temperatura.



Figura 24. Rollo de Policarbonato.

Fuente: Ipresoras3d (2024).

La Figura 24 muestra un ejemplo de una pieza fabricada en policarbonato, debido a su composición y características se lo utiliza en componentes mecánicos. Aunque los materiales antes mencionados, son los más usados en aplicaciones convencionales, este método de impresión 3D FDM se mantiene en constante cambio no solo en las máquinas sino también en el material, a continuación se explica algunos materiales no tan convencionales que pueden ser utilizados para la manufactura con esta tecnología.

## **Arcilla**

La impresión 3D con arcilla es un proceso innovador que permite la fabricación de objetos cerámicos mediante la deposición controlada de

arcilla o barbotina, capa por capa, utilizando tecnologías de impresión 3D adaptadas para este propósito.

A continuación, proporcionaré una explicación detallada de cómo funciona este proceso, junto con algunas referencias relevantes:

- **Preparación del material:** En la impresión 3D con arcilla, el material de alimentación principal es la arcilla, que se mezcla con agua para formar una pasta llamada barbotina. La barbotina debe tener una consistencia adecuada para ser extruida y depositada por la impresora 3D de manera precisa. Además, pueden agregarse otros aditivos a la barbotina para mejorar sus propiedades de flujo, adhesión y secado (Román-Ospino et al., 2018).
- **Proceso de impresión:** El proceso de impresión 3D con arcilla implica la deposición controlada de la barbotina capa por capa para construir el objeto deseado. Esto se logra utilizando una boquilla de extrusión especializada que permite la salida controlada de la arcilla. La impresora 3D sigue un camino predefinido, depositando la arcilla de manera precisa para construir la geometría del objeto en cada capa. La velocidad de deposición, la presión del extrusor y otros parámetros de impresión son ajustados para optimizar la calidad y la precisión del objeto impreso (Román-Ospino et al., 2018).
- **Secado y acabado:** Una vez que se ha completado la impresión 3D, el objeto impreso en arcilla debe ser secado para eliminar el exceso de humedad y evitar deformaciones. El secado se realiza típicamente de manera controlada, ya sea al aire libre o en un ambiente controlado de temperatura y humedad. Después del secado, el objeto puede requerir procesos adicionales de acabado, como el lijado, pulido o esmaltado, para mejorar su apariencia y funcionalidad (Román-Ospino et al., 2018).



Figura 25. Boquilla para impresión 3D con arcilla.

Fuente: Centroimpresion3d (2024).

La Figura 25 muestra cómo funciona el proceso de impresión 3D con arcilla, la cual se hace con capas mucho más grandes que con los materiales antes explicados. El modelo fabricado necesitará obligatoriamente un post-procesado para el acabado final.

La impresión 3D con arcilla ofrece varias ventajas, como la capacidad de fabricar objetos cerámicos personalizados y complejos de manera rápida y eficiente, así como la posibilidad de explorar nuevas formas y diseños que no son posibles con métodos tradicionales de fabricación. Sin embargo, también presenta desafíos, como la necesidad de controlar cuidadosamente la viscosidad y la humedad de la arcilla durante el proceso de impresión para garantizar la precisión y la integridad estructural del objeto impreso.

## Metal

La impresión 3D FDM (Fabricación por Deposición de Material Fundido) con metal es un proceso que implica la deposición controlada de material metálico fundido capa por capa para construir objetos tridimensionales.

En este proceso específico que involucra soldadura por deposición de metal (MDW, por sus siglas en inglés), se utiliza un brazo robótico para depositar material de soldadura metálica en forma de alambre, que se funde utilizando un láser o arco, creando así una soldadura entre las capas de material depositadas.



Figura 26. Cohete impreso en 3D.

Fuente: Bbricogeek (2024).

La Figura 26 muestra como un brazo robótico convierte el proceso de soldadura en uno de impresión 3D para construir la estructura de un cohete real, que será lanzado al espacio. A continuación, se proporciona una explicación detallada de cómo funciona este proceso:

- El material utilizado en la impresión 3D FDM con metal en este proceso es típicamente un alambre metálico de alta pureza, que se alimenta a través de un cabezal de extrusión montado en un brazo

robótico. El alambre puede ser de diferentes aleaciones metálicas, como acero inoxidable, aluminio, titanio, entre otros, dependiendo de las propiedades mecánicas y la aplicación deseada.

- El brazo robótico controla el movimiento del cabezal de extrusión para depositar el material de soldadura metálica capa por capa, siguiendo un camino predefinido según el diseño del objeto a imprimir. El material de soldadura se deposita en áreas específicas donde se requiere unir o rellenar material, formando así las capas del objeto tridimensional.
- Una vez depositadas las capas de material, se utiliza un láser o arco de soldadura para fundir selectivamente el material de soldadura metálica depositado, creando así una unión sólida entre las capas y formando el objeto tridimensional. La energía del láser o arco de soldadura se controla cuidadosamente para asegurar una fusión adecuada del material sin provocar deformaciones en el objeto impreso.
- El proceso de deposición y fusión se repite capa por capa hasta que se completa la fabricación del objeto tridimensional. El brazo robótico puede ajustar la orientación y posición del cabezal de extrusión según sea necesario para crear geometrías complejas y estructuras internas en el objeto impreso.
- Una vez finalizado el proceso de impresión, el objeto impreso puede requerir procesos de acabado y post-procesamiento adicionales, como el mecanizado, pulido, tratamiento térmico y eliminación de soportes de impresión, para mejorar su precisión, calidad superficial y propiedades mecánicas (Khairallah et al., 2016).

Este método de impresión 3D con metal ofrece varias ventajas, como la capacidad de fabricar objetos metálicos de gran tamaño y alta calidad con geometrías complejas, así como la posibilidad de utilizar una amplia variedad de materiales metálicos. Sin embargo, también presenta desafíos en términos de control de procesos, optimización de parámetros y acabado de superficies para garantizar la calidad y la integridad estructural del objeto impreso.

## Tejido celular

La impresión 3D FDM con tejido celular es una técnica avanzada que busca crear estructuras tridimensionales similares a tejidos biológicos utilizando células vivas y materiales bioimpresos.

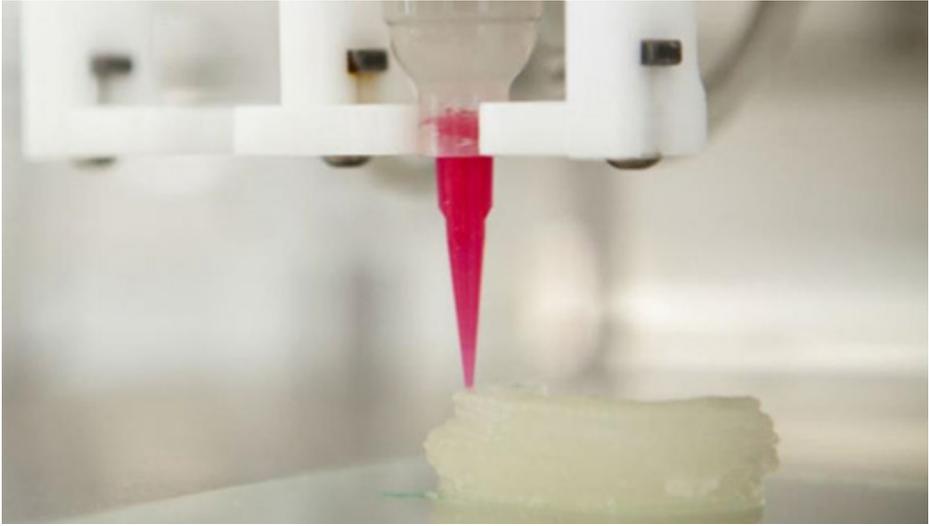


Figura 27. Impresión 3D de tejido celular

Fuente (prensaiberica, 2024)

La Figura 27 muestra el uso de tejido celular para fabricar componentes biológicos. Es una de las ramas que más interés tiene para los científicos ya que se tiene la esperanza de crear partes del cuerpo o incluso órganos completos, aunque esta tecnología aún está en desarrollo y no está al alcance de la mayoría de individuos.

- **En este proceso:** las células vivas y los biomateriales, como hidrogeles, se preparan cuidadosamente para que puedan ser extruidos por la impresora 3D. Las células se cultivan en un medio nutritivo y se mezclan con el biomaterial para formar una “tinta bioimpresa”. Estas tintas pueden contener diferentes tipos de células para reproducir la complejidad de los tejidos biológicos.

- **Proceso de impresión:** La impresora 3D utiliza un cabezal de extrusión especializado que deposita la tinta bioimpresa capa por capa para construir la estructura tridimensional deseada. Se puede programar para seguir un patrón específico para crear la arquitectura precisa del tejido, incluyendo espacios vacíos para vasos sanguíneos y otros componentes esenciales. Durante la impresión, las células y el biomaterial se mantienen a una temperatura y humedad óptimas para garantizar su viabilidad y funcionalidad.
- **Creación del tejido celular:** A medida que se depositan las capas de tinta bioimpresa, las células y el biomaterial se fusionan y se solidifican para formar la estructura del tejido celular. Es crucial mantener las condiciones adecuadas durante todo el proceso para garantizar la supervivencia y el desarrollo de las células. Una vez completada la impresión, el tejido celular impreso puede someterse a procesos adicionales, como la maduración en un biorreactor, para mejorar su funcionalidad y semejanza con tejidos biológicos naturales.
- **Aplicaciones y avances:** La impresión 3D FDM con tejido celular tiene aplicaciones prometedoras en medicina regenerativa, investigación biomédica y desarrollo de fármacos. Puede utilizarse para crear modelos de tejidos para estudios de enfermedades, ensayos de fármacos y trasplantes de tejidos personalizados. Además, los avances en la tecnología están permitiendo la impresión de tejidos más complejos y funcionales, acercándonos cada vez más a la creación de órganos y tejidos artificiales viables.

## Concreto

La impresión 3D FDM (Fabricación por Deposición de Material Fundido) con concreto para la construcción de casas es una tecnología emergente que permite la fabricación automatizada de estructuras de concreto mediante la deposición capa por capa de material de construcción.



Figura 28. Casa construida con el proceso de impresión 3D.

Fuente: El Español (2023).

La Figura 28 muestra una impresora 3D gigante que se usa para depositar concreto capa por capa hasta tener una edificación terminada. Es un proceso que ya se está implementado en varios países en el mundo ya que puede reducir mucho tiempo y costos de construcción.

- El material utilizado en la impresión 3D con concreto generalmente consiste en una mezcla especial de cemento, agregados finos (como arena) y gruesos (como grava o piedra triturada), aditivos y agua. Esta mezcla se ajusta para que tenga las propiedades de fluidez adecuadas para ser extruida por la impresora 3D y mantener su forma después de la deposición.
- La impresora 3D utiliza un brazo robótico o un sistema de extrusión especializado para depositar la mezcla de concreto, capa por capa, siguiendo un patrón predefinido para construir las paredes y otros elementos de la casa. La velocidad de deposición, la presión del extrusor y otros parámetros se controlan cuidadosamente para garantizar una impresión precisa y una adhesión adecuada entre capas.
- A medida que se depositan las capas de concreto, se van solidificando para formar la estructura de la casa. La impresora 3D puede

ajustar la orientación y posición del brazo robótico o del cabezal de extrusión según sea necesario para construir diferentes partes de la casa, como paredes, columnas y techos. Se pueden integrar refuerzos metálicos u otros elementos estructurales durante el proceso de impresión para mejorar la resistencia y estabilidad de la estructura.

- Una vez completada la impresión, la estructura impresa puede requerir procesos adicionales de acabado y post-procesamiento, como el lijado, pulido y sellado, para mejorar su apariencia y durabilidad. Además, se pueden añadir otros elementos de construcción, como ventanas, puertas y sistemas de fontanería y electricidad, para completar la casa.

Las investigaciones y desarrollos en el campo de la impresión 3D de concreto para casas están en constante evolución, y hay numerosos estudios y proyectos en curso que exploran diferentes aspectos de esta tecnología.

## ***Estereolitografía (SLA)***

La impresión 3D SLA (Estereolitografía) es un proceso que utiliza resinas fotosensibles que se curan mediante luz ultravioleta para formar objetos tridimensionales capa por capa. Estas resinas están diseñadas para proporcionar una variedad de propiedades físicas y mecánicas para adaptarse a diferentes aplicaciones y requisitos de impresión.

## ***Resinas fotosensibles***

Las resinas fotosensibles son el material principal utilizado en la impresión 3D SLA. Estas resinas consisten en monómeros y oligómeros líquidos que se polimerizan y solidifican cuando se exponen a la luz ultravioleta. Las resinas pueden variar en composición química y propiedades para cumplir con diferentes requisitos de impresión, como la resistencia, la transparencia, la flexibilidad y la temperatura de trabajo. Algunos tipos comunes de resinas fotosensibles incluyen:

- **Resinas estándar:** Son resinas de propósito general que ofrecen una buena combinación de propiedades mecánicas y detalles finos de impresión. Son adecuadas para una amplia gama de aplicaciones, desde prototipos hasta piezas funcionales.
- **Resinas de alta temperatura:** Estas resinas están formuladas para resistir temperaturas elevadas y son ideales para aplicaciones que requieren resistencia al calor, como piezas de automóviles o componentes electrónicos.
- **Resinas transparentes:** Diseñadas para producir objetos transparentes o translúcidos con alta claridad óptica. Son utilizadas en aplicaciones de diseño, visualización y prototipado de productos.
- **Resinas flexibles:** Estas resinas ofrecen una alta flexibilidad y elasticidad, lo que las hace adecuadas para la fabricación de partes que requieren deformación o amortiguación, como juntas, sellos o prototipos de calzado.

## ***Aditivos y pigmentos***

Además de los ingredientes principales, las resinas fotosensibles pueden contener aditivos y pigmentos para modificar ciertas propiedades o mejorar el rendimiento de la impresión. Estos aditivos pueden incluir estabilizadores UV para mejorar la resistencia a la degradación por la luz ultravioleta, agentes de refuerzo para aumentar la resistencia mecánica, agentes de fluidez para mejorar la capacidad de flujo de la resina y pigmentos para proporcionar coloración a los objetos impresos.

## **2.2. Sinterización selectiva por láser (SLS)**

Este método es especialmente versátil en términos de materiales que se pueden utilizar. Aquí hay una descripción detallada de algunos tipos comunes de materiales utilizados en la impresión 3D SLS.

## ***Poliamidas (Nylon)***

Las poliamidas, comúnmente conocidas como nylon, son uno de los materiales más populares para la impresión 3D SLS. Estos polímeros tienen propiedades mecánicas superiores, incluida una alta resistencia a la tracción y al impacto, así como una buena flexibilidad. También pueden ser modificados con fibra de vidrio, carbono u otros aditivos para mejorar aún más sus propiedades.

## ***Polvos de metal***

La impresión 3D SLS también se puede utilizar para crear piezas de metal mediante la fusión de polvos metálicos con un láser de alta potencia. Los metales comunes utilizados en este proceso incluyen aluminio, acero inoxidable, titanio, níquel y cobalto-cromo. Las piezas impresas en metal mediante SLS tienen propiedades mecánicas excelentes y son adecuadas para aplicaciones que requieren resistencia y durabilidad.

## ***Polvos cerámicos***

Los polvos cerámicos se utilizan en la impresión 3D SLS para crear piezas cerámicas con propiedades únicas, como alta resistencia a la temperatura, resistencia química y aislamiento eléctrico. Los materiales cerámicos comunes incluyen alúmina, zirconio y carburo de silicio. Estas piezas son ideales para aplicaciones en las que se requiere resistencia al calor, como componentes para motores y aisladores eléctricos.

## ***Polvos de polímero reforzado con fibra***

Los polímeros reforzados con fibra, como el polímero reforzado con fibra de vidrio (FRP) o el polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP), se utilizan en la impresión 3D SLS para crear piezas con una alta resistencia y rigidez. Estos materiales son ideales para aplicaciones que requieren una gran resistencia y rigidez, como componentes estructurales en la industria aeroespacial y automotriz.

## ***Polvos de cerámica metálica***

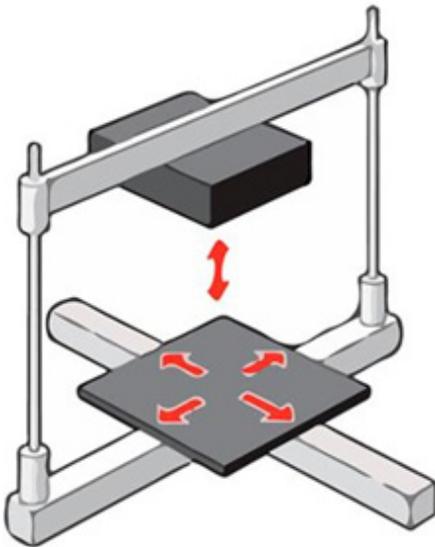
Los polvos de cerámica metálica son una clase de materiales compuestos que combinan las propiedades de los metales y las cerámicas. Estos materiales ofrecen una combinación única de resistencia, rigidez, conductividad térmica y resistencia a la corrosión. Son adecuados para una variedad de aplicaciones en ingeniería, electrónica y fabricación de herramientas.

