



Incidencia de la tecnología en impresión 3D en la industria 4.0

Incidence of 3D printing technology in industry 4.0

Incidência da tecnologia de impressão 3D na indústria 4.0

Nallely Romelia Flores-Jácome ^I
nallely.flores7014@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-0344-5345>

Yoandrys Morales-Tamayo ^{II}
yoandrys.morales@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7456-1490>

Danilo Fabricio Trujillo-Ronquillo ^{III}
danilo.trujillo7320@utc.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8685-209X>

Correspondencia: nallely.flores7014@utc.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 08 de mayo de 2024 * **Aceptado:** 27 de mayo de 2024 * **Publicado:** 21 de junio de 2024

- I. Universidad Técnica de Cotopaxi1, Latacunga, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Cotopaxi2, Latacunga, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Cotopaxi3, Latacunga, Ecuador.

Resumen

En general, la impresión 3D es una tecnología que está transformando la forma en que se fabrican los productos en la Industria 4.0. La tecnología ofrece una serie de beneficios, como mayor flexibilidad, personalización, eficiencia y reducción de costos. A medida que la tecnología continúa desarrollándose, se espera que la impresión 3D tenga un impacto aún mayor en la Industria 4.0 y en la forma en que vivimos nuestras vidas. La tecnología en impresión 3D en el contexto de la Industria 4.0 se refiere a la integración de la manufactura aditiva con otros sistemas avanzados para transformar los procesos de producción. La Industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, se caracteriza por la digitalización y la automatización en los procesos de manufactura, donde la impresión 3D juega un rol crucial. La impresión 3D se posiciona como un pilar fundamental en la Industria 4.0, impulsando la transformación digital de la manufactura y abriendo un sinfín de posibilidades para la innovación y el desarrollo de nuevos productos y servicios. Su impacto en la flexibilidad, la eficiencia, la personalización y la creación de nuevos modelos de negocio la convierten en una tecnología clave para el futuro de la industria. A medida que la tecnología continúa evolucionando, se espera que la impresión 3D tenga un impacto aún mayor en la forma en que diseñamos, fabricamos y consumimos productos.

Palabras clave: Fabricación aditiva; Industria 4.0; Capacidad de producción; Competitividad.

Abstract

Overall, 3D printing is a technology that is transforming the way products are manufactured in Industry 4.0. Technology offers a number of benefits, such as greater flexibility, customization, efficiency and cost reduction. As technology continues to develop, 3D printing is expected to have an even greater impact on Industry 4.0 and the way we live our lives. 3D printing technology in the context of Industry 4.0 refers to the integration of additive manufacturing with other advanced systems to transform production processes. Industry 4.0, also known as the fourth industrial revolution, is characterized by digitalization and automation in manufacturing processes, where 3D printing plays a crucial role. 3D printing is positioned as a fundamental pillar in Industry 4.0, driving the digital transformation of manufacturing and opening endless possibilities for innovation and the development of new products and services. Its impact on flexibility, efficiency, customization and the creation of new business models make it a key technology for the future of

the industry. As technology continues to evolve, 3D printing is expected to have an even greater impact on the way we design, manufacture and consume products.

Keywords: Additive manufacturing; Industry 4.0; Production capacity; Competitiveness.

Resumo

No geral, a impressão 3D é uma tecnologia que está transformando a forma como os produtos são fabricados na Indústria 4.0. A tecnologia oferece uma série de benefícios, como maior flexibilidade, customização, eficiência e redução de custos. À medida que a tecnologia continua a evoluir, espera-se que a impressão 3D tenha um impacto ainda maior na Indústria 4.0 e na forma como vivemos as nossas vidas. A tecnologia de impressão 3D no contexto da Indústria 4.0 refere-se à integração da manufatura aditiva com outros sistemas avançados para transformar os processos de produção. A Indústria 4.0, também conhecida como a quarta revolução industrial, é caracterizada pela digitalização e automação nos processos de fabricação, onde a impressão 3D desempenha um papel crucial. A impressão 3D posiciona-se como um pilar fundamental da Indústria 4.0, impulsionando a transformação digital da produção e abrindo infinitas possibilidades de inovação e desenvolvimento de novos produtos e serviços. O seu impacto na flexibilidade, na eficiência, na personalização e na criação de novos modelos de negócio fazem dela uma tecnologia chave para o futuro da indústria. À medida que a tecnologia continua a evoluir, espera-se que a impressão 3D tenha um impacto ainda maior na forma como projetamos, fabricamos e consumimos produtos.

