
Transformando la Manufactura Global. Ventajas y Retos de la Impresión 3D Frente a Métodos Tradicionales

Transforming Global Manufacturing: Advantages and Challenges of 3D Printing Compared to Traditional Methods

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.7.2.2025.03>

Fecha de recepción: 19/07/2025. Fecha de publicación: 23/07/2025

Bernal-Plaza, Joshua; De Jesús-Méndez, Cristian; Vidal-Pérez, Hugo; Troncoso-Palacio, Alexander

Autor de correspondencia: l23090078@huixquilucan.tecnm.mx

Resumen

Frente a los crecientes desafíos globales en manufactura relacionados con la eficiencia, sostenibilidad y personalización, esta investigación analiza el papel transformador de la impresión 3D como solución avanzada más allá del prototipado rápido tradicional. Mediante un análisis comparativo entre tecnologías aditiva y convencional, se evaluaron sus beneficios en sectores clave como el automotriz, aeroespacial y médico, destacando la reducción de tiempos, costos, peso y generación de residuos, así como su capacidad para fomentar la innovación y la producción personalizada a gran escala. Al finalizar este escrito, se concluye que la impresión 3D no solo complementa eficazmente los métodos tradicionales para optimizar procesos productivos según las especificaciones y volúmenes requeridos, sino que también se posiciona como una herramienta alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, facilitando alternativas para alcanzar una manufactura sostenible, accesible y con impacto positivo en la calidad de vida, la educación y el desarrollo industrial global.

Palabras claves: Impresión, Fabricación, Innovación, Producción, Personalización, Impacto.

Abstract

Considering the mounting global challenges in manufacturing related to efficiency, sustainability, and customization, this research examines the transformative role of 3D printing as an advanced solution that extends beyond traditional rapid prototyping. Through a comparative analysis between additive and conventional manufacturing technologies, the study evaluates their benefits across key sectors such as automotive, aerospace, and medical, highlighting reductions in time, costs, weight, and waste generation, as well as the capacity to drive innovation and large-scale personalized production. The conclusion drawn emphasizes that 3D printing not only effectively complements traditional methods to optimize production processes according to specific requirements and volume but also establishes itself as a tool aligned with the Sustainable Development Goals, offering viable alternatives for achieving sustainable, accessible manufacturing with a positive impact on quality of life, education, and global industrial development.

Keywords: Printing, Manufacturing, Innovation, Production, Customization, Impact.

Introducción

En la actualidad, la fabricación aditiva, también conocida como impresión 3D, se ha consolidado como una tecnología clave dentro de la Quinta Revolución Industrial. Su capacidad para transformar modelos digitales en objetos físicos mediante la deposición capa por capa ha revolucionado múltiples sectores, desde el diseño de prototipos hasta la producción de componentes funcionales en industrias como la automotriz, aeroespacial y médica. Esta técnica no solo permite reducir costos, tiempos de desarrollo y desperdicios, sino que también ofrece una flexibilidad sin precedentes para la personalización y optimización de productos. Además, al integrarse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la ONU, la impresión 3D representa una herramienta estratégica para fomentar el desarrollo tecnológico responsable, la inclusión educativa y el avance hacia una industria más sostenible.

Estado del arte

En un mundo donde la innovación avanza a un ritmo apresurado, la impresión 3D ha emergido como una de las tecnologías más disruptivas de las últimas décadas. También conocida como fabricación aditiva, esta técnica ha transformado la manera en que diseñamos, producimos y concebimos los objetos, permitiendo construir piezas físicas a partir de modelos digitales con una precisión y personalización sin precedentes. Aunque su expansión en la industria es relativamente reciente, sus orígenes se remontan a mediados de los años 80, cuando Chuck Hull desarrolló la estereolitografía (SLA), el primer método de impresión 3D patentado. Desde entonces, la evolución de esta tecnología ha sido constante, pasando de ser una herramienta exclusiva para prototipos industriales a convertirse en un recurso accesible para sectores como la medicina, la arquitectura, la educación e incluso la exploración espacial [1], [2].

La impresión 3D no solo ha revolucionado los procesos de manufactura, sino que también ha abierto nuevas posibilidades para el desarrollo sostenible, la personalización masiva y la reducción de costos y desperdicio. En este contexto, comprender su historia, su funcionamiento y su impacto actual es clave para visualizar el papel que desempeñará en el futuro de la producción global [3], [4]. La fabricación aditiva, también conocida como impresión 3D, es un proceso de manufactura que permite crear piezas a partir de modelos digitales tridimensionales. Para ello, los fabricantes emplean programas de diseño asistido por computadora (CAD) con los cuales diseñan un modelo digital que posteriormente se divide en capas mediante un software especializado.

Metodología

La recopilación de información se basó en la consulta de fuentes secundarias confiables, tales como revistas científicas indexadas, libros especializados en manufactura y diseño industrial, y sitios web oficiales de empresas del sector tecnológico y de impresión 3D. Adicionalmente, se revisaron informes técnicos y publicaciones institucionales que abordan tendencias actuales, casos de uso y comparativas entre métodos tradicionales y aditivos. Para garantizar la validez y actualidad de los datos, se seleccionaron publicaciones recientes (de los últimos 10 años), priorizando aquellas con respaldo académico o técnico. La información recopilada se organizó en fichas temáticas, y posteriormente se analizó mediante una estrategia de comparación de criterios clave, tales como: eficiencia productiva, nivel de personalización, reducción de desperdicios, complejidad de diseño, costos y sostenibilidad [5,6,7,8,9,10,11,12,13].

El análisis se apoyó en matrices comparativas y esquemas de clasificación que permitieron destacar las fortalezas y limitaciones de cada tecnología dentro de los distintos sectores industriales evaluados. Esta metodología permitió generar un panorama amplio y fundamentado sobre cómo la impresión 3D está transformando los procesos productivos en contextos de alta especialización, sin perder de vista el papel complementario que aún conserva la manufactura tradicional.

Desarrollo

El proceso de impresión 3D comienza con el diseño del objeto en un programa de modelado 3D, como Tinkercad, Fusion 360 o SolidWorks. También es posible escanear un objeto físico para crear su modelo digital. Una vez creado el diseño, se convierte a un archivo con formato STL u otro similar. Este archivo se introduce en un software de laminado o "slicing", como Cura o PrusaSlicer, que divide el modelo en capas horizontales y genera un archivo con instrucciones precisas para la impresora 3D. La impresora utiliza este G-code para depositar material capa por capa hasta formar el objeto completo. El tipo de material utilizado varía según la tecnología empleada: puede ser filamento plástico (como PLA o ABS), resina líquida, polvo de nylon o incluso metal. En algunos casos, tras la impresión, el objeto requiere un proceso de post-procesamiento que puede incluir limpieza, curado, lijado o pintura.

Existen varias tecnologías de impresión 3D, cada una con características distintas. La más común es la FDM (Modelado por Deposición Fundida), que funde un filamento plástico y lo deposita en capas. La SLA (Estereolitografía) y la DMLS (Sinterizado Directo de Metal por Láser) se basa en la fusión selectiva de partículas de polvo metálico capa por capa. Otra tecnología es el SLS (Sinterizado Selectivo por Láser), que utiliza un láser para fusionar polvo de materiales como el nylon o metales [14], [15].

Tipos de impresión 3D

Existen varias tecnologías de impresión 3D, cada una con características distintas [16]. La más común es la FDM (Modelado por Deposición Fundida), que funde un filamento plástico y lo deposita en capas. La SLA (Estereolitografía) y la DMLS (Sinterizado Directo de Metal por Láser) se basa en la fusión selectiva de partículas de polvo metálico capa por capa. Otra tecnología es el SLS (Sinterizado Selectivo por Láser), que utiliza un láser para fusionar polvo de materiales como el nylon o metales.

Tabla 1: Tipos de Impresión 3D, (creación propia.)

Tecnología	Nombre	Material	Cómo funciona	Ventajas	Usos comunes
FDM	Fabricación por Deposición Fundida	Filamento plástico (PLA, ABS, PETG, etc.)	Derrite plástico y lo deposita capa por capa desde una boquilla.	Económico, fácil de usar, ideal para prototipos.	Educación, prototipos, piezas caseras
SLA	Estereolitografía	Resina líquida foto curable	Un láser solidifica resina líquida capa por capa en una cubeta.	Muy detallado y preciso.	Joyería, odontología, miniaturas
SLS	Sinterizado Selectivo por Láser	Polvo de plástico (nylon)	Un láser funde el polvo selectivamente por capas. No necesita soportes.	Piezas resistentes y complejas.	Piezas funcionales, prototipos industriales
DMLS	Sinterizado Directo de Metal por Láser	Polvo metálico (acero, titanio, etc.)	Un láser funde polvo metálico para formar piezas metálicas sólidas.	Piezas metálicas complejas y fuertes.	Aeroespacial, medicina, automotriz

Materiales ocupados en la industria para la impresión 3D

En la industria, los materiales plásticos son los más usados para impresión 3D debido a su versatilidad y coste relativamente bajo. Se emplean principalmente en tecnologías como FDM, SLA y SLS, dependiendo de la aplicación.

Termoplásticos: Los termoplásticos son polímeros que pueden fundirse y solidificarse múltiples veces sin cambiar su estructura química. Esto los hace ideales para procesos como el modelado por deposición fundida (FDM) y el sinterizado selectivo por láser (SLS) [17]. Entre los más comunes están:

Tabla 2: Materiales termoplásticos para la impresión 3D, (creación propia)

Material	Características Principales	Usos Comunes	Consideraciones de Impresión
ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno)	Resistente, tenaz, soporta impactos y calor moderado	Prototipos funcionales, piezas duraderas, usos industriales	Requiere cama caliente para evitar deformaciones
PLA (Ácido Poliláctico)	Biodegradable, fácil de imprimir, buena rigidez, poca resistencia al calor y químicos	Prototipos conceptuales, modelos estéticos	No necesita cama caliente, baja resistencia térmica
PETG (Tereftalato de Polietileno Glicolizado)	Buena resistencia a la humedad, productos químicos, alta transparencia	Piezas en contacto con agua o alimentos, componentes funcionales	Fácil de imprimir, requiere buena adhesión a la cama
Nylon	Alta resistencia al desgaste, impactos, flexible y ligero	Piezas mecánicas, engranajes, componentes duraderos	Difícil de imprimir, absorbe humedad fácilmente
TPU (Poliuretano Termoplástico)	Flexible, elástico, buena amortiguación, resistente a impactos	Protectores, piezas flexibles, componentes con absorción de vibraciones	Impresión lenta, necesita extrusores adecuados para materiales flexibles
Materiales compuestos	Mezcla de fibras (carbono, vidrio, kevlar) con termoplásticos para mejorar propiedades	Aplicaciones técnicas y mecánicas avanzadas, estructuras que requieren alta resistencia mecánica	Requieren impresoras industriales o reforzadas, boquillas resistentes al desgaste

Resinas Termoendurecibles (SLA): La impresión por estereolitografía (SLA) usa resinas líquidas que se curan mediante luz ultravioleta para formar un sólido [18]. Estas resinas no pueden fundirse de nuevo, ya que se produce un entrecruzamiento químico que fija su estructura permanentemente.

Tabla 3: Materiales de Resina para la impresión 3D, (creación propia)

Resina	Características Principales	Usos Comunes	Consideraciones
Resinas estándar	Alta resolución, acabados lisos, buena precisión	Modelos conceptuales, prototipos estéticos	Frágiles, no aptas para piezas funcionales
Resinas engineering	Alta resistencia mecánica y térmica (tough, durable, rigid)	Piezas funcionales, componentes mecánicos, prototipos resistentes	Propiedades varían según formulación específica
Resinas biocompatibles	Aprobadas para uso médico, seguras para contacto con el cuerpo humano	Aplicaciones dentales, guías quirúrgicas, prótesis	Requieren postprocesado específico (lavado, curado y validación médica)
Resinas especiales	Formulaciones específicas para: alta temperatura, flexibilidad, resistencia química, fundición	Aplicaciones industriales, moldes, electrónica, joyería	Pueden requerir impresoras avanzadas y condiciones controladas de postcurado

Polvos para Sinterizado Selectivo por Láser (SLS): El SLS utiliza polvos termoplásticos que se fusionan capa por capa mediante un láser. Estos materiales producen piezas fuertes, isotrópicas y con buena resistencia mecánica [19].

Tabla 4: Polvos para sinterizado selectivo por láser para impresión 3D, (creación propia)

Material	Características Principales	Usos Comunes	Consideraciones
Nylon 11 y Nylon 12	Alta resistencia, durabilidad, flexibilidad, estabilidad frente a impactos, químicos, calor y humedad	Piezas funcionales, componentes industriales, prototipos con buena resistencia mecánica	Material más común en SLS, buena calidad isotrópica
Polipropileno (PP)	Dúctil, resistente químicamente, estanco, buena soldabilidad	Piezas duraderas, contenedores, sistemas con uniones soldadas	Menor rigidez que el nylon, pero más resistente a químicos
TPU en polvo	Flexible, tacto similar a la goma, buena elasticidad y recuperación	Piezas flexibles, protectores, componentes que absorben impactos o vibraciones	Requiere parámetros de impresión específicos para asegurar buena fusión
Nylon reforzado (vidrio o carbono)	Aumenta rigidez, resistencia estructural, propiedades mecánicas mejoradas	Partes estructurales, soportes de carga, piezas técnicas que requieren mayor resistencia	Puede ser abrasivo, requiere equipos compatibles y boquillas resistentes

Materiales Metálicos en la Industria para Impresión 3D: La impresión 3D en metal, aunque más compleja y costosa, permite fabricar piezas con alta resistencia mecánica y térmica, con geometrías complejas imposibles de lograr con métodos tradicionales [20]. Los procesos más comunes son el sinterizado directo por láser (DMLS) y la fusión selectiva por láser (SLM).

Tabla 5: Tipos de metales para la impresión 3D, (creación propia)

Material	Características Principales	Usos Comunes	Consideraciones
Titanio	Alta resistencia mecánica y térmica, excelente relación resistencia-peso, resistente a corrosión y calor extremo	Industria aeroespacial, médica y automotriz; componentes estructurales y en condiciones extremas	Costoso, requiere equipos avanzados
Acero inoxidable	Resistente, tenaz, dúctil, con excelente resistencia a la corrosión	Herramientas, piezas estructurales, componentes industriales que requieren durabilidad y química	Más accesible, buen equilibrio entre precio y rendimiento
Aluminio	Ligero, durable, buena conductividad térmica y eléctrica	Industria automotriz y aeroespacial; piezas que requieren ser livianas y resistentes	Menor resistencia que el titanio, pero más económico
Acero para herramientas	Muy duro, resistente a arañazos y desgaste	Fabricación de herramientas, moldes y piezas de uso final con alta exigencia	Requiere procesos de postratamiento térmico
Aleaciones de níquel	Alta resistencia a tracción, fluencia y corrosión; gran estabilidad a altas temperaturas	Aplicaciones aeroespaciales, turbinas, motores y sectores de alto rendimiento	Costosas, difíciles de trabajar sin maquinaria especializada

La impresión 3D ha revolucionado el panorama industrial al ofrecer una versatilidad sin precedentes en el uso de materiales. Desde polímeros de uso general hasta metales de alta resistencia y materiales compuestos avanzados, la fabricación aditiva permite adaptar la producción a las necesidades específicas de cada sector [21]. Esta flexibilidad no solo mejora la eficiencia en el diseño y fabricación de piezas, sino que también impulsa la innovación, reduce tiempos de desarrollo y minimiza el desperdicio de recursos. En consecuencia, la correcta selección de materiales se ha convertido en un factor estratégico clave para aprovechar al máximo el potencial de la impresión 3D en entornos industriales modernos.

Resultados

La fabricación aditiva, ha transformado radicalmente diversos sectores industriales al ofrecer nuevas posibilidades que van más allá de las limitaciones de los métodos tradicionales de manufactura. En sectores como el automotriz, aeroespacial y médico, esta tecnología ha abierto nuevas oportunidades para innovar, optimizar recursos y mejorar la eficiencia de producción. En la industria automotriz, la impresión 3D ha revolucionado el diseño de prototipos, la personalización de piezas y la reducción de peso de componentes, lo que se traduce en vehículos más eficientes y procesos más ágiles. Por su parte, la industria aeroespacial ha sido pionera en adoptar esta tecnología, aprovechando sus ventajas para producir piezas ligeras, resistentes y de geometrías avanzadas, que cumplen con rigurosos estándares de calidad. Finalmente, en el campo de la medicina, la fabricación aditiva ha permitido una atención más personalizada mediante prótesis, implantes y modelos anatómicos específicos para cada paciente.

¿Cómo la fabricación aditiva cambio la industria automotriz con respecto a la manufactura tradicional?

Actualmente, un automóvil está compuesto por una amplia variedad de diseños, piezas y formas. La impresión 3D se adapta perfectamente a esta diversidad, gracias a la disponibilidad de múltiples materiales, que incluyen desde termoplásticos y termoestables hasta fotopolímeros. No obstante, la fabricación aditiva no se limita únicamente a la producción de piezas y componentes para el interior o exterior del vehículo. También desempeña un papel fundamental en la creación de herramientas y dispositivos auxiliares durante el proceso de manufactura. En esta etapa, la impresión 3D aporta un valor significativo al permitir una producción más rápida, rentable y eficiente, utilizando polímeros adecuados para cada aplicación. La industria automotriz se ha convertido en uno de los sectores más beneficiados por el avance de la impresión 3D, ya que permite la fabricación de una amplia gama de piezas y componentes mediante diversas tecnologías como SAF, P3, SLA y FDM. La manufactura aditiva ofrece soluciones innovadoras que están transformando los procesos tradicionales de producción, entre las cuales destacan:

Tabla 6: Comparación de la manufactura aditiva y la manufactura tradicional en el sector industrial Automotriz, (creación propia)

Criterio	Manufactura Aditiva (Impresión 3D)	Manufactura Tradicional
Velocidad de Prototipado	Muy alta: prototipos en horas o días.	Lenta: semanas o meses para fabricar moldes y piezas.
Personalización	Alta: permite la producción de piezas únicas o de bajo volumen sin costo extra.	Limitada: personalizar implica altos costos y tiempos de preparación.
Complejidad del Diseño	Alta: permite geometrías complejas y orgánicas imposibles con métodos tradicionales.	Limitada: requiere procesos adicionales o múltiples piezas.
Reducción de Peso	Alta: uso de estructuras tipo celosía y materiales compuestos ligeros.	Media: diseños limitados por métodos de fabricación convencionales.
Costo por Unidad (bajo volumen)	Bajo: rentable para series cortas o piezas únicas.	Alto: no rentable para producción de pocas unidades.
Costo por Unidad (alto volumen)	Alto: no ideal para producción masiva.	Bajo: eficiente para producción en serie con moldes y automatización.
Tiempo de Cambio de Diseño	Rápido: solo se modifica el modelo digital.	Lento: requiere rehacer moldes, herramientas o ajustes a maquinaria.
Inventarios y Logística	Menores: permite producción bajo demanda, reduciendo stock y almacenamiento.	Altos: se requiere almacenar grandes cantidades de repuestos.
Desperdicio de Material	Mínimo: solo se usa el material necesario.	Alto: procesos sustractivos generan residuos (ej. maquinado, corte).
Versatilidad de Materiales	Alta: polímeros, compuestos y algunas aleaciones metálicas.	Muy alta: incluye todos los metales, plásticos y materiales especiales.
Aplicaciones Actuales	Prototipos, herramientas, piezas personalizadas y de bajo volumen.	Producción en masa, componentes estructurales y de motor.

Inversión Inicial	Relativamente baja para baja escala, pero puede ser alta para equipos industriales.	Alta: maquinaria, moldes, líneas de ensamblaje.
-------------------	---	---

La manufactura aditiva se presenta como una solución ideal en el ámbito automotriz para el prototipado rápido, la personalización de piezas, la reducción de peso y la producción bajo demanda o en volúmenes limitados. Su aplicación otorga una gran flexibilidad y eficiencia, especialmente en las etapas iniciales del diseño y desarrollo de vehículos. Por otro lado, la manufactura tradicional continúa siendo la opción más adecuada para la producción masiva y la fabricación de componentes estructurales, donde se requieren materiales específicos y procesos a gran escala.

Caso de éxito en industria automotriz.

Bugatti refina la perfección de la impresión 3D con una precisión de hasta 0,1 mm.

La marca de lujo francesa está ampliando su liderazgo tecnológico con el desarrollo de componentes impresos en 3D de alta precisión utilizados para fabricar el Bugatti Bolide. Imagine componentes ultraligeros tan resistentes como una columna de hormigón armado. Ahora es posible gracias a la tecnología desarrollada por los innovadores ingenieros de Bugatti. La nueva varilla de empuje impresa en 3D (una barra de acoplamiento bajo presión en la zona del chasis) pesa tan solo 100 gramos y puede transmitir fuerzas de hasta 3,5 toneladas. La estructura hueca de titanio con arco de soporte interno proporciona una resistencia increíble y constituye otro avance de ingeniería demostrado por la experiencia de Bugatti.

Esta consta de una carcasa central de titanio impreso en 3D con un grosor de 0,48 milímetros y una placa de carbono de 0,7 milímetros de grosor con pequeñas aspas internas, también de carbono. Los travesaños de 0,48 milímetros de ancho aumentan aún más la rigidez de la carcasa central de titanio, que pesa tan solo 100 gramos.

Este nuevo proyecto está dirigido por Henrik Hoppe, estudiante de doctorado del departamento de Nuevas Tecnologías de Bugatti, quien lleva desarrollando materiales metálicos y procesos de fabricación innovadores desde 2017. Su tesis de máster se centró en una metodología de cálculo para una pinza de freno de titanio impresa en 3D, un 43 % más ligera que el componente de producción del Chiron, ya de por sí altamente optimizado en peso, e igual de rígida.

En su tesis doctoral, el ingeniero industrial va un paso más allá. Hoppe es pionero en un nuevo sistema, debido al alto coste y la gran inversión de tiempo que supone el ciclo completo de la cadena de fabricación, desde la concepción hasta la entrega. Hoppe utiliza este sistema para identificar el potencial comercial y tecnológico de los componentes metálicos funcionales impresos en 3D para la fabricación de automóviles, y puede potenciarlo mediante la aplicación de la orientación a piezas específicas. Anteriormente, este tipo de componentes se utilizaba principalmente en el sector aeroespacial. [22]

¿Cómo la fabricación aditiva cambio la industria Aeroespacial con respecto a la manufactura tradicional?

La industria Aeroespacial y de Defensa, es un gran ejemplo de cómo la manufactura aditiva ofrece una propuesta de valor y da la capacidad de crear piezas más fuertes y ligeras que las que se desarrollan con la fabricación tradicional.

Este sector fue uno de los primeros en adoptar la impresión 3D, algunas empresas comenzaron a usar esta tecnología en 1989, y de acuerdo con HUBS, en las dos décadas siguientes, el Sector Aeroespacial y de Defensa ha aportado aproximadamente el 16% de los ingresos mundiales de la impresión 3D.

La tecnología de impresión 3D en el Sector Aeroespacial puede enfocarse en producir piezas de uso final duraderas y estables, sin pasar por la línea de producción por completo, utilizando una variedad de materiales, incluidos termoplásticos de alto rendimiento, para crear piezas con propiedades mecánicas, químicas y térmicas predecibles. A continuación, se muestra una tabla comparativa sobre la manufactura aditiva y la manufactura tradicional:

Tabla 7: Comparación de la manufactura aditiva y la manufactura tradicional en el sector industrial Aeroespacial, (creación propia)

Criterio	Manufactura Aditiva (Impresión 3D)	Manufactura Tradicional
Diseño y geometría	Permite geometrías complejas, estructuras internas, diseños orgánicos.	Limitada a formas simples o requiere ensamblajes complejos.
Peso de los componentes	Piezas más ligeras gracias a estructuras optimizadas (tipo celosía).	Mayor peso debido a restricciones de diseño y materiales.
Flexibilidad de diseño	Alta; se pueden realizar modificaciones rápidamente en el modelo digital.	Baja; los cambios implican modificaciones costosas en moldes y matrices.
Prototipado y desarrollo	Prototipos funcionales en días; ideal para pruebas rápidas e iteraciones.	Lento; el desarrollo y fabricación de prototipos puede llevar semanas.
Material utilizado	Uso eficiente; se utiliza solo el material necesario para la pieza.	Desperdicio significativo en procesos como maquinados o fundición.
Tiempo de producción	Corto para piezas personalizadas o de bajo volumen.	Eficiente solo para producciones en masa; lento en piezas únicas.
Costo inicial	Bajo en prototipos o tirajes cortos; sin necesidad de moldes o utillaje.	Alto; requiere herramientas, moldes y líneas de producción específicas.
Costo en producción masiva	Aún elevado para grandes volúmenes (aunque en mejora).	Más rentable en producción a gran escala.
Personalización de piezas	Alta personalización sin aumentar significativamente el costo.	Costosa y compleja; implica rediseño y reconfiguración del proceso.
Inventarios y logística	Producción bajo demanda; menos necesidad de almacenamiento.	Requiere almacenamiento de grandes cantidades y piezas de repuesto.
Sostenibilidad	Menor generación de residuos; uso eficiente de energía y materiales.	Mayor impacto ambiental por desechos y consumo de energía.
Certificación y calidad	Aún enfrenta desafíos en piezas críticas; requiere rigurosos controles.	Alta fiabilidad; ampliamente validada en sectores críticos.

En el sector aeroespacial, la manufactura aditiva aporta ventajas significativas, como la capacidad de fabricar geometrías complejas, reducir el peso de los componentes, acelerar el desarrollo de prototipos y producir piezas personalizadas de manera rápida y eficiente. Además, favorece la sostenibilidad al generar menos residuos y optimizar el uso de materiales. En contraste, la manufactura tradicional sigue siendo más apropiada para la producción en masa, gracias a su fiabilidad, estandarización y menores costos cuando se trata de grandes volúmenes. No obstante, presenta limitaciones en cuanto a flexibilidad, velocidad en las etapas de diseño y eficiencia en el uso de materiales.

Caso exitoso de impresión en 3D en el desarrollo de cohetes

El motor Rutherford de Rocket Lab y sus componentes impresos en 3D. El motor Rutherford de Rocket Lab ejemplifica el potencial transformador de los cohetes impresos en 3D. Este motor incorpora impresión 3D para el 95 % de sus componentes, incluyendo la cámara de combustión, el inyector y las turbobombas. Gracias a la fabricación aditiva, Rocket Lab ha logrado una eficiencia de producción notable. Las piezas críticas se fabrican en 24 horas, lo que reduce significativamente los plazos de entrega en comparación con los métodos tradicionales.

El motor Rutherford también demuestra su rentabilidad. Cada lanzamiento cuesta aproximadamente 7,5 millones de dólares, lo que lo convierte en una de las opciones más asequibles de la industria aeroespacial. Con una tasa de éxito del 95 % en más de 40 lanzamientos, el motor ha demostrado su fiabilidad. En 2023, Rocket Lab demostró aún más su innovación al reutilizar el motor Rutherford, destacando así la sostenibilidad de los componentes de cohetes impresos en 3D. [14]

La deposición directa de energía (DED) es una potente tecnología de impresión 3D de metal diseñada para la fabricación de cohetes a gran escala. Este proceso consiste en depositar polvos o alambres metálicos directamente sobre un sustrato mediante una fuente de energía enfocada, como un láser o un haz de electrones. La DED destaca por la producción de piezas densas y resistentes con propiedades mecánicas comparables a las de los materiales fundidos o forjados.

¿Cómo la fabricación aditiva cambio la industria Medica con respecto a la manufactura tradicional?

La fabricación aditiva en medicina está revolucionando la forma en que se diseñan y producen dispositivos médicos, prótesis e incluso tejidos humanos. Esta tecnología, también conocida como impresión 3D, ofrece soluciones personalizadas, reduce los tiempos de espera y minimiza los residuos, lo que la convierte en una alternativa más eficiente y respetuosa con el medio ambiente. La manufactura aditiva (impresión 3D) y la manufactura tradicional son dos enfoques distintos en la fabricación de dispositivos médicos, cada uno con sus propias ventajas y desventajas, se muestra tabla comparativa:

Tabla 8: Comparación de la manufactura aditiva y la manufactura tradicional en el sector industrial Médico, (creación propia)

Criterio	Manufactura Aditiva (Impresión 3D)	Manufactura Tradicional
Personalización	Alta personalización. Permite crear implantes, prótesis y dispositivos únicos adaptados al paciente.	Baja personalización. Se fabrican productos estándar con limitadas opciones de ajuste individual.
Tiempo de producción	Reducción significativa del tiempo para prototipos y piezas personalizadas.	Largos plazos debido a herramientas, moldes y procesos múltiples.
Costo en baja escala	Económico para producción unitaria o de bajo volumen.	Elevado en pequeñas cantidades debido a costos fijos y preparación de maquinaria.
Complejidad geométrica	Capacidad para fabricar formas anatómicas complejas, canales internos o estructuras porosas.	Limitada por herramientas de corte y procesos convencionales.
Materiales utilizados	Plásticos médicos, resinas biocompatibles, metales como titanio, cromo-cobalto.	Amplia gama de materiales, aunque la adaptación a requerimientos biomédicos puede ser más costosa.
Adaptación al paciente	Excelente. Se pueden imprimir modelos anatómicos personalizados a partir de escaneos 3D.	Difícil o costosa. Se requiere rediseñar herramientas o moldes para cada paciente.
Producción en masa	No tan eficiente ni económica para grandes volúmenes.	Muy eficiente para producción masiva gracias a moldes y líneas de montaje automatizadas.
Tiempo de desarrollo de producto	Rápido. Ideal para iteraciones durante el diseño de nuevos dispositivos médicos o implantes.	Más lento. Requiere validación de moldes, herramientas y procesos antes de iniciar la producción.
Reducción de desperdicio	Alta. Solo se utiliza el material necesario para formar la pieza.	Baja. Genera mayor desperdicio de material, especialmente en procesos de mecanizado.
Aplicaciones comunes	Prótesis personalizadas, implantes dentales, guías quirúrgicas, modelos anatómicos 3D, bioimpresión.	Instrumental médico estándar, dispositivos ortopédicos en serie, implantes metálicos prefabricados.

En el ámbito médico, la manufactura aditiva se destaca por su capacidad para personalizar productos, reducir significativamente los tiempos de entrega y minimizar el desperdicio de materiales, lo que la convierte en una opción ideal para aplicaciones específicas y adaptadas a las necesidades de cada paciente. Por su parte, la

manufactura tradicional continúa siendo más eficiente para la producción en masa de productos estandarizados, aunque presenta limitaciones cuando se requiere un alto grado de personalización.

Caso de éxito en trasplante de tráquea artificial.

Un equipo surcoreano es el primero en trasplantar con éxito una tráquea artificial bioimpresa en 3D. El éxito se produce durante el análisis de implantes traqueales artificiales, derivado del trabajo denunciado del Dr. Paolo Macchiarini. [15]. Se han intentado diversos métodos de tratamiento para defectos traqueales, como implantes artificiales, aloinjertos, injertos autólogos e ingeniería de tejidos; sin embargo, no se ha establecido un método perfecto. Se intentó crear una tráquea artificial eficaz mediante un método de ingeniería de tejidos utilizando bioimpresión 3D. Se fabricó un andamio multicapa con una impresora 3D. Se utilizaron policaprolactona (PCL) e hidrogel con células epiteliales nasales y de cartílago auricular en el proceso de impresión. Se trasplantó una tráquea artificial a 15 conejos y un andamio de PCL sin la adición de células a 6 conejos (controles). Todos los animales fueron seguidos con radiografía, tomografía computarizada y endoscopia a los 3, 6 y 12 meses. En el grupo control, 3 de los 6 conejos murieron por síntomas respiratorios. Los conejos supervivientes del grupo control presentaron tráqueas estrechas debido a la formación de tejido de granulación y a la ausencia de regeneración epitelial. En el grupo experimental, 13 de los 15 animales sobrevivieron, y el examen histológico confirmó la regeneración de las células epiteliales. También se confirmó la presencia de cartílago neonatal a los 6 y 12 meses. Nuestra tráquea artificial fue eficaz en la regeneración del epitelio respiratorio, pero no en la del cartílago. Se requieren estudios adicionales para promover la regeneración del cartílago y mejorar la estabilidad del implante.

Cada uno de estos sectores ha aprovechado los beneficios únicos de la impresión 3D como la flexibilidad de diseño, la personalización, la sostenibilidad y la eficiencia en baja escala, mientras que la manufactura tradicional continúa siendo esencial para la producción en masa, la estandarización y la fabricación de componentes estructurales complejos. El análisis comparativo entre ambos enfoques permite comprender cómo se complementan y cómo la fabricación aditiva está redefiniendo la manera de diseñar, producir e innovar en la industria moderna.

Este método ha revolucionado el desarrollo de productos en distintas industrias gracias a su capacidad para reducir costos, acelerar procesos y permitir una personalización sin precedentes. A diferencia de los métodos de fabricación tradicionales, esta tecnología construye objetos capa por capa a partir de modelos digitales, lo que simplifica el paso del diseño al prototipo funcional. Esta transformación ha hecho posible que incluso pequeñas empresas puedan innovar sin necesidad de grandes inversiones. En esta nueva era, la impresión 3D no solo mejora la eficiencia en el uso de materiales y mano de obra, sino que también abre nuevas posibilidades de diseño, personalización y producción a demanda, impulsando así una verdadera evolución en la forma de fabricar:

1. Diseño más rápido y económico.

Una de las mayores fortalezas de la impresión 3D es su capacidad para reducir significativamente los costos en el desarrollo de prototipos. Lo que antes requería grandes inversiones ahora puede lograrse a un costo muy bajo, facilitando que incluso pequeñas empresas desarrollen sus propios productos. Antes, los diseñadores empezaban con modelos muy simples que luego se convertían en prototipos reales a través de procesos más complejos y costosos. Con la impresión 3D, todo el diseño se realiza digitalmente usando software CAD, lo que permite modificar fácilmente los modelos y generar nuevas versiones en poco tiempo. Esto hace que el desarrollo de productos sea más ágil, permitiendo mejoras constantes desde las primeras fases.

2. Menores costos de mano de obra

La automatización que ofrece la impresión 3D reduce la cantidad de trabajo humano necesario. Tradicionalmente, fabricar prototipos o herramientas requería mucho tiempo y personal especializado, especialmente cuando se trataba de metales. Con la impresión 3D, basta con tener el diseño digital listo para imprimir, lo que disminuye el tiempo de producción de semanas a horas y reduce los costos laborales de forma considerable.

3. Ahorro en materiales

A diferencia de los métodos tradicionales que cortan material hasta obtener la forma deseada, la impresión 3D construye objetos capa por capa utilizando solo la cantidad exacta de material necesario. Esto minimiza el desperdicio y maximiza el aprovechamiento, algo especialmente importante cuando se usan materiales caros. Además, permite reducir la cantidad total de material en el diseño, como sucede con las piezas metálicas aligeradas. Esto es clave en industrias como la automotriz o la aeroespacial, donde reducir el peso puede significar mejoras en eficiencia y costos.

4. Flexibilidad en el diseño y personalización

Gracias al trabajo digital, los diseños pueden personalizarse fácilmente sin aumentar demasiado los costos. Las empresas ahora pueden adaptar sus productos a las necesidades específicas de cada cliente sin modificar por completo la producción.

Incluso es posible imprimir una gran variedad de productos con la misma máquina, sin necesidad de moldes especiales. Esto es muy útil en sectores como el médico, donde se requieren productos únicos como prótesis o instrumentos personalizados.

5. Nuevas posibilidades para los diseñadores

La fabricación aditiva libera a los diseñadores de muchas limitaciones tradicionales. Pueden crear formas complejas o estructuras imposibles con otras tecnologías, abriendo la puerta a ideas más innovadoras. Una de las prácticas más eficientes es la consolidación de piezas, que permite crear un solo componente en lugar de ensamblar varias partes. Esto reduce el tiempo, el trabajo manual y el inventario, y además mejora el rendimiento del producto final.

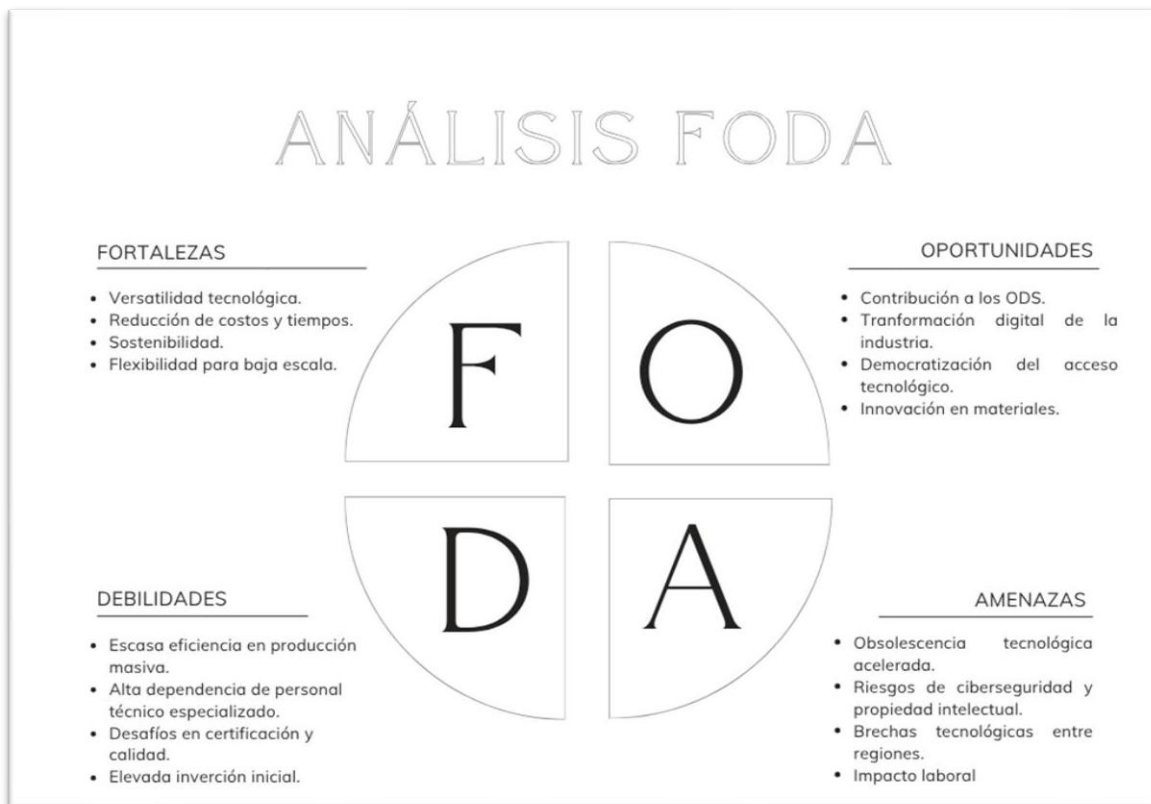


Ilustración 1 Análisis FODA sobre la fabricación aditiva (creación propia)

Conclusiones

La impresión 3D ha superado su rol inicial como tecnología para prototipado rápido y se ha posicionado

como una solución integral para enfrentar los desafíos de la manufactura moderna. Su aplicación en sectores como el automotriz, aeroespacial y médico ha demostrado su capacidad para reducir tiempos, costos, peso y residuos, al tiempo que impulsa la innovación y la personalización a gran escala. A través de un análisis comparativo con los métodos tradicionales, se evidencia que ambas formas de manufactura pueden complementarse para optimizar procesos según los requerimientos del producto y la escala de producción. Asimismo, la impresión 3D se alinea estrechamente con varios ODS, ofreciendo alternativas sostenibles, eficientes y accesibles para mejorar la calidad de vida, la educación y el desarrollo industrial en el mundo contemporáneo.

Referencias

- [1] Getachew, M.T., Shiferaw, M.Z., Ayele, B.S. (2025). Recent Advances of Additive Manufacturing for Aerospace Industries: Methods, Materials, Challenges, and Future Outlooks. In: Fanta, S.W., Tenagashaw, M.W., Tigabu, M.T., Gedilu, E.Y. (eds) Sustainable Development Research in Manufacturing, Process Engineering, Green Infrastructure, and Water Resources. Green Energy and Technology. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-77339-6_4
- [2] Ravi Kumar Patel, Ma Qian, In Additive Manufacturing Materials and Technologies, 3D Printing Technology for Water Treatment Applications, Elsevier, 2023, Pages 229-251, ISBN 9780323998611, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99861-1.00010-2>
- [3] Vivek V. Bhandarkar, Mohan Karnati, Puneet Tandon; Defect detection in 3D-printed polymer parts using deep learning models: a comparative investigation. *Rapid Prototyping Journal* 27 June 2025; 31 (7): 1428–1448. <https://doi.org/10.1108/RPJ-09-2024-0395>
- [4] Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges, *Journal of Cleaner Production*, Volume 137, 2016, Pages 1573-1587, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.150>
- [5] Sadaf, M.; Bragaglia, M.; Slemenik Perše, L.; Nanni, F. Advancements in Metal Additive Manufacturing: A Comprehensive Review of Material Extrusion with Highly Filled Polymers. *J. Manuf. Mater. Process.* 2024, 8, 14. <https://doi.org/10.3390/jmmp8010014> [10.1016/j.matpr.2021.05.293](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.293).
- [6] Y. A. Picón-Jaimes, “Innovation and digital transformation in health education: opportunities to drive technological development in the training of future professionals,” *Inge CUC*, vol. 20, no. 2, pp. 99–105, 2024.
- [7] C. A. Piñeros Rodríguez, L. M. Sierra Martínez, D. H. Peluffo Ordoñez, and J. A. Timana Peña, “Effort Estimation in Agile Software Development: A Systematic Map Study,” *Inge CuC*, vol. 19, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.17981/ingecuc.19.1.2023.03.
- [8] A. F. González-Pedraza, Y. A. C. Barrios y J. C. Escalante, “Soil salinization in agricultural areas of the Caribbean region and agroecological recovery strategies: Review,” *Inge CUC*, vol. 18, no. 1, 2022.
- [9] D. C. L. Tamayo, J. M. L. Lezama y W. M. Villa, “Mean-variance mapping optimization algorithm applied to the optimal reactive power dispatch,” *Inge CUC*, vol. 17, no. 1, 2021.
- [10] K. Pimiento y M. J. C. González, “Evaluación del tratamiento preliminar y primario para las aguas residuales del procesamiento industrial de alimentos en La Grita (Venezuela),” *Inge CUC*, vol. 17, no. 1, 2021.
- [11] L. C. González, N. C. Novoa y A. B. Sanjuán, “Alternativas orgánicas para el logro de producciones más limpias de la fresa en Pamplona, Norte de Santander,” *Inge CUC*, vol. 16, no. 2, 2020.
- [12] H. A. Ordoñez, C. C. Ordoñez y J. A. Ordoñez, “Jurisprudence search in Colombia based on natural language processing (NLP) and Linked Data,” *Inge CUC*, vol. 16, no. 1, 2020.

- [13] J. R. Vásquez, D. S. A. Salazar y C. M. M. Abril, “Análisis basado en optimización de externalidades negativas del servicio de transporte público urbano: Un caso de estudio,” *Inge CUC*, vol. 17, no. 1, 2021.
- [14] Y. A. Fernández, D. F. Marrero y M. E. M. Montero, “Liquid Nitrogen as promotor of seeds germination and seedling growth in tropical legumes,” *Inge CUC*, vol. 17, no. 1, 2021.
- [15] Rajendran, S.; Palani, G.; Kanakaraj, A.; Shanmugam, V.; Veerasimman, A.; Gądek, S.; Korniejenko, K.; Marimuthu, U. Metal and Polymer Based Composites Manufactured Using Additive Manufacturing—A Brief Review. *Polymers* 2023, 15, 2564. <https://doi.org/10.3390/polym15112564>
- [16] Mohsen Attaran, The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing, *Business Horizons*, Volume 60, Issue 5, 2017, Pages 677-688, ISSN 0007-6813, <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.05.011>
- [17] Book Title “3D Printing in Biomedical Engineering”, Editors Sunpreet Singh, Chander Prakash, Rupinder Singh, Series Title *Materials Horizons: From Nature to Nanomaterials*, DOI <https://doi.org/10.1007/978-981-15-5424-7> Publisher Springer Singapore
- [18] Orzeł, B.; Stecula, K. Comparison of 3D Printout Quality from FDM and MSLA Technology in Unit Production. *Symmetry* 2022, 14, 910. <https://doi.org/10.3390/sym14050910>
- [19] H. Hoppe, “Optimization of Titanium Components via Additive Manufacturing for Automotive Use,” *Bugatti Research Report*, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.bugatti.com/news>
- [20] Park, JH., Yoon, JK., Lee, J.B. et al. Experimental Tracheal Replacement Using 3-dimensional Bioprinted Artificial Trachea with Autologous Epithelial Cells and Chondrocytes. *Sci Rep* 9, 2103 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38565-z>
- [21] Rocket Lab, “The Rutherford Engine: 3D Printed Innovation in Aerospace,” *Rocket Lab White Paper*, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.rocketlabusa.com>
- [22] H. Hoppe, “Bugatti refina la perfección de la impresión 3D con una precisión de hasta 0,1 mm,” Bugatti Newsroom, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://newsroom.bugatti.com/en/press-releases/bugatti-refines-3d-printing-perfection-with-accuracy-as-fine-as-0-1mm>
- [23] V. Gao, “Aplicación de la impresión 3D en el desarrollo de cohetes,” *Sovol*, 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.sovol3d.com/blogs/news/3d-printing-in-rocket-development?srsltid=AfmBOoSpEBUm1bwv3gMZtMR1BxqKw9E1JTvoyt2XAHXlo-UF2vIjilk>
- [24] Aakash M. Shah, “Artificial trachea transplant: Tale of two stories,” *Artificial Organs*, Volume 48, Issue 6 pp. 575-576, 2024. <https://doi.org/10.1111/aor.14758>