

Esta obra está publicada bajo una licencia [CC BY 4.0 DEED](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Fecha de recepción: 06.05.2024 | Fecha de aceptación: 31.07.2024 | Fecha de publicación: 15.08.2024



## Impacto de la Impresión 3D en la Cadena de Suministros para la Reducción de Inventarios y Tiempos de Espera: Una Revisión Sistemática

### Impact of 3D Printing on the Supply Chain for Reducing Inventories and Lead Time: A Systematic Review

Álvarez Guerra Arnold Jose<sup>1</sup>; Ávila Rebaza Sergio Fernando<sup>1</sup>; Diaz Tomas Marcos Ivan<sup>1\*</sup>; Guevara Saldaña Rodrigo Alonso<sup>1</sup>; Gutiérrez Sánchez Frank Jhosep<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

\*Autor de correspondencia: [t1533300221@unitru.edu.pe](mailto:t1533300221@unitru.edu.pe)

#### RESUMEN

La investigación presenta una revisión sistemática sobre el impacto que puede llegar a tener la integración de la impresión 3D en la cadena de suministro, enfocándose en aspectos clave como la reducción de inventarios y la disminución de tiempos de espera. En la actualidad, esta tecnología está presente en muchas áreas de investigación y comercialización, desde la creación de prótesis médicas personalizadas hasta la fabricación de componentes automotrices. Además, su bajo costo y alta eficiencia han demostrado ser de gran utilidad ante la exigente demanda de productos altamente personalizados. Sin embargo, esta integración entre la cadena de suministros y la impresión 3D conlleva un costo de inversión muy elevado y requiere la obtención de personal capacitado. La impresión 3D, o manufactura aditiva, ha emergido como una tecnología innovadora con el potencial de revolucionar significativamente los procesos de fabricación y logística en la industria 4.0, creando una cadena de suministro más flexible y autónoma.

**Palabras Clave:** Cadena de Suministro, Impresión 3D, Reducción de inventarios, Tiempos de espera, Industria 4.0.

#### ABSTRACT

The research presents a systematic review of the impact that the integration of 3D printing can have on the supply chain, focusing on key aspects such as inventory reduction and reduced lead times. Currently, this technology is present in many areas of research and commercialization, from the creation of customized medical prostheses to the manufacture of automotive components. In addition, its low cost and high efficiency have proven to be very useful in the face of the demanding demand for highly customized products. However, this integration between the supply chain and 3D printing comes at a very high investment cost and requires the procurement of skilled personnel. 3D printing, or additive manufacturing, has emerged as an innovative technology with the potential to significantly revolutionize manufacturing and logistics processes in Industry 4.0, creating a more flexible and autonomous supply chain.

**Keyword:** Supply Chain, 3D Printing, Inventory Reduction, Delivery Times, Industry 4.0.

## 1. Introducción

La gestión de la cadena de suministros es crucial para las organizaciones, sobre todo para garantizar una producción fluida y eficiente ante los cambios en los patrones de la demanda. En los últimos años, la creciente demanda de productos personalizados ha ocasionado una disminución significativa en los ciclos de vida de los productos. Otros factores, como la competencia y la globalización, también influyen en la fluctuación de la demanda [1]. Esta situación plantea una serie de desafíos a las organizaciones que buscan reducir sus inventarios para reducir costos y, a su vez, mejorar los tiempos de entrega para tener una ventaja competitiva ante el resto de la industria. La cadena de suministros tiene que cumplir con los tres principios de la triple cuenta de resultados (TBL, Triple Bottom Line): económico, medioambiental y de igualdad social [2].

