

Diseño e Impresión de Prototipos y Productos 3D para el Desarrollo Tecnológico en Manufactura Aditiva

Alejandro Gutiérrez Cedillo ^{a,b}, Juan Manuel Stein Carrillo ^{a,b}

^a Centro de Cooperación Academia-Industria, Tecnológico Nacional de México/ TES de Ecatepec, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.

^b División de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México/ TES de Ecatepec, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.

Resumen

En este artículo se presenta una revisión exhaustiva sobre el diseño y la impresión de prototipos y productos 3D, centrándose en su aplicación en la manufactura aditiva para el desarrollo tecnológico. La manufactura aditiva ha revolucionado la manera en que se diseñan y fabrican productos, permitiendo la creación de geometrías complejas y personalizadas con mayor rapidez y precisión. Se discuten las metodologías empleadas en el diseño, los materiales utilizados, las tecnologías de impresión disponibles, y los desafíos y oportunidades que esta tecnología ofrece. Finalmente, se presentan casos de estudio que demuestran el impacto de la manufactura aditiva en diversas industrias.

Palabras clave: Manufactura aditiva, impresión 3D, prototipos, diseño, desarrollo tecnológico.

Abstract.

This article provides a comprehensive review of the design and printing of 3D prototypes and products, focusing on their application in additive manufacturing for technological development. Additive manufacturing has revolutionized the way products are designed and fabricated, enabling the creation of complex and customized geometries with greater speed and precision. The methodologies employed in design, the materials used, available printing technologies, and the challenges and opportunities offered by this technology are discussed. Finally, case studies are presented to demonstrate the impact of additive manufacturing in various industries.

Keywords: Additive manufacturing, 3D printing, prototypes, design, technological development.

I. INTRODUCCIÓN

La manufactura aditiva, es una tecnología que utiliza impresión 3D para producir objetos tridimensionales a partir de modelos creados en software. La impresión en 3D ha revolucionado la producción de piezas y componentes personalizados. Mediante el diseño 3D, es posible crear modelos virtuales de objetos y luego imprimirlos capa por capa utilizando diferentes tipos de materiales (filamento o resina). Esta tecnología permite reducir costos de producción al sustituir el metal por plástico en piezas pequeñas. Además, posibilita la producción de refacciones por encargo, evitando

la necesidad de fabricar grandes cantidades de piezas que podrían no utilizarse en el mercado.

Algo que debemos tomar en cuenta son las características que posee la manufactura aditiva, entre ellas se destaca: libertad de diseño; Permite fabricar piezas con alta complejidad geométrica sin encarecer el proceso de fabricación. Personalización de productos terminados; posibilita la creación de objetos personalizados según las necesidades del usuario. Reducción de la escala mínima de eficiencia; no es necesario producir grandes cantidades de piezas para que el proceso sea eficiente.

*Autor para la correspondencia: 201911108@tese.edu.mx

Correo electrónico: 201911108@tese.edu.mx (Alejandro Gutiérrez Cedillo), jmsteinc@tese.edu.mx (Juan Manuel Stein Carrillo).

Historial del manuscrito: recibido el 21/05/2024, última versión-revisada recibida el 02/6/2024, aceptado el 12/07/2024, publicado el 19/07/2024.

II. METODOLOGÍA

A. Investigación y Análisis:

- Investigar las últimas tendencias en impresión 3D y manufactura aditiva.
- Analizar casos de estudio, literatura científica y aplicaciones industriales existentes.

B. Definición de Objetivos:

- Establecer objetivos claros para el proyecto, como la creación de prototipos funcionales o la producción de piezas finales.

C. Selección de Materiales y Tecnologías:

- Investigar y seleccionar los materiales más adecuados para cada aplicación.
- Evaluar las diferentes tecnologías de impresión 3D disponibles.

D. Diseño y Modelado 3D:

- Utilizar software de diseño (como SOLIDWORKS) para crear modelos 3D de los prototipos y productos.

E. Preparación de Archivos para Impresión:

- Convertir los modelos 3D en archivos compatibles con las impresoras 3D.
- Añadir soportes, si es necesario, para garantizar una impresión exitosa.

