

## Estrategia educativa para impulsar la innovación sustentable a través de la manufactura aditiva

Educational Strategy to Promote Sustainable Innovation through Additive Manufacturing

<https://doi.org/10.46380/ecotemas-2026-2-70>

**Gabriela Cervantes Zubirías**  
Universidad Autónoma de Tamaulipas  
gabriela.cervantes@docentes.uat.edu.mx  
gabriela.cervantes.1@gmail.com

Recibido: 06/01/2026

Aprobado: 27/02/2026

Publicado: 01/04/2026

### RESUMEN

El objetivo fue analizar los desafíos y oportunidades que surgen al incorporar la manufactura aditiva como herramienta para fortalecer la educación ambiental y promover el desarrollo sostenible en contextos educativos y productivos. Asimismo, busca demostrar cómo esta tecnología puede integrarse eficazmente en procesos de mejora orientados a la sustentabilidad. Se empleó un enfoque cualitativo basado en revisión documental. Se identificaron brechas formativas, barreras de implementación y prácticas exitosas. A partir de ello, se diseñó el modelo conceptual de Eco-Innovación Aditiva, que articula manufactura aditiva con ecodiseño, análisis de ciclo de vida e innovación colaborativa. Los hallazgos evidencian que la manufactura aditiva ofrece ventajas significativas para la educación ambiental: optimización del uso de materiales, reducción de residuos, posibilidad de experimentar con biopolímeros y materiales reciclados, y capacidad para crear prototipos que aborden problemáticas ambientales locales. Sin embargo, persisten limitaciones relacionadas con la escasa integración curricular, desigualdad de acceso a tecnologías emergentes y falta de formación docente especializada. El modelo de Eco-Innovación Aditiva se presenta como una alternativa viable para superar estas brechas y potenciar competencias en ecodiseño, creatividad tecnológica y pensamiento sistémico. La incorporación de la manufactura aditiva en la educación ambiental representa una oportunidad estratégica para promover prácticas productivas más sostenibles y formar profesionales capaces de responder a los retos del desarrollo sustentable. Su adopción requiere políticas educativas, infraestructura accesible y una visión pedagógica que integre tecnología, conciencia ecológica e innovación para la transición hacia modelos económicos circulares.

**Palabras clave:** aprendizaje sostenible, ecodiseño, economía circular, innovación educativa, materiales renovables, pensamiento sistémico, prototipado.

## ABSTRACT

The objective was to analyze the challenges and opportunities that arise when incorporating additive manufacturing as a tool to strengthen environmental education and promote sustainable development in educational and productive contexts. It also seeks to demonstrate how this technology can be effectively integrated into sustainability-oriented improvement processes. A qualitative approach based on documentary review was used, training gaps, implementation barriers and successful practices were identified. From this, the conceptual model of Additive Eco-Innovation was designed, which articulates additive manufacturing with eco-design, life cycle analysis and collaborative innovation. The findings show that additive manufacturing offers significant advantages for environmental education: optimization of the use of materials, reduction of waste, possibility of experimenting with biopolymers and recycled materials, and ability to create prototypes that address local environmental problems. However, limitations persist related to poor curricular integration, unequal access to emerging technologies, and lack of specialized teacher training. The Additive Eco-Innovation model is presented as a viable alternative to overcome these gaps and enhance competencies in eco-design, technological creativity and systems thinking. The incorporation of additive manufacturing in environmental education represents a strategic opportunity to promote more sustainable production practices and train professionals capable of responding to the challenges of sustainable development. Its adoption requires educational policies, accessible infrastructure and a pedagogical vision that integrates technology, ecological awareness and innovation for the transition to circular economic models.