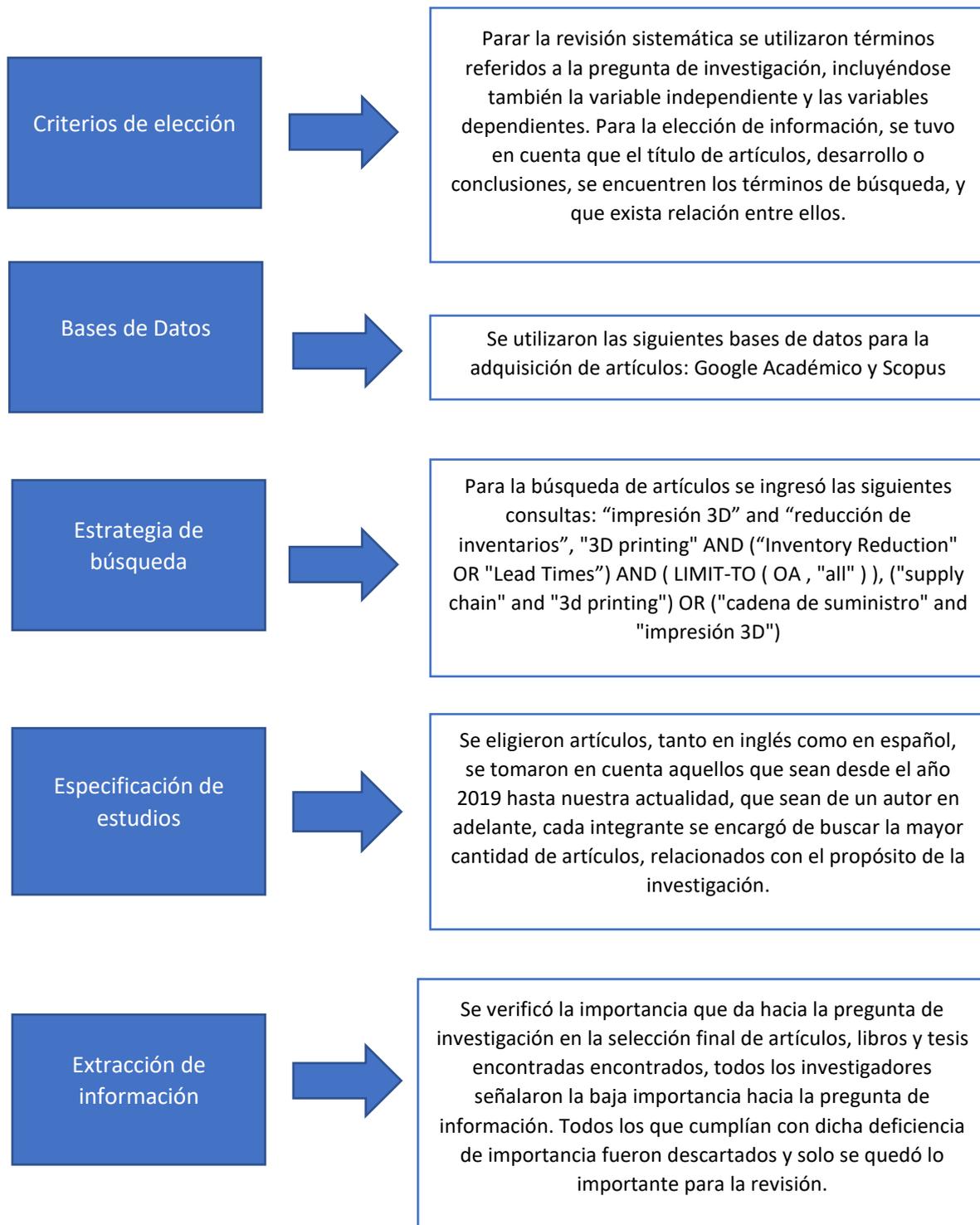
El principio económico se enfoca en maximizar el rendimiento financiero para las partes interesadas internas y externas, el principio medioambiental pretende reducir los efectos de la liberación de residuos, uso de recursos y consumo de energía y el principio de igualdad social se centra en analizar y poner en práctica acciones organizacionales para maximizar el bienestar de todas las partes interesadas. La manufactura aditiva o tecnología de impresión 3D se está introduciendo para aplicar estos principios de forma eficaz. Según [2], esta tecnología supone un gran avance en términos de eficiencia y desempeño gracias su contribución a los procesos de la cadena de suministro. Desde puntos de vista financieros y económicos, esta tecnología mejoraría la sostenibilidad económica al reducir tiempos y costos, reemplazando inventarios físicos con inventarios digitales, resultando en menos stock, manipulación de materiales y embalaje.

La cadena de suministros está enfrentando desafíos significativos en la actualidad, especialmente debido a la pandemia de COVID-19, que condujo a una desmedida fluctuación en la demanda y una significativa necesidad de adaptabilidad y flexibilidad en la gestión de inventarios y tiempos de espera. La tecnología de manufactura aditiva, o impresión 3D, surgió como una herramienta innovadora para abordar estos retos, ofreciendo soluciones para la reducción de inventarios y tiempos de espera y mejorar la eficiencia y productividad, esta tecnología se ha convertido en una herramienta valiosa para facilitar la creación de productos personalizados, eliminar procesos de montaje y reducir residuos y costes de transformación.

En este contexto, la impresión 3D ha demostrado ser eficiente en la industria aeroespacial, en donde se calculó que todos los indicadores mejoraron (fueron reducidos) a través de la adopción de la metodología de manufactura aditiva [2]. [3] describe la situación actual del uso de la manufactura aditiva en los procesos de fabricación de prótesis médicas. Menciona los beneficios que trae esta tecnología como la capacidad de personalizar la prótesis acorde a las necesidades y gustos del paciente, su bajo costo, y el corto tiempo de fabricación. También menciona algunos casos en los que se utilizó esta tecnología para mejorar la calidad de vida de algunas personas con discapacidad y enfatiza como y en que situaciones se podría utilizar esta tecnología en la actualidad.