F. Impresión y Postprocesamiento:

- Imprimir los prototipos y productos utilizando la tecnología seleccionada.
- Realizar el postprocesamiento necesario (limpieza, lijado, pintura, etc.).

G. Evaluación y Pruebas:

- Evaluar la calidad de los prototipos impresos en 3D.
- Realizar pruebas funcionales y de resistencia según los objetivos del proyecto.

H. Iteración y Mejora:

- Si es necesario, iterar en el diseño y la impresión para optimizar los resultados.
- Aprender de los errores y ajustar la metodología según los hallazgos.

III. RESULTADOS

A. Innovación en Prototipado

- Reducción de Tiempo de Desarrollo: Los prototipos pueden desarrollarse en cuestión de días en lugar de semanas o meses.

Como se puede ver en la figura 4, ese es el producto final que se logró hacer en un transcurso de 6 meses aproximadamente, dado que hubo correcciones y mejoras.

- Mayor Iteración: Facilitar múltiples iteraciones de diseño para perfeccionar el producto final. Como podemos observar en la figura 2 y figura 3 se muestra el producto final de un prototipo con varias iteraciones.
- Validación de Conceptos: Probar y validar conceptos y diseños antes de la producción masiva.

B. Avances Tecnológicos

- Mejora de Procesos: Desarrollo de nuevas técnicas de impresión 3D que optimicen el tiempo y los recursos utilizados.
- Nuevos Materiales: Identificación y utilización de materiales innovadores que mejoren las propiedades de los productos finales.

C. Producción Personalizada y en Serie

- Personalización: Habilidad para producir productos personalizados en masa según las especificaciones del cliente.
- Flexibilidad de Producción: Capacidad de cambiar rápidamente de un diseño a otro sin necesidad de herramientas específicas.
- Producción a Demanda: Reducción de inventarios mediante la producción de piezas a demanda.

D. Educación y Capacitación

- Programas Educativos: Desarrollo de programas de capacitación en impresión 3D para estudiantes y profesionales.
- Material Didáctico: Creación de recursos educativos y guías prácticas sobre diseño y manufactura aditiva.
- Proyectos Estudiantiles: Implementación de proyectos prácticos en instituciones educativas que utilicen impresoras 3D.

E. Sostenibilidad y Eficiencia

- Reducción de Desperdicios: Optimización del uso de materiales para reducir desperdicios durante el proceso de manufactura.
- Uso de Materiales Ecológicos: Promoción del uso de materiales reciclables y biodegradables en impresión 3D.
- Eficiencia Energética: Mejora de la eficiencia energética de las impresoras 3D y los procesos de manufactura.

F. Aplicaciones Industriales

- Automotriz y Aeroespacial: Producción de piezas ligeras y resistentes para vehículos y aeronaves.
- Salud: Fabricación de prótesis personalizadas y herramientas médicas.
- Construcción: Creación de componentes arquitectónicos complejos y estructuras personalizadas.

G. Resultados Económicos

- Costos Reducidos: Disminución de los costos de producción gracias a la eficiencia y reducción de material.
- Mayor Competitividad: Aumento de la competitividad en el mercado debido a la capacidad de innovar y adaptar productos rápidamente.
- Nuevos Modelos de Negocio: Desarrollo de nuevos modelos de negocio basados en la manufactura aditiva, como servicios de impresión bajo demanda.

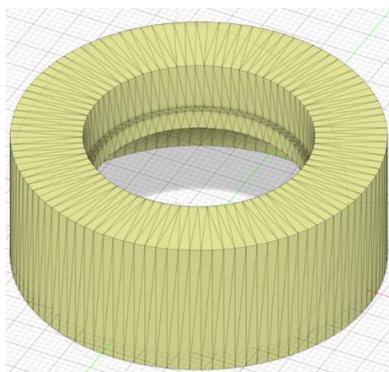


Figura 1
Base para sensor de acuario.



Figura 2
Depósito de agua con sensores pluviales.



Figura 3
Depósito de agua con sensores pluviales.