**Keywords:** circular economy, eco-design, educational innovation, renewable materials, sustainable learning, systems thinking, prototyping

## INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de transitar hacia modelos de desarrollo sustentable ha puesto en evidencia la urgencia de transformar los patrones tradicionales de producción y consumo de bienes y servicios. Este desafío global involucra a gobiernos, organismos internacionales, sector productivo, actores no estatales y a la sociedad en su conjunto, quienes comparten la responsabilidad de promover prácticas más responsables desde los ámbitos económico, social y ambiental. En este contexto, el fortalecimiento de las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación, particularmente en los países en desarrollo, se reconoce como un elemento clave para avanzar hacia modalidades de consumo y producción sostenibles, en concordancia con iniciativas internacionales como el Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles (Rosa, 2017).

En el ámbito educativo, especialmente en la educación superior, estos retos se traducen en la necesidad de formar profesionales capaces de integrar la innovación tecnológica con principios de sustentabilidad. La manufactura aditiva emerge como una tecnología estratégica debido a su potencial para optimizar el uso de materiales, reducir desperdicios y favorecer procesos de diseño más eficientes y flexibles. No obstante, su impacto en la formación de competencias orientadas a la innovación sustentable depende en gran medida de la manera en que es incorporada dentro de los procesos educativos, lo que exige el desarrollo de estrategias pedagógicas adecuadas y fundamentadas

Bajo esta perspectiva, la presente investigación se orienta a una revisión sistemática de la literatura sobre estrategias educativas que promueven la innovación sustentable mediante la manufactura aditiva. A través del análisis crítico y estructurado de estudios previos, se examinan enfoques pedagógicos, metodologías y experiencias educativas que integran esta tecnología con criterios de sustentabilidad. El objetivo es identificar tendencias, aportaciones relevantes y vacíos de conocimiento que contribuyan a fortalecer el diseño de estrategias educativas orientadas a la formación de estudiantes capaces de generar soluciones innovadoras y sostenibles, así como a enriquecer el debate académico sobre el papel de las tecnologías emergentes en la educación para el desarrollo sustentable.

Las instituciones de educación superior son reconocidas como actores clave en la promoción y cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible debido a su capacidad para generar conocimiento, formar capital humano y promover cambios sociales significativos. La literatura especializada resalta que, mediante la articulación de sus funciones sustantivas, estas instituciones pueden orientar sus acciones hacia la transformación social y el desarrollo sostenible. En este marco el autor propuso en su investigación una matriz para el diseño y la evaluación de las actividades universitarias la cual abarca dimensiones como la docencia, la investigación, el compromiso social, la gobernanza y el entorno institucional. Este planteamiento facilita la alineación estratégica de las universidades con los ODS, impulsando iniciativas como la investigación transdisciplinaria enfocada en problemáticas sociales, la transferencia de conocimiento y la aplicación de metodologías educativas innovadoras, entre ellas el aprendizaje-servicio (Zamora et al., 2019).

En el contexto actual del desarrollo de productos, la adopción de métodos avanzados de diseño y manufactura se ha convertido en un factor determinante para mejorar la competitividad y la eficiencia de los procesos productivos. En particular, la manufactura aditiva ha emergido como un enfoque tecnológico que redefine las prácticas tradicionales de fabricación, al facilitar la integración de herramientas de ingeniería asistida por computadora, simulación y optimización de diseños. En este sentido, el presente artículo tiene como objetivo realizar una revisión sistemática de la literatura sobre la incorporación de la manufactura aditiva en los procesos de diseño y producción, con especial énfasis en su vinculación con el método de los elementos finitos y otras técnicas de análisis computacional. A partir del análisis crítico de estudios previos, se examinan las principales tendencias, aplicaciones y beneficios reportados, así como los desafíos asociados a la optimización de costos de impresión, tiempos de procesamiento y calidad del producto final (Zamora & Hernández, 2020).

Los modelos de negocio representan un componente estratégico para promover el desarrollo sostenible. En este contexto, los emprendimientos han demostrado una capacidad superior para incorporar innovaciones en comparación con las organizaciones corporativas tradicionales. Esto hace necesario un análisis más profundo del diseño de modelos de negocio sostenibles en el ámbito emprendedor, ya que es durante esta etapa donde se genera, entrega y captura el valor sostenible entre los diferentes actores involucrados (Caicedo, 2018).

Frente a los crecientes desafíos globales en manufactura, que incluyen la necesidad de mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la personalización de los productos, esta investigación examina el potencial transformador de la impresión 3D como una solución avanzada que trasciende el prototipado rápido convencional. A través de un análisis comparativo entre tecnologías aditivas y métodos de manufactura tradicionales, se evaluaron sus ventajas en sectores estratégicos como la industria automotriz, aeroespacial y médica, resaltando la disminución de tiempos de producción, costos, peso y generación de residuos, así como su contribución al impulso de la innovación y a la fabricación personalizada a gran escala (Bernal et al., 2025).

La gestión sostenible de la cadena de suministro (GSCS) ha adquirido una relevancia creciente para las organizaciones, debido a su influencia significativa sobre el medio ambiente y la sociedad a escala global. En el esfuerzo por implementar prácticas más responsables, las empresas requieren adoptar un enfoque estratégico e innovador, orientado a integrar la sostenibilidad social, económica y ambiental en todas las etapas de sus cadenas de suministro (Salazar & Soto, 2023).

En un estudio previo se propuso un modelo de innovación educativa orientado a fortalecer las competencias profesionales de estudiantes de ingeniería en el área de ingeniería aplicada, utilizando la manufactura aditiva como herramienta de apoyo. Durante la fase experimental, se conformaron dos grupos de control que desarrollaron proyectos tecnológicos: en el primer grupo, se incorporó la manufactura aditiva en el desarrollo y la fase final del diseño del producto, mientras que el segundo grupo siguió un enfoque tradicional, centrado únicamente en el correcto funcionamiento del proyecto. Los resultados del análisis cualitativo indicaron que los estudiantes que aplicaron la manufactura aditiva lograron productos finales con mayor nivel estético y funcional, reflejando un desempeño académico superior en comparación con el grupo que utilizó métodos convencionales. Adicionalmente, mediante una encuesta se evaluó el grado de satisfacción de los estudiantes respecto a esta metodología innovadora, obteniéndose resultados positivos, corroborados mediante análisis de correlación de Pearson, que evidenciaron la aceptación y efectividad de la estrategia educativa (Berra et al., 2021).

En el marco de estrategias educativas orientadas a fomentar la innovación sustentable, se propone la utilización de manufactura aditiva como herramienta para el desarrollo de competencias en ingeniería aplicada. Como ejemplo, se ha modelado y fabricado un prototipo didáctico de un sistema de engranajes tipo tren compuesto, empleando software de diseño asistido por computadora y una impresora 3D Prusa i3 XL, mediante la técnica de prototipado rápido por deposición fundida (FDM). Este enfoque permite a los estudiantes experimentar directamente con el diseño, la fabricación y la validación de productos, evaluando factores como precisión, eficiencia y funcionalidad, y considerando aspectos de sostenibilidad, como la optimización de materiales y la reducción de desperdicios. La comparación entre la animación del modelo CAD y el movimiento del prototipo físico evidencia la capacidad de la manufactura aditiva para reproducir fielmente el diseño planificado, destacando su potencial como herramienta didáctica que integra innovación tecnológica, aprendizaje práctico y principios de producción sostenible (Juarez & Peña, 2017).

Un estudio previo exploró las innovaciones tecnológicas en la industria manufacturera, evaluando su impacto en la eficiencia, sostenibilidad y competitividad de los procesos productivos. Mediante una revisión de literatura, se identificaron tecnologías clave como la inteligencia artificial, la robótica avanzada, el Internet de las Cosas y la manufactura aditiva, las cuales demostraron ser determinantes para la transformación de la manufactura. Los resultados indicaron que, si bien estas tecnologías mejoran la productividad y optimizan recursos, su implementación enfrenta desafíos debido a costos elevados y complejidad técnica, especialmente en pequeñas y medianas empresas. Además, se evidenció un efecto positivo en la sostenibilidad, mediante prácticas como la gestión energética y la manufactura aditiva, que contribuyen a la reducción de residuos y la huella de carbono. Este estudio previo subraya la importancia de integrar tecnologías emergentes en la educación para formar profesionales capaces de aplicar soluciones innovadoras de manera sostenible, sentando las bases para estrategias educativas centradas en la manufactura aditiva y la innovación responsable (Pazmiño et al., 2025).

Un estudio previo analizó el impacto de la eco-innovación y la sostenibilidad en la competitividad de las empresas del sector de alojamiento en Aguascalientes, destacando cómo la adopción de prácticas sostenibles contribuye a la optimización de recursos, la reducción de impactos ambientales y el fortalecimiento del posicionamiento competitivo. Estos hallazgos subrayan la importancia de incorporar estrategias innovadoras y sostenibles en distintos contextos productivos, lo que sirve de base conceptual para el desarrollo de estrategias educativas orientadas a la innovación sustentable. En este sentido, la integración de la manufactura aditiva en la educación superior se perfila como una herramienta clave para formar profesionales capaces de diseñar, evaluar y aplicar soluciones tecnológicas responsables, fomentando competencias técnicas, creativas y sostenibles desde la etapa formativa (Romo, 2024).

Un estudio realizado por Paredes (2024) analizó los desafíos ambientales en la industria mexicana, evidenciando su impacto negativo sobre el medio ambiente y la salud pública. A pesar de los avances tecnológicos, el autor identificó que persistían riesgos ambientales importantes y una carencia de modelos adecuados para integrar la sostenibilidad en el desarrollo de nuevos productos, lo que subraya la necesidad de implementar prácticas de eco-innovación. Con base en este análisis, se propuso un modelo de eco-innovación, estructurado en dos etapas planeación y aplicación, que identificaba factores clave para mejorar productos y procesos, garantizar la competitividad a largo plazo y promover el desarrollo sostenible. El modelo incorporaba el enfoque SEPI (Sustentabilidad, Empresas, Procesos de producción e Innovación), proporcionando medidas específicas para cada factor y orientando a las empresas hacia estrategias responsables que integran competitividad y conciencia ambiental. Este estudio previo constituye un referente conceptual importante para el diseño de estrategias educativas, sugiriendo que herramientas como la manufactura aditiva pueden ser empleadas para formar profesionales capaces de aplicar soluciones innovadoras y sostenibles en la industria.

El contexto global contemporáneo, caracterizado por cambios constantes y crecientes exigencias en los ámbitos productivo y tecnológico, ha impulsado el surgimiento de nuevas ideas y transformaciones en los procesos de fabricación. Entre estos avances destaca la impresión 3D, también conocida como manufactura aditiva, una tecnología que tuvo su origen en el prototipado rápido y que se basa en la fabricación de objetos mediante la deposición sucesiva de capas de material a través de impresoras especializadas. En la actualidad, esta tecnología se encuentra en un proceso continuo de evolución y expansión.

Diversas empresas han comenzado a incorporar la manufactura aditiva en la producción de componentes y piezas finales, mientras que la investigación científica explora el uso de nuevos materiales más allá de los plásticos y metales tradicionalmente empleados. Tal como señalan estudios previos, los avances en la impresión 3D tienen el potencial de transformar de manera significativa los sistemas de manufactura, así como los modelos tradicionales de producción y distribución dentro de la cadena de suministro. En este sentido, el análisis de los posibles impactos de la manufactura aditiva resulta relevante, ya que su desarrollo continuo podría redefinir los procesos productivos y logísticos a los que actualmente están habituadas las organizaciones (Alvarez, 2017).