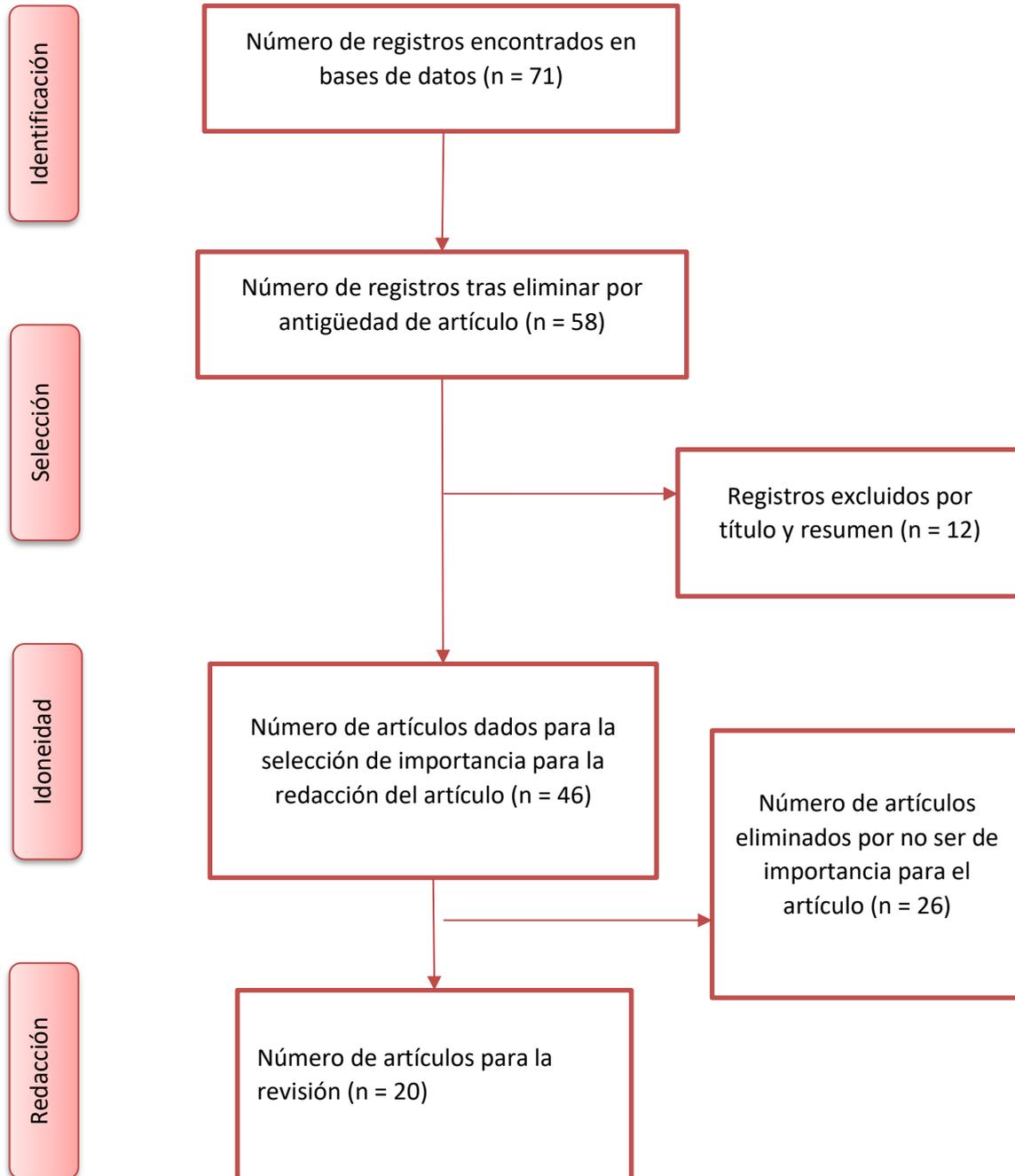
La impresión 3D, al utilizar modelos digitales, permite personalizar las medidas y características de los objetos a imprimir. Esta revisión es de suma importancia, ya que analiza cómo la integración de la impresión 3D afecta de manera positiva a la cadena de suministros y cómo afecta en aspectos claves de esta. Una clara ventaja estratégica que





**Figura 2.** Metodología PRISMA.

Se implementó el método del diagrama de flujo de 4 fases, diagrama importante para la selección de información según la metodología PRISMA. La Figura 3 muestra el diagrama.



**Figura 3.** Diagrama de flujo de la metodología PRISMA

### 3. Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra los detalles de los 20 artículos seleccionados, sus autores, el año de publicación y el país de procedencia, también se recogieron los resultados principales para poder hacer la revisión.

Autores	Título	Año	País	Resultados Principales
Zambrano, C. et al.	Beneficios y desafíos del uso de las TIC en la cadena de suministro	2020	Ecuador	El estudio clasificó a la impresión 3D como una de las tecnologías de información y comunicaciones (TIC) más relevantes en la cadena de suministros. Además, quedó demostrado que la integración de las TIC permite una colaboración casi en tiempo real tanto interna como externamente con proveedores y clientes, lo que confirmó que, efectivamente, las TIC reducen los tiempos de ciclo, los inventarios, mejora la precisión de pronósticos, y optimiza la comunicación y seguridad de la información.
Cubillos, L.	La tecnología de la impresión 3D y sus disrupciones en la cadena de suministro	2019	Colombia	En sus conclusiones, describe como la impresión 3D está remodelando la cadena de suministro en todas las industrias, reduciendo los costos operativos, el exceso de inventario de existencias, al mejorar la capacidad de personalización masiva y al proporcionar una respuesta más rápida a la demanda, además de la disminución en la dependencia de proveedores y rápida obtención de prototipos.
Tinoco-Plasencia, C. J. et al.	Tecnologías disruptivas en el supply chain y la logística: una revisión sistemática	2024	Perú	El estudio concluye que las tecnologías aditivas como la impresión 3D son factores significativos en la transformación de la cadena de suministro y la logística. Resalta la importancia de adaptarse e innovar para mantener un nivel de competitividad alto en un mercado de constante cambio. Además, recalca el potencial que poseen estas tecnologías para mejorar la eficiencia reducir costos y crear nuevas oportunidades de negocio.