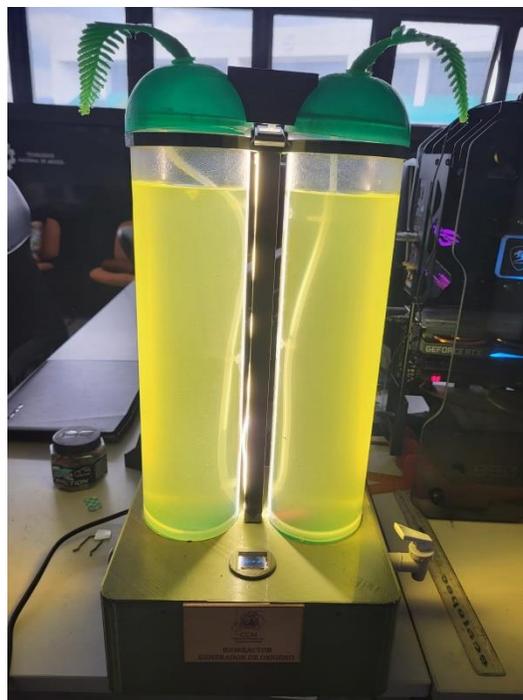


Figura 4
Implementación de productos finales del sistema Biorreactor de Oxígeno de Algas.

IV. DISCUSIÓN

La manufactura aditiva ha demostrado ser una tecnología revolucionaria, permitiendo la creación de geometrías complejas y altamente personalizadas que no serían posibles con métodos de manufactura tradicionales. Este avance ofrece una flexibilidad de diseño sin precedentes, facilitando la innovación en productos y procesos industriales.

A. Impacto Tecnológico

En cuestiones de impacto tecnológico podemos verificar que en la página <https://www.mediummultimedia.com/> podemos citar que “Su capacidad para representar objetos tridimensionales de manera virtual ha revolucionado la forma en que se desarrollan y producen diversos productos y servicios.” [3]

Ventajas:

- Libertad de Diseño: La capacidad de producir formas intrincadas sin necesidad de herramientas especiales reduce significativamente las restricciones en el diseño.
- Iteración Rápida: La posibilidad de realizar prototipos rápidos permite a los ingenieros y

diseñadores iterar y perfeccionar sus diseños con mayor velocidad y eficiencia.

Desafíos:

- **Precisión y Calidad:** Aunque la tecnología ha avanzado, sigue habiendo desafíos en términos de la precisión dimensional y la calidad superficial de las piezas impresas.
- **Materiales Limitados:** Aunque hay una creciente variedad de materiales disponibles para la impresión 3D, aún existen limitaciones en cuanto a sus propiedades mecánicas y su aptitud para ciertas aplicaciones.

B. Impacto Económico

La manufactura aditiva tiene el potencial de transformar significativamente la economía de la producción. Al permitir la fabricación de piezas bajo demanda y la personalización en masa, puede reducir los costos de almacenamiento y minimizar el riesgo de sobreproducción.

Beneficios:

- **Reducción de Costos:** La capacidad de imprimir prototipos y piezas finales en el sitio de uso puede reducir los costos de transporte y almacenamiento.
- **Producción Descentralizada:** Permite una mayor flexibilidad en la cadena de suministro, posibilitando la producción local y reduciendo los tiempos de entrega.

Inconvenientes:

- **Costos Iniciales Altos:** La inversión inicial en impresoras 3D industriales y en la capacitación del personal puede ser significativa.
- **Economía de Escala:** Actualmente, la manufactura aditiva puede ser menos eficiente que los métodos tradicionales para la producción en masa de piezas simples.

C. Implicaciones Sociales

La adopción de la manufactura aditiva también tiene importantes implicaciones sociales. Puede democratizar la producción, permitiendo a individuos y pequeñas empresas fabricar productos personalizados y de alta calidad.

Positivos:

- **Accesibilidad:** La impresión 3D facilita la creación de dispositivos médicos personalizados, como prótesis y órtesis, mejorando la calidad de vida de muchas personas.

- **Educación y Empleo:** La integración de la impresión 3D en programas educativos está preparando a una nueva generación de ingenieros y diseñadores con habilidades avanzadas.

Negativos:

- **Desplazamiento Laboral:** La automatización de procesos de manufactura puede llevar a la reducción de empleos en sectores industriales tradicionales.

D. Impacto Medioambiental

La manufactura aditiva puede tener un impacto significativo en la sostenibilidad medioambiental. Al utilizar solo la cantidad necesaria de material y permitir la fabricación local, puede reducir los residuos y las emisiones de carbono asociadas al transporte.