### **2.3. Descripción de las distintas impresoras 3D disponibles en el mercado**

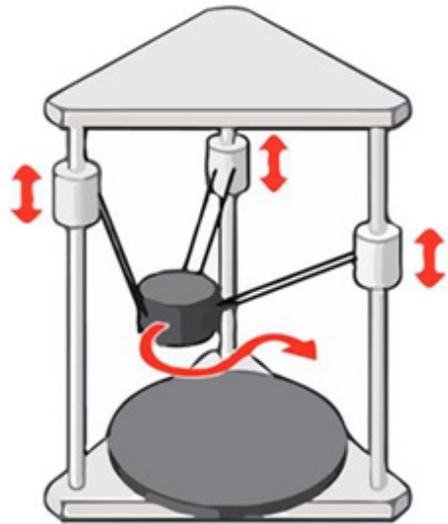
En el dinámico universo de la impresión 3D, los equipos y herramientas son los cimientos sobre los cuales se erige la capacidad de materializar conceptos abstractos en objetos físicos con una precisión sin precedentes. Este capítulo se sumerge en el núcleo técnico de la impresión 3D, explorando los intrincados detalles de los equipos y herramientas que impulsan esta revolución manufacturera. Desde las complejas geometrías de las boquillas de extrusión hasta los algoritmos de software que gestionan la trayectoria de impresión, cada aspecto técnico se analiza con meticulosa atención. Además, se examinan las últimas innovaciones en tecnología de impresión 3D, desde los sistemas de alimentación de material hasta los avanzados sistemas de control y monitoreo en tiempo real.

Dentro de la impresión 3D cada método requiere de una máquina diferente, sin embargo, dentro del mismo método se puede encontrar, diferentes tecnologías para un mismo proceso. Dentro de las impresoras FDM, existen 2 tipos en particular, las llamadas impresoras cartesianas y las impresoras delta.

Las impresoras 3D cartesianas y delta son dos de las arquitecturas más comunes utilizadas en la fabricación aditiva. Cada una tiene sus propias características, ventajas y desventajas. A continuación, proporcionaré una explicación detallada de ambas:



**Cartesian**



**Delta**

Figura 29. Tipos de impresoras 3D, Cartesiana y delta.

Fuente: insta3dm (2020).

La Figura 29 muestra los dos tipos de impresoras 3D para el método FDM, cartesiana y delta. Cumplen con el mismo propósito, pero cada una tiene ventajas y desventajas respecto a la otra.

### ***Impresoras 3D Cartesianas***

Las impresoras 3D cartesianas son las más comunes y populares en el mercado. Utilizan un sistema de coordenadas cartesianas (X, Y, Z) para mover el cabezal de impresión y construir objetos capa por capa.



Figura 30. Impresora 3D cartesiana Artillery X2.

Fuente: Artillery3D (2024).

La Figura 30 muestra la impresora 3D de tipo cartesiana de la marca artillery.

La estructura de una impresora 3D cartesiana suele ser similar a una impresora de papel convencional, con una plataforma de impresión que se mueve verticalmente en el eje Z y un cabezal de impresión que se desplaza horizontalmente en los ejes X y Y. Algunas de las ventajas y desventajas de las impresoras 3D cartesianas son:

## ***Ventajas***

- **Facilidad de construcción:** Las impresoras 3D cartesianas suelen ser más fáciles de construir y mantener debido a su diseño simple y familiar.
- **Precisión:** Pueden ofrecer una alta precisión y calidad de impresión debido a la rigidez y estabilidad de su estructura.
- **Accesibilidad:** Son más accesibles y asequibles para los usuarios principiantes y aficionados debido a su amplia disponibilidad en el mercado y a sus precios más bajos.

## ***Desventajas***

- **Velocidad limitada:** La velocidad de impresión puede ser limitada debido a la necesidad de mover la plataforma de impresión en el eje Z en cada capa.
- **Vibraciones:** Pueden ser más susceptibles a vibraciones y artefactos de impresión debido al movimiento de la plataforma de impresión.
- **Espacio requerido:** Pueden requerir más espacio de trabajo debido a la necesidad de espacio para el movimiento de la plataforma y el cabezal de impresión.

## ***Impresoras 3D Delta***

Las impresoras 3D delta utilizan un sistema de movimiento paralelo compuesto por tres brazos conectados a torres verticales. Estos brazos se mueven hacia arriba y hacia abajo para mover el cabezal de impresión en los ejes X, Y y Z.

La Figura 31 muestra la impresora 3D de tipo delta de la marca artillery.



Figura 31. Impresora 3D de tipo delta, marca FLSUN.

Fuente: Fsum (2024).

La plataforma de impresión permanece fija en la base de la impresora. Algunas de las ventajas y desventajas de las impresoras 3D delta son:

### ***Ventajas***

- **Velocidad:** Las impresoras 3D delta pueden imprimir más rápido que las cartesianas debido a su diseño que minimiza la masa en movimiento.
- **Altura de impresión:** Suelen tener una mayor altura de impresión efectiva en comparación con las cartesianas debido a la naturaleza vertical de su diseño.

- **Estética:** Su diseño único y elegante puede ser atractivo para algunos usuarios y añadir un elemento de interés visual a la impresión 3D.

## **Desventajas**

- **Calibración complicada:** La calibración inicial y el ajuste de una impresora 3D delta pueden ser más complicados y requieren más experiencia técnica.
- **Menor precisión:** Pueden tener una precisión ligeramente menor en comparación con las cartesianas debido a la naturaleza no lineal de su movimiento.
- **Limitaciones de diseño:** Algunos diseños y geometrías pueden ser más difíciles de imprimir en una impresora 3D delta debido a la geometría específica de su volumen de impresión.

## **2.4. Tipos de tecnologías para la Estereolitografía**

Para el método de estereolitografía (SLA), se utilizan impresoras 3D específicas que emplean esta tecnología para solidificar resinas líquidas fotosensibles capa por capa mediante el uso de un láser ultravioleta.

A continuación, se explica las tecnologías más comunes utilizadas en impresoras 3D SLA:

### **SLA Tradicional (Estereolitografía)**

Esta es la tecnología original de estereolitografía, que utiliza un láser ultravioleta para polimerizar y solidificar una resina fotosensible líquida capa por capa. El proceso comienza con la exposición de una capa delgada de resina a la luz del láser, que se controla mediante un espejo galvanométrico o un sistema de escaneo DLP (Digital Light Processing). Una vez que una capa se ha solidificado, la plataforma de construcción se mueve hacia arriba y se deposita una nueva capa de resina, repitiendo el proceso hasta que se complete el objeto.

## ***DLP (Procesamiento de luz digital)***

La tecnología DLP utiliza un proyector digital para proyectar una imagen de cada capa de impresión en la resina fotosensible. En lugar de un láser, un proyector de luz emite patrones de luz que polimerizan la resina en las áreas deseadas. Esto permite una mayor velocidad de impresión en comparación con la estereolitografía tradicional, ya que una capa completa puede ser polimerizada simultáneamente en lugar de punto a punto.

## ***LCD (Pantalla de cristal líquido)***

En esta variante, una pantalla de cristal líquido (LCD) actúa como máscara para controlar la exposición de la resina a la luz ultravioleta. La luz ultravioleta pasa a través de la pantalla LCD, que se modifica electrónicamente para permitir o bloquear la luz en áreas específicas, creando el patrón de cada capa de impresión. Si bien las impresoras SLA basadas en LCD pueden ser menos costosas que las basadas en DLP, pueden tener una resolución ligeramente inferior debido a las limitaciones de la tecnología LCD.

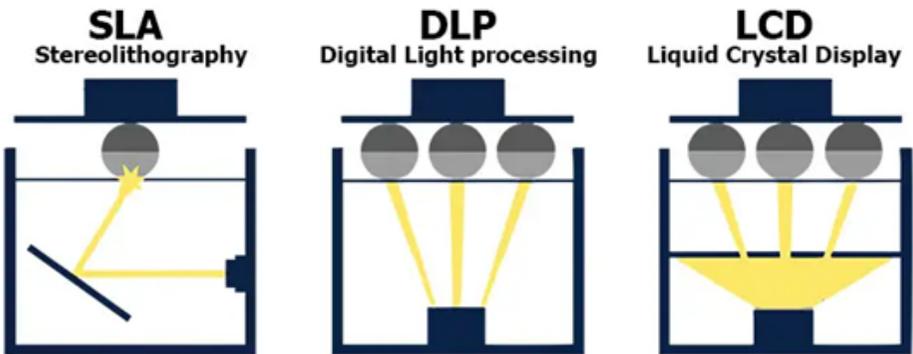


Figura 32. Tipos de estereolitografía.

Fuente: Creality (2023).

La Figura 32 muestra los 3 diferentes procesos para la estereolitografía, SLA, DLP y LCD. Los procesos son ligeramente diferentes pero las máquinas son prácticamente iguales en apariencia por lo que al momento de adquirir una, hay que asegurarse para cual método está pensado.

## **2.5. Tipos de tecnologías para la fabricación por sinterización selectiva por láser SLS**

Existen diferentes tipos de máquinas y tecnologías utilizadas para la impresión 3D SLS, cada una con sus propias características y aplicaciones. A continuación, se explica detalladamente los principales tipos:

### ***Máquinas SLS de polvo termoplástico***

- Estas máquinas utilizan polvos termoplásticos, como poliamida (nylon), polipropileno o polietileno, como material de construcción.
- Un lecho de polvo se extiende sobre la plataforma de construcción, y un láser de alta potencia se utiliza para fusionar selectivamente las partículas de polvo en las áreas deseadas según el modelo 3D.
- Después de la solidificación de una capa, la plataforma de construcción desciende una distancia específica y se agrega una nueva capa de polvo encima. Este proceso se repite hasta que se completa el objeto.
- Las máquinas SLS de polvo termoplástico son ampliamente utilizadas en la producción de piezas funcionales y prototipos en una variedad de industrias, incluyendo la automotriz, aeroespacial y médica.

### ***Máquinas SLS de polvo metálico***

- Estas máquinas utilizan polvos metálicos, como acero inoxidable, aluminio, titanio o aleaciones de níquel, como material de construcción.

- Al igual que con el SLS de polvo termoplástico, un láser de alta potencia se utiliza para fusionar selectivamente las partículas de polvo metálico, formando el objeto capa por capa.
- Las máquinas SLS de polvo metálico son ideales para la producción de piezas metálicas funcionales con alta resistencia y precisión, como componentes de motores, herramientas y piezas aeroespaciales.

### ***Máquinas SLS de polvo cerámico***

- Estas máquinas utilizan polvos cerámicos, como alúmina, circona o carburo de silicio, como material de construcción.
- El proceso de impresión es similar al SLS de polvo termoplástico, pero el resultado final son objetos cerámicos sólidos.
- Las máquinas SLS de polvo cerámico se utilizan en la fabricación de piezas cerámicas de alta precisión y resistencia para aplicaciones en la industria médica, electrónica y de ingeniería.

Las máquinas y tecnologías utilizadas para la impresión 3D SLS varían según el tipo de material de construcción utilizado, que puede ser termoplástico, metálico o cerámico. Cada tipo tiene sus propias características y aplicaciones específicas, pero todas comparten el principio de utilizar un láser para fusionar y solidificar material en polvo capa por capa para formar objetos tridimensionales.

Esta tecnología es más complicada y costosa lo que hace que las máquinas sean mucho más grandes dejando su uso para empresas dedicadas a esta actividad o laboratorios de investigación.



Figura 33. Tipos de impresoras 3D SLS.

Fuente: 3dnatives (2022).

La Figura 33 muestra varias marcas de impresoras 3D dedicadas al proceso SLS, se puede ver que son máquinas muy grandes en comparación con las anteriormente explicadas.

## 2.6. Equipos complementarios para la impresión 3D

La impresión 3D es una tecnología que se presenta como una alternativa que solo requiere de una máquina para empezar en esta rama de la ingeniería. Sin embargo, aunque a nivel de principiante es posible trabajar solo con una máquina, eventualmente se requerirá de equipos más especializados para mejorar la experiencia al trabajar con esta tecnología

Así como existen materiales e impresoras 3D para cada tipo de impresión, existe equipos que funcionan mejor como complemento de alguna tecnología específica.

A continuación, se explican algunos equipos que funcionan como complemento para cualquiera que decida trabajar en esta área, especificando para que tecnología se debe utilizar.

## **Secadora de filamento**

Una secadora de filamento para impresoras 3D es un dispositivo diseñado para eliminar la humedad del filamento antes de su uso en una impresora 3D FDM (Modelado por Deposición Fundida). La humedad puede ser perjudicial para la calidad de impresión y la integridad estructural del objeto impreso, especialmente en materiales sensibles como el PLA, ABS, nylon y PETG.



Figura 34. Secadora de filamento de la marca Creality.

Fuente: Creality (2024).

La Figura 34 muestra una secadora de filamento usado para remover la humedad del material a imprimirse.

La secadora de filamento ayuda a evitar problemas como la formación de burbujas, el craquelado y la mala adherencia entre capas debido a la humedad en el filamento.

El funcionamiento de una secadora de filamento generalmente implica los siguientes pasos:

- **Control de temperatura:** La secadora de filamento tiene un compartimento o cámara interior donde se coloca el filamento. Este espacio está equipado con un sistema de control de temperatura que mantiene una temperatura constante y controlada dentro del rango óptimo para el tipo de filamento que se está secando. Por lo general, la temperatura se mantiene entre 40°C y 70°C, dependiendo del material del filamento.
- **Circulación de aire:** La secadora también tiene un sistema de circulación de aire que ayuda a distribuir uniformemente el calor dentro del compartimento de secado. Esto asegura que el calor alcance todas las partes del filamento y elimine la humedad de manera efectiva.
- **Tiempo de secado:** El filamento se coloca en el interior de la secadora durante un período de tiempo específico, que puede variar según el grado de humedad y el tipo de material. Por lo general, el tiempo de secado puede oscilar entre varias horas hasta un día completo, dependiendo de las condiciones iniciales del filamento.
- **Indicadores de humedad:** Algunas secadoras de filamento están equipadas con indicadores de humedad que monitorean los niveles de humedad dentro del compartimento de secado. Esto permite al usuario controlar el progreso del proceso de secado y asegurarse de que el filamento esté completamente seco antes de su uso.

## **Lápiz 3D**

Un lápiz impresor 3D o bolígrafo 3D, es un dispositivo portátil que permite a los usuarios crear objetos tridimensionales de forma libre y manual. A diferencia de una impresora 3D convencional, que utiliza un proceso automatizado para construir objetos capa por capa a partir de un modelo digital, un lápiz impresor 3D permite dibujar en el aire utilizando filamento termoplástico fundido.



Figura 35. Lápiz 3D.

Fuente: 3dnatives (2024).

La Figura 35 muestra un lápiz 3D. este dispositivo funciona como complemento, pero no se recomienda para trabajos completos, es más usado como muestra para aplicaciones educativas en cursos iniciales.

El funcionamiento de un lápiz impresora 3D es bastante sencillo:

- El lápiz impresor 3D se alimenta con filamento termoplástico, similar al utilizado en una impresora 3D FDM (Modelado por Deposición Fundida). El filamento se introduce en el lápiz a través de una abertura y se alimenta manualmente al mecanismo de extrusión.

- Una vez que el filamento está cargado en el lápiz, se activa el calentador interno que funde el material. El filamento se convierte en una masa semilíquida que es extruida a través de una boquilla fina en la punta del lápiz.
- Con el filamento fundido, el usuario puede dibujar libremente en el aire o sobre una superficie plana. Al mover el lápiz, el material se deposita de manera continua, permitiendo al usuario crear formas tridimensionales y estructuras.
- Una vez que el material se ha depositado, se enfría y solidifica rápidamente al entrar en contacto con el aire, permitiendo que la estructura creada conserve su forma.

La principal diferencia entre un lápiz impresora 3D y una impresora 3D convencional radica en el método de creación de objetos. Mientras que una impresora 3D convencional utiliza un proceso automatizado y controlado por ordenador para construir objetos capa por capa a partir de un modelo digital, un lápiz impresor 3D permite una creación manual y libre, similar al dibujo en 2D pero en tres dimensiones.

Esta herramienta ayuda a reparar errores en las impresiones más grandes o para dar detalles o acabados que no estaban planificados en un inicio. Es muy útil como complemento, sin embargo, no es recomendable crear todo el producto solo con este aparato ya que la calidad dependerá al 100% de la capacidad del ser humano.