Palavras-chave: Manufatura aditiva; Indústria 4.0; Capacidade de produção; Competitividade.

Introducción

La Industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, está marcada por la integración de tecnologías digitales avanzadas en los procesos de manufactura. Entre estas tecnologías, la impresión 3D o manufactura aditiva se destaca como una de las más revolucionarias, transformando la manera en que se diseñan, producen y distribuyen los bienes. La impresión 3D ha evolucionado significativamente desde sus inicios, y su incidencia en la Industria 4.0 está redefiniendo los paradigmas de la producción industrial. (Hernández, 2017).

La impresión 3D es uno de los elementos fundamentales de la industria 4.0. La industria 4.0, o la cuarta revolución industrial, consiste en la automatización y digitalización de la industria y todos los procesos relacionados con la empresa. Las revoluciones industriales que se han producido a lo

largo de la historia han estado definidas por las características de las diferentes tecnologías emergentes de cada momento. Estas características y las nuevas tecnologías modifican a gran velocidad las formas de producción de la industria. Al mismo tiempo que producen un cambio a nivel económico y social, transformando de manera profunda a la humanidad y su evolución histórica. La sociedad ha vivido en los siglos XIX y XX tres revoluciones industriales y tecnológicas que han supuesto un avance en todos los aspectos, tanto a nivel económico como social. (Ramírez, 2021).

Actualmente, y desde aproximadamente 2014, se está experimentando un nuevo cambio en la industria, la economía y la sociedad, marcado por la cuarta revolución industrial. Esto ha sido posible gracias al crecimiento exponencial de la tecnología y las TIC en la última década, dando lugar a la industria 4.0. La industria 4.0 agrupa los sistemas físicos, digitales y biológicos en una red de producción inteligente donde los diferentes componentes interactúan y colaboran conjuntamente. Así mismo, está compuesta por diferentes tecnologías innovadoras que dan lugar a soluciones flexibles, inteligentes y autónomas. Este cambio implica la transformación digital de la industria y de las empresas con la integración de las nuevas tecnologías disruptivas: impresión 3D, IoT, sistemas ciberfísicos (CPS), ciberseguridad, cloud computing, blockchain, inteligencia artificial, machine learning, deep learning y big data (ver figura 1). Esto da lugar la industria del futuro o fabrica inteligente (Smart Factory). El objetivo de todas estas tendencias es transformar digitalmente la manufactura en la Industria 4.0, impulsando la flexibilidad, la eficiencia, la personalización, la innovación y la sostenibilidad en la producción.

Figura 1: Industria 4.0



Nota: Adaptado de La Industria 4.0 revolución industrial, Ramírez, S., 2021.

La impresión 3D se refiere a la creación de objetos tridimensionales mediante la adición de material capa por capa, basado en un modelo digital. Este proceso contrasta con los métodos de manufactura sustractiva, que eliminan material de un bloque inicial. La flexibilidad de diseño, la capacidad de producir geometrías complejas y la eficiencia en el uso de materiales hacen de la impresión 3D una herramienta valiosa en diversos sectores industriales. (Martínez, 2019).

Integración de la Industria 4.0

La Industria 4.0 se caracteriza por la interconexión de sistemas, la automatización y el uso de datos para optimizar los procesos productivos. En este contexto, la impresión 3D no solo ofrece ventajas en términos de producción, sino que también se integra perfectamente con otras tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data, y la inteligencia artificial (IA), ver figura 2 (Sánchez, 2021): Esta integración permite:

- **Producción Personalizada:** La impresión 3D facilita la producción de piezas únicas y personalizadas sin necesidad de costosos cambios en las líneas de producción.
- **Prototipado Rápido:** La capacidad de producir prototipos rápidamente permite a las empresas acelerar el desarrollo de nuevos productos y reducir el tiempo de comercialización.
- **Reducción de Inventarios:** La manufactura aditiva permite la producción bajo demanda, eliminando la necesidad de grandes inventarios y reduciendo los costos de almacenamiento.
- **Personalización Masiva:** La impresión 3D facilita la personalización masiva, permitiendo a las empresas producir lotes pequeños de productos personalizados sin incrementar significativamente los costos. Esto es posible gracias a la capacidad de la impresión 3D para cambiar rápidamente entre diferentes diseños sin necesidad de costosos cambios en las líneas de producción.
- **Sostenibilidad:** La manufactura aditiva utiliza solo la cantidad de material necesario para crear un objeto, lo que reduce significativamente el desperdicio en comparación con los métodos tradicionales de manufactura sustractiva. Además, la capacidad de producir localmente también reduce la huella de carbono asociada con el transporte y la logística.

Figura 2: Neoindustria, impresión 3D e industria 4.0



Nota: Adaptado de Neoindustria, Sánchez, D., 2020.

Impacto en los sectores industriales

La incidencia de la tecnología de impresión 3D en la Industria 4.0 es notable en varios sectores:

- **Automotriz:** Producción de componentes ligeros y personalizados que mejoran la eficiencia de los vehículos.
- **Aeroespacial:** Fabricación de piezas complejas y ligeras que cumplen con altos estándares de calidad y seguridad.
- **Salud:** Creación de prótesis, implantes y herramientas quirúrgicas personalizadas, mejorando los resultados médicos.
- **Construcción:** Innovaciones en la construcción de estructuras complejas y sostenibles con menores costos y tiempos.

Beneficios y desafíos

Beneficios:

- **Eficiencia en el Uso de Materiales:** Reducción significativa del desperdicio.
- **Flexibilidad en el Diseño:** Capacidad para crear diseños complejos y personalizados.
- **Reducción de Costos:** Especialmente en la producción de pequeños lotes y prototipos.

Desafíos:

- **Costos Iniciales Altos:** Equipos y materiales pueden ser costosos.
- **Velocidad de Producción:** Puede ser más lenta comparada con métodos tradicionales.
- **Regulación y Estándares:** Necesidad de desarrollar normativas para garantizar la calidad y seguridad de los productos.

La impresión 3D representa una pieza clave en la transformación digital de la industria dentro del marco de la Industria 4.0. Su capacidad para revolucionar los procesos de manufactura, ofreciendo flexibilidad, eficiencia y personalización, está impulsando un cambio significativo en cómo se diseñan y producen los bienes. A medida que la tecnología avanza y se superan los desafíos actuales, la incidencia de la impresión 3D continuará creciendo, consolidándose como un componente esencial de la fábrica del futuro. (González, 2019).

Desarrollo y avances en la Impresión 3D

Desde su invención en los años 80, la impresión 3D ha evolucionado desde una técnica utilizada principalmente para prototipado rápido hasta convertirse en una solución viable para la producción a escala industrial. Con avances en materiales (como plásticos, metales y biomateriales), la impresión 3D ha ampliado sus aplicaciones en sectores como la automoción, la aeronáutica, la medicina y la construcción. (López, 2020) (Ver figura 3).

- **Automoción y Aeronáutica:** Las industrias automotriz y aeroespacial han adoptado la impresión 3D para producir piezas ligeras y resistentes, reduciendo significativamente el peso de los componentes y, por ende, mejorando la eficiencia del combustible y reduciendo las emisiones.
- **Medicina:** En el sector de la salud, la impresión 3D se utiliza para crear prótesis personalizadas, implantes y modelos anatómicos para planificación quirúrgica, mejorando los resultados clínicos y la calidad de vida de los pacientes.
- **Construcción:** La impresión 3D ha comenzado a revolucionar la construcción, permitiendo la creación de estructuras complejas y personalizadas con menos desperdicio de material y tiempo de construcción reducido.

Figura 3: Avances en la impresión en 3D.



Nota: Adaptado de Avances en la impresión en 3D, López, R., 2020.

Metodología

La adopción exitosa de la impresión 3D en la Industria 4.0 requiere de una metodología estructurada y bien definida que guíe a las empresas en el proceso de implementación (Kleber Germiniano Marcillo Parrales, 2021). A continuación, se presentan algunas metodologías comunes:

Metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar):

- **Definir:** Establecer los objetivos claros y específicos para la implementación de la impresión 3D, alineados con la estrategia general de la empresa.
- **Medir:** Identificar los indicadores clave de rendimiento (KPIs) relevantes para evaluar el impacto de la impresión 3D, como la eficiencia de producción, la personalización, la reducción de costos, etc.
- **Analizar:** Analizar los procesos actuales de manufactura y determinar las oportunidades donde la impresión 3D puede agregar valor.
- **Mejorar:** Diseñar e implementar soluciones de impresión 3D que optimicen los procesos, reduzcan costos y mejoren la eficiencia.
- **Controlar:** Monitorear y evaluar el desempeño de las soluciones de impresión 3D, realizando ajustes y mejoras continuas.