Como ejemplo de la creciente atención académica en este ámbito, un estudio previo analizó la relación entre la manufactura aditiva, la logística y la cadena de suministro, evidenciando cómo estos conceptos se encuentran estrechamente vinculados y en rápida expansión dentro de la comunidad científica. Dicho trabajo realizó una revisión de la literatura con el objetivo de ofrecer una visión integral del estado del arte y establecer parámetros críticos para futuras investigaciones. Para ello, se llevó a cabo un análisis bibliométrico que incluyó 335 artículos científicos, provenientes de las bases de datos Scopus y Web of Science, los cuales fueron analizados mediante herramientas especializadas como VantagePoint y VOSviewer. Los resultados permitieron identificar tendencias de publicación, autores más influyentes, impacto de los estudios y redes de conocimiento, confirmando la relevancia y el crecimiento sostenido de la manufactura aditiva en el contexto de los sistemas productivos y logísticos (Nuñez et al., 2017).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló como una revisión sistemática de la literatura destinada a analizar estrategias educativas orientadas a promover la innovación sustentable mediante la manufactura aditiva. Se establecieron criterios de inclusión para considerar únicamente artículos académicos revisados por pares, publicados en inglés o español entre 2010 y 2025, que abordaran experiencias educativas, programas formativos, metodologías o enfoques pedagógicos vinculados con la manufactura aditiva y la innovación sustentable. Se excluyeron publicaciones de opinión, editoriales, resúmenes de congresos y estudios centrados exclusivamente en aspectos técnicos de la manufactura aditiva sin relación con la educación. La búsqueda bibliográfica se realizó en bases de datos reconocidas, incluyendo Scopus, Web of Science, ScienceDirect, ERIC y Google Scholar, utilizando combinaciones de términos

como “education”, “teaching”, “learning strategies”, “additive manufacturing”, “3D printing”, “sustainable innovation” y “sustainability in engineering education”. La selección de los estudios se llevó a cabo en varias etapas: primero, se identificaron todos los artículos obtenidos mediante la búsqueda; posteriormente se eliminaron duplicados y se evaluaron títulos y resúmenes para determinar su pertinencia; finalmente, se revisaron los textos completos de los artículos preseleccionados para confirmar que cumplieran con los criterios de inclusión. De cada estudio se extrajo información relevante, incluyendo autoría, año de publicación, objetivos, metodologías pedagógicas, integración de la manufactura aditiva y resultados relacionados con innovación sustentable. Los hallazgos se organizaron de manera temática para identificar tendencias, buenas prácticas y vacíos de conocimiento. La calidad de los estudios se evaluó considerando transparencia, rigor metodológico y relevancia académica, asegurando que la evidencia recopilada fuera confiable y útil para orientar el diseño de estrategias educativas centradas en la innovación sustentable a través de la manufactura aditiva

## RESULTADOS

La revisión sistemática identificó un conjunto de estudios recientes que evidencian la integración de la manufactura aditiva en entornos educativos con el objetivo de fomentar la innovación sustentable. La mayoría de las investigaciones se centraron en la educación superior, particularmente en programas de ingeniería, diseño industrial y ciencias aplicadas, donde los estudiantes aplican conceptos de diseño asistido por computadora (CAD), simulación y métodos de elementos finitos para optimizar productos y procesos (Faheem et al., 2024).

Se observó que las estrategias educativas más empleadas combinan la teoría con proyectos prácticos de impresión 3D, implementando metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje-servicio, lo que favorece el desarrollo de competencias técnicas, creativas y críticas orientadas a la sostenibilidad (Rahmani et al., 2025). Además, varios estudios destacan la integración de contenidos relacionados con sostenibilidad y responsabilidad social, permitiendo que los estudiantes comprendan el impacto ambiental y social de los procesos de producción aditiva (Su et al., 2024a).

Los resultados también indican beneficios en la optimización de recursos y reducción de residuos, reforzando el papel de la manufactura aditiva en la implementación de prácticas sostenibles dentro del currículo académico (Pusateri et al., 2024). Sin embargo, se identificaron vacíos importantes: la mayoría de los estudios se concentra en la educación universitaria y en disciplinas técnicas, existiendo escasa evidencia sobre la transferencia de estas competencias a contextos profesionales o a otros niveles educativos. También se observó que la implementación efectiva requiere infraestructura tecnológica adecuada, formación docente especializada y planificación curricular estratégica (Xu, 2025).