Ramírez, C.	Evolución de la gestión de la cadena de suministro y la logística, desde una visión tecnológica y sostenible	2021	Colombia	En su estudio cataloga la fabricación aditiva como uno de los pilares tecnológicos que son los que soportan las bases del desarrollo de la industria 4.0 gracias a las ventajas que ofrece como la reducción de tiempos de espera, los costos de transporte y el inventario de existencias.
Noorwali, A. et al.	Impactos de la fabricación aditiva en las cadenas de suministro: Una investigación empírica.	2022	Francia	Esta investigación identifica los impactos de la fabricación aditiva (AM) en la cadena de suministro en comparación con el caso de la fabricación convencional. Se analizan los principales impactos de la AM centrándose en las operaciones de post-procesamiento, los plazos de entrega, las implicaciones de costo, estrategias de gestión de flujo y mantenimiento
Sun, H. et al.	Decisiones de inversión personalizadas para la cadena de suministro de productos nuevos y remanufacturados basadas en tecnología de impresión 3D	2022	China	La principal contribución de este trabajo es la integración de la personalización y la impresión 3D en un marco analítico para la remanufactura de decisiones de inversión. Basado en los modelos de remanufactura OEM y remanufactura minorista, nos enfocamos en analizar los factores que influyen en el nivel de esfuerzo de personalización, lo que ayuda a los miembros de la cadena de suministro de remanufactura a tomar decisiones más científicas y enriquece la teoría de la economía circular.
Friedrich, A. et al.	Modelos de negocio para proveedores de servicios logísticos en cadenas de suministro de fabricación aditiva industrial	2023	Alemania	Este estudio contribuye a la escasa literatura sobre modelos de negocio de AM para LSP con conocimientos empíricos en profundidad. Con base en las seis configuraciones identificadas, este estudio sienta las bases para teorizar sobre los modelos de negocio, en particular, la creación de valor, la propuesta de valor y los mecanismos para la captura de valor de los modelos de negocio. Además, este estudio sugiere cómo las configuraciones genéricas se ajustan a las características de tipos específicos de LSP.

Chen, Z. et al.	Optimización de la cadena de suministro de impresión 3D en la era del comercio electrónico en vivo	2024	China	Esta investigación analiza el impacto del cada vez más popular comercio electrónico de transmisión en vivo en la cadena de suministro de 3DP, y utiliza métodos de dinámica de sistemas para construir dos modelos de cadena de suministro para impresión de polímeros puros e impresión mixta de polímeros metálicos, explorando el diseño de optimización de la cadena de suministro 3DP. La conclusión muestra que, si solo se consideran los indicadores equivalentes de tiempo de impresión, costo de impresión y calidad de impresión, independientemente de los materiales utilizados, el servicio Corporate-live-3DP es la mejor opción para el comercio electrónico de transmisión en vivo.
Brandtner, P. et al.	Implicaciones de la impresión 3D en la distribución física en la logística y la gestión de la cadena de suministro	2023	Austria	El objetivo de este artículo es elaborar las implicaciones y beneficios de la impresión 3D para estrategias y procesos de distribución física, el papel del proveedor de servicios logísticos (LSP) y los procesos conectados de almacenamiento, picking y transporte. Mediante entrevistas a expertos, analizamos estas implicaciones y derivamos un conjunto de impactos y posibles implicaciones futuras de la impresión 3D en LSCM. Nuestros resultados muestran que los expertos esperan un gran potencial de este tipo de tecnología. Los expertos coinciden en que el transporte global puede reducirse significativamente en el futuro.
Naghshineh, P.	Mapeo de los efectos mejorados de la adopción de tecnología de fabricación aditiva en la agilidad de la cadena de suministro	2024	Portugal	Este estudio logro mapear las características de adopción de la tecnología AM que aumentarían la capacidad de la empresa adoptiva para lidiar con entornos comerciales erráticos de manera ágil, por lo tanto, obtener una ventaja competitiva. El mapa derivado proporciona una revisión estratégica tanto para académicos como para profesionales en el campo que desean analizar los efectos de mejora de la adopción de la tecnología AM en la cadena de suministro.