Metodología design thinking:

- **Empatizar:** Comprender las necesidades y desafíos de los clientes, empleados y socios comerciales en relación con la impresión 3D.
- **Definir:** Definir claramente el problema o la oportunidad que se abordará con la impresión 3D.
- **Idear:** Generar una amplia gama de ideas creativas y soluciones potenciales utilizando técnicas de brainstorming y pensamiento lateral.
- **Prototipar:** Desarrollar prototipos rápidos y de bajo costo para probar y evaluar las ideas.
- **Probar:** Obtener retroalimentación de los usuarios y refinar las soluciones en función de las pruebas.

Metodología lean manufacturing:

- **Identificar el valor:** Definir claramente el valor que la impresión 3D aporta a los clientes y a la empresa.

- *Mapear la cadena de valor:* Identificar todos los pasos y procesos involucrados en la producción y optimizarlos para eliminar el desperdicio y mejorar la eficiencia.
- *Crear un flujo continuo:* Implementar un flujo de trabajo continuo para la impresión 3D, minimizando los tiempos de espera y los cuellos de botella.
- *Establecer la producción de tracción:* Producir productos basados en la demanda real del cliente, evitando la sobreproducción.
- *Buscar la perfección:* Buscar continuamente la mejora de los procesos y la eliminación de desperdicios.

Metodología ágil:

- **Dividir en proyectos más pequeños:** Dividir la implementación de la impresión 3D en proyectos más pequeños y manejables.
- **Ciclos de desarrollo iterativos:** Implementar ciclos de desarrollo iterativos, donde se diseñan, desarrollan, prueban y mejoran las soluciones de impresión 3D de forma incremental.
- **Trabajo en equipo colaborativo:** Fomentar la colaboración entre diferentes departamentos y áreas de la empresa para una implementación exitosa.
- **Adaptación a los cambios:** Ser flexible y adaptable a los cambios en las necesidades y condiciones del mercado.

Esta metodología permitirá un análisis detallado y sistemático de cómo la tecnología de impresión 3D está transformando los procesos industriales en el marco de la Industria 4.0, proporcionando una base sólida para comprender su impacto y potencial futuro. (Cortés, 2018).

Resultados y/o Discusión

La impresión 3D ha revolucionado la manufactura en la Industria 4.0, introduciendo un paradigma de producción descentralizada, flexible y eficiente. (Herrera, 2020) Diversos estudios y análisis avalan el impacto significativo de esta tecnología en diversos aspectos:

Flexibilidad y Personalización:

- **Mayor capacidad de respuesta a las demandas del mercado:** La impresión 3D permite producir lotes pequeños o personalizados de manera rápida y eficiente, adaptándose a las

necesidades específicas de los clientes. Esto reduce el tiempo de lanzamiento de nuevos productos y aumenta la satisfacción del cliente.

- **Personalización masiva:** La impresión 3D facilita la creación de productos personalizados a gran escala, desde prótesis médicas hasta artículos de moda. Esto abre un abanico de posibilidades para la diferenciación de productos y la fidelización de clientes.

Optimización de la Cadena de Suministro:

- **Reducción de inventarios:** La impresión 3D bajo demanda permite minimizar los inventarios de productos terminados, ya que se pueden fabricar localmente cerca del punto de consumo. Esto reduce costos de almacenamiento y libera capital para otras inversiones.
- **Eficiencia en el transporte y la logística:** La producción local a través de la impresión 3D reduce la necesidad de transporte de productos terminados, disminuyendo así la huella de carbono y los costos logísticos.
- **Mayor trazabilidad y transparencia:** La tecnología permite una mayor trazabilidad de las piezas y materiales utilizados en el proceso de producción, lo que mejora la transparencia en la cadena de suministro.

Innovación y Desarrollo Acelerados:

- **Prototipado rápido y económico:** La impresión 3D permite crear prototipos de manera rápida y económica, agilizando el proceso de desarrollo de nuevos productos y reduciendo costos.
- **Experimentación con nuevas geometrías y materiales:** La tecnología abre la puerta a la experimentación con nuevas geometrías y materiales que antes eran difíciles o imposibles de fabricar con métodos tradicionales.
- **Aumento de la tasa de innovación:** La impresión 3D facilita la introducción de nuevos productos al mercado, incrementando la tasa de innovación en las empresas.

Eficiencia y Reducción de Costos:

- **Reducción de costos de herramientas y utillaje:** La impresión 3D elimina la necesidad de costosas herramientas y utillaje, lo que reduce significativamente los costos de producción, especialmente en series cortas o piezas complejas.
- **Optimización del uso de materiales:** La tecnología permite un uso más eficiente de los materiales, ya que solo se utiliza la cantidad necesaria para la fabricación del objeto.

- **Reducción de desperdicios:** La impresión 3D minimiza la generación de residuos, contribuyendo a una manufactura más sostenible.

Sostenibilidad y Manufactura Responsable:

- **Reducción de la huella de carbono:** La producción local y la optimización del uso de materiales disminuyen la huella de carbono de la manufactura.
- **Uso de materiales sostenibles:** La impresión 3D permite utilizar materiales sostenibles y reciclados, promoviendo una economía circular.
- **Manufactura más responsable:** La tecnología contribuye a una manufactura más responsable con el medio ambiente y las comunidades.

Nuevos Modelos de Negocio y Oportunidades:

- **Impresión bajo demanda:** La fabricación de productos bajo demanda abre nuevas posibilidades para la personalización y la venta directa al consumidor.
- **Fabricación distribuida:** La impresión 3D permite la producción local y descentralizada, creando oportunidades para las pequeñas empresas y emprendedores.
- **Servicios de impresión 3D:** Se genera un nuevo mercado de servicios de impresión 3D para empresas y particulares que no cuentan con la infraestructura necesaria.

Conclusiones

La impresión 3D ha demostrado ser una tecnología transformadora dentro del marco de la Industria 4.0, ofreciendo ventajas significativas en términos de flexibilidad, costo y sostenibilidad. Sin embargo, su adopción generalizada requiere superar desafíos técnicos y económicos, así como el desarrollo de una infraestructura regulatoria adecuada. A medida que la tecnología continúa evolucionando, su impacto en la manufactura y otros sectores industriales seguirá creciendo, posicionándose como una herramienta clave para la innovación y la eficiencia en la era digital.

La impresión 3D representa una pieza clave en la transformación digital de la industria dentro del marco de la Industria 4.0. Su capacidad para revolucionar los procesos de manufactura, ofreciendo flexibilidad, eficiencia y personalización, está impulsando un cambio significativo en cómo se diseñan y producen los bienes. A medida que la tecnología avanza y se superan los desafíos actuales, la incidencia de la impresión 3D continuará creciendo, consolidándose como un componente esencial de la fábrica del futuro.

Referencias

1. Formato APA Séptima edición
2. Cortés, L. &. (2018). Impacto de la impresión 3D en la manufactura avanzada. *Revista Latinoamericana de Ingeniería*, 23(2), 34-48.
3. González, E. &. (2019). "Integración de impresión 3D en fábricas inteligentes". *Journal of Smart Manufacturing*, 12(2), 87-105.
4. Hernández, M. &. (2017). Transformación digital en la manufactura: la cuarta revolución industrial. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 14(3), 249-260.
5. Herrera, A. N. (2020). El modelado e impresión 3D, a tecnología de la industria 4.0. *researchgate*(https://www.researchgate.net/publication/371435254_El_modelado_e_impresion_3D), 13.
6. Kleber Germiniano Marcillo Parrales, E. A. (2021). Impresión 3d como eje de desarrollo en la industria 4.0. *Fundación Dialnet*, 4(<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590504>), 14.
7. López, R. &. (2020). "Construcción con impresión 3D: hacia una nueva era de edificación". *Revista de Innovación en Construcción*, 16(3), 134-150.
8. Martínez, L. &. (2019). "Aplicaciones de la impresión 3D en la industria automotriz". *Revista de Ingeniería Industrial*, 14(3), 112-129.
9. Ramírez, S. (09 de 02 de 2021). ¿Cuál es la importancia de la impresión 3D en la industria 4?0? (3dnatives) Obtenido de <https://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-industria-4-0-090220212/#!>
10. Sánchez, D. &. (2021). "La impresión 3D en la medicina: avances y perspectivas". *Journal of Medical Engineering*, 18(4), 203-221.