En resumen, los resultados confirman que la manufactura aditiva constituye una herramienta educativa prometedora para promover la innovación sustentable, pero aún es necesario profundizar en su evaluación a largo plazo, su aplicación interdisciplinaria y su escalabilidad en

distintos contextos educativos.

Con la finalidad de sistematizar y contrastar los principales hallazgos identificados en la literatura revisada, se presenta una tabla que compila los estudios más representativos vinculados con la manufactura aditiva, la innovación sustentable y su aplicación en entornos educativos. Esta síntesis permite reconocer tendencias de investigación, enfoques metodológicos predominantes, resultados relevantes y aportes significativos que han influido en el diseño de estrategias educativas orientadas a la sostenibilidad. Asimismo, contribuye a la identificación de vacíos de investigación y al fortalecimiento de la comprensión del estado actual del conocimiento en este campo de estudio como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Principales aportes de la literatura sobre manufactura aditiva e innovación sustentable en educación superior

Autor(es)	Año	Enfoque del estudio	Principales resultados	Aporte al presente estudio
Rahmani et al.	2025	Manufactura aditiva en educación en ingeniería	Evidenciaron que la integración de impresión 3D con aprendizaje basado en proyectos mejora competencias técnicas, creativas y de innovación, además de fomentar conciencia ambiental.	Sustenta el uso de la manufactura aditiva como herramienta pedagógica para impulsar la innovación sustentable.
Su et al.	2024b	Educación para la sostenibilidad y tecnologías emergentes	Identificaron que la incorporación de contenidos de sostenibilidad en programas educativos fortalece la responsabilidad social y ambiental de los estudiantes.	Refuerza la importancia de integrar sostenibilidad de forma explícita en estrategias educativas basadas en manufactura aditiva.
Pusateri et al.	2024	Implementación educativa de manufactura aditiva	Señalaron que la falta de infraestructura, capacitación docente y planeación curricular limita el impacto educativo de la manufactura aditiva.	Evidencia barreras clave que deben considerarse en el diseño de estrategias educativas.
Boni et al.	2020	Rol de las universidades en los ODS	Propusieron un marco para evaluar actividades universitarias alineadas con los ODS, integrando docencia, investigación y compromiso social.	Proporciona una base conceptual para vincular manufactura aditiva, educación e innovación sustentable.

Autor(es)	Año	Enfoque del estudio	Principales resultados	Aporte al presente estudio
Su et al.	2024a	Transferencia de competencias educativas	Destacaron la escasez de estudios que evalúen la transferencia de competencias sostenibles a contextos profesionales.	Identifica vacíos de investigación abordados en la discusión del presente artículo.
Estudios bibliométricos AM-SC-L	2021-2023	Manufactura aditiva y cadena de suministro	Mostraron un crecimiento sostenido de la investigación sobre manufactura aditiva y su impacto en producción, logística y sostenibilidad.	Justifica la relevancia y actualidad del tema analizado en la revisión sistemática.
Estudios de eco-innovación en industria mexicana	2020-2023	Eco-innovación y desarrollo sostenible	Propusieron modelos de eco-innovación para integrar sostenibilidad en el desarrollo de productos y procesos industriales.	Sirven como antecedente para vincular innovación sustentable con formación académica mediante manufactura aditiva.

Fuente: Elaboración propia.

## DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión sistemática evidencian que la manufactura aditiva es una herramienta educativa eficaz para fomentar la innovación sustentable en la educación superior. La combinación de proyectos prácticos con metodologías activas, como el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje-servicio, permite a los estudiantes aplicar conocimientos de diseño asistido por computadora y simulación, desarrollando competencias técnicas, creativas y críticas, así como una mayor conciencia sobre el impacto ambiental y social de los procesos productivos (Rahmani et al., 2025).

Los estudios revisados destacan además la integración de contenidos relacionados con sostenibilidad y responsabilidad social, lo que contribuye a la formación de profesionales conscientes del impacto de sus decisiones en el desarrollo sostenible (Su et al., 2024b). No obstante, persisten desafíos importantes, como la necesidad de infraestructura tecnológica adecuada, capacitación docente especializada y planificación curricular estratégica (Pusateri et al., 2024).

Otro aspecto relevante es que la evidencia sobre la transferencia de competencias adquiridas a contextos profesionales o a niveles educativos distintos de la educación superior es aún limitada, lo que representa un vacío de investigación que podría guiar futuros estudios sobre la escalabilidad y el impacto a largo plazo de estas estrategias pedagógicas (Su et al., 2024b). En este sentido, la manufactura aditiva se presenta como una herramienta de alto potencial,

pero cuya implementación exitosa depende de un enfoque integral que combine tecnología, pedagogía y sostenibilidad.

En conjunto, los resultados sugieren que la manufactura aditiva posee un alto potencial educativo, pero su impacto depende de un enfoque integral que articule tecnología, pedagogía e innovación sustentable. La adopción de modelos educativos interdisciplinarios, el fortalecimiento de la colaboración entre academia e industria y la evaluación sistemática de los resultados formativos emergen como elementos clave para maximizar los beneficios de esta tecnología en la educación superior y consolidar su contribución al desarrollo sostenible.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente revisión sistemática confirma que la manufactura aditiva representa un recurso educativo estratégico para impulsar la innovación sustentable en la educación superior, al facilitar la integración de conocimientos teóricos y prácticos en entornos de aprendizaje activos. La evidencia analizada muestra que la implementación de metodologías como el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje-servicio y el trabajo colaborativo, apoyadas en tecnologías de impresión 3D, contribuye de manera significativa al desarrollo de competencias técnicas, creativas y analíticas, así como a una mayor comprensión del impacto ambiental, social y económico de los procesos productivos.

Asimismo, los estudios revisados destacan que la manufactura aditiva favorece la optimización de recursos, la reducción de desperdicios y la experimentación con diseños más eficientes, lo que refuerza su alineación con los principios de la sostenibilidad y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En este sentido, su incorporación en los planes de estudio no solo fortalece la formación técnica de los estudiantes, sino que también promueve una visión crítica y responsable sobre la innovación tecnológica y su aplicación en contextos reales.

No obstante, la revisión también pone en evidencia vacíos relevantes en la literatura, particularmente en lo que respecta a la evaluación del impacto a largo plazo de estas estrategias educativas, la transferencia efectiva de las competencias adquiridas a entornos profesionales y la aplicación de la manufactura aditiva en niveles educativos distintos a la educación superior. Estas limitaciones sugieren la necesidad de desarrollar investigaciones longitudinales y estudios comparativos que permitan medir de manera más precisa los beneficios formativos y su impacto en el desempeño profesional de los egresados.

En consecuencia, se recomienda fortalecer la formación docente en el uso pedagógico de la manufactura aditiva, invertir en infraestructura tecnológica adecuada, y diseñar estrategias educativas integrales que articulen innovación, sostenibilidad y vinculación con el sector productivo. Asimismo, resulta fundamental promover enfoques de investigación interdisciplinarios que conecten la educación en ingeniería, la innovación tecnológica y la sostenibilidad. De esta manera, será posible consolidar un modelo educativo innovador capaz de responder a los desafíos de la sociedad contemporánea, contribuir a la formación de profesionales socialmente responsables y apoyar el avance hacia un desarrollo más sostenible.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, P. F. V. (2017). POSIBLES IMPACTOS DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN LA CADENA DE SUMINISTRO. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 97-111.
- Bernal, J., De-Jesús, C., Vidal, H., & Troncoso, A. (2025). Transformando la Manufactura Global. Ventajas y Retos de la Impresión 3D Frente a Métodos Tradicionales. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 7(2), 23-35. <https://doi.org/10.17981/bilo.7.2.2025.03>
- Berra, E., Mar, F., Hernández, J. R., & Badillo, M. (2021). Modelo de innovación educativa para la enseñanza de la ingeniería aplicada utilizando manufactura aditiva. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 13(2), 29-52. <https://doi.org/10.46571/JCI.2021.2.3>
- Caicedo Pardo, O. F. (2018). *Creación de valor sostenible mediante el diseño de modelos de negocios innovadores*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/68813>
- Faheem, A., Hasan, M. A., Badhotiya, G. K., & Ali, S. M. (2024). A systematic literature review to examine the role of additive manufacturing in achieving sustainable development goals. *Sustainable Operations and Computers*, 5, 216-226. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2024.08.001>
- Juarez, G. A., & Peña, J. Á. D. D. la. (2017). MANUFACTURA ADITIVA PARA PROTOTIPADO RÁPIDO. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 3(2), 2230-2234.
- Nuñez, J., González, J., Jiménez, M. A., & Ortiz, Á. (2017). Análisis de las actividades logísticas en la cadena de suministro afectadas por la manufactura aditiva: Una revisión y análisis bibliométrico. *Congreso Ciani*. <https://bit.ly/4rMkaO2>
- Paredes, M. F. M. (2024). *Propuesta de un modelo de eco-innovación para el desarrollo de nuevos productos*. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/11430>
- Pazmiño, G. J. L., Tamayo, Y. M., & Ronquillo, D. F. T. (2025). Innovaciones tecnológicas en métodos de manufactura industrial, tendencias y perspectivas futuras. *Bastcorp International Journal*, 4(1), 104-120. <https://doi.org/10.62943/bij.v4n1.2025.167>
- Pusateri, V., Hauschild, M. Z., Kara, S., Goulas, C., & Olsen, S. I. (2024). Quantitative sustainability assessment of metal additive manufacturing: A systematic review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 49, 95-110. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2023.12.005>
- Rahmani, R., Bashiri, B., Lopes, S. I., Hussain, A., Maurya, H. S., & Vilu, R. (2025). Sustainable Additive Manufacturing: An Overview on Life Cycle Impacts and Cost Efficiency of Laser Powder Bed Fusion. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 9(1), 18. <https://doi.org/10.3390/jmmp9010018>
- Romo, K. (2024). *El impacto de la eco-innovación como un elemento de la sustentabilidad y sus efectos en la competitividad del sector de alojamiento en el Estado de Aguascalientes*. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/3242>

- Rosa, W. (Ed.). (2017). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. En *A New Era in Global Health*. Springer Publishing Company. <https://doi.org/10.1891/9780826190123.ap02>
- Salazar, I. S. M., & Soto, A. S. A. (2023). Revisión de literatura sobre gestión de cadenas de suministro sostenibles e innovaciones disruptivas en Pymes. *Revista Universidad y Empresa*, 25(44), 1-35. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.12734>
- Su, J., Ng, W. L., An, J., Yeong, W. Y., Chua, C. K., & Sing, S. L. (2024a). Achieving sustainability by additive manufacturing: A state-of-the-art review and perspectives. *Virtual and Physical Prototyping*, 19(1), e2438899. <https://doi.org/10.1080/17452759.2024.2438899>
- Su, J., Ng, W. L., An, J., Yeong, W. Y., Chua, C. K., & Sing, S. L. (2024b). Achieving sustainability by additive manufacturing: A state-of-the-art review and perspectives. *Virtual and Physical Prototyping*, 19(1), e2438899. <https://doi.org/10.1080/17452759.2024.2438899>
- Xu, G. (2025). Development and Practice of Additive Manufacturing Curriculum System for Emerging Engineering Education. *International Educational Research*, 8(1), p36-p36. <https://doi.org/10.30560/ier.v8n1p36>
- Zamora, F., Sánchez, J., Corrales, M. & Espejo, L. (2019). What Do University Students Know about Sustainable Development Goals? A Realistic Approach to the Reception of this UN Program Amongst the Youth Population. *Sustainability*, 11(13). <https://doi.org/10.3390/su11133533>
- Zamora, N. S., & Hernández, I. A. L. (2020). La manufactura aditiva como potenciador de los sistemas productivos. *INVENTUM*, 15(28), 104-112. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.15.28.2020.104-112>