Pro:

- **Reducción de Residuos:** A diferencia de los métodos sustractivos, la manufactura aditiva produce menos desperdicio de material.
- **Materiales Ecológicos:** La investigación en nuevos materiales biodegradables y reciclables está avanzando rápidamente, lo que podría reducir el impacto ambiental de la impresión 3D.

Contra:

- **Consumo Energético:** Algunos procesos de impresión 3D, especialmente aquellos que utilizan láseres de alta potencia, pueden tener un alto consumo energético.
- **Desecho de Materiales:** La gestión de residuos de materiales compuestos y resinas sigue siendo un desafío significativo.

E. Aplicaciones Industriales

La manufactura aditiva está siendo adoptada en una amplia variedad de industrias, desde la automotriz y aeroespacial hasta la medicina y la construcción.

Industria Automotriz y Aeroespacial:

- **Componentes Ligeros:** La capacidad de fabricar piezas ligeras y robustas es particularmente valiosa en estas industrias, donde la reducción de peso puede traducirse en una mayor eficiencia energética.
- **Prototipado Rápido:** Permite a los ingenieros iterar rápidamente en el diseño de componentes complejos, mejorando la velocidad de desarrollo.

Medicina:

- **Prótesis Personalizadas:** La impresión 3D permite la creación de prótesis y dispositivos médicos

adaptados a las necesidades individuales de los pacientes.

- Modelos Anatómicos: Facilita la creación de modelos anatómicos precisos para la planificación de cirugías y la formación médica.

-
-

Construcción:

- Edificación: La impresión 3D de concreto y otros materiales de construcción permite la creación de estructuras complejas y personalizadas con un menor costo y tiempo de construcción.

F. Regulación y Estándares

El avance de la manufactura aditiva también requiere el desarrollo de regulaciones y estándares adecuados para asegurar la calidad y seguridad de los productos impresos.

Necesidades:

- Estándares de Calidad: Es crucial desarrollar normas que aseguren la consistencia y la calidad de las piezas producidas mediante manufactura aditiva.
- Regulación de Materiales: La creación de normativas específicas para el uso y la gestión de materiales de impresión 3D es esencial para minimizar el impacto ambiental y asegurar la seguridad en su uso.

Retos:

- Actualización de Normas: La rápida evolución de la tecnología requiere una actualización constante de las normativas.
- Adopción Global: Implementar regulaciones consistentes a nivel global es un desafío debido a las diferencias en las políticas y estándares nacionales.

V. CONCLUSIONES

La manufactura aditiva y la impresión 3D han demostrado ser tecnologías revolucionarias con un impacto significativo en diversas industrias. Estas tecnologías permiten la creación de prototipos y productos con geometrías complejas y personalizadas, reduciendo tiempos y costos de desarrollo. La flexibilidad y precisión en el diseño y la producción facilitan la innovación y la adaptación rápida a las necesidades del mercado.

El estudio de la manufactura aditiva ha revelado varias ventajas, incluyendo la reducción de desperdicios, la posibilidad de personalización en masa, y la eficiencia en la producción. Sin embargo, también enfrenta desafíos como la limitación de materiales y la necesidad de mejorar la calidad y precisión de las piezas impresas.

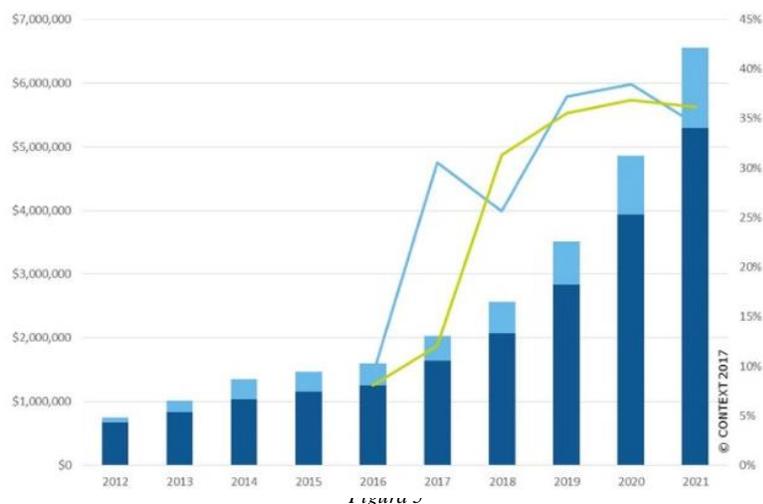
Económicamente, la manufactura aditiva tiene el potencial de transformar la cadena de suministro y los modelos de negocio, promoviendo la producción

