

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

INTEGRACIÓN DEL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS E IMPRESIÓN 3D PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS TÉCNICAS Y SOSTENIBLES EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

INTEGRATION OF PROJECT-BASED LEARNING AND 3D
PRINTING FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNICAL AND
SUSTAINABLE SKILLS IN INDUSTRIAL ENGINEERING

Roberto Cristian Delgado

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Randy Delgado-González

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Diego Rodríguez Centeno

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Erik Juárez Cortes

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Alberto Vera Camacho

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Dr. Manuel González Pérez

Universidad Tecnológica de Tecamachalco, México

Integración del Aprendizaje Basado en Proyectos e Impresión 3D para el Desarrollo de Competencias Técnicas y Sostenibles en Ingeniería Industrial

Roberto Cristian Delgado¹

roberto.da@personal.uttecam.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-7127-4696>

Universidad Tecnológica de Tecamachalco
Tecamachalco, Puebla
México

Diego Rodríguez Centeno

diego.rc@personal.uttecam.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0003-0772-4899>
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
Tecamachalco, Puebla
México

Alberto Vera Camacho

alberto.vc@personal.uttecam.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-5990-9353>
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
Tecamachalco, Puebla
México

Randy Delgado González

r.delgado@personal.uttecam.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0003-4295-5841>

Universidad Tecnológica de Tecamachalco
Tecamachalco, Puebla
México

Erik Juárez Cortes

erik.jc@personal.uttecam.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-4478-0825>
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
Tecamachalco, Puebla
México

Dr. Manuel González Pérez

m.gonzalez.perez@personal.uttecam.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0001-8700-2866>
Universidad Tecnológica de Tecamachalco
Tecamachalco, Puebla
México

RESUMEN

Este estudio analiza la integración de la manufactura aditiva mediante impresión 3D en proyectos educativos basados en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en el contexto de la formación en ingeniería industrial. A través de un estudio de caso colaborativo entre estudiantes de nivel medio superior y universitario, se diseñó y se fabricó un prototipo de lapicero biodegradable. Se emplearon técnicas de observación, análisis de productos técnicos, diarios reflexivos y evaluación funcional. Los resultados muestran que la impresión 3D, articulada con el ABP, favorece el desarrollo de competencias técnicas, la conciencia ambiental y las habilidades socioemocionales, al tiempo que promueve una cultura de innovación y sostenibilidad en la educación tecnológica.

Palabras clave: aprendizaje basado en proyectos, impresión 3D, sostenibilidad, ingeniería industrial, competencias técnicas

¹ Autor principal

Correspondencia: m.gonzalez.perez@personal.uttecam.edu.mx

Integration of Project-Based Learning and 3D Printing for the Development of Technical and Sustainable Skills in Industrial Engineering

ABSTRACT

This study analyzes the integration of additive manufacturing through 3D printing in educational projects based on Project-Based Learning (PBL), aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs), within the context of industrial engineering education. Through a collaborative case study involving high school and university students, a biodegradable pen prototype was designed and manufactured. Techniques included observation, technical product analysis, reflective journals, and functional evaluation. Results show that 3D printing, combined with PBL, fosters the development of technical competencies, environmental awareness, and socioemotional skills, while promoting a culture of innovation and sustainability in technological education.

Keywords: project-based learning, 3D printing, sustainability, industrial engineering, technical competences

*Artículo recibido 10 diciembre 2025
Aceptado para publicación: 10 enero 2026*



INTRODUCCIÓN

El Nuevo Modelo Educativo de las Universidades Tecnológicas y Politécnicas (UTyP) en México plantea un cambio relevante en la manera de concebir la enseñanza, al centrar la formación en el desarrollo de competencias integrales y en la vinculación con las necesidades reales del entorno productivo. Este modelo responde a los desafíos que enfrenta la educación superior ante las transformaciones tecnológicas, sociales y ambientales del siglo XXI. En consonancia con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, promueve una educación pertinente, inclusiva y orientada a la sostenibilidad, con el propósito de formar ciudadanos con pensamiento crítico, compromiso ético y capacidad de innovación (Secretaría de Educación Pública [SEP], 2022).

Para avanzar en estos propósitos, se requiere adoptar metodologías activas que sitúen al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje. En este marco, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se reconoce como una estrategia clave, ya que favorece la construcción de conocimiento mediante la resolución de problemas reales y el trabajo colaborativo. Olmo-Cazevieille et al. (2024) señalan que el ABP contribuye a la motivación y a la apropiación del aprendizaje, al fomentar la autonomía, la innovación y la responsabilidad social en experiencias educativas colaborativas.