Cyplik, P., y Zwolak, M.	Industria 4.0 e impresión 3D: un nuevo enfoque heurístico para el punto de desacoplamiento en la futura gestión de la cadena de suministro	2022	Polonia	El objetivo principal de este trabajo fue analizar cómo la cadena de suministro y la fabricación pueden evolucionar gracias a la implementación de herramientas que forman parte del marco de la Industria 4.0. Estamos de acuerdo con los investigadores en que la digitalización y las soluciones modernas tienen un enorme potencial para convertirse en los agentes de cambio en la redefinición de la cadena de suministro. Al mismo tiempo, entendemos los cambios en el mercado global, considerando también los factores geopolíticos.
Zhao, Q. et al.	El impacto de la inversión en tecnología de impresión tridimensional en una cadena de suministro de fabricación con bajas emisiones de carbono, investigado a través del juego Stackelberg	2024	China	Este documento investiga estrategias de inversión en tecnología de impresión tridimensional que promueven el desarrollo de la cadena de suministro baja en carbono. Se construye un modelo teórico en el que el fabricante o minorista puede liderar una inversión en 3DPT. Los principales resultados son los siguientes: el fabricante siempre se beneficia de invertir en 3DPT y está dispuesto a liderar la inversión, mientras que el minorista también se beneficia, pero solo está dispuesto a liderar la inversión con un gran coeficiente de costo de inversión 3DPT.
Gaurav Prashar et al.	Additive manufacturing: expanding 3D printing horizon in industry 4.0.	2022	India	Este estudio analiza los diferentes sectores donde se usa la Manufactura aditiva y como está ganando terreno gracias a sus beneficios que ofrece, pero también cuenta con desafíos como la capacitación de personal, problemas tecnológicos. Se concluye que la implementación de la AM en diferentes sectores o industrias tiene ventajas significativas como la reducción de costos y tiempo, personalización de productos pero que aún le falta superar desafíos de capacitación y técnicos; se espera que con el avance de la investigación la AM supere sus desafíos y se vuelva más factible aplicarla.

Christian,K Kveller et al.	First experiences of a hospital-based 3D printing facility – an analytical observational study	2022	Dinamarca	Este estudio tiene como objetivo determinar el impacto y los beneficios de los instrumentos quirúrgicos, modelo anatómicos personalizados hechos con la impresión 3D, este estudio es enfoco en: Educación del paciente, planificación preoperatoria y trabajo interdisciplinario. En los resultados el personal clínico reporto que utilizar estas herramientas mejora los procedimientos operatorios y ayuda a la comprensión de sus diagnósticos por parte del paciente.
Tekalign L.W. et al.	Impacts of Adopting Additive Manufacturing Process on Supply Chain: Systematic Literature Review	2023	Rusia	El objetivo de esta revisión literaria es explorar los diferentes desafíos que presenta la cadena de suministro con los procesos de producción elaborados con la manufactura aditiva. Como resultado de este artículo señala la falta estudios en diversos países lo cual genera una investigación limitada. Asu vez se determinaron las mejores prácticas de la Manufactura Aditiva asociadas con la cadena de suministro relacionados con inventario, costos, energía, eficiencia, desechos y fabricación.
Abusaleh Nayeen, Nasim Hossain	Usage Of Additive Manufacturing In The Automotive Industry: A Review	2023	USA	Este estudio se centra en el análisis de los procesos de manufactura aditiva (impresión 3D) utilizada en la industria automotriz e identificar cuáles son sus beneficios y que desafíos aparecen al implementarse esta tecnología. Como resultados sobresalen las diferentes ventajas que tiene al usar la manufactura aditiva en esta industria, los resultados verifican el potencial de esta tecnología en la industria automotriz que va creciendo a gran escala.
Anirban C. et al.	Laser additive manufacturing of aluminum-based stochastic and nonstochastic cellular materials	2023	Australia	Este artículo es una revisión de la aplicación de la fabricación aditiva con aluminio para producir materiales o partes de celulares, se hace un gran hincapié en los métodos convencionales vs la fabricación aditiva con láser dándonos a entender la importancia de la fabricación aditiva en la producción de materiales celulares destacando sus ventajas como diseños más complejos y personalizaos que sobrepasan a los de los métodos convencionales.

Alorda B. et al.	Proyecto para la autofabricación de mascarillas con filtros bioactivos y tecnología de impresión 3D para la lucha contra la COVID en Baleares	2024	España	Esta investigación busca instaurar un nuevo proceso de producción de mascarillas faciales usando la impresión 3D que cuenten con capacidades viricidas, esto a consecuencia de la pandemia del 2020, cuando la dependencia de insumos externos de equipos de protección se vio vulnerada ante la insuficiencia de respuesta rápida. En conclusión, la implementación de la impresión 3D en la fabricación de mascarillas ayudaría a la disponibilidad inmediata de estos y así en el futuro se evitaría dependencias de insumos para su fabricación.
Marcillo K et al.	Impresión 3d como eje de desarrollo en la industria 4.0	2021	Cuba	Este Estudio Tiene como objetivos evaluar las diferencias entre la fabricación tradicional y la fabricación aditiva (impresión 3D), evaluar el nivel de aceptación de la impresión 3D dentro de los mercados internacionales y nacionales. Los principales resultados obtenidos son: la implementación de la impresión 3D en la fabricación genera un margen de utilidad del 13% a comparación de la fabricación tradicional, la impresión 3D ayuda a mejorar la competitividad empresarial al aumentar sus niveles de eficiencia.
H.Y Ma et al.	Advances in Additively Manufactured Titanium Alloys by Powder Bed Fusion and Directed Energy Deposition: Microstructure, Defects, and Mechanical Behavior	2023	China	Este artículo estudia los avances de la fabricación aditiva de aleaciones de titanio en las cuales se utiliza principalmente dos técnicas: fusión de polvo (PBF) y deposición de energía (DED). Estas técnicas cuentan con importantes ventajas, pero al mismo tiempo también con algunos desafíos. Este estudio proporciona una revisión de los avances que tiene las aleaciones de titanio en la fabricación aditiva dándonos a entender su importancia en los aspectos científicos y tecnológicos para la mejora de las piezas fabricadas.

**Tabla 2.** Artículos seleccionados para la revisión

### **3.1. Impresión 3D en la cadena de suministro**

La impresión 3D, o fabricación aditiva, es una tecnología que permite crear objetos físicos a partir de modelos digitales o planos 3D, estos modelos son creados mediante software de diseño asistido por computadora.

Esta tecnología aporta varias ventajas significativas a las empresas, dentro de la cadena de suministro. Permite la fabricación de productos complejos sin suponer costos añadidos, a diferencia de la fabricación tradicional, evita el costo que genera la capacitación de los operadores necesarios en la fabricación tradicional y no precisa de ensamblaje, ya que, al crear objetos por capas, es capaz de crear productos completos, como una puerta y sus bisagras al mismo tiempo. Además, permite la elaboración bajo demanda, fabricación compacta y portátil in situ, reducción de residuos, que mejoran los indicadores planteados como la reducción de inventarios, de tiempos de entrega y, además, los desechos o residuos generados. También ofrece la personalización de los productos cuando el cliente requiere de componentes personalizados o a medida, modificando el modelo digital de acuerdo con las necesidades del cliente, por otro lado, la fabricación tradicional involucra la creación de un molde y demás objetos necesarios durante la fabricación para poder elaborar el producto requerido [22].

Sin embargo, la inversión inicial en equipos de impresión 3D y la disponibilidad de estos son una de las limitaciones más recurrentes en la actualidad. La resistencia y durabilidad de algunos materiales de impresión pueden restringir su uso en aplicaciones complejas. Esta tecnología también puede incurrir en problemas de derechos de autor, ya que con el hecho de una copia de algún diseño puede dar lugar a infracciones de patente o de propiedad intelectual. Finalmente, la velocidad de impresión y la cantidad limitada de piezas que se pueden imprimir a la vez pueden suponer un obstáculo para la producción en masa [6].

Cada resultado debe ir acompañado de una discusión, significado que los autores se deben preocupar por adicionar contenido científico a sus resultados, a través del análisis, interpretación y comparación. Al final de la discusión se deben incluir las generalizaciones del caso, así como la importancia de sus resultados y donde ellos pueden ser aplicados, sugiriendo nuevos trabajos futuros que se pueden realizar.

### **3.2. Aplicaciones de la impresión 3D en la cadena de suministro**

La impresión 3D ha dado grandes resultados en diferentes sectores a los que ha sido aplicada, como en el sector de salud, automotriz, comercio electrónico e industria aeroespacial, la Figura 4 muestra los diferentes sectores de aplicación de los artículos revisados.

## SECTORES DE APLICACIÓN DE IMPRESIÓN 3D

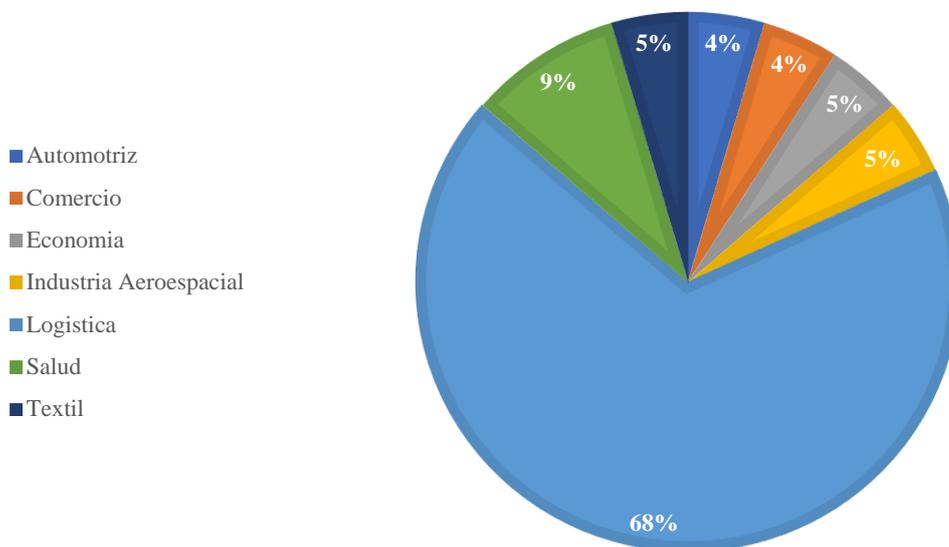


Figura 4. Sectores de aplicación de impresión 3D en los artículos seleccionados

En el sector logístico es donde la impresión 3D otorga mayores beneficios, solo requiere almacenar la materia prima necesaria para la impresión de los productos, esto supone una reducción en los costes de inventario y transporte, disminuye los tiempos de entrega y mejora la eficiencia productiva. Estos beneficios ofrecen una mayor eficiencia y flexibilidad en las empresas, al reducir costos operativos y mejorar el nivel de producción, así el negocio se encontraría a la altura de la competencia para adaptarse a las demandas del mercado.

Dentro del comercio ofrece la posibilidad de la personalización de productos, cada cliente puede pedir su producto con medidas o características que se adecuen a sus necesidades, facilita la fabricación de diseños complejos y aumentar la competitividad de las empresas. El sector automotriz.

La integración de la impresión 3D en el sector textil ha cambiado significativamente la forma en la que se creaban piezas con mucha complejidad y altamente personalizadas, ya que permite generar un diseño digital, generando una mayor eficiencia en la producción y reduciendo la cantidad de residuos. También, permite utilizar materiales biodegradables y la producción local, además de la producción de ropa técnica y de alto rendimiento.

Con la llegada de nuevas tecnologías para la industria automotriz es necesaria la implementación de ideas novedosas para aprovechar las capacidades actuales. Los ingenieros han considerado la creación y diseño de automóviles para la impresión 3D, que promueve prácticas sostenibles y de mejor rendimiento, minimizando los recursos modificados para su posterior reutilización.

En la industria aeroespacial se han logrado mejoras en aspectos como los costos y tiempos de producción, también en la optimización de diseños con estructuras complejas, y la mejora del rendimiento de componentes con el uso de materiales avanzados. Todas estas mejoras significativas se lograron gracias a las facilidades que brinda esta tecnología al momento de fabricar piezas, haciéndolas más ligeras y robustas, también cuando se hace el mantenimiento y reparaciones, ya que permite la producción in situ de repuestos, y ha sido clave en la innovación de componentes clave.

La aplicación de la impresión 3D en el campo de la Medicina tiene un impacto muy significativo especialmente en tres áreas principales: la educación del paciente al usar modelos 3D para informarlos sobre su condición, la cooperación interdisciplinaria y la planificación preoperatoria y ejecución perioperatoria. Todas estas ventajas significativas también presentan algunos desafíos al ser una tecnología muy actual como lo es el tiempo de espera y el costo adicional, pero la impresión 3D ofrece soluciones eficientes y eficaces como lo es la disminución de la dependencia de proveedores externos y facilitando el uso inmediato de su aplicación en situaciones agudas por lo que vale la pena implementarla en el sector salud.

#### **4. Conclusiones**

Según la evaluación llevada a cabo en esta investigación podemos concluir que, la impresión 3D o manufactura aditiva (AM) tiene un impacto positivo y significativo en la cadena de suministro. La AM ha mejorado su industria de fabricación, ya que con este sistema podemos diseñar piezas livianas y fuertes, con una buena flexibilidad, lo que nos ayuda a reducir costos y reducir significativamente los restos de material sobrante.

En resumen, la impresión 3D tiene un gran impacto en la gestión de inventarios y tiempos de espera dentro de la cadena de suministro, ya que permite crear diseños personalizados a medida, al mismo tiempo que reduce los costos de fabricación, producción y transporte, instalación de la maquinaria necesaria, ahorra tiempo y aumenta el ritmo del diseño del producto. También permite satisfacer los cambios en la demanda con la fabricación in situ, es decir, la fabricación de los productos en el mismo punto en el que se requieren al momento necesario, de esta forma, se puede cumplir con la demanda necesaria. Esta reducción de costes, tanto en producción como en almacenamiento, permite a la empresa poder ofrecer un precio más competitivo para el cliente. Con estos beneficios, se espera que muchas empresas opten por implementar la impresión 3D dentro de su cadena de suministro, con el fin de mejorar sus servicios.

## 5. Referencias Bibliográficas

- [1] Alogla, A. A., Baumers, M., Tuck, C., & Elmadih, W. (2021). The Impact of Additive Manufacturing on the Flexibility of a Manufacturing Supply Chain. *Applied Sciences*, 11(8), 3707. <https://doi.org/10.3390/app11083707>
- [2] Woldesilassiea, T. L., Lemu, H. G., & Gutema, E. M. (2024). Impacts of Adopting Additive Manufacturing Process on Supply Chain: Systematic Literature Review. *Logistics*, 8(1), 3. <https://doi.org/10.3390/logistics8010003>
- [3] Dodziuk, H. (2016). Applications of 3D printing in healthcare. *Kardiochirurgia I Torakochirurgia Polska*, 3, 283-293. <https://doi.org/10.5114/kitp.2016.62625>
- [4] Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., . . . Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- [5] Zambrano, C., Giler, E., Velásquez, M., & Franco, Y. (2020). Beneficios y desafíos del uso de las TIC en la cadena de suministro. *Revista de Investigación En Tecnologías de La Información: RITI*, 8(15), 128–142. <https://doi.org/10.36825/RITI.08.15.012>
- [6] Cubillos, L. (2019). La tecnología de la impresión 3D y sus disrupciones en la cadena de suministro. *Loginn*, 3(2), 8. <https://doi.org/10.23850/25907441.2637>
- [7] Tinoco-Plasencia, C. J., Falcón-Tuesta, J. A., Mateo-Lopez, H., Quispe-Canales, G. R., Juarez-Trinidad, A. S., Quispe-Lozano, R. S., & Cruz-Gutierrez, A. S. (2024). Tecnologías disruptivas en el supply chain y la logística: una revisión sistemática. *Paideia XXI*, 14(1), 247–268. <https://doi.org/10.31381/paideiaxxi.v14i1.6492>
- [8] Ramírez, C. (2021). Evolución de la gestión de la cadena de suministro y la logística, desde una visión tecnológica y sostenible. *AAA Now!*, 8(1), 22-31. <https://doi.org/10.23850/reto.v8i1.2863>
- [9] Noorwali, A., Babai, MZ y Ducq, Y. (2022). Impactos de la fabricación aditiva en las cadenas de suministro: una investigación empírica. *Foro sobre la cadena de suministro: una revista internacional*, 24(2), 182–193. <https://doi.org/10.1080/16258312.2022.2142480>
- [10] Sun, H., Zheng, H., Sun, X. y Li, W. (2022). Decisiones de inversión personalizadas para la cadena de suministro de productos nuevos y remanufacturados basadas en tecnología de impresión 3D. *Sostenibilidad*, 14(5), 2502–2502. <https://doi.org/10.3390/su14052502>
- [11] Anne F. Anne L. y Ralf E. (2024). Modelos de negocio para proveedores de servicios logísticos en cadenas de suministro de fabricación aditiva industrial | Perspectiva