descentralizada y a demanda, lo que puede reducir significativamente los costos de almacenamiento y transporte. Además, tiene implicaciones positivas en la sostenibilidad medioambiental, gracias al uso eficiente de materiales y la reducción de residuos.

En el ámbito social, la manufactura aditiva democratiza la producción, permitiendo a individuos y pequeñas empresas fabricar productos personalizados y de alta calidad, y está impulsando la educación y capacitación en nuevas habilidades tecnológicas.

La manufactura aditiva y la impresión 3D son tecnologías clave para el futuro de la producción industrial, con beneficios claros en términos de innovación, sostenibilidad y eficiencia, a la vez que presentan oportunidades y desafíos que deben ser abordados para maximizar su potencial.

Como se puede observar en la figura 4 se muestran los ingresos generados por semana en el periodo del 2016 al 2021.



Pronóstico global de ingresos de impresoras 3D por segmento de mercado principal 2016-2021. [6]

APÉNDICE

Apéndice A: Datos Técnicos y Especificaciones

Este apéndice proporciona detalles técnicos y especificaciones relevantes para el proceso de manufactura aditiva y la impresión 3D utilizadas en el desarrollo del proyecto. Los siguientes puntos son abordados:

A. Materiales Utilizados:

- PLA (Ácido Poliláctico): Material biodegradable utilizado comúnmente en impresión 3D debido a su facilidad de uso y bajo costo. Tomando de referencia la página 3dtownplus.com cito “Comúnmente, utiliza almidón de maíz como materia prima, aunque también se fabrica a partir de raíces de tapioca o caña de azúcar.” [20]
- ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno): Material resistente y duradero, adecuado para piezas

funcionales. “El plástico ABS está formado por una composición entre acrilonitrilo, butadieno y estireno. Estas sustancias se obtienen a partir de transformaciones de sustancias derivadas del craqueo del petróleo.” [21]

- Resinas Fotopolímeras: Utilizadas en impresoras de estereolitografía (SLA) para obtener piezas con alta precisión y detalles finos. “Están compuestos de varias formulaciones de monómeros, oligómeros, polímeros y otros aditivos que pueden ser específicos del proceso individual.” [22]

B. Tecnologías de Impresión:

- FDM (Fused Deposition Modeling): Tecnología accesible y versátil que funde filamentos de plástico para crear piezas capa por capa.
- SLA (Stereolithography): Utiliza un láser para curar resina líquida en capas finas, ofreciendo alta precisión y acabado suave.
- SLS (Selective Laser Sintering): Utiliza un láser para sinterizar polvo de polímero, permitiendo la creación de piezas complejas sin necesidad de estructuras de soporte.

En la tabla 1 se podrá observar una comparativa.

	Deposición de filamentos (FDM)	Estereolitografía (SLA)	Sinterizado selectivo por láser (SLS)
Resolución	★★☆☆	★★★★	★★★★☆
Precisión	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆
Acabados	★★☆☆	★★★★☆	★★★★☆
Volumen de producción	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆
Complejidad del diseño	★★☆☆	★★★★☆	★★★★☆
Fácil de usar	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆
Ventajas	Máquinas rápidas y consumibles baratos.	Excelente relación calidad-precio.	Partes funcionales robustas.
		Alta precisión.	Libertad de diseño.
		Acabado liso.	Sin necesidad de soportes.
Desventajas	Poco detalle	Amplia gama de aplicaciones funcionales.	Acabados ligeramente rugosos.
		Volumen de producción promedio.	
Aplicaciones	Modelos conceptuales básicos de prototipos rápidos y baratos.	Prototipos funcionales.	Creación de prototipos funcionales.
		Prototipos y moldes para la fabricación de modelos.	Producción industrial de piezas personalizadas.
Material	Termoplásticos estándares (similares a ABS, PLA, etc.).	Amplias gamas de resinas.	Plásticos termoestables para ingeniería. Nylon y sus compuestos.
Entrenamiento necesario	Entrenamiento mínimo en configuración, operación de máquina y acabado de piezas.	Entrenamiento mínimo en configuración, mantenimiento, operación de la unidad y acabado de piezas.	Capacitación moderada sobre la configuración, el mantenimiento, el funcionamiento del dispositivo y el acabado de las piezas.
		Entrenamiento moderado en mantenimiento.	
Requisitos previos para el entorno laboral	Entorno con aire acondicionado y, si es posible, ventilación adaptada a dispositivos de oficina.	Dispositivos que se pueden instalar en oficinas.	Taller con poco espacio, similar a los dispositivos de sobremesa.
Equipo adicional	Sistema para eliminar soportes solubles (posible automatización).	Estación de posttratamiento UV.	Estación de posprocesamiento después de la impresión para limpiar piezas y recuperar materiales.
	Herramientas de acabado.	Estación de lavado (posible automatización).	
		Herramientas de acabado.	

Tabla 1

Comparativa de tecnología de impresión 3D, FDM, SLA y SLS [1]

C. Software de Diseño:

- SOLIDWORKS: Utilizado para el diseño CAD 3D para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. [2]
- AutoCAD: Permite a los profesionales crear dibujos y modelos precisos en 2D y 3D. [3]
- Blender: Software de diseño 3D de código abierto para modelado, animación y simulación. [4]

D. Parámetros de Impresión:

- Altura de Capa: Variación típica entre 0.1 mm a 0.3 mm dependiendo de la calidad y resolución deseada.
- Temperatura de Extrusor: Generalmente ajustada entre 180°C y 220°C para PLA y entre 220°C y 250°C para ABS.
- Velocidad de Impresión: Rango comúnmente usado entre 40 mm/s y 80 mm/s para un equilibrio entre calidad y tiempo de impresión.

E. Post-Procesamiento:

- Lijado y Pulido: Para suavizar superficies y eliminar imperfecciones.
- Pintura y Acabado: Para mejorar la estética y proporcionar protección adicional.
- Tratamiento Térmico: Para mejorar las propiedades mecánicas y la estabilidad dimensional de las piezas impresas.

Apéndice B: Casos de Estudio

A. Industria Automotriz:

- Prototipado Rápido: Creación de prototipos funcionales de piezas de automóviles, reduciendo el tiempo de desarrollo de meses a semanas.
- Piezas Personalizadas: Fabricación de piezas personalizadas para vehículos antiguos o de edición limitada.

B. Salud:

- Prótesis Personalizadas: Desarrollo de prótesis a medida para pacientes, mejorando el ajuste y comodidad.
- Modelos Anatómicos: Uso de impresiones 3D para planificar cirugías complejas y formar a estudiantes de medicina.

C. Arquitectura:

- Modelos Escala: Creación de modelos a escala de edificios y estructuras para presentaciones y validación de diseño.
- Componentes Personalizados: Producción de elementos arquitectónicos únicos y personalizados para proyectos específicos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todos aquellos que han contribuido a la realización de este proyecto. En primer lugar, agradezco al Centro de cooperación academia-industria –TESE por su apoyo y colaboración incondicional. También extendo mi agradecimiento al Dr. Francisco Jacob Ávila Camacho, cuyas valiosas aportaciones y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Sicnova. (n.d.). ¿Qué tecnología de impresión 3D elegir y por qué? [Blog post]. Sicnova 3D. Retrieved May 1, 2015, from <https://sicnova3d.com/blog/experiencias-3d/que-tecnologia-de-impresion-3d-elegir-y-por-que/>
- [2] Solid BI. (n.d.). SolidWorks. Solid BI. Retrieved May 12, 2018, from <https://solid-bi.es/solidworks/?v=0b98720dcb2c>
- [3] Sovi. (2023, 16 agosto). "Descubre los 11 libros esenciales para dominar la impresión 3D desde cero" Sovi. <https://www.sovi.es/los-11-mejores-libros-sobre-impresion-3d-con-los-que-todo-principiante-deberia-empezar/Medium> Multimedia. (s.f.). ¿Qué es el diseño 3D? Ejemplos. Recuperado de <https://www.mediummultimedia.com/disenio/que-es-el-disenio-3d-ejemplos/>
- [4] Valenza, E. (2015). Blender 3D Cookbook. Reino Unido: Packt Publishing.
- [5] Domestika. (2023, 28 noviembre). ¿Qué es AutoCAD y cómo funciona? Domestika. <https://www.domestika.org/es/blog/11958-que-es-autocad-y-como-funciona>
- [6] Libros de El mercado global de impresoras 3D crecerá hasta un 42% los próximos 5 años. (s. f.). Interempresas. <https://www.interempresas.net/Fabricacion-aditiva/Articulos/186151-El-mercado-global-de-impresoras-3D-crecera-hasta-un-42-por-ciento-los-proximos-5-anos.html>
- [7] Copiar al portapapeles Diseño en 3d - Librerías Picasso. (s. f.). <https://www.librerias-picasso.com/libros-de/disenio-en-3d-230502/Markforged>. (s.f.). Understanding rapid prototyping with 3D printing. Recuperado de <https://markforged.com/es/resources/blog/understanding-rapid-prototyping-with-3d-printing>
- [8] C. L., & C. L. (2024, 22 abril). *Los mejores libros sobre impresión 3D para leer este año*. 3Dnatives. <https://www.3dnatives.com/es/los-mejores-libros-impresion-3d-22042016/Autodesk> (s.f.). Additive manufacturing. Recuperado de <https://www.autodesk.es/solutions/additive-manufacturing>
- [9] Mercado, K. (2023, 29 octubre). *20 libros de diseño (clásicos y modernos)* *imprescindibles*. Domestika. <https://www.domestika.org/es/blog/9905-20-libros-de-disenio-clasicos-y-modernos-imprescindibles> Abax3DTech. (2020, julio 24). Historia de la impresora 3D. Recuperado de <https://abax3dtech.com/2020/07/24/historia-de-la-impresora-3d/>
- [10] Gustavo del Ángel Flores, Daniel Guzmán Pedraza, Manuel Rosales Montiel. (28 de septiembre de 2016). CreateSpace Independent Publishing Platform. Alba.
- [11] Luque Gálvez, M. Á. (2010). Conceptos y fundamentos de diseño en 3D. España: Innovación y Cualificación, S.L.. Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2015). Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing. Springer.
- [12] Berchon, M. (2015). LA IMPRESIÓN 3D: GUÍA DEFINITIVA PARA MAKERS, DISEÑADORES, ESTUDIANTES, PROFESIONALES, ARTISTAS Y MANITAS EN GENERAL. España: Gustavo Gili Editorial S.A..
- [13] Estrada García, F., Botello Ortíz, M. (2017). Dibujo Industrial: Modelado de Objetos En 3D. (n.p.): Lulu.com.
- [14] Zhang, Y. (2016). Laser additive manufacturing of high-performance materials. Springer.
- [15] Berchon, M., Luyt, B. (2016). La impresión 3D: Guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general. España: Editorial GG, SL.
- [16] Gebhardt, A. (2012). Understanding additive manufacturing: Rapid prototyping, rapid tooling, rapid manufacturing. Hanser Publications.
- [17] Barnatt, C. (2013). 3D printing for dummies. John Wiley & Sons.
- [18] Campbell, I., Bourell, D., & Gibson, I. (2012). Additive manufacturing. ASM International.
- [19] Desai, D. (2014). 3D printing: Legal, philosophical and economic dimensions. Springer.
- [20] Admin. (2024, 7 enero). Plástico PLA: Descubre por qué el PLA es biodegradable. 3D Town. <https://3dtownplus.com/blog/plastico-pla-material-biodegradable/>
- [21] Desenfunda.com. (2019, 16 septiembre). Plástico ABS: ¿sabes dónde está presente y de qué está hecho? Desenfunda. <https://www.desenfunda.com/blog/plastico-abs-sabes-donde-esta-presente-y-de-que-esta-hecho/>
- [22] Fotopolímeros - Corte, marcado y grabado láser | ULS es-us. (s. f.). <https://www.ulsinc.com/es/materials/fotopol%C3%ADmeros>