## ***Máquina para curar resina***

Una máquina para curar resina en el proceso de impresión 3D por resina, también conocida como cámara de curado UV, es un dispositivo diseñado para solidificar completamente las piezas impresas en 3D que han sido fabricadas utilizando tecnologías como la estereolitografía (SLA) o la impresión por fotopolimerización (DLP). Estas tecnologías utilizan resinas líquidas que se polimerizan y solidifican mediante la exposición a la luz ultravioleta (UV).



Figura 36. Máquina curadora con luz ultravioleta.

Fuente: Elegoo (2024).

La Figura 36 muestra una máquina para curar los objetos impresos con resina, este proceso es indispensable para garantizar el resultado final. El funcionamiento de una máquina para curar resina es el siguiente:

- Después de imprimir una pieza en 3D utilizando resina líquida y una impresora SLA o DLP, las piezas impresas se retiran de la plataforma de impresión. Estas piezas suelen estar en un estado semisólido y pegajoso después del proceso de impresión.
- Las piezas impresas se colocan dentro de la cámara de curado UV, que está equipada con luces ultravioleta de alta intensidad.
- Una vez que las piezas están dentro de la cámara, se activan las luces ultravioletas, que emiten una longitud de onda específica para

activar el proceso de polimerización en la resina. Esta exposición a la luz ultravioleta permite que las moléculas de resina se enlacen entre sí y solidifiquen completamente, convirtiendo las piezas de resina líquida en objetos sólidos y duros.

- El tiempo de exposición a la luz ultravioleta varía según el tipo y la densidad de la resina utilizada, así como el tamaño y la complejidad de las piezas impresas. Las máquinas de curado suelen tener configuraciones ajustables para controlar la duración y la intensidad de la exposición ultravioleta.
- Una vez completado el proceso de curado, las piezas impresas se retiran de la cámara de curado y están listas para su uso final. Las piezas curadas tendrán una mayor resistencia y estabilidad dimensional en comparación con las piezas sin curar.

## **Escáner 3D**

Un escáner 3D es un dispositivo que captura la geometría tridimensional de un objeto físico para crear un modelo digital que luego se puede utilizar para la impresión 3D u otros propósitos de diseño.

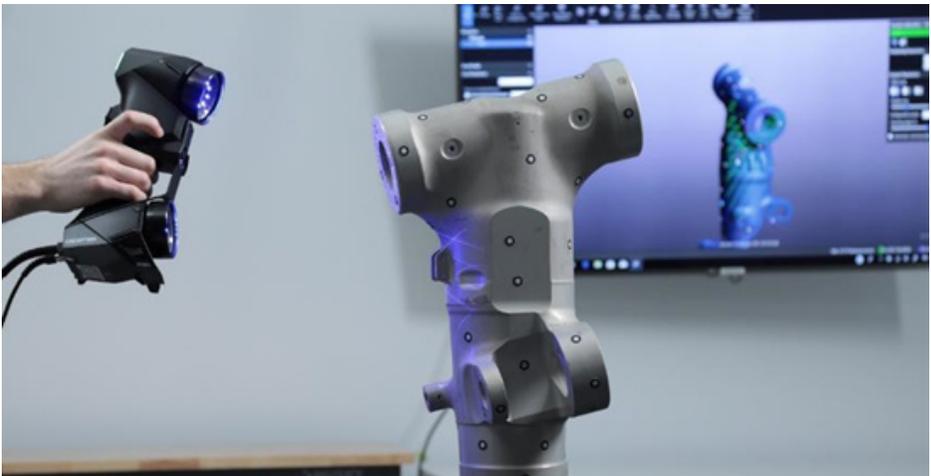


Figura 37. Escáner 3D.

Fuente: rgmetalshaping (2023).

La Figura 37 muestra un escáner profesional, usado para capturar las dimensiones y forma de un objeto real. Al escanearlo se puede generar una pieza la cual puede ser modificada o reproducida con la impresión 3D.

## ***Funcionamiento***

Un escáner 3D utiliza diferentes tecnologías, como láseres, luz estructurada, o fotogrametría, para capturar la forma y las características de un objeto tridimensional. Estos sistemas emiten una serie de patrones de luz sobre la superficie del objeto y registran la forma en que se reflejan o se distorsionan estos patrones.

Los datos capturados se procesan y se utilizan para calcular la geometría tridimensional del objeto. Esto implica el uso de algoritmos y software especializado para convertir los datos de la captura en un modelo digital 3D preciso y detallado.

Una vez procesados, los datos se utilizan para generar un modelo digital 3D del objeto. Este modelo consiste en una representación tridimensional de la forma, las texturas y las características del objeto capturado, y puede ser visualizado en un software de diseño 3D o utilizado para otros propósitos, como la impresión 3D.

## ***Utilización en el proceso de impresión 3D***

Captura de modelos existentes: Un escáner 3D se puede utilizar para capturar modelos físicos existentes y convertirlos en modelos digitales para su reproducción mediante impresión 3D. Esto es útil para replicar objetos antiguos, restaurar artefactos culturales o recrear piezas de repuesto que de otro modo serían difíciles de encontrar.

- **Diseño de modelos personalizados:** Los escáneres 3D también se utilizan en el diseño de productos personalizados y modelos únicos. Por ejemplo, en el sector médico, se pueden escanear partes del cuerpo para diseñar prótesis personalizadas o implantes médicos. En el diseño de moda, se pueden escanear personas para crear ropa a medida.

- **Ingeniería inversa:** En la ingeniería, los escáneres 3D se utilizan para realizar ingeniería inversa, es decir, para analizar y descomponer productos existentes con el fin de comprender su funcionamiento y diseño. Esto es útil para mejorar productos existentes, desarrollar variantes o crear documentación de diseño.
- **Control de calidad:** Los escáneres 3D también se utilizan para el control de calidad en la fabricación, donde se utilizan para comparar modelos digitales con productos físicos para detectar discrepancias o defectos. Esto ayuda a garantizar la precisión y la consistencia de los productos fabricados.

Existen muchos láseres en la actualidad y su rango de precio también es muy variado, los resultados finales dependerán mucho del tipo de escáner y de la habilidad para procesar la información o el modelo obtenido, para lo cual se utilizarán los diferentes softwares de modelado y edición 3D.

## 2.7. Software de modelado 3D

El software de modelado 3D es el más importante para este campo ya que sin un modelo no se puede imprimir nada. Existe una gran variedad de softwares disponibles algunos gratuitos y otros de paga. A continuación, se explican algunos de estos programas los cuales son los más conocidos.

### ***Fusion360***

- Desarrollador: Autodesk.

### ***Características principales***

- Fusion360 es un software de modelado 3D que combina diseño industrial y mecánico, simulación, colaboración y fabricación en una sola plataforma.
- Permite el diseño paramétrico, lo que significa que puedes establecer relaciones entre diferentes partes del diseño para realizar cambios rápidos y automáticos.

- Es compatible con la nube, lo que facilita la colaboración en tiempo real entre equipos distribuidos.
- Incluye herramientas de simulación para evaluar el rendimiento del diseño antes de la fabricación.
- Ofrece funciones de generación de código de control numérico (CNC) para la fabricación directa desde el software.

## **SolidWorks**

- Desarrollador: Dassault Systèmes.

### **Características principales**

- SolidWorks es una solución de diseño CAD 3D ampliamente utilizada en industrias como la automotriz, la aeroespacial y la ingeniería mecánica.
- Ofrece una amplia gama de herramientas de modelado, incluyendo funciones para piezas sólidas, superficies, ensamblajes y dibujo técnico.
- Es conocido por su facilidad de uso y su capacidad para manejar modelos complejos de manera eficiente.
- Proporciona herramientas de simulación integradas para evaluar la resistencia, la fatiga y el rendimiento térmico de los diseños.
- SolidWorks también permite la colaboración en equipo a través de su plataforma en la nube.

## **Blender**

- Desarrollador: Blender Foundation.

### **Características principales**

- Blender es una herramienta de modelado 3D de código abierto y gratuita que es muy potente y versátil.
- Se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, desde la creación de modelos para impresión 3D hasta la animación y el diseño de videojuegos.

- Ofrece un conjunto completo de herramientas de modelado, incluyendo modelado poligonal, esculpido digital, modelado de superficies y más.
- Es altamente personalizable y extensible a través de complementos y scripts.
- Aunque puede tener una curva de aprendizaje más pronunciada que algunos otros programas, ofrece una gran flexibilidad y control una vez que se domina.

## **Rhino 3D**

- Desarrollador: Robert McNeel & Associates.

### **Características principales**

- Rhino es conocido por su flexibilidad en el modelado de formas orgánicas y superficies complejas.
- Utiliza un enfoque de modelado NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines), que permite un alto grado de precisión en el modelado de formas curvas y superficies.
- Es ampliamente utilizado en campos como el diseño industrial, la arquitectura, la joyería y el diseño de barcos.
- Rhino también es compatible con una amplia gama de complementos y herramientas de terceros que amplían su funcionalidad para aplicaciones específicas.

## **Tinkercad**

- Desarrollador: Autodesk.

### **Características principales**

- Tinkercad es una herramienta de modelado 3D basada en navegador diseñada para ser fácil de usar, especialmente para principiantes y educadores.

- Ofrece una interfaz intuitiva y amigable que permite a los usuarios crear modelos 3D mediante operaciones simples de arrastrar y soltar.
- Aunque es más básico en comparación con otro software, Tinkercad es ideal para la creación rápida de modelos simples y prototipos.
- Es utilizado comúnmente en entornos educativos para enseñar conceptos de diseño y modelado 3D a estudiantes de todas las edades.

## **SketchUp**

- Desarrollador: Trimble Inc.

### **Características principales**

- SketchUp es conocido por su facilidad de uso y su capacidad para crear modelos 3D rápidos y precisos.
- Es utilizado principalmente en diseño arquitectónico y de interiores, así como en diseño de paisajes y planificación urbana.
- Ofrece una amplia biblioteca de componentes y texturas que facilitan la creación de modelos detallados y visualmente atractivos.
- SketchUp también es compatible con una variedad de complementos que permiten ampliar su funcionalidad para adaptarse a diferentes necesidades de diseño.

## **3ds Max**

- Desarrollador: Autodesk.

### **Características principales**

- 3ds Max es un software de modelado, animación y renderizado 3D utilizado en industrias como la producción de películas, la visualización arquitectónica y el diseño de juegos.

- Ofrece una amplia gama de herramientas de modelado, incluyendo modelado poligonal, modelado de superficies y modelado basado en spline.
- Es conocido por su robusto conjunto de herramientas de animación y rigging, que permiten crear personajes y animaciones complejas.
- 3ds Max también incluye potentes capacidades de renderizado que permiten crear imágenes fotorrealistas y visualizaciones de alta calidad.

## **ZBrush**

- Desarrollador: Pixologic.

### ***Características principales***

- ZBrush es un software de modelado digital y escultura 3D utilizado principalmente en la industria del entretenimiento y la producción de videojuegos.
- Se destaca por su enfoque único en la escultura digital, permitiendo a los artistas esculpir modelos 3D con una precisión y detalle excepcionales.
- Utiliza una tecnología llamada “Pixel”, que permite a los usuarios trabajar con detalles extremadamente finos sin comprometer el rendimiento.
- ZBrush es ampliamente utilizado en la creación de personajes, criaturas y entornos para películas, videojuegos y animación.

## **2.8. Software de Laminador**

El software de laminado, también conocido como slicer en inglés, es una herramienta fundamental en el proceso de impresión 3D. Su función principal es convertir un modelo tridimensional digital en instrucciones específicas que la impresora 3D puede entender y seguir para construir físicamente el objeto capa por capa. A continuación, se explica los principales softwares de laminado utilizados en la actualidad y sus características principales:

## **Ultimaker Cura**

- Cura es un software de laminado de código abierto desarrollado por Ultimaker, diseñado para ser fácil de usar y versátil.
- Permite cargar modelos 3D en varios formatos, como STL, OBJ y 3MF, y ofrece una amplia gama de opciones de configuración para ajustar la calidad de impresión y los parámetros de impresión.
- Cuenta con funciones avanzadas como la generación de soportes automáticos, la edición de modelos antes de la impresión y la visualización previa de capas.

## **PrusaSlicer**

- PrusaSlicer es otro software de laminado de código abierto, desarrollado por Prusa Research, diseñado específicamente para trabajar con impresoras 3D Prusa.
- Ofrece una interfaz intuitiva y fácil de usar, así como una amplia gama de perfiles predefinidos para diferentes modelos de impresoras y materiales.
- Incluye características avanzadas como la corrección de deformaciones, la optimización automática de la velocidad de impresión y la detección de puentes para mejorar la calidad de impresión.

## **Simplify3D**

- Simplify3D es un software de laminado de pago que se ha ganado una sólida reputación por su potencia y flexibilidad.
- Permite un control detallado sobre todos los aspectos del proceso de impresión, desde la configuración de parámetros hasta la disposición de los modelos en la plataforma de construcción.
- Ofrece herramientas avanzadas de análisis y visualización, como la simulación de impresión, que permite identificar y corregir posibles problemas antes de imprimir.

## **OctoPrint**

- OctoPrint es un software de control de impresoras 3D de código abierto que incluye funciones básicas de laminado.
- Permite cargar modelos 3D, ajustar parámetros de impresión y enviar instrucciones a la impresora 3D a través de una interfaz web.
- Aunque no es tan completo como otros softwares de laminado dedicados, es una opción popular para aquellos que prefieren tener un control total sobre el proceso de impresión desde una interfaz web.

Estos son algunos de los principales softwares de laminado utilizados en la actualidad. Cada uno tiene sus propias características y ventajas, por lo que la elección del software adecuado dependerá de las necesidades específicas del usuario, el tipo de impresora 3D y los materiales que se utilicen.

# CAPÍTULO III

Diseño para impresión 3D



## 3.1. Consideraciones de diseño para mejorar la calidad y la resistencia de las piezas impresas

El primer paso para realizar la impresión 3D es el diseño, en el capítulo anterior se explicaron algunos softwares que pueden ser utilizados. Cada software es diferente en su manipulación por lo que este capítulo se enfocará más en recomendaciones para poder crear diseños y modelos 3D para que sean impresos con facilidad.

La impresión 3D puede realizar prácticamente cualquier objeto que se diseñe, sin embargo, habrá muchas ocasiones en las que la dificultad del diseño complique la calidad del producto deseado, por lo que si se tiene planeado desde el inicio del proyecto fabricarlo en una impresora 3D ayudaría mucho al proceso diseñar el modelo para que este sea fácil de imprimir. Para lo cual se puede tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

### ***Tamaño de la impresora 3D disponible***

Cada impresora 3D tiene un tamaño máximo de construcción, que determina las dimensiones máximas que puede imprimir. Si el

modelo diseñado es más grande que el área de impresión disponible, no será posible imprimirlo sin cortarlo en partes más pequeñas o reducir su escala.

Al tener en cuenta el tamaño de impresión aparentemente se estaría limitando el tamaño del producto final, pero esta consideración se hace para que al momento de hacer el modelo 3D se lo pueda crear por partes, y que se pueda posteriormente ensamblar de una manera sencilla.

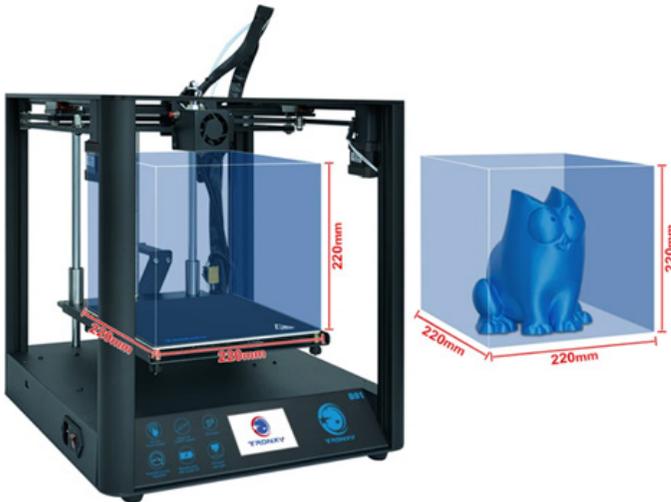


Figura 38. Área de impresión de una máquina FDM.

Fuente: Tronxy (2022).

La Figura 38 muestra el área de impresión disponible, esto varía dependiendo de la impresora 3D, al realizar un diseño hay que asegurarse de hacer el modelo 3D en un tamaño adecuado para que no exceda esta área.

### ***Evitar diseñar partes flotantes***

Independientemente del proceso de impresión 3D que se realiza este consiste en juntar el material por capas, eso significa que la capa debe asentarse sobre algo, lo que obliga al uso de soportes que deben ser removidos, sin embargo, en ocasiones la complejidad del modelo

provoca que haya más soportes que producto final, generando un desperdicio de material y tiempo.

Por lo tanto, es recomendable que se considere realizar una pieza que no requiera de soportes siempre y cuando sea posible, ya que en muchas ocasiones no se podrá omitir esto. Se debe reducir los voladizos y las partes sobresalientes en tu diseño, ya que pueden requerir soportes adicionales durante la impresión. Los voladizos pequeños pueden ser impresos sin soportes, pero los grandes pueden ser problemáticos.

Los soportes son indispensables en algunas ocasiones pero muchos diseñadores se esfuerzan en que sus productos sean lo más sencillos posibles al momento de imprimir, eso ayuda también a disminuir el tiempo y el material usado, lo que directamente reduce los costos.

La figura 39 se puede usar como ejemplo, al lado izquierdo tenemos una figura, la cual se ha diseñado para la explicación, si se desea imprimir esta obligatoriamente necesitaría soportes, sin embargo, al lado derecho tenemos otra alternativa que en teoría cumpliría con la misma función, pero por su diseño no requiere de soportes.

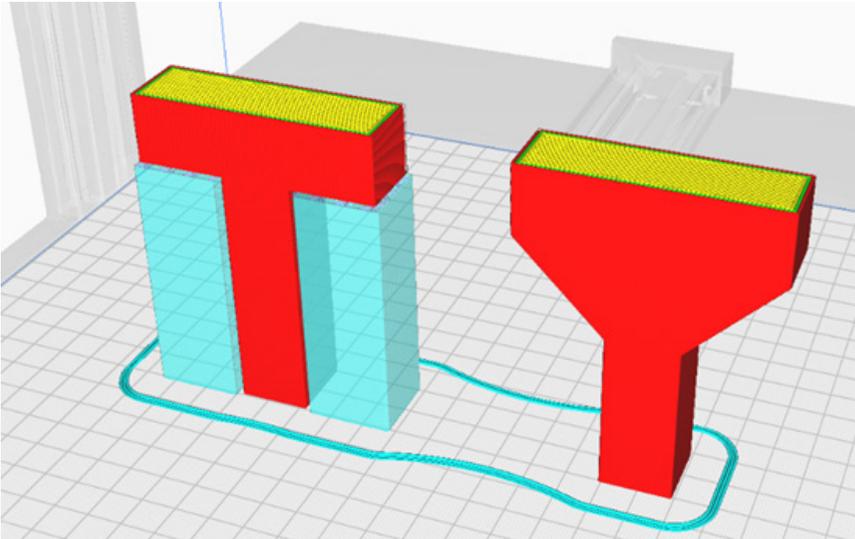


Figura 39. Imagen de ejemplo para el uso de soportes.

Por supuesto que esta recomendación funciona solamente cuando el propio diseñador establece las condiciones del modelo 3D si son requerimientos de terceros no se puede hacer estos cambios.

## **Generar geometrías sólidas**

Crea modelos con geometría sólida y sin errores. Asegúrate de que todas las superficies estén cerradas y no existan agujeros ni intersecciones que puedan causar problemas durante la impresión.

En ocasiones puede parecer perfecto, pero se debe analizar para evitar que el diseño no tenga deformidades interiores o exteriores, que afecten la calidad del producto final.

Con la ayuda de un software se puede analizar las fallas de los modelos 3D, el software usado es Meshmixer de Autodesk, el cual es una herramienta para analizar reparar y editar archivos 3D. Hay que dejar en claro que editar un modelo ya existente es complicado, ya que el archivo que se usa para imprimir no es el mismo que el modelo original.

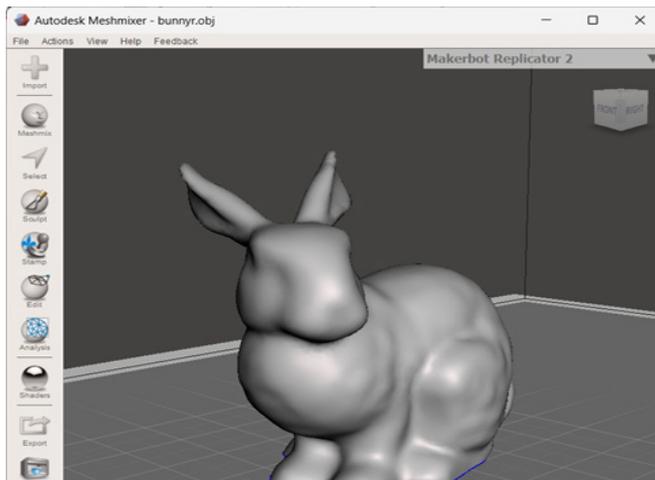


Figura 40. Software para análisis y edición de modelos 3D.

La Figura 40 muestra el software Meshmixer usado principalmente para editar modelos 3D que son obtenidos de alguna fuente externa.

## ***Considerar las tolerancias de ajuste de las piezas***

Las tolerancias son críticas al diseñar modelos 3D que serán fabricados en una impresora 3D, ya que afectan la precisión, la calidad y la funcionalidad del objeto impreso.

Las tolerancias determinan el espacio entre las piezas que necesitan ensamblarse. Es importante diseñar las partes con tolerancias adecuadas para garantizar un ajuste correcto. Si las tolerancias son demasiado pequeñas, las piezas pueden quedar atascadas o ser difíciles de ensamblar. Si son demasiado grandes, las piezas pueden quedar flojas o tener holgura, lo que afecta la estabilidad y funcionalidad del conjunto.

Durante el proceso de impresión, algunos materiales pueden experimentar encogimiento o deformación. Las tolerancias deben tener en cuenta este factor para garantizar que las dimensiones finales del objeto impreso sean las deseadas. Esto puede implicar ajustar las dimensiones del modelo 3D para compensar el encogimiento o diseñar características de refuerzo que minimicen la deformación.

Si el diseño es propio es recomendable usar una tolerancia de 0.1 mm, por ejemplo si se desea hacer un eje de 20 mm es mejor hacerlo de 19.9 mm en el software, esto ayuda en gran medida cuando se requiere ensamblar el modelo. Esta medida es solo una sugerencia y podría variar dependiendo de la resolución de la impresora disponible así como del método seleccionado y el material.



Figura 41. Tolerancias dentro de la impresión 3D.

Fuente: 3dnewworld (2015).

La Figura 41 muestra todo un mecanismo que requiere ser ensamblado, así que las tolerancias deben ser las indicadas tanto si se desea que la pieza sea fija o móvil.

### ***Simplificar cuando sea posible***

Por supuesto que el objetivo para usar la impresión 3D es fabricar componentes que son complicados con otras tecnologías, sin embargo, si es posible es recomendable que el diseño sea lo más simple posible.

Al simplificar el diseño se reduce el material necesario y el tiempo que tarda en fabricarse. Esta es una recomendación que se debe ajustar dependiendo del prototipo que se está desarrollando.

## **3.2. Optimización de modelos para la impresora 3D**

Una vez que se tiene el diseño listo, se debe proceder a realizar la impresión, sin embargo, esto no es tan simple como cargar el archivo en la máquina y pedirle que lo imprima y aunque en teoría si se puede hacer, la calidad el producto final dependerá de las diferentes consideraciones que se realicen en el laminador.

Existen una gran cantidad de parámetros, sin embargo, aquí nos enfocaremos en los más relevantes. Parámetros que son básicos en cualquier método de impresión 3D y en casi cualquier máquina.

### ***Altura de capa***

La altura de capa es un parámetro fundamental en el proceso de impresión 3D que afecta directamente la calidad, la velocidad y la precisión del resultado final. A continuación, se explica cómo afecta la altura de capa en el proceso de impresión 3D:

**Calidad de la superficie:** La altura de capa determina la resolución vertical del objeto impreso. Cuanto más delgada sea la capa, mayor será la resolución y la calidad de la superficie del modelo. Esto se debe a que las capas más finas permiten representar con mayor precisión los detalles y las características del diseño, produciendo un acabado más suave y detallado.

**Precisión dimensional:** La altura de capa influye en la precisión dimensional del objeto impreso. Capas más delgadas permiten una representación más precisa de las dimensiones del modelo, especialmente en formas curvas o inclinadas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la precisión dimensional también está influenciada por otros factores como la calibración de la impresora, la temperatura ambiente y la calidad de los materiales.

**Tiempo de impresión:** La altura de capa afecta directamente el tiempo de impresión. Capas más delgadas implican más capas individuales para completar el modelo, lo que resulta en un tiempo de impresión más largo. Por otro lado, capas más gruesas reducen el número de capas necesarias y aceleran el proceso de impresión. Es importante encontrar un equilibrio entre la calidad deseada y la eficiencia de impresión al seleccionar la altura de capa adecuada.

**Adherencia entre capas:** La altura de capa también influye en la adherencia entre capas durante el proceso de impresión. Capas más delgadas tienen una mayor superficie de contacto entre capas adyacentes, lo que puede mejorar la adherencia y la resistencia del objeto impreso. Sin embargo, es importante asegurarse de que cada capa se adhiera correctamente a la anterior para evitar problemas como el desprendimiento o las capas separadas.

**Compatibilidad con la geometría del modelo:** La altura de capa puede afectar la capacidad de la impresora para imprimir ciertas características del modelo, como voladizos, salientes o detalles finos. En algunos casos, capas más gruesas pueden ser más adecuadas para geometrías complicadas o características pequeñas, ya que reducen la necesidad de soportes y pueden mejorar la estabilidad durante la impresión.

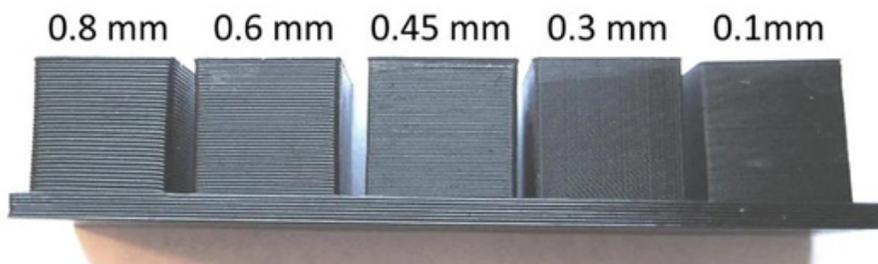


Figura 42. Altura de capa.

Fuente: imprint3d (2023).

La Figura 42 muestra el mismo objeto con 5 diferentes alturas de capa, entre más gruesa sea la capa, el tiempo de impresión será menor pero la calidad disminuye considerablemente.

Es importante aclarar que este cambio no solo es en la configuración del laminador, es un cambio que se debe hacer en la mecánica de la máquina cambiando las boquillas que desprende el filamento. Esta característica es mucho más relevante en el proceso FDM ya que si se puede hacer la misma configuración en los otros procesos, el cambio no puede ser tan grande como con este método.



Figura 43. Ancho de boquillas para la impresora 3D FDM.

Fuente: amazon (2024).

La Figura 43 muestra los diferentes anchos de boquilla que determinan la altura de capa. El estándar para la mayoría de las impresoras comerciales es la de 0.4 mm.

## **Espesor de pared**

El espesor de la pared es un parámetro crítico en el proceso de impresión 3D que influye en la calidad, la resistencia y la estabilidad del objeto impreso. Hay muchas características que se ven afectadas por este parámetro.

**Calidad superficial:** El espesor de la pared afecta la calidad superficial del objeto impreso. Una pared más delgada permite una mayor resolución y detalle en la superficie del modelo, produciendo un acabado más suave y detallado. Por otro lado, paredes más gruesas pueden mostrar una textura más rugosa debido a la deposición de material en capas más gruesas.

**Resistencia y durabilidad:** El espesor de la pared influye en la resistencia y la durabilidad del objeto impreso. Paredes más gruesas proporcionan una mayor resistencia estructural y una mayor durabilidad, especialmente en modelos que estarán sujetos a cargas o tensiones mecánicas. Sin embargo, paredes demasiado gruesas pueden aumentar el peso del objeto y consumir más material.

**Estabilidad y deformación:** El espesor de la pared también afecta la estabilidad y la resistencia a la deformación del objeto impreso. Paredes más gruesas proporcionan una mayor estabilidad y resistencia a la flexión, lo que puede ser importante en aplicaciones donde se requiere rigidez y resistencia estructural. Por otro lado, paredes demasiado delgadas pueden ser más propensas a deformarse o doblarse bajo carga.

**Tiempo de impresión y consumo de material:** El espesor de la pared influye en el tiempo de impresión y el consumo de material. Paredes más gruesas implican la deposición de más capas de material, lo que aumenta el tiempo de impresión y el uso de material. Por otro lado, paredes más delgadas pueden acelerar el proceso de impresión y reducir el consumo de material, pero a costa de la resistencia y la durabilidad del objeto impreso.

**Compatibilidad con la geometría del modelo:** El espesor de la pared puede influir en la capacidad de la impresora para imprimir ciertas características del modelo, como huecos, detalles finos o áreas delicadas. Es importante seleccionar un espesor de pared adecuado que permita la impresión de estas características sin comprometer la calidad o la estabilidad del objeto impreso.

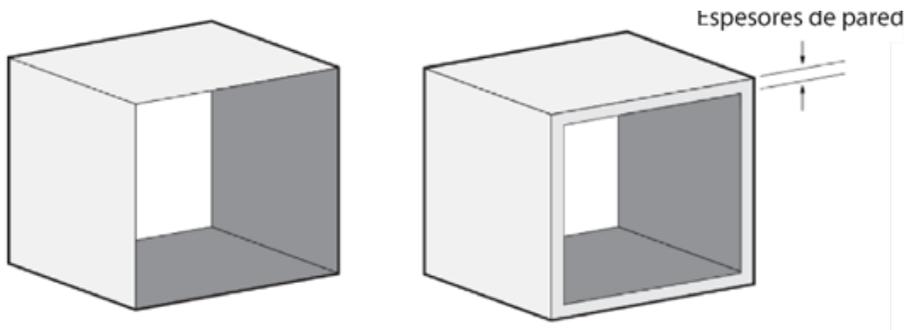


Figura 44. Espesor de pares de los modelos impresos en 3D.

Fuente: Trimaker (2016).

La Figura 44 muestra un mismo objeto, a la izquierda con una pared fina y a la derecha una pared más gruesa. Ambos se pueden fabricar, pero la figura de la derecha será más resistente, sin embargo, tardará mucho tiempo más en la impresión que el objeto de la izquierda.

## **Relleno**

El relleno, también conocido como infill en inglés, es un aspecto importante en el proceso de impresión 3D que influye en la resistencia, el peso, la durabilidad y la velocidad de impresión del objeto final.

**Resistencia y durabilidad:** El relleno determina la densidad interna del objeto impreso y, por lo tanto, su resistencia y durabilidad. Un mayor porcentaje de relleno resulta en un objeto más denso y resistente, mientras que un menor porcentaje de relleno produce un objeto más ligero, pero potencialmente menos resistente. Es importante seleccionar el porcentaje de relleno adecuado según las necesidades específicas del modelo y el uso final del objeto.

**Peso del objeto impreso:** El relleno influye en el peso total del objeto impreso. Un mayor porcentaje de relleno aumenta el peso del objeto debido a la mayor cantidad de material utilizado en su fabricación. Esto puede ser importante en aplicaciones donde se requiere un objeto liviano, como en modelos de aviación o dispositivos portátiles.

**Tiempo de impresión:** El porcentaje de relleno afecta el tiempo total de impresión. Un mayor porcentaje de relleno aumenta el tiempo de impresión debido a la necesidad de depositar más material y completar más capas. Por otro lado, un menor porcentaje de relleno reduce el tiempo de impresión al requerir menos material y menos capas. Es importante encontrar un equilibrio entre la calidad y la eficiencia de impresión al seleccionar el porcentaje de relleno adecuado.

**Estructura y soporte del objeto:** El relleno proporciona estructura y soporte al objeto impreso durante el proceso de impresión. Un porcentaje adecuado de relleno asegura que el objeto tenga la resistencia y la estabilidad necesaria para mantener su forma y evitar deformaciones durante la impresión. Sin embargo, un exceso de relleno puede aumentar el riesgo de deformación y requerir más tiempo y material para completar la impresión.

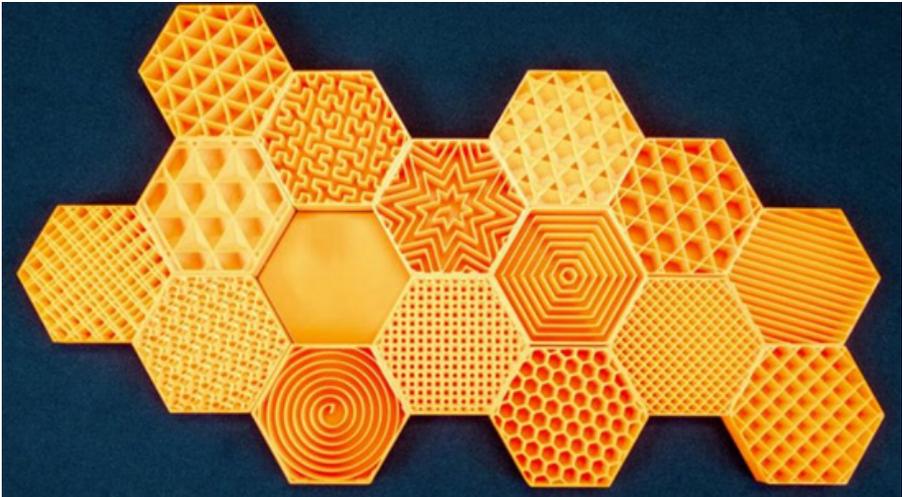


Figura 45. Diferentes patrones de relleno.

Fuente: 3dnatives (2023).

La Figura 45 muestra diferentes patrones de relleno, esto afecta mucho en la resistencia del producto final.

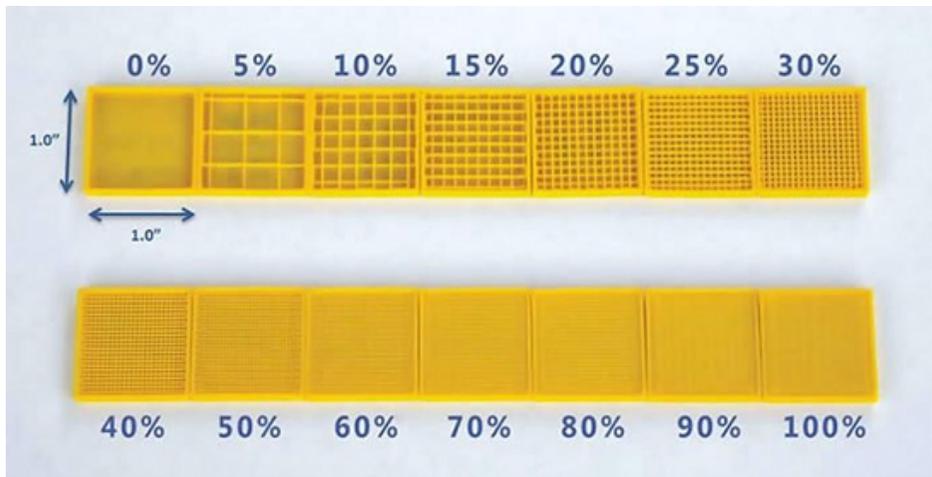


Figura 46. Porcentajes de relleno en la impresión 3D.

Fuente: 3dworks (2023).

La Figura 46 muestra la diferencia en el porcentaje de relleno de una pieza, este valor puede ser completamente personalizado. Sin embargo, se maneja un estándar de un 20% y solo se usa más si se desea aumentar la resistencia del producto final.

## Soportes

Los soportes son estructuras temporales que se imprimen junto con el modelo principal para proporcionar apoyo durante el proceso de impresión. Estos son removidos después de la impresión para revelar el objeto impreso final y aportan en varios aspectos para el proceso final.

**Estabilidad durante la impresión:** Los soportes ayudan a mantener la estabilidad del modelo durante la impresión, especialmente en áreas donde hay voladizos, salientes o detalles delicados. Proporcionan un soporte adicional para evitar que estas áreas se deformen o colapsen durante el proceso de deposición de material.

**Prevención de deformaciones:** Los soportes ayudan a prevenir deformaciones y fallos durante la impresión, especialmente en modelos con geometrías complicadas o características sobresalientes. Al proporcionar un soporte adecuado, los soportes ayudan a mantener la forma y la integridad del modelo durante todo el proceso de impresión.

**Compatibilidad con la geometría del modelo:** Los soportes permiten imprimir características del modelo que de otra manera serían difíciles o imposibles de imprimir, como voladizos largos, agujeros inclinados o detalles finos. Esto amplía las capacidades de diseño de la impresión 3D al permitir la creación de modelos más complejos y detallados.

**Calidad superficial del modelo impreso:** Los soportes pueden afectar la calidad superficial del modelo impreso, especialmente en áreas donde están en contacto con el modelo principal. Después de retirar los soportes, es posible que queden marcas o imperfecciones en estas áreas, que pueden requerir post-procesamiento adicional, como lijado o retoque.

**Remoción después de la impresión:** La facilidad de remoción de los soportes es un factor importante a considerar. Los soportes deben diseñarse de manera que se puedan quitar fácilmente después de la impresión sin dañar el modelo principal. Esto puede implicar utilizar estructuras de soporte que sean fáciles de cortar o romper, así como diseñar el modelo de manera que minimice la necesidad de soportes en áreas visibles o críticas.

**Uso de material adicional:** Los soportes añaden material adicional al proceso de impresión, lo que aumenta el consumo de material y puede afectar el costo total de producción. Es importante optimizar el diseño de los soportes para minimizar el uso de material sin comprometer la estabilidad y la calidad del modelo impreso.

Existen varios tipos de soportes utilizados en la impresión 3D, cada uno diseñado para satisfacer diferentes necesidades de impresión y geometrías de modelo. Aquí están algunos de los tipos más comunes de soportes:

**Soportes de tipo árbol:** Este tipo de soporte consiste en estructuras delgadas y ramificadas que se extienden desde la base del modelo

hasta las áreas que necesitan apoyo. Son ideales para imprimir modelos con muchas áreas sobresalientes o detalles finos, ya que proporcionan un soporte preciso y minimizan el contacto con el modelo principal.

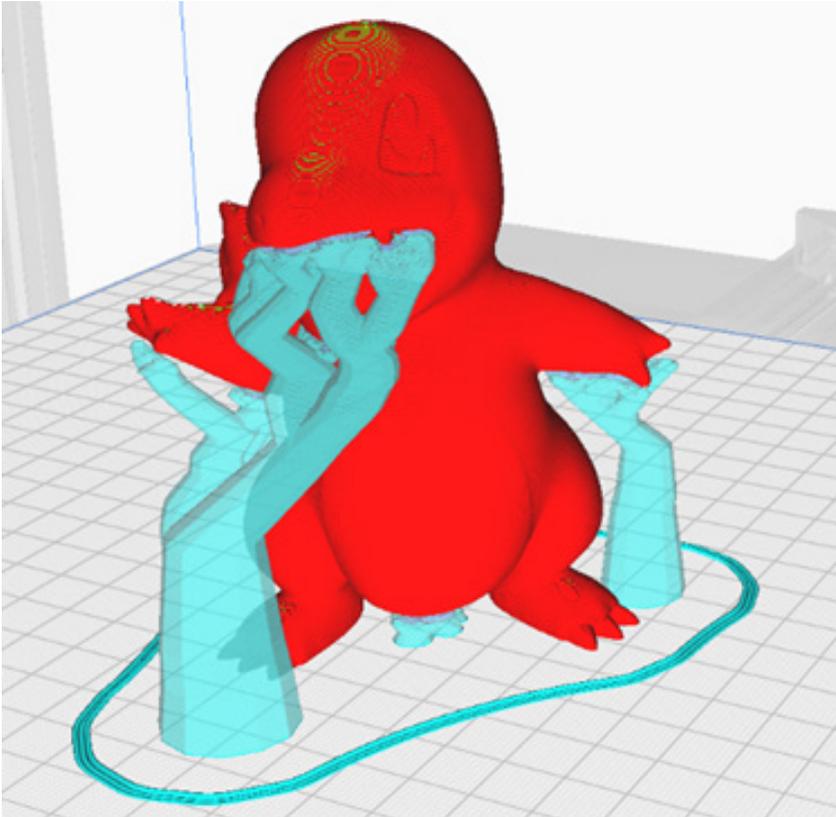


Figura 47. Figura 3D con soportes de árbol.

La Figura 47 muestra un objeto que requiere soportes de árbol para su impresión.

**Soportes de tipo columna o pilar:** Estos soportes consisten en columnas verticales que se extienden desde la base del modelo hasta las áreas que necesitan apoyo. Son útiles para modelos con áreas grandes y planas que requieren un soporte robusto y estable.

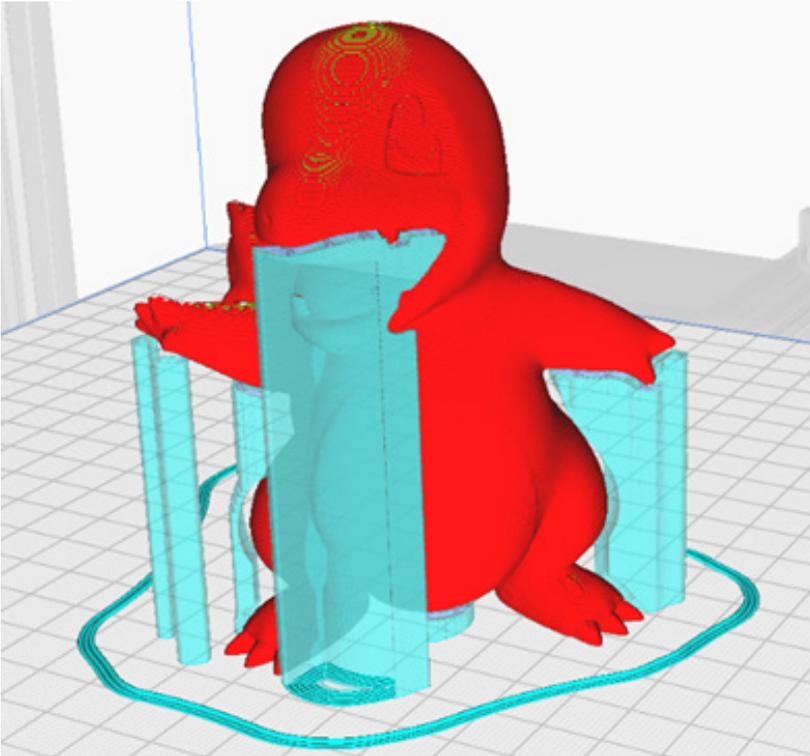


Figura 48. Figura 3D con soportes normales o de columna.

La Figura 48 muestra un objeto que requiere soportes normales o de columna para su impresión.

**Soportes personalizados o manuales:** En algunos casos, puede ser necesario diseñar soportes personalizados específicamente para un modelo particular. Estos soportes se crean manualmente utilizando software de diseño 3D y se colocan estratégicamente en el modelo según sea necesario. Son ideales para modelos con geometrías complejas o áreas específicas que requieren soporte. Esto se hace de diferentes maneras dependiendo el laminador que se use.

## ***Adherencia***

La configuración de adherencia, también conocida como configuración de cama caliente o cama de impresión, juega un papel fundamental

en el proceso de impresión 3D, ya que afecta la adhesión inicial y la estabilidad del modelo durante toda la impresión.

La configuración de adherencia determina cómo el material de impresión se adhiere inicialmente a la plataforma de impresión. Esto es crucial para asegurar que el modelo se mantenga en su lugar durante toda la impresión y evitar que se despegue o se mueva.

**Prevención del warping o deformación:** Una adecuada configuración de adherencia ayuda a prevenir el warping, que es un problema común en la impresión 3D donde las esquinas o los bordes del modelo se levantan o se curvan durante la impresión. Esto ocurre cuando hay una diferencia en la contracción o enfriamiento del material en diferentes partes del modelo. Una cama caliente bien ajustada y una superficie de impresión adecuada pueden minimizar este problema.



Figura 49. Fenómeno de Warping en una impresión 3D.

Fuente: 3dnatives (2023).

La Figura 49 muestra que las esquinas se levantaron, esto puede ocurrir cuando el material no se adhiere a la cama correctamente.

**Estabilidad del modelo durante la impresión:** Una buena configuración de adherencia garantiza que el modelo permanezca estable y en su lugar durante toda la impresión. Esto es especialmente importante para modelos grandes o con geometrías complicadas que pueden requerir varias horas de impresión. Una adhesión adecuada evita que el modelo se mueva o se despegue de la plataforma, lo que puede arruinar la impresión.



Figura 50. Error al realizar la impresión 3D.

Fuente: impresoras3d (2023).

La Figura 50 muestra un problema con la impresión y es que el objeto se despegó completamente de la cama provocando un caos al momento de imprimir.

**Facilita la remoción del modelo después de la impresión:** Aunque la adherencia inicial es crucial, también es importante que el modelo se pueda quitar fácilmente de la plataforma después de la impresión. Una configuración de adherencia adecuada permite una adhesión lo suficientemente fuerte durante la impresión, pero lo suficientemente débil como para que el modelo se pueda retirar sin dañarlo o sin necesidad de herramientas especializadas. Esto depende mucho del proceso, en la tecnología FMD basta con esperar a que la cama caliente se enfríe lo suficiente y entonces se podrá remover de manera sencilla.

**Tipo de superficie de impresión:** La configuración de adherencia puede variar dependiendo del tipo de superficie de impresión utilizada. Algunos materiales, como el vidrio, el PEI o el BuildTak, requieren de aquellas específicas para garantizar una adhesión adecuada. Es importante experimentar con diferentes tipos de superficies y de

adherencia para encontrar la combinación que funcione mejor para tus necesidades de impresión.



Figura 51. Tipos de camas para la impresión 3D FDM.

Fuente: Kumotica (2023).

La Figura 51 muestra los diferentes tipos de camas adhesivas que existen en la impresión 3D FDM. También es recomendable usar alguna herramienta para ayudar a que la adherencia sea mejor, con la ayuda de laca para el pelo, pegamento en barra o cinta de pintor se puede mejorar mucho este aspecto.

# CAPÍTULO IV

Aplicaciones de la impresión 3D



## 4.1. Integración de la impresión 3D con diferentes sectores

En sus primeros años la impresión 3D se usaba solamente a nivel de laboratorio, pero con el paso del tiempo se ha empezado a masificar su uso, lo que en la actualidad lo convierte en un proceso que se está empezando a usar en producción a gran escala. En este capítulo se abordará las aplicaciones prácticas que tiene la impresión 3D.

La impresión 3D, se está utilizando cada vez más en una amplia gama de sectores industriales debido a sus numerosas ventajas y capacidades innovadoras. A continuación, se enumeran algunos de los sectores que ya han empezado con uso de manera masiva.

### **Automotriz**

En la industria automotriz, la impresión 3D se utiliza para fabricar prototipos de piezas y componentes antes de la producción en masa. También se emplea en la fabricación de piezas personalizadas y de repuesto, así como en la creación de herramientas y accesorios específicos para el ensamblaje y la fabricación.



Figura 52. Pieza mecánica realizada con impresión 3D.

Fuente: Centroimpresion3d (2023).

La Figura 52 muestra cómo se está usando las impresoras 3D en la industria automotriz. En este sector no se usa la impresión FDM o SLA, aquí se usa el método más complejo (SLS). La impresión 3D está teniendo un impacto significativo en el sector automotriz en la actualidad y se espera que continúe transformando la industria en el futuro.

### ***Impacto actual***

- **Prototipado rápido:** La impresión 3D permite a los fabricantes de automóviles crear prototipos de piezas y componentes de manera rápida y económica. Esto acelera el proceso de desarrollo de productos al permitir pruebas y validaciones más rápidas, lo que a su vez reduce los tiempos de comercialización y los costos asociados.
- **Producción de herramientas y utillaje:** La impresión 3D se utiliza en la fabricación de herramientas y utillaje personalizados para la producción de automóviles. Esto incluye moldes, matrices,

troqueles y accesorios de fijación que se utilizan en el proceso de fabricación. La capacidad de producir estas herramientas de manera rápida y rentable ayuda a mejorar la eficiencia y la flexibilidad en la producción.

- **Personalización de piezas y componentes:** La impresión 3D permite la fabricación de piezas y componentes personalizados para automóviles, lo que abre nuevas oportunidades para la personalización de vehículos según las preferencias individuales de los clientes. Esto incluye la creación de piezas de diseño interior, como paneles de instrumentos y consolas, así como piezas exteriores, como carcasas de espejos y embellecedores.
- **Optimización de piezas y componentes:** La tecnología de impresión 3D permite la creación de piezas y componentes con geometrías optimizadas para mejorar la eficiencia y el rendimiento de los vehículos. Esto incluye la reducción de peso, la mejora de la resistencia y la optimización del flujo de aire, lo que puede contribuir a la mejora del consumo de combustible y la reducción de las emisiones.

## ***Impacto futuro***

- **Fabricación aditiva en producción en serie:** Se espera que la impresión 3D se utilice cada vez más en la producción en serie de piezas y componentes para automóviles. A medida que la tecnología avanza y se vuelven más económicas y eficientes, es probable que las empresas automotrices adopten la fabricación aditiva en sus líneas de producción para aumentar la flexibilidad y reducir los costos de fabricación.
- **Desarrollo de vehículos eléctricos y autónomos:** La impresión 3D puede desempeñar un papel importante en el desarrollo de vehículos eléctricos y autónomos al permitir la fabricación de piezas y componentes personalizados y optimizados para estas tecnologías emergentes. Esto incluye la fabricación de carcasas de baterías,

sensores, cámaras y otros componentes clave necesarios para la operación de estos vehículos.

- **Diseño de vehículos más ligeros y eficientes:** La impresión 3D puede ayudar a los fabricantes de automóviles a diseñar vehículos más ligeros y eficientes al permitir la fabricación de piezas y componentes con geometrías optimizadas y materiales avanzados. Esto puede contribuir a la reducción del consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero, así como a la mejora del rendimiento y la seguridad de los vehículos.

## **Aeroespacial**

En el sector aeroespacial, la impresión 3D se utiliza para fabricar componentes ligeros y resistentes, como estructuras de aviones, piezas de motores y componentes de satélites. La capacidad de producir geometrías complejas y optimizadas topológicamente permite reducir el peso y mejorar el rendimiento de los sistemas aeroespaciales.



Figura 53. Componentes aeroespaciales impresos en 3D.

Fuente: 3dz (2024).

La Figura 53 muestra cómo se construye un cohete espacial.

La impresión 3D está teniendo y tendrá un impacto significativo en el sector aeroespacial, tanto en la actualidad como en el futuro, debido a sus capacidades para fabricar piezas ligeras, complejas y personalizadas.

## ***Impacto actual***

- **Reducción de peso:** La impresión 3D permite la fabricación de piezas aeroespaciales más ligeras mediante la optimización topológica y la eliminación de material innecesario. Esto resulta en componentes más livianos que contribuyen a reducir el peso total de las aeronaves, lo que puede llevar a mejoras en la eficiencia del combustible y el rendimiento general.
- **Fabricación de piezas complejas:** La tecnología de impresión 3D permite la creación de piezas y componentes con geometrías complejas que serían difíciles o imposibles de fabricar con métodos tradicionales. Esto incluye estructuras internas optimizadas, conductos de flujo de aire personalizados y componentes integrados, lo que puede mejorar la eficiencia y el rendimiento de las aeronaves.
- **Reducción de costos y tiempos de producción:** La impresión 3D permite la fabricación rápida y rentable de prototipos y piezas personalizadas, lo que puede acelerar el proceso de desarrollo de productos y reducir los costos asociados con herramientas y moldes. Esto permite a las empresas aeroespaciales llevar productos al mercado más rápidamente y de manera más rentable.
- **Fabricación de piezas de repuesto:** La impresión 3D se utiliza para fabricar piezas de repuesto para aeronaves más antiguas o fuera de producción, lo que ayuda a prolongar la vida útil de la flota y reduce los costos asociados con el mantenimiento y la reparación.

## **Impacto futuro**

- **Fabricación de motores y componentes avanzados:** Se espera que la impresión 3D se utilice cada vez más en la fabricación de motores y componentes avanzados para aeronaves. Esto incluye álabes de turbinas, componentes de combustión y estructuras internas de motores, donde la impresión 3D puede mejorar la eficiencia y el rendimiento de los motores al permitir diseños más complejos y optimizados.
- **Exploración espacial y misiones espaciales:** La impresión 3D se utilizará en misiones espaciales y exploración espacial para fabricar piezas y componentes en el lugar, en lugar de transportarlos desde la Tierra. Esto incluye la fabricación de piezas para bases lunares o marcianas, así como para la construcción de vehículos espaciales y satélites en órbita.
- **Materiales avanzados y tecnologías emergentes:** La investigación y el desarrollo en materiales avanzados y tecnologías emergentes de impresión 3D, como la impresión 3D de metal y la bioimpresión, continuarán impulsando la innovación en el sector aeroespacial. Esto incluye el uso de materiales más ligeros y resistentes, así como la fabricación de componentes biocompatibles para aplicaciones espaciales y médicas.

## **Salud y medicina**

En el campo de la salud y la medicina, la impresión 3D se utiliza para fabricar prótesis personalizadas, implantes médicos, instrumentos quirúrgicos y modelos anatómicos para planificación quirúrgica y educación médica. La capacidad de producir objetos personalizados y adaptados a las necesidades individuales de los pacientes es especialmente importante en este sector.



Figura 54. Prótesis realizada con impresoras 3D.

Fuente: Inneoditec (2022).

La Figura 54 muestra solo una pequeña parte que tiene la impresión 3D en la actualidad principalmente con las prótesis. Sin embargo, el potencial podría ser aún mayor. La impresión 3D está teniendo un impacto significativo en el sector de la medicina y la salud, tanto en la actualidad como en el futuro, debido a sus capacidades para fabricar dispositivos médicos personalizados, modelos anatómicos y tejidos biológicos.

### ***Impacto actual***

- **Prótesis y dispositivos médicos personalizados:** La impresión 3D se utiliza para fabricar prótesis personalizadas y dispositivos médicos adaptados a las necesidades específicas de los pacientes. Esto incluye prótesis de extremidades, implantes ortopédicos, audífonos personalizados y dispositivos para el tratamiento de trastornos respiratorios, entre otros.

- **Modelos anatómicos para planificación quirúrgica:** La impresión 3D se utiliza para crear modelos anatómicos precisos a partir de datos de imágenes médicas, como tomografías computarizadas (TC) o resonancias magnéticas (RM). Estos modelos se utilizan para planificar y practicar cirugías complejas, permitiendo a los cirujanos visualizar y comprender mejor la anatomía del paciente antes de la cirugía.
- **Educación médica y entrenamiento:** La impresión 3D se utiliza en la educación médica para crear modelos anatómicos realistas que se utilizan en la enseñanza y el entrenamiento de estudiantes de medicina y profesionales de la salud. Estos modelos permiten a los estudiantes practicar procedimientos médicos y quirúrgicos en un entorno simulado antes de realizarlos en pacientes reales.
- **Investigación y desarrollo de medicamentos:** La impresión 3D se utiliza en la investigación y el desarrollo de medicamentos para crear modelos de tejidos y órganos humanos en miniatura que se utilizan en pruebas de medicamentos y estudios de toxicología. Estos modelos permiten a los investigadores estudiar cómo interactúan los medicamentos con el cuerpo humano y evaluar su eficacia y seguridad.

## **Impacto futuro**

- **Implantes y órganos impresos en 3D:** Se espera que la impresión 3D se utilice cada vez más para fabricar implantes médicos y órganos impresos en 3D a partir de células vivas. Esto incluye implantes personalizados para reemplazar huesos, articulaciones y tejidos dañados, así como órganos bioimpresos para transplantes y terapias regenerativas.
- **Medicina personalizada y terapias avanzadas:** La impresión 3D permitirá la medicina personalizada al permitir la fabricación de dispositivos médicos y terapias adaptadas a las características genéticas y fisiológicas únicas de cada paciente. Esto incluye la fabricación de medicamentos personalizados, terapias celulares y

genéticas, y dispositivos médicos adaptados a las necesidades individuales de cada paciente.

- **Mejora de la accesibilidad y reducción de costos:** La impresión 3D puede mejorar la accesibilidad a la atención médica al permitir la fabricación local y bajo demanda de dispositivos médicos y prótesis personalizadas. Esto puede reducir los costos asociados con el transporte y la distribución de dispositivos médicos, así como aumentar la disponibilidad de soluciones médicas en áreas remotas o de bajos recursos.

## ***Diseño y arquitectura***

La impresión 3D está empezando a tener un impacto significativo en el sector de la construcción y la arquitectura, y se espera que continúe transformando la forma en que se diseñan y construyen estructuras en el futuro. En el ámbito del diseño y la arquitectura, la impresión 3D se utiliza para crear maquetas, maquetas arquitectónicas, modelos conceptuales y prototipos de productos. La capacidad de producir rápidamente modelos físicos a partir de diseños digitales permite a los diseñadores y arquitectos visualizar y validar sus ideas de manera más efectiva.



Figura 55. La impresión 3D puede ser el futuro de la construcción.

Fuente. Ifema Madrid (2024).

La Figura 55 muestra una maqueta realizada con impresora 3D. Puede lucir pequeño, pero hay que considerar que la construcción con impresión 3D aún está en desarrollo tal como se evidenció en capítulos anteriores.

## ***Impacto actual***

- **Prototipado de estructuras y maquetas:** La impresión 3D se utiliza en la construcción y la arquitectura para crear prototipos de edificios y maquetas arquitectónicas. Esto permite a los arquitectos y diseñadores visualizar y comunicar sus ideas de manera más efectiva, así como realizar pruebas de diseño y evaluar la viabilidad de proyectos antes de su construcción.
- **Fabricación de componentes prefabricados:** La impresión 3D se utiliza para fabricar componentes prefabricados y elementos arquitectónicos personalizados, como paneles de fachada, muros cortina, elementos decorativos y muebles integrados. Esto permite una mayor flexibilidad en el diseño y la construcción de estructuras, así como una reducción de los tiempos de construcción y los costos asociados.
- **Construcción de viviendas y estructuras pequeñas:** La impresión 3D se utiliza para construir viviendas y estructuras pequeñas mediante la deposición de material capa por capa para crear paredes, techos y otros elementos estructurales. Esto permite una construcción rápida y rentable, así como una mayor libertad en el diseño y la personalización de las estructuras.
- **Reparación y restauración de edificios históricos:** La impresión 3D se utiliza en la restauración y reparación de edificios históricos mediante la fabricación de piezas y componentes personalizados que se ajustan a la arquitectura original. Esto ayuda a preservar el patrimonio histórico y cultural, así como a prolongar la vida útil de los edificios antiguos.

## **Impacto futuro**

- **Construcción de estructuras grandes y complejas:** Se espera que la impresión 3D se utilice cada vez más en la construcción de estructuras grandes y complejas, como puentes, rascacielos y estructuras de infraestructura. Esto incluye la impresión de elementos estructurales a gran escala, así como la fabricación de formas y geometrías innovadoras que serían difíciles o imposibles de lograr con métodos de construcción tradicionales.
- **Construcción sostenible y eficiente:** La impresión 3D puede contribuir a la construcción sostenible y eficiente al permitir la utilización de materiales reciclados o biodegradables, así como la optimización del uso de materiales y recursos durante el proceso de construcción. Esto puede reducir el desperdicio de material y la huella de carbono asociada con la construcción de estructuras.
- **Desarrollo de viviendas asequibles:** La impresión 3D puede ayudar a abordar la crisis de vivienda al permitir la construcción rápida y rentable de viviendas asequibles mediante la utilización de tecnologías de impresión 3D de bajo costo. Esto puede proporcionar soluciones habitacionales para comunidades marginadas o afectadas por desastres naturales, así como para áreas urbanas con escasez de viviendas.

## **Educación e investigación**

La impresión 3D está teniendo un impacto significativo en el sector de la educación e investigación en la actualidad y se espera que continúe transformando la forma en que se enseña, se investiga y se desarrollan nuevas tecnologías en el futuro. En el ámbito educativo y de la investigación, la impresión 3D se utiliza para enseñar conceptos de diseño, ingeniería y fabricación, así como para realizar investigaciones en campos como la ciencia de materiales, la ingeniería biomédica y la robótica. La accesibilidad y versatilidad de la tecnología hacen que sea una herramienta invaluable en entornos educativos y de investigación.



Figura 56. Impresoras 3D en el sector de la educación.

Fuente: Anusci (2015).

La Figura 56 muestra como las impresoras 3D se han vuelto más sencillas y accesibles permitiendo que puedan ser introducidas en el sector de la educación.

### ***Impacto actual***

- **Enseñanza y aprendizaje:** La impresión 3D se utiliza en la educación para enseñar conceptos de diseño, ingeniería y fabricación de una manera práctica y tangible. Los estudiantes pueden crear modelos físicos de sus diseños y conceptos, lo que les ayuda a visualizar y comprender mejor los principios y procesos involucrados. Esto estimula el aprendizaje activo y fomenta la creatividad y la innovación entre los estudiantes.
- **Investigación y desarrollo:** La impresión 3D se utiliza en la investigación para prototipar y desarrollar nuevos productos y tecnologías en una variedad de campos, incluyendo la ingeniería, la medicina, la biología y la arquitectura. Los investigadores pueden utilizar la impresión 3D para crear modelos y prototipos de manera

rápida y económica, lo que les permite probar y validar sus ideas antes de llevarlas a producción.

- **Creación de modelos anatómicos y biológicos:** La impresión 3D se utiliza en la investigación médica y biológica para crear modelos anatómicos y biológicos realistas que se utilizan en estudios y experimentos. Estos modelos permiten a los investigadores estudiar la estructura y la función de órganos y tejidos en un entorno controlado, lo que les ayuda a comprender mejor los procesos biológicos y desarrollar nuevas terapias y tratamientos médicos.
- **Desarrollo de tecnologías educativas:** La impresión 3D se utiliza en la educación para desarrollar nuevas tecnologías educativas y recursos de aprendizaje, como kits de construcción y herramientas de enseñanza interactivas. Esto permite a los educadores crear experiencias de aprendizaje más enriquecedoras y personalizadas para los estudiantes, lo que fomenta la participación y el compromiso en el aula.

### ***Impacto futuro***

- **Avances en la medicina y la biología:** Se espera que la impresión 3D juegue un papel importante en el avance de la medicina y la biología al permitir la creación de tejidos y órganos impresos en 3D para trasplantes y terapias regenerativas. Esto podría revolucionar el campo de la medicina al proporcionar soluciones personalizadas y adaptadas a las necesidades individuales de los pacientes.
- **Innovación en la fabricación y la ingeniería:** La impresión 3D seguirá impulsando la innovación en la fabricación y la ingeniería al permitir la creación de piezas y componentes con geometrías complejas y optimizadas. Esto incluye la fabricación de materiales avanzados y estructuras ligeras, así como el desarrollo de nuevas técnicas de fabricación y procesos de producción.
- **Colaboración y acceso global:** La impresión 3D facilitará la colaboración y el intercambio de conocimientos a nivel global al

permitir la creación y distribución de modelos y diseños digitales a través de Internet. Esto permitirá a los investigadores y educadores compartir recursos y colaborar en proyectos de manera más eficiente, lo que fomentará la innovación y el avance en una variedad de campos.

## **Industria alimentaria**

La impresión 3D está comenzando a tener un impacto en el sector de la industria alimentaria, y se espera que continúe transformando la forma en que se produce y se presenta la comida en el futuro. En la industria alimentaria, la impresión 3D se utiliza para fabricar productos alimenticios personalizados y decorativos, como chocolates, pasteles y caramelos.

También se emplea en la creación de moldes y herramientas para la producción de alimentos y en la investigación y desarrollo de nuevos productos y procesos alimentarios.



Figura 57. Impresora 3D de comida.

Fuente: Menuacapulco (2024).

La Figura 57 muestra como la impresión 3D se está incluyendo en el sector alimenticio. Todavía en una etapa muy temprana, pero con aspiraciones muy grandes.

### ***Impacto actual***

- **Personalización de alimentos:** La impresión 3D se utiliza para personalizar alimentos mediante la creación de formas y diseños únicos. Esto incluye la impresión de decoraciones personalizadas para pasteles y postres, así como la creación de formas y texturas específicas para alimentos como chocolate, galletas y pasta.
- **Desarrollo de ingredientes y aditivos:** La impresión 3D se utiliza en la investigación y desarrollo de nuevos ingredientes y aditivos alimentarios. Los investigadores pueden utilizar la impresión 3D para crear estructuras y texturas específicas que mejoren la calidad y la experiencia sensorial de los alimentos, así como para desarrollar ingredientes funcionales y nutricionales.
- **Prototipado de utensilios de cocina y equipos:** La impresión 3D se utiliza para prototipar y desarrollar utensilios de cocina y equipos específicos para la preparación y presentación de alimentos. Esto incluye la creación de moldes y cortadores de galletas personalizados, así como la fabricación de herramientas de cocina y dispositivos de presentación únicos.
- **Educación y divulgación:** La impresión 3D se utiliza en la educación y la divulgación para enseñar conceptos de nutrición y alimentación de una manera visual y práctica. Los educadores pueden utilizar la impresión 3D para crear modelos de alimentos y estructuras anatómicas que ayuden a los estudiantes a comprender mejor los principios de la nutrición y la digestión.

### ***Impacto futuro***

- **Producción de alimentos personalizados y adaptados:** Se espera que la impresión 3D se utilice cada vez más para producir alimentos personalizados y adaptados a las necesidades dietéticas

y nutricionales individuales. Esto incluye la creación de alimentos específicos para personas con alergias alimentarias, restricciones dietéticas o necesidades médicas especiales.

- **Fabricación de alimentos funcionales y nutraceuticos:** La impresión 3D permitirá la fabricación de alimentos funcionales y nutraceuticos que proporcionen beneficios adicionales para la salud más allá de la nutrición básica. Esto incluye la incorporación de ingredientes activos y nutrientes específicos en la matriz alimentaria, así como la creación de estructuras y texturas que mejoren la biodisponibilidad y la absorción de nutrientes.
- **Sostenibilidad y reducción de desperdicios:** La impresión 3D puede contribuir a la sostenibilidad en el sector alimentario al reducir los desperdicios y minimizar el impacto ambiental asociado con la producción y distribución de alimentos. Esto incluye la fabricación local y bajo demanda de alimentos, así como la utilización de ingredientes y recursos de forma más eficiente.
- **Exploración de nuevos materiales y técnicas de impresión:** Los investigadores continuarán explorando nuevos materiales y técnicas de impresión 3D para aplicaciones alimentarias, incluyendo la impresión de alimentos a base de ingredientes alternativos como proteínas vegetales y algas. Esto podría abrir nuevas oportunidades para la producción de alimentos sostenibles y nutritivos en el futuro.

## ***Industria manufacturera en general***

En la industria manufacturera en general, la impresión 3D se utiliza para fabricar una amplia variedad de piezas y componentes, desde herramientas y accesorios hasta productos finales y prototipos funcionales. La capacidad de producir piezas de forma rápida y rentable, así como la posibilidad de fabricar geometrías complejas y personalizadas, hace que la impresión 3D sea una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y la innovación en la fabricación.



Figura 58. Granja de impresoras 3D.

Fuente: Rodríguez (2022).

La Figura 58 muestra una granja de impresión 3D, estas se están popularizando cada vez más debido a que se empieza a masificar el uso de la impresión 3D para múltiples propósitos.

### ***Impacto actual***

- **Prototipado rápido:** La impresión 3D se utiliza ampliamente en el proceso de desarrollo de productos para crear prototipos rápidos e iterar diseños de manera rápida y económica. Esto permite a las empresas acelerar el tiempo de comercialización al llevar productos al mercado más rápidamente y reducir los costos asociados con la creación de prototipos.
- **Producción de piezas personalizadas y de bajo volumen:** La impresión 3D se utiliza para la fabricación de piezas personalizadas y de bajo volumen en una variedad de industrias, incluyendo la automotriz, la aeroespacial, la médica y la de bienes de consumo. Esto incluye piezas de repuesto, componentes específicos para clientes y productos personalizados adaptados a las necesidades individuales de los usuarios.

- **Fabricación de herramientas y utillaje:** La impresión 3D se utiliza en la fabricación de herramientas y utillaje para la producción, incluyendo moldes, troqueles, plantillas y accesorios de fijación. Esto permite a las empresas personalizar herramientas para aplicaciones específicas y reducir los tiempos de producción al eliminar la necesidad de herramientas y moldes costosos.
- **Optimización de piezas y componentes:** La tecnología de impresión 3D permite la creación de piezas y componentes con geometrías optimizadas para mejorar la eficiencia y el rendimiento de los productos. Esto incluye la reducción de peso, la consolidación de piezas y la integración de funciones, lo que puede mejorar la funcionalidad y la durabilidad de los productos finales.

## **Impacto futuro**

- **Producción en serie personalizada:** Se espera que la impresión 3D se utilice cada vez más en la producción en serie de piezas personalizadas y adaptadas a las necesidades individuales de los clientes. Esto incluye la fabricación de productos personalizados en masa, como calzado, joyería y dispositivos médicos, así como la producción de lotes pequeños de productos para mercados específicos.
- **Fabricación aditiva avanzada:** La investigación y el desarrollo en fabricación aditiva avanzada están abriendo nuevas posibilidades para la impresión 3D en la industria manufacturera. Esto incluye el uso de materiales avanzados, como metales y materiales compuestos, así como la integración de tecnologías complementarias.
- **Producción local y distribuida:** La impresión 3D puede impulsar la producción local y distribuida al permitir la fabricación de productos cerca de los lugares de consumo. Esto reduce la necesidad de transporte de mercancías a largas distancias, lo que puede disminuir los costos de transporte y reducir la huella de carbono asociada con la logística de distribución.

- **Innovación en diseño y fabricación:** La impresión 3D seguirá impulsando la innovación en diseño y fabricación al permitir a los diseñadores y fabricantes explorar nuevas formas, geometrías y funcionalidades en sus productos. Esto incluye la utilización de algoritmos de diseño generativo, inteligencia artificial y análisis de datos para optimizar el rendimiento y la eficiencia de los productos impresos en 3D.

## 4.2. Beneficios económicos y medioambientales de la impresión 3D en la producción en masa

La impresión 3D ofrece una serie de beneficios tanto económicos como ambientales, que pueden tener un impacto significativo en diversos aspectos de la sociedad y la industria.

- **Reducción de costos de producción:** La impresión 3D permite fabricar piezas y componentes de manera más eficiente, eliminando la necesidad de herramientas y moldes costosos utilizados en los procesos tradicionales de fabricación. Esto puede resultar en una reducción significativa de los costos de producción, especialmente para prototipos y pequeñas tiradas de producción.
- **Personalización y fabricación a demanda:** La impresión 3D permite la fabricación de productos personalizados y a medida, lo que puede impulsar la demanda y aumentar la rentabilidad al atender las necesidades específicas de los clientes. Esto puede abrir nuevas oportunidades de negocio y aumentar la competitividad en el mercado.
- **Reducción de tiempos de desarrollo y comercialización:** La capacidad de imprimir rápidamente prototipos y piezas personalizadas permite acortar los tiempos de desarrollo de productos y llevarlos al mercado más rápidamente. Esto puede generar ahorros significativos en costos de desarrollo y aumentar la capacidad de respuesta a las demandas del mercado.
- **Optimización de la cadena de suministro:** La impresión 3D puede simplificar y optimizar la cadena de suministro al permitir la

fabricación local y bajo demanda de piezas y componentes. Esto puede reducir los costos de almacenamiento y transporte, así como minimizar el riesgo de obsolescencia de inventario.

- **Impulso a la innovación y la competitividad:** La tecnología de impresión 3D fomenta la innovación al permitir la creación de diseños y geometrías que no son posibles con métodos de fabricación convencionales. Esto puede abrir nuevas oportunidades de negocio, mejorar la diferenciación de productos y aumentar la competitividad en el mercado.
- **Reducción de desperdicios de material:** La impresión 3D utiliza un enfoque aditivo, donde el material se deposita solo donde es necesario, en contraste con los métodos de fabricación sustractiva que generan grandes cantidades de residuos. Esto reduce significativamente el desperdicio de material y ayuda a conservar los recursos naturales.
- **Menor consumo de energía:** La impresión 3D puede ser más eficiente energéticamente en comparación con los métodos de fabricación tradicionales, especialmente para la fabricación de piezas complejas y personalizadas. Esto puede resultar en un menor consumo de energía y una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la fabricación.
- **Fabricación local y reducción de emisiones de transporte:** La capacidad de fabricar productos localmente y bajo demanda, mediante impresión 3D puede reducir la necesidad de transporte de bienes a largas distancias, lo que disminuye las emisiones de carbono asociadas con los servicios de paquetería y contribuye a la mitigación del cambio climático.
- **Reutilización de materiales:** Algunas tecnologías de impresión 3D permiten el uso de materiales reciclados o biodegradables, lo que puede reducir la dependencia de materias primas vírgenes y promover la economía circular. Esto contribuye a la conservación de recursos y a la reducción de la contaminación ambiental.

# CAPÍTULO V

Retos y consideraciones éticas



## 5.1. Impacto Medioambiental

La impresión 3D en definitiva es una tecnología que está cada vez más presente en las actividades del ser humano, esto ha provocado que se masifique su uso lo que ha llevado a que empiecen a existir complicaciones en varios aspectos, desde el asunto medioambiental, problemas de derecho de autor o incluso el considerar la restricción para su uso. En este capítulo abordaremos las principales dificultades de carácter no técnico que se puede presentar al usar esta tecnología.

El impacto ambiental de las impresoras 3D es un tema complejo que involucra varios aspectos del ciclo de vida de la tecnología, desde la extracción de materias primas hasta la eliminación de residuos.

**Consumo eléctrico:** Las impresoras 3D requieren electricidad para funcionar, y el consumo de energía puede variar según el tipo de tecnología de impresión, el tamaño de la impresora y la complejidad de los objetos impresos. El uso prolongado de las impresoras 3D puede resultar en un consumo

significativo de energía, especialmente en entornos de fabricación a gran escala.

### **Ejemplo de Cálculo:**

Supongamos que se tiene una impresora 3D con una potencia nominal de 150W y se utiliza durante 5 horas al día.

$$\text{Energía Consumida} = 150W \times 5 \text{ horas/día}$$

$$\text{Energía consumida} = 750Wh/día$$

Para convertir de vatios-hora (Wh) a kilovatios-hora (kWh), simplemente divide por 1000:

$$\text{Energía consumida} = \frac{750Wh/día}{1000} = 0.75kWh/día$$

Si comparamos este consumo con una refrigeradora que consume aproximadamente 3.6KWh por día puede no parecer mucho, pero una impresora 3D puede estar trabajando durante horas e incluso durante días, además ningún negocio que se dedique a la impresión 3D tiene solo una máquina, como mínimo tendrán 4 trabajando, y hay empresas que tienen mucha más.

Es importante tener en cuenta que este es solo un cálculo estimado y el consumo real de energía puede variar dependiendo de factores como la eficiencia energética de la impresora, la complejidad de las impresiones y si la impresora está en modo de espera o en funcionamiento activo. Para obtener una estimación más precisa, puedes utilizar un medidor de consumo de energía o consultar los datos específicos de consumo de energía proporcionados por el fabricante.

**Consumo de filamentos y resinas:** Las impresoras 3D utilizan una variedad de materiales de construcción, como filamentos de plástico, resinas, polvos metálicos y biomateriales. El consumo de estos materiales puede generar residuos y contribuir a la contaminación ambiental, así como a la generación de emisiones durante su fabricación y transporte (Tabla 5).

**Tabla 5. Impacto ambiental de los materiales usados en la impresión 3D.**

<b>Material</b>	<b>Tipo de Contaminación</b>	<b>Impacto Ambiental</b>
Plásticos	Emisiones Atmosféricas	Emisiones de gases de efecto invernadero durante la producción y liberación de COV durante la impresión y uso.
Resinas	Vertidos de Agua	Vertidos de aguas residuales contaminadas con productos químicos utilizados en la fabricación y el proceso de impresión.
Metales	Residuos Peligrosos	Generación de residuos peligrosos durante la producción y disposición final de los materiales no utilizados y piezas defectuosas.
Polímeros	Emisiones de Partículas	Emisión de partículas finas durante el proceso de fusión y uso de plásticos y polímeros en la impresión 3D.

La Tabla 5 muestra un resumen de los problemas contaminantes de los principales materiales usados en la impresión 3D.

**Residuos de soportes y material de desecho:** Durante el proceso de impresión, se pueden generar residuos de soportes y material de desecho, especialmente en impresoras que utilizan estructuras de soporte para mantener la forma de los objetos durante la impresión. Estos residuos pueden requerir un tratamiento especial para su eliminación adecuada.

**Emisiones de gases y partículas:** Algunos tipos de impresión 3D, como la impresión con filamentos de plástico, pueden generar emisiones de gases y partículas durante el proceso de fusión y extrusión de materiales. Estas emisiones pueden contribuir a la contaminación del aire en entornos interiores y exteriores, así como a la liberación de compuestos orgánicos volátiles (COV) y otros contaminantes.

**Contaminación del agua y suelo:** Los materiales utilizados en la impresión 3D, como plásticos y resinas, pueden contaminar el agua

y el suelo si no se gestionan adecuadamente durante su producción y eliminación. Los residuos de impresión y los productos químicos utilizados en los procesos de post-procesamiento pueden filtrarse en el medio ambiente y afectar los ecosistemas locales.

**Reciclaje y reutilización:** La gestión de residuos es un aspecto importante del impacto ambiental de las impresoras 3D. Los materiales utilizados en la impresión 3D, como filamentos de plástico y polvos metálicos, pueden ser difíciles de reciclar debido a su composición y estructura. Sin embargo, existen iniciativas para promover el reciclaje y la reutilización de materiales impresos, así como para desarrollar filamentos reciclados y biodegradables.

Algunas empresas y organizaciones están desarrollando sistemas y procesos para reciclar filamentos de plástico utilizados en la impresión 3D, como PLA y ABS. Aunque se han realizado avances en esta área, el reciclaje de filamentos de plástico aún no es ampliamente adoptado y puede ser limitado en términos de escala y disponibilidad.

Aunque no existan muchos avances en el reciclaje, desde hace tiempo existen opciones donde los propios desarrolladores o makers como se les conoce a las personas que se dedican a la impresión 3D pueden reciclar los plásticos como PLA o PETG, con sistemas que ellos mismo arman.

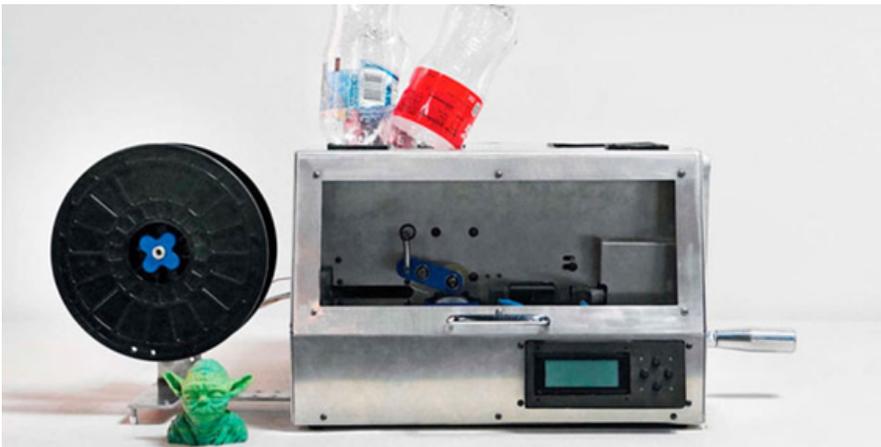


Figura 59. Máquina para crear filamento de plástico reciclado.

Fuente: Computerhoy (2016).

La Figura 59 muestra una máquina casera para fabricar material PETG a través de botellas de plástico.

**Eliminación de productos químicos:** Los productos químicos utilizados en los procesos de post-procesamiento, como solventes y resinas, pueden ser tóxicos y requerir una eliminación adecuada para evitar la contaminación del medio ambiente. Es importante implementar prácticas de manejo de productos químicos seguras y garantizar su eliminación adecuada de acuerdo con las regulaciones ambientales locales.

## 5.2. Regulaciones legales

El uso de impresoras 3D está sujeto a diversas restricciones legales que abarcan desde la propiedad intelectual hasta la seguridad del producto y la regulación de ciertas aplicaciones específicas.

**Derechos de autor:** El diseño y la impresión de objetos que infringen los derechos de autor de terceros están sujetos a restricciones legales. Esto incluye la reproducción de obras protegidas por derechos de autor, como esculturas, modelos arquitectónicos y piezas de arte, sin el permiso del propietario de los derechos de autor.

**Patentes:** La impresión de objetos que infringen patentes existentes puede ser objeto de restricciones legales. Es importante asegurarse que los diseños impresos no estén protegidos por patentes válidas o que cuenten con licencia para su uso.

**Marcas registradas:** La impresión de objetos que infringen marcas registradas puede estar sujeta a restricciones legales. Esto incluye la reproducción de marcas registradas protegidas sin autorización del titular de la marca.

**Productos médicos:** La impresión de dispositivos médicos y productos relacionados con la salud está sujeta a regulaciones estrictas en términos de seguridad y eficacia. Estos productos pueden requerir aprobación regulatoria antes de su comercialización y distribución.

**Productos alimenticios:** La impresión de productos alimenticios y utensilios relacionados con la alimentación está sujeta a regulaciones de seguridad alimentaria. Es necesario cumplir con los requisitos de

higiene y seguridad establecidos por las autoridades reguladoras locales y nacionales.

**Productos infantiles:** La impresión de productos destinados a bebés y niños pequeños está sujeta a regulaciones de seguridad específicas para garantizar su seguridad y protección.

**Cumplimiento normativo:** Los fabricantes de impresoras 3D y productos impresos pueden estar sujetos a normativas y estándares específicos que regulan su diseño, fabricación y comercialización. Es importante cumplir con estas regulaciones para garantizar la seguridad y la conformidad del producto.

**Marcado CE:** En la Unión Europea, los productos impresos que entran en ciertas categorías pueden requerir el marcado CE, que indica que el producto cumple con los requisitos de salud, seguridad y protección del medio ambiente establecidos por la legislación europea.

**Responsabilidad del fabricante:** Los fabricantes de impresoras 3D y productos impresos pueden ser responsables civilmente en caso de defectos de diseño o fabricación que causen daños a los usuarios o terceros. Es importante tomar medidas para garantizar la seguridad y la calidad de los productos impresos y proporcionar advertencias adecuadas sobre su uso y limitaciones.

### 5.3. Manufactura de componentes peligrosos

La impresión 3D ofrece la posibilidad de fabricar una amplia variedad de componentes, algunos de los cuales podrían considerarse peligrosos si no se utilizan o manipulan correctamente.

**Piezas móviles:** Los componentes impresos con tolerancias inadecuadas o materiales poco resistentes podrían provocar fallos mecánicos o roturas, lo que podría representar un peligro para la seguridad si se utilizan en aplicaciones críticas.

**Piezas sometidas a esfuerzos extremos:** Las piezas impresas en 3D utilizadas en aplicaciones de alta carga o en entornos hostiles podrían representar un peligro si no se garantiza su resistencia y durabilidad.

**Recipientes para productos químicos:** La impresión 3D de recipientes o contenedores para productos químicos podría representar un riesgo si los materiales impresos no son compatibles con los productos químicos que van a contener, lo que podría provocar fugas o reacciones químicas no deseadas.

**Equipos de laboratorio:** Los componentes impresos utilizados en equipos de laboratorio, como reactores o dispositivos de manipulación de sustancias, podrían representar un riesgo si no se seleccionan los materiales adecuados para resistir la exposición a productos químicos agresivos o a condiciones extremas.

**Implantes o prótesis:** La impresión 3D se utiliza cada vez más para fabricar implantes médicos y prótesis personalizadas. Sin embargo, estos dispositivos podrían representar un riesgo si no se fabrican con materiales biocompatibles o si no se realizan correctamente para adaptarse al cuerpo del paciente.

**Instrumentos quirúrgicos:** Los instrumentos quirúrgicos impresos en 3D podrían representar un riesgo si no se fabrican con materiales adecuados para resistir la esterilización y el uso repetido, o si no se diseñan correctamente para su función prevista.

**Piezas pequeñas:** Los juguetes impresos en 3D podrían representar un riesgo de asfixia o atragantamiento si se imprimen con piezas pequeñas que puedan desprenderse o romperse fácilmente.

**Productos químicos en contacto con alimentos:** Los productos impresos en 3D destinados a estar en contacto con alimentos podrían representar un riesgo si los materiales impresos no son seguros para uso alimentario o si no se garantiza su higiene y seguridad.

Cuando la gente imprime objetos ilegales con impresoras 3D, se generan una serie de problemas éticos, legales y sociales.

**Armas de fuego:** La fabricación y posesión de armas de fuego sin licencia es ilegal en muchos países. La impresión 3D de armas de fuego, como pistolas o rifles, puede violar leyes locales y federales

relacionadas con la posesión y el uso de armas de fuego. Las armas de fuego impresas en 3D pueden ser menos seguras y confiables que las armas fabricadas comercialmente, lo que aumenta el riesgo de accidentes o mal funcionamiento.

**Llaves maestras:** La impresión 3D de llaves maestras o herramientas de bloqueo podría facilitar el acceso no autorizado a propiedades o áreas restringidas, lo que plantea preocupaciones de seguridad.

**Productos de marca falsificados:** La impresión 3D se puede utilizar para fabricar productos falsificados, como réplicas de productos de marca, lo que puede infringir los derechos de propiedad intelectual y dañar la reputación de las marcas legítimas.

## 5.4. Impacto social y ético de la democratización de la fabricación

La democratización de la fabricación en el contexto de la impresión 3D se refiere al acceso generalizado y la capacidad de las personas para diseñar, crear y fabricar objetos físicos utilizando tecnología de impresión 3D. Esta democratización está impulsada por varias características clave de la impresión 3D que la hacen más accesible y disponible para una amplia gama de usuarios:

### *Acceso a la tecnología*

**Costo reducido:** La disponibilidad de impresoras 3D de bajo costo ha hecho que esta tecnología sea más accesible para los consumidores y las pequeñas empresas, eliminando la barrera de entrada financiera que existía en el pasado.

**Facilidad de uso:** Las mejoras en la interfaz de usuario y el software de diseño han simplificado el proceso de diseño y fabricación, lo que permite a personas sin experiencia técnica utilizar impresoras 3D para crear objetos personalizados.

### *Personalización y creatividad*

**Diseño personalizado:** La impresión 3D permite la creación de objetos completamente personalizados y adaptados a las necesidades

individuales, lo que fomenta la creatividad y la innovación en el diseño de productos.

**Iteración rápida:** La capacidad de imprimir prototipos rápidamente permite a los diseñadores y fabricantes iterar y mejorar sus diseños de manera rápida y económica, acelerando el proceso de desarrollo de productos.

## ***Empoderamiento y participación***

**Empoderamiento de los usuarios:** La democratización de la fabricación mediante la impresión 3D permite a los individuos asumir un papel activo en la creación de objetos físicos, lo que promueve un mayor sentido de propiedad y control sobre los productos que utilizan.

**Participación comunitaria:** La disponibilidad de diseños y recursos compartidos en línea fomenta la colaboración y el intercambio de conocimientos entre los usuarios de impresión 3D, creando comunidades en línea dedicadas al diseño y la fabricación.

## ***Reducción de la cadena de suministro***

**Producción localizada:** La impresión 3D permite la producción localizada de productos, lo que reduce la dependencia de la fabricación centralizada y la cadena de suministro global, y disminuye la huella de carbono asociada con el transporte de mercancías.

**Fabricación bajo demanda:** La capacidad de imprimir objetos según sea necesario reduce la necesidad de mantener inventarios grandes y costosos, lo que mejora la eficiencia y reduce los costos asociados con el almacenamiento y la gestión de inventarios.

En resumen, la democratización de la fabricación mediante la impresión 3D representa un cambio significativo en la forma en que se diseñan, crean y distribuyen productos, al permitir un acceso más amplio a la tecnología de fabricación y fomentar la personalización, la creatividad, el empoderamiento y la participación de los usuarios. Esto tiene el potencial de transformar la industria manufacturera y promover una mayor innovación y sostenibilidad en la producción de bienes físicos.



# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3D printers. (2024). FLSUN North America. Recuperado el 13 de julio de 2024, de <https://flsunnorthamerica.com/collections/3d-printers>
- 3Dnatives. (2024). Actualidad. <https://www.3dnatives.com/es/category/actualidad/page/96/>
- 3DNewworld (2015). *07 diseñadores industriales usos y aplicaciones impresión 3d newworld*. <https://3dnewworld.com/what-is-3d-printing/07-disenadores-industriales-usos-y-aplicaciones-impresion-3d-newworld-2/>
- 3DWorks. (2017). Porcentaje de Relleno en Impresión 3D. <https://www.3dworks.cl/post/porcentaje-de-relleno-en-impresi%C3%B3n-3d>
- 3DZ. (2022). *La impresión 3D vuela en el espacio: principales aplicaciones*. <https://3dz.es/la-impresion-3d-vuela-en-el-espacio-las-principales-aplicaciones/>
- Anderson, C. (2012). *Makers: The New Industrial Revolution*. Crown Business.
- Anusci, V. (2015). A bonsai 3D printer for the next generation of creatives. <https://all3dp.com/bonsai-printer-for-kids/>
- Arteaga, S. (2016). *Filamento para las impresoras 3D de plástico reciclado*. Computer Hoy. <https://computerhoy.com/noticias/hardware/filamento-impresoras-3d-plastico-reciclado-41031>
- Artillery3D.es. (2021). *Artillery Sidewinder X2*. <https://artillery3d.es/artillery-sidewinder-x2/>
- Bhattacharjee, N., Urrios, A., & Kang, S. (2016). Photocrosslinkable materials for soft lithographic and 3D printing applications. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 8(49), 32615-32625.

- Bhushan, B., & Dong, Y. (2019). Review of 3D Printing Processes and Materials for Biomedical Tissues and Organs. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 5(8), 3835-3855.
- Campbell, T. (2014). *3D Printing and Additive Manufacturing: Principles and Applications* (5th ed.). CRC Press.
- Contreras, L. (2023). *Los mejores lápices 3D para niños, aficionados y profesionales*. 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/top-lapiz-3d-boligrafo-3d-160820182/>
- Creativity3do. (2023). *Secador de filamentos: caja de secado de filamentos mejorada 3D, estante de filamentos de 2 kg para PLA/ABS/TPU/otros materiales de impresión 3D*. <https://www.creativity3doofficial.eu/es/products/filament-dryer-box>
- Creativity3do. (2024). *The essential guide to Material Jetting calibration*. <https://t2labs.com.au/material-jetting-calibration/>
- DEED 3D. (2023). *From prototyping to production: PolyJet 3D printing for every stage of development*. <https://deed3dprinting.com/polyjet-3d-printing-for-every-stage-of-development/>
- FACFOX, CÍA. (2022). *¿Qué es la impresión 3D FDM? – Simplemente explicado - Servicio de impresión 3D*. <http://es.insta3dm.com/info/what-is-fdm-3d-printing-simply-explained-71993417.html>
- Gao, W., Zhang, Y., Ramanujan, D., Ramani, K., Chen, Y., Williams, C. B., ... & Zavattieri, P. D. (2015). The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering. *Computer-Aided Design*, 69, 65-89.
- Garg, A., & Singhal, D. K. (2019). A Review on 3D Printing: Various Techniques, Methodologies, and Advancements. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(3), 5171-5177.
- Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. Springer.
- Gómez-López, V. M., Soria, A. C., Pérez-Mateos, M., & López-Caballero, M. E. (2019). 3D Printing of Foods: A Review on Present and Future Prospects. *Food Engineering Reviews*, 11(2), 137-157.

- Ifema Madrid. (2022). *Impresoras 3D, ¿el futuro de la Arquitectura*. <https://www.ifema.es/digicom/noticias/impresoras-3d-el-futuro-de-la-arquitectura>
- Impresoras 3D. (2023). ¿Es más fuerte una altura de capa más gruesa? La respuesta definitiva. <https://imprint3d.net/impresoras-3d/es-mas-fuerte-una-altura-de-capa-mas-gruesa-la-respuesta-definitiva/>
- Impresoras3d.com. (1969). *¿Es la muerte de MakerBot, la muerte de la impresión 3D?* <https://www.impresoras3d.com/es-la-muerte-de-makerbot-la-muerte-de-la-impresion-3d/>
- Inneoditec. (2022). *Impresión 3d en Medicina*. <https://www.inneoditec.com/impresion-3d-en-medicina/>
- Kahori, N. G. (2023). *Transformando la industria alimentaria: el impacto de la impresión 3D en la producción y suministro de alimentos*. Menú Acapulco. <https://menuacapulco.com/2023/04/11/transformando-la-industria-alimentaria-el-impacto-de-la-impresion-3d-en-la-produccion-y-suministro-de-alimentos/>
- Khoshnevis, B. (2004). Automated construction by contour crafting—related robotics and information technologies. *Automation in Construction*, 13(1), 5-19.
- Kietzmann, J., Pitt, L., & Berthon, P. (2015). Disruptions, decisions, and destinations: Enter the age of 3-D printing and additive manufacturing. *Business Horizons*, 58(2), 209-215.
- Kuznetsov, A., & Schaffner, M. (2019). Additive Manufacturing Technologies: Opportunities and Challenges for the Sports Industry. En, E, Rossi y M. Di Nicolantonio, *Advances in Additive Manufacturing, Modeling Systems and 3D Prototyping*. (pp. 73-90). Springer.
- Le, T. Q., Austin, S. A., Lim, S., & Buswell, R. A. (2012). Finite element analysis of concrete printing: experiment verification. *Construction and Building Materials*, 35, 1156-1165.
- Lee, K. Y., Mooney, D. J., & Peng, Y. (2017). *Design principles of tissue engineering and regenerative medicine*. Springer.
- Lipson, H., & Kurman, M. (2013). *Fabricated: The New World of 3D Printing*. John Wiley & Sons.

- Marchante, A. (2021). *Adidas 4DFWD, la zapatilla impresa en 3D que ofrece a los deportistas un mayor empuje*. <https://www.3dnatives.com/es/adidas-4dfwd-deportivas-140520212/>
- Marchante, A. (2023a). *¿Cómo se produce el “warping” en la impresión 3D y qué puedes hacer al respecto?* <https://www.3dnatives.com/es/warping-impresion-3d-que-hacer-100120232/>
- Marchante, A. (2023b). *Los patrones de relleno en la impresión 3D, ¿qué tipos hay y para qué se utilizan?* <https://www.3dnatives.com/es/guia-patrones-relleno-impresion-3d-170720232/>
- Melchels, F. P., Feijen, J., & Grijpma, D. W. (2010). A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering. *Biomaterials*, 31(24), 6121-6130.
- Murphy, S. V., & Atala, A. (2014). 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*, 32(8), 773-785.
- Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172-196.
- Ozbolat, I. T., & Hospodiuk, M. (2016). Current advances and future perspectives in extrusion-based bioprinting. *Biomaterials*, 76, 321-343.
- Robles, I. (2023). *Implementación del Escáner láser 3D en la planchistería industrial*. R&G Metal Shaping. <https://rgmetals shaping.com/implementacion-del-escaner-laser-3d/>
- Rodríguez, G. (2022). *Granjas de impresión 3D, una oportunidad de trabajo que abre nuevos senderos*. Filamentos Grilon3. <https://grilon3.com.ar/granjas-de-impresion-3d-una-oportunidad-de-trabajo-que-abre-nuevos-senderos/>
- Román-Ospino, A. D., Rivera-Cobos, J., Romero-Muñoz, D., & Medina-González, A. (2018). Análisis de métodos y técnicas de impresión 3D en la fabricación de objetos cerámicos. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia*, (30), 53-61.

- Shenzhen Rapid Direct Co., Ltd. (2022). *Tecnología de impresión CNC vs 3D: cuál elegir para la producción de prototipos*. <https://www.rapiddirect.com/es/blog/cnc-vs-3d-printing/>
- Shutterstock. (2017). *Proceso de impresión 3D. Tecnología de Foto de stock 717219625*. <https://www.shutterstock.com/es/image-photo/3d-printing-process-automation-technology-modern-717219625>
- Trimaker. (2016). *Aspectos de diseño*. <https://soporte-trimaker.zendesk.com/hc/es/articles/210295488-Aspectos-de-dise%C3%B1o>
- TRONXY. (2022). *TRONXY D01 3D Impresora Montaje Rápido con Guía Lineal Industrial Titan*. <https://es.geekbuying.com/item/TRONXY-D01-Titan-Extruder-3D-Printer-Fast-Assembly-Black-423157.html>
- Wohlers, T., & Caffrey, T. (2020). *Wohlers Report 2020: 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry*. Wohlers Associates, Inc.



## ***Maxwell Arbey Salazar Guilcamaigua***

Ingeniero Mecatrónico con Maestría en Robótica con amplia experiencia en docencia universitaria y gestión de proyectos tecnológicos. Docente del Tecnológico Universitario Rumiñahui, impartiendo asignaturas de electrónica y control de procesos, modelamiento 3D. Experiencia previa en la Universidad Metropolitana, impartiendo clases de informática redes y comunicaciones. Como emprendedor, he liderado varios proyectos de impresión 3D y robótica, lo que me ha permitido combinar mi pasión por la innovación con la enseñanza. Mis proyectos han abarcado desde el diseño y prototipado de piezas complejas hasta la implementación de soluciones en proyectos de automatización y robótica. Sólida formación académica complementada con certificaciones en automatización robótica de procesos, bases de datos y ciberseguridad, redes y programación . Mi enfoque está en la creación de soluciones prácticas y educativas que impulsen el avance tecnológico y el aprendizaje interactivo, formando a la próxima generación de ingenieros y tecnólogos.



Este libro es una guía completa sobre la impresión 3D, diseñada para entusiastas y profesionales. Desde los fundamentos y tecnologías como FDM, SLA, SLS y PolyJet, hasta casos de éxito de empresas líderes, cada capítulo ofrece una visión detallada y práctica. Se describe los materiales utilizados, como PLA y ABS, resinas fotosensibles y polvos diversos, junto con descripciones de impresoras 3D, equipos complementarios y software de modelado. Aprende estrategias de diseño para mejorar la calidad y resistencia de las piezas, y explora las diversas aplicaciones de la impresión 3D en sectores automotriz, aeroespacial, salud, diseño, educación y manufactura. Además, aborda los retos y consideraciones éticas, incluyendo el impacto medioambiental y las regulaciones legales. Con una completa sección de referencias, este libro es una herramienta indispensable para dominar el mundo de la impresión 3D.



ISBN: 978-9942-7189-5-2