- esmeralda. (2022). La Revista Internacional de Gestión Logística, 35(2), 364–394. <https://doi.org/10.1108/IJLM-04-2022-0165>
- [12] Chen, Z. y Tang, Y. (2024). Optimización de la cadena de suministro de la impresión 3D en la era del comercio electrónico en vivo. PloS One, 19(5), e0303218–e0303218. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0303218>
- [13] Brandtner, P., Zimmermann, R. y Allmendinger, J. (2023). Implicaciones de la impresión 3D en la distribución física en la logística y la gestión de la cadena de suministro. Apuntes de conferencias sobre redes y sistemas, 641–653. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-3091-3\\_53](https://doi.org/10.1007/978-981-99-3091-3_53)
- [14] Bardia Naghshineh. (2024). Mapeo de los efectos mejorados de la adopción de tecnología de fabricación aditiva en la agilidad de la cadena de suministro. Revisión de la gestión trimestral. <https://doi.org/10.1007/s11301-023-00376-y>
- [15] Piotr Cyplik, Mateusz Zwolak (2022). Industry 4.0 and 3D print: a new heuristic approach for decoupling point in future supply chain management. Logforum 18 (2), 2. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2022.73>
- [16] Gaurav Prashar, Hitesh Vasudev, & Dharam Bhuddhi. (2022). Additive manufacturing: expanding 3D printing horizon in industry 4.0. IJIDEM, 17(5), 2221–2235. <https://doi.org/10.1007/s12008-022-00956-4>
- [17] Kveller, C., Jakobsen, A. M., Larsen, N. H., Lindhardt, J. L., & Baad-Hansen, T. (2024). First experiences of a hospital-based 3D printing facility – an analytical observational study. BMC Health Services Research, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12913-023-10511-w>
- [18] Tekalign Lemma Woldesilassiea, Lemu, H. G., & Endalkachew Mosisa Gutema. (2024). Impacts of Adopting Additive Manufacturing Process on Supply Chain: Systematic Literature Review. Logistics, 8(1), 3–3. <https://doi.org/10.3390/logistics8010003>
- [19] Abusaleh Md Nayeem, & Mir Md Nasim Hossain (2023, December 7). USAGE OF ADDITIVE MANUFACTURING IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY: A REVIEW. ResearchGate; Centre for Research on Islamic Banking and Finance and Business. <http://dx.doi.org/10.46281/bjmsr.v8i1.2135>
- [20] Anirban Changdar, Shitanshu Shekhar Chakraborty, Li, Y., & Wen, C. (2024). Laser additive manufacturing of aluminum-based stochastic and nonstochastic cellular materials. Journal of Materials Science and Technology/Journal of Materials Science & Technology, 183, 89–119. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2023.09.045>
- [21] Bartomeu Alorda Ladaria, José Reyes Moreno, Yolanda González Cid, & Pilar, del. (2020). Proyecto para la autofabricación de mascarillas con filtros bioactivos y tecnología de impresión 3D para la lucha contra la COVID en Baleares. Medicina Balear, 35(4), 78–81. <https://doi.org/10.3306/MEDICINABALEAR.35.04.78>

- [22] Marcillo Parrales, K., Mero Lino, E., & Ortiz Hernández, M. (2021). Impresión 3d como eje de desarrollo en la industria 4.0. *Serie Científica De La Universidad De Las Ciencias Informáticas*, 14(4), 151-160. <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/794>
- [23] Ma, H. Y., Wang, J. C., Qin, P., Liu, Y. J., Chen, L. Y., Wang, L. Q., & Zhang, L. C. (2024). Advances in additively manufactured titanium alloys by powder bed fusion and directed energy deposition: Microstructure, defects, and mechanical behavior. *Journal of Materials Science and Technology/Journal of Materials Science & Technology*, 183, 32–62. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2023.11.003>