La impresión 3D —o manufactura aditiva— se ha consolidado como un recurso didáctico de interés en este tipo de propuestas. Su uso en el aula permite a las y los estudiantes transformar ideas en prototipos funcionales, desarrollar proyectos de ingeniería con un fuerte componente experimental y fortalecer su comprensión de los procesos de diseño, manufactura y mejora continua. González Sosa et al. (2019) destacan que la manufactura aditiva aplicada a la enseñanza de la ingeniería industrial facilita la comprensión de los procesos productivos, estimula la creatividad y apoya la toma de decisiones técnicas basadas en la experimentación.

No obstante, sigue siendo un reto articular con claridad la enseñanza tecnológica con la educación para el desarrollo sostenible. La integración de la impresión 3D y el ABP abre una ventana de oportunidad para alinear los procesos formativos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 4 (Educación de calidad), el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) y el ODS 12 (Producción y consumo responsables).



Como señalan Olmo-Cazevieille et al. (2024), las universidades están llamadas a formar profesionales capaces de actuar con conciencia social y ambiental, incorporando la sostenibilidad como eje transversal del currículo.

Esta convergencia entre la innovación tecnológica, la metodología activa y el compromiso ambiental refuerza la pertinencia social de la educación superior tecnológica y contribuye a la construcción de una cultura de responsabilidad frente al entorno. Sin embargo, a pesar de los avances en innovación educativa, la evidencia empírica sobre cómo la implementación de la impresión 3D, integrada en proyectos ABP, fortalece simultáneamente las competencias técnicas y la conciencia ambiental de los estudiantes de ingeniería industrial sigue siendo limitada.

A partir de ello, el objetivo general de este estudio es:

Analizar cómo la implementación de la manufactura aditiva mediante impresión 3D, integrada en proyectos educativos basados en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), contribuye al desarrollo de competencias técnicas, a la innovación y a la conciencia ambiental en estudiantes de ingeniería industrial.

En conjunto, la investigación busca mostrar que la integración del ABP y la impresión 3D en el marco del Nuevo Modelo Educativo de las UTyP no solo favorece el aprendizaje significativo, sino que también fortalece el vínculo entre educación, innovación y sostenibilidad, posicionando a las universidades tecnológicas como actores clave en la construcción de una sociedad más equitativa, productiva y sustentable.

JUSTIFICACIÓN

El Nuevo Modelo Educativo de las UTyP (SEP, 2022) busca formar profesionistas competentes e innovadores, capaces de actuar con responsabilidad social y ambiental. Para lograrlo, no basta con el dominio técnico; es necesario desarrollar habilidades para resolver problemas reales, colaborar y tomar decisiones éticas. Aún persiste el reto de articular la teoría y la práctica en la educación superior tecnológica.

En este marco, el ABP se consolida como una estrategia eficaz al fomentar la participación activa, el pensamiento crítico y la resolución de problemas auténticos (Olmo-Cazevieille et al., 2024).



El aula se convierte en un espacio de experimentación donde se construyen la autonomía y el sentido de responsabilidad.

La impresión 3D aporta un componente técnico clave. En Ingeniería Industrial, la manufactura aditiva conecta el diseño digital con la producción física, facilitando la comprensión de los procesos, los materiales y la eficiencia productiva (González Sosa et al., 2019). El estudiantado debe tomar decisiones sobre geometrías, tolerancias y parámetros de impresión, las cuales se validan mediante prototipos reales.

Su relevancia social radica en que integra innovación y sostenibilidad, alineándose con los ODS 4, 9 y 12. Como señalan Olmo-Cazevieille et al. (2024), las instituciones formadoras deben preparar profesionales capaces de vincular ambas dimensiones. Este estudio aporta evidencia de cómo la manufactura aditiva en el ABP fortalece competencias técnicas, creativas y ambientales.

En síntesis, la investigación se sitúa entre la pedagogía activa, la tecnología emergente y la sostenibilidad, contribuyendo a la innovación educativa en ingeniería industrial y al cumplimiento de la Agenda 2030.

Objetivo general

Guiar a los estudiantes en la aplicación de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), alineada a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, mediante el desarrollo integral de un prototipo de lapicero biodegradable ergonómico y viable para producción industrial, favoreciendo su autoaprendizaje, pensamiento crítico y el fortalecimiento de sus competencias técnicas en diseño y manufactura sostenible.

Objetivos específicos

1. Diseñar y fabricar un prototipo inicial del cuerpo del lapicero biodegradable, empleando SolidWorks y técnicas de impresión 3D, y asegurar su compatibilidad con un cartucho de tinta biodegradable existente.
2. Promover que los estudiantes desarrollen pruebas experimentales y ejercicios de reingeniería a partir de modelos comerciales para validar la resistencia, la funcionalidad, la ergonomía y el ensamblaje del prototipo.



3. Fomentar el trabajo colaborativo, la organización, la resolución de problemas y la gestión emocional durante el desarrollo del proyecto, como elementos centrales del proceso ABP.
4. Integrar los principios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el diseño y evaluación del prototipo, promoviendo la conciencia ambiental y la comprensión del diseño sostenible en el contexto de la ingeniería.

MARCO TEÓRICO

1. El Nuevo Modelo Educativo de las UTyP y la formación por competencias

El Nuevo Modelo Educativo del Subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas propone una educación superior tecnológica centrada en el estudiante y orientada al desarrollo de competencias integrales, que articulan el saber teórico, la práctica profesional y la responsabilidad social (SEP, 2022).

La propuesta busca responder de manera más adecuada a los cambios tecnológicos, productivos y ambientales del siglo XXI, en correspondencia con la Agenda 2030.

Desde la perspectiva de la UNESCO, la educación para el desarrollo sostenible exige transformaciones no solo en los contenidos, sino también en las metodologías y competencias promovidas en el aula. La organización subraya la importancia de formar sujetos capaces de actuar de manera crítica y responsable ante los desafíos contemporáneos, integrando conocimientos, habilidades, valores y actitudes orientadas a la sostenibilidad (UNESCO, 2017).

Este enfoque se vincula con la formación por competencias que plantea el modelo de las UTyP, donde se demanda el uso de prácticas pedagógicas que impulsen el pensamiento crítico, la resolución de problemas reales y el compromiso social. El documento oficial de la SEP resalta que las instituciones deben procurar una educación flexible, estrechamente relacionada con el entorno laboral y sensible a las necesidades regionales. Dichos planteamientos convergen con los lineamientos de UNESCO sobre la necesidad de metodologías activas que promuevan la participación estudiantil y la toma de decisiones fundamentada (UNESCO, 2017).

En este marco, el ABP aparece como una estrategia coherente tanto con las políticas educativas nacionales como con las recomendaciones internacionales en materia de educación para la sostenibilidad.



2. El Aprendizaje Basado en Proyectos como metodología activa

El Aprendizaje Basado en Proyectos se ha consolidado como una metodología relevante en la educación tecnológica. Martín y Martínez (2018) lo describen como un enfoque que orienta la construcción del conocimiento a partir del desarrollo de proyectos que dan respuesta a una necesidad o problema real. Este enfoque suele organizarse en fases que incluyen la definición del problema, la investigación, la planificación, el diseño, la ejecución, la evaluación y la comunicación de resultados.

Bell (2010) enfatiza que el ABP favorece el desarrollo de competencias vinculadas al siglo XXI, tales como la comunicación, la colaboración, la creatividad y la resolución de problemas complejos. De acuerdo con la autora, el alumnado asume un rol activo al conducir su propio proceso de aprendizaje mediante la indagación y la producción de resultados tangibles que reflejan su comprensión. El ABP, además, suele incrementar la motivación, al trabajar sobre propósitos claros y conectados con la realidad.

Desde la perspectiva de Ford y Minshall (2018), la integración de tecnologías como la impresión 3D dentro de proyectos ABP potencia procesos de aprendizaje basados en la experimentación y la mejora continua. Su revisión muestra que, al participar en proyectos con manufactura aditiva, los estudiantes desarrollan habilidades de análisis, iteración y resolución de problemas, al tener que diseñar, fabricar, evaluar y rediseñar prototipos en ciclos sucesivos. Esta dinámica de trabajo se ajusta a la lógica del ABP, donde la generación de productos auténticos y la reflexión sobre el proceso son pilares del aprendizaje.

Martín y Martínez (2018) subrayan que el ABP requiere una planificación cuidadosa y un acompañamiento docente constante. El rol del profesor se desplaza hacia el de facilitador, mientras que el estudiante asume una participación más autónoma. Esta metodología promueve la interdisciplinariedad, el aprendizaje significativo y la transferencia de conocimientos a situaciones nuevas. En ingeniería, su aplicación permite relacionar los contenidos con problemas del entorno productivo, reforzando la pertinencia de la formación.

3. La impresión 3D como recurso didáctico en ingeniería

La impresión 3D se ha incorporado progresivamente en programas de formación tecnológica e ingenieril. Su uso en el aula permite visualizar conceptos abstractos, producir prototipos y experimentar



con materiales, dimensiones y estructuras. Para González Sosa et al. (2019), la manufactura aditiva facilita la comprensión de los procesos industriales, ya que obliga a los estudiantes a recorrer cada etapa del diseño y la fabricación, desde el modelo digital hasta la pieza física.

Suardíaz Muro et al. (2021) señalan que, cuando se combina la impresión 3D con componentes electrónicos y programación, se generan experiencias de aprendizaje enriquecidas, en las que convergen diseño, construcción y pruebas funcionales. Este enfoque interdisciplinario favorece tanto el desarrollo de competencias técnicas como habilidades sociales asociadas al trabajo en equipo.

La revisión de Cabrera Frías y Córdova Esparza (2023) aporta evidencia adicional sobre el potencial educativo de la impresión 3D, al mostrar que esta tecnología promueve el pensamiento creativo entendido como una habilidad cognitiva indispensable para la innovación. La posibilidad de materializar ideas, evaluarlas y modificarlas fortalece la capacidad de las y los estudiantes para proponer soluciones viables a problemas complejos.

Ford y Minshall (2018), por su parte, destacan que la impresión 3D funciona como un catalizador del aprendizaje técnico y cognitivo, al permitir comprender de manera integrada el ciclo de diseño y manufactura, mejorar el razonamiento espacial y analizar el impacto de las decisiones técnicas. La rapidez con la que pueden generarse y evaluarse prototipos facilita procesos de retroalimentación e iteración, valiosos en la formación en ingeniería.

4. Avances recientes en impresión 3D e implicaciones educativas

El trabajo de Ávila Camacho y Moreno Villalba (2024) describe cómo la impresión 3D ha ampliado su campo de aplicación a sectores como la medicina, la industria automotriz, el arte o la investigación espacial. La tecnología ya no se limita al prototipado rápido, sino que también se utiliza para fabricar piezas funcionales.

El desarrollo de materiales como polímeros biodegradables y filamentos reforzados ha abierto nuevas posibilidades en contextos educativos, al permitir que el estudiantado trabaje con propiedades de resistencia, comportamiento mecánico y sostenibilidad. Este tipo de experiencias favorece la comprensión del ciclo de vida de los productos, los principios de manufactura responsable y el análisis de impacto ambiental.



De manera complementaria, Ford y Minshall (2018) señalan que la ampliación de capacidades técnicas de la impresión 3D ha reforzado su papel en la educación superior, al permitir que los estudiantes experimenten con diseños complejos y exploren las implicaciones funcionales de sus decisiones. La manufactura aditiva se presenta como un recurso idóneo para impulsar prácticas educativas centradas en la innovación, la iteración y la validación de soluciones.

5. Cultura maker, creatividad y aprendizaje significativo

La cultura maker, asociada al “hazlo tú mismo”, ha cobrado relevancia en entornos educativos que promueven la experimentación y el trabajo con tecnología. Suardíaz Muro et al. (2021) destacan que este enfoque estimula la participación activa, la colaboración y la construcción colectiva del conocimiento. La posibilidad de diseñar y fabricar objetos con herramientas como la impresión 3D fomenta el pensamiento crítico y la creatividad.

Cabrera Frías y Córdova Esparza (2023) muestran que la impresión 3D, articulada con lógicas de cultura maker, genera entornos de aprendizaje donde la experimentación, la prueba y el error, y la iteración dejan de ser obstáculos para convertirse en parte esencial del proceso formativo. Bajo estas condiciones, los proyectos adquieren un sentido más auténtico para el estudiantado y se favorece un aprendizaje más profundo.

6. Sostenibilidad y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

La sostenibilidad en la educación tecnológica requiere integrar no solo contenidos ambientales, sino también prácticas que fomenten el uso responsable de los recursos. Incorporar los ODS en el currículo permite formar a estudiantes con conciencia social y ambiental, capaces de evaluar el impacto de sus decisiones (Olmo-Cazevieille et al., 2024).

UNESCO (2017) señala que la Educación para el Desarrollo Sostenible debe promover competencias como el pensamiento sistémico, la anticipación de consecuencias, la colaboración y la resolución de problemas, estrechamente vinculadas al ABP y a los procesos iterativos de la manufactura aditiva. Comprender el ciclo de vida de los materiales y reducir el impacto ambiental se relaciona directamente con proyectos de impresión 3D, que permiten analizar consumos, experimentar con materiales biodegradables y reflexionar sobre la eficiencia del diseño.



Asimismo, Ávila Camacho y Moreno Villalba (2024) destacan que la impresión 3D favorece la sostenibilidad al reducir residuos, permitir la fabricación bajo demanda y emplear materiales ecológicos, combinando formación técnica y prácticas responsables en ingeniería.

METODOLOGÍA

Tipo de investigación

La investigación se clasifica como descriptiva–interpretativa porque:

- Describe los procedimientos técnicos y pedagógicos que las estudiantes llevaron a cabo para diseñar y fabricar un lapicero biodegradable mediante impresión 3D;
- Interpreta cómo estos procesos favorecen el desarrollo de competencias técnicas, socioemocionales y de sostenibilidad;
- Analiza los retos, estrategias y aprendizajes documentados durante la ejecución del proyecto.

Al mismo tiempo, se considera investigación aplicada, ya que se orienta a la solución de un problema concreto —el diseño de un prototipo funcional biodegradable— en un contexto educativo específico.

Diseño de investigación

Se utilizó un diseño de estudio de caso educativo, tomando como unidad de análisis el proyecto colaborativo entre estudiantes de nivel medio superior (CETIS 254) y estudiantes de ingeniería industrial (UTTECAM). Este diseño permitió examinar:

- el proceso completo de diseño y reingeniería del prototipo;
- la forma en que se integraron los ODS en las decisiones técnicas;
- la dinámica de trabajo en equipo, la organización y el manejo emocional;
- el desarrollo de competencias técnicas vinculadas al uso de manufactura aditiva.

El estudio se organizó en tres fases:

1. Diseño y modelado

Conceptualización, bocetaje, modelado CAD en SolidWorks y adecuación del diseño al cartucho biodegradable.

2. Fabricación y experimentación técnica

Impresión 3D, pruebas de resistencia, ensamble, ajustes ergonómicos, reducción de material y iteración de versiones.



3. Evaluación formativa y reflexión académica

Revisiones docentes, coevaluación, elaboración de diarios reflexivos, análisis de resultados y propuesta de mejoras.

Técnicas y procedimientos de producción de datos

Se emplearon cuatro técnicas principales:

a) **Observación sistemática**

Registro de comportamientos, dificultades, estrategias de trabajo, colaboración y manejo emocional durante el proceso.

b) **Ánalisis de productos técnicos**

Revisión de bocetos, archivos CAD, reportes de iteraciones, prototipos impresos y material de mejora continua.

c) **Diario reflexivo de las estudiantes**

Documentación de aprendizajes, retos, decisiones técnicas y justificación de cambios realizados en el prototipo.

d) **Evaluación técnica del prototipo**

Ánalisis de la resistencia del cuerpo del lapicero, el ensamble con el cartucho biodegradable, la ergonomía, el consumo de material y la funcionalidad final.

Estas técnicas permitieron obtener una visión integral del proceso, combinando evidencias técnicas y formativas.

Instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron los siguientes instrumentos:

1. **Guía de observación docente**

Para registrar la colaboración, los problemas detectados, las estrategias de resolución y aspectos socioemocionales.

2. **Rúbrica de evaluación del prototipo**

Con criterios de diseño, manufactura, ergonomía, sostenibilidad y funcionalidad.

3. **Formato de diario reflexivo**

Con preguntas guía sobre aprendizajes, dificultades y toma de decisiones.



4. Registro fotográfico y evidencia CAD/STL

Para documentar la evolución del prototipo y cada versión generada.

5. Bitácora técnica del docente

Para sistematizar retroalimentaciones, avances y recomendaciones.

Materiales utilizados para generar datos

Los materiales empleados fueron:

- Software SolidWorks para diseño CAD.
- Impresora 3D tipo FDM.
- Filamento PLA biodegradable como material principal.
- Cartucho de tinta biodegradable comercial como referencia funcional.
- Herramientas de medición (calibradores, reglas, plantillas).
- Computadoras del laboratorio de ingeniería.
- Prototipos preliminares en distintas etapas de iteración.
- Rúbricas y guías de trabajo proporcionadas por el docente.

Justificación del uso de estos materiales

- El PLA biodegradable se relaciona con los ODS 9 y 12, al promover prácticas de manufactura más responsables.
- SolidWorks permite desarrollar competencias propias del diseño industrial.
- La impresión 3D facilita la iteración, corrección y análisis de desempeño del prototipo.
- Las herramientas de medición aportan precisión y posibilitan procesos de reingeniería.
- Los archivos CAD/STL permiten análisis comparativos y documentan el avance técnico.
- Las rúbricas y diarios reflexivos aportan información formativa y metodológica.

Justificación metodológica

El enfoque metodológico adoptado resulta pertinente porque:

- permite analizar el proceso completo, y no solo el producto final;
- integra dimensiones técnicas, cognitivas y socioemocionales del aprendizaje;
- responde a los principios del ABP, donde el proceso y la reflexión tienen un peso central;



- facilita el análisis de cómo la impresión 3D y los ODS influyen en el desarrollo de competencias reales;
- combina evidencia técnica (prototipos, pruebas, diseños) con evidencia reflexiva (diarios, observaciones, evaluaciones).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

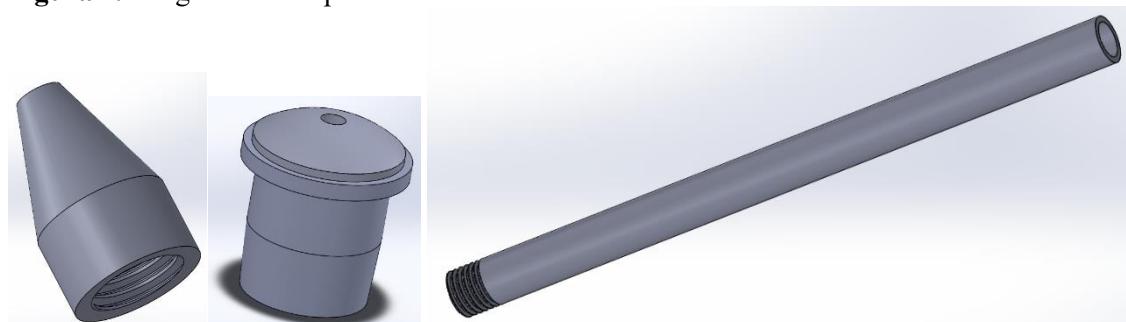
Desempeño técnico del prototipo

El desarrollo del lapicero biodegradable dio como resultado un prototipo funcional compuesto por tapón, barril y punta, diseñado en SolidWorks e impreso con tecnología FDM. Durante el proceso se realizaron múltiples iteraciones que corrigieron fallas de resistencia, ajustes dimensionales y problemas de ensamble. El sistema inicial roscado mostró desgaste, por lo que se sustituyó por un mecanismo de presión (click-fit), más estable y confiable.

Las pruebas de impacto, comparadas con un lapicero comercial, permitieron definir el espesor adecuado para alcanzar una resistencia similar a la de un producto industrial. Esta evaluación constante coincide con lo señalado por González Sosa et al. (2019) sobre cómo la manufactura aditiva permite analizar el efecto de las decisiones de diseño. El prototipo final fue ergonómico, funcional y compatible con un cartucho biodegradable.

El uso combinado de herramientas CAD, pruebas de laboratorio y ajustes en parámetros de impresión fortaleció un razonamiento ingenieril basado en diagnóstico y mejora continua, alineado con experiencias previas sobre aprendizaje experimental con impresión 3D (Suardíaz Muro et al., 2021; Cabrera Frías & Córdova Esparza, 2023).

Figura 1. Imágenes de las primeras iteraciones considerando roscado el ensamble



Desarrollo de competencias pedagógicas y socioemocionales

Desde la dimensión formativa, el proyecto hizo visibles retos asociados con la colaboración, la organización del trabajo y la gestión emocional frente a fallas técnicas recurrentes (atoros del extrusor, problemas de adherencia, soportes difíciles de retirar). Los registros de observación y diarios reflexivos muestran una transición progresiva: de una tendencia inicial a asignar culpas hacia una dinámica más colaborativa y centrada en la corresponsabilidad.

Este proceso coincide con lo expuesto por Martín y Martínez (2018), quienes resaltan que el ABP implica manejar la incertidumbre, negociar acuerdos y construir soluciones en conjunto. La vivencia del error técnico —entendido no como un fracaso, sino como un insumo para rediseñar— fortaleció la resiliencia del equipo y consolidó aprendizajes vinculados al segundo y tercer objetivo específico.

El sentido práctico del proyecto también favoreció la apropiación del proceso formativo. Las estudiantes comprendieron el valor de documentar fallas, analizar referentes comerciales y utilizar la retroalimentación como herramienta de reingeniería. Estas prácticas coinciden con los principios de la cultura maker, donde la experimentación y la autonomía desempeñan un papel central en el aprendizaje (Suardíaz Muro et al., 2021).

Figura 2. Análisis de reingeniería



Integración de sostenibilidad y ODS

La sostenibilidad fue un elemento operativo del proyecto, no un tema accesorio. El uso de PLA biodegradable, la reducción de soportes y la optimización de parámetros de impresión se discutieron de manera recurrente durante el proceso de diseño. Las pruebas de resistencia permitieron demostrar que aumentar el espesor del barril no siempre mejora el desempeño, lo que impulsó un razonamiento orientado a equilibrar la eficiencia de materiales y la funcionalidad.

Estos hallazgos dialogan con Ávila Camacho y Moreno Villalba (2024), quienes subrayan la importancia de considerar el ciclo de vida del producto y el uso racional de los recursos en contextos educativos apoyados en la impresión 3D. Asimismo, los resultados respaldan lo planteado por Olmo-Cazevieille et al. (2024), pues los ODS se incorporaron como criterios reales de evaluación del prototipo:

- ODS 4: aprendizaje activo y reflexivo;
- ODS 9: diseño, prototipado y validación técnica;
- ODS 12: producción y consumo responsables.

El proyecto permitió que las estudiantes comprendieran que la sostenibilidad implica decisiones concretas de diseño y manufactura, contribuyendo al cumplimiento del cuarto objetivo específico.

Figura 3. Optimización de material de soporte

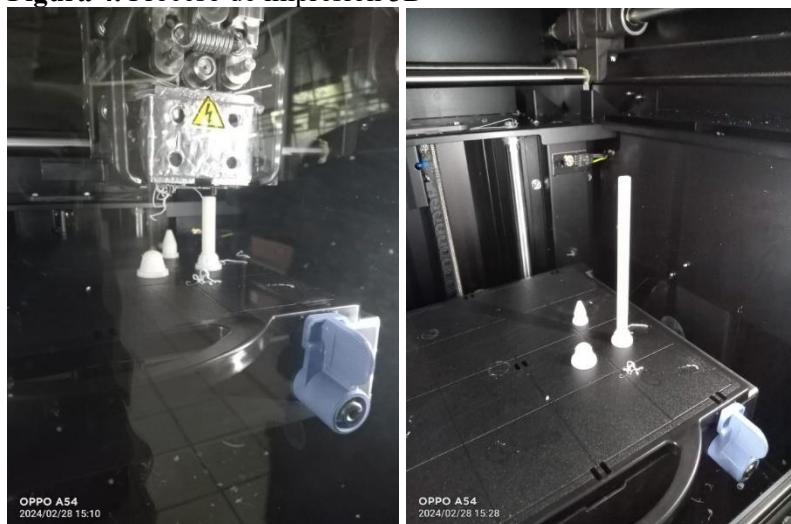


Integración de la manufactura aditiva en el ABP

De forma global, la manufactura aditiva funcionó como un eje articulador que permitió desarrollar simultáneamente competencias técnicas, de innovación y ambientales, tal como plantea el quinto objetivo específico. Las estudiantes pasaron de manipular herramientas CAD e impresoras a interpretar resultados experimentales, ajustar geometrías y justificar decisiones con base en criterios técnicos y ambientales.

Este proceso coincide con lo señalado por Cabrera Frías y Córdova Esparza (2023), quienes destacan que la impresión 3D favorece el pensamiento creativo y crítico. El estudio confirma esta relación dentro de un contexto real: la formación en ingeniería industrial en el subsistema UTyP, con un énfasis explícito en la Agenda 2030.

Figura 4. Proceso de impresión 3D



Límites del proyecto

Aunque el proyecto logró avances importantes, enfrentó límites que condicionaron su desarrollo. La cantidad limitada de filamento PLA redujo las iteraciones y obligó a optimizar cada impresión, lo que reforzó la reflexión sobre el uso eficiente de materiales (ODS 12).

Las restricciones en las herramientas y los recursos del laboratorio exigieron improvisar soluciones que, aunque enriquecieron la experiencia maker, afectaron el acabado y la precisión de algunos prototipos. Además, el tiempo disponible en el calendario académico comprimió los ciclos de diseño, impresión y prueba, lo que limitó el número de mejoras posibles.

Tensiones surgidas durante el proceso

El desarrollo del proyecto puso en evidencia tensiones propias del trabajo ingenieril:

- Entre calidad técnica y economía de material, lo que obligó a justificar cada modificación en términos de desempeño y sostenibilidad.
- Entre diseño ideal y diseño factible, ya que ciertas ideas —como el sistema roscado— resultaron inviables dentro de las restricciones técnicas del PLA y del tiempo disponible.
- Entre exigencias técnicas y dinámicas socioemocionales, especialmente durante fallas repetidas que generaron desacuerdos y requirieron reorganizar tareas.

Estas tensiones son consistentes con entornos reales de ingeniería, donde el diseño ocurre siempre bajo restricciones.

Aprendizajes no previstos

Entre los aprendizajes emergentes destacan:

- La comprensión operativa de la sostenibilidad como criterio de diseño;
- El dominio progresivo del diagnóstico de fallas de impresión;
- El valor del proyecto como puente interinstitucional para integrar a estudiantes de distintos niveles;
- La reflexión sobre la ingeniería como práctica social antes que únicamente técnica.

Estos aprendizajes amplían el alcance formativo más allá de los resultados originalmente previstos.

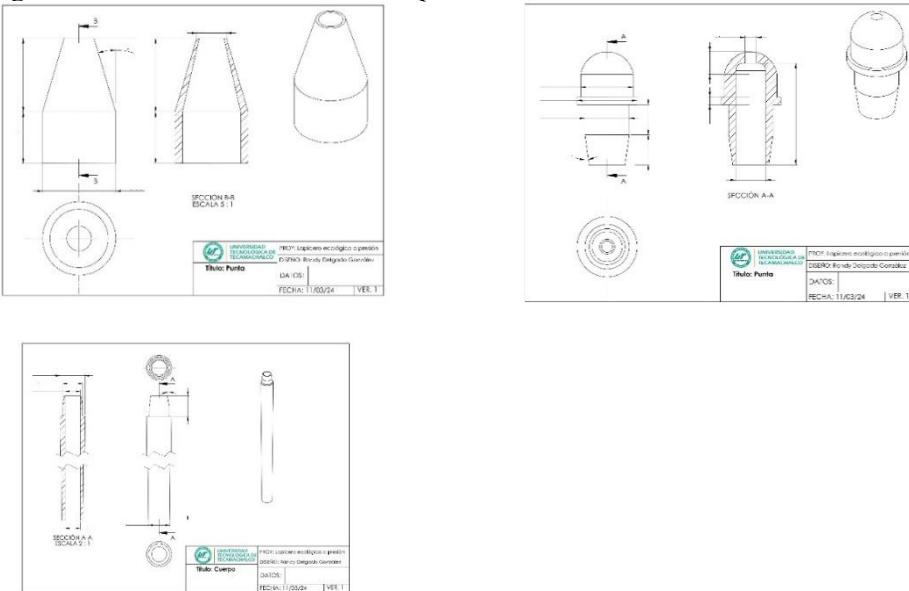
Reflexión sobre la aplicabilidad del modelo

El modelo ABP + impresión 3D + ODS muestra una alta pertinencia para instituciones tecnológicas como las UTyP, especialmente en regiones con necesidades industriales emergentes. Su replicabilidad requiere infraestructura básica, acompañamiento docente especializado y flexibilidad curricular para asegurar ciclos amplios de iteración.

Asimismo, puede adaptarse a otros contextos —bachilleratos técnicos, educación comunitaria o formación continua— siempre que se ajusten los recursos, ritmos y propósitos del proyecto.



Figura 5. Planos finales con los componentes del cuerpo del lapicero



CONCLUSIONES

La experiencia de diseño y manufactura de un lapicero biodegradable mediante impresión 3D, en el marco de un proyecto basado en ABP y articulado con los ODS, demuestra que es posible integrar en una misma propuesta formativa competencias técnicas de ingeniería, habilidades socioemocionales y conciencia ambiental.

En el plano técnico, las estudiantes desarrollaron capacidades en el modelado en CAD, la operación de impresoras FDM, la ejecución de pruebas experimentales y el análisis de fallas. El prototipo final —funcional, ergonómico y compatible con un cartucho biodegradable— evidenció procesos de diagnóstico, iteración y reingeniería consistentes con el perfil de egreso planteado por el Nuevo Modelo Educativo de las UTyP.

Desde las dimensiones pedagógica y socioemocional, el proyecto confirmó el valor del ABP para fortalecer la colaboración, la distribución del trabajo y la gestión emocional ante fallas técnicas. El proceso de negociación, la toma de decisiones conjunta y la resolución de problemas en condiciones reales favorecieron el desarrollo de habilidades comunicativas, resiliencia y corresponsabilidad, difícilmente alcanzables en entornos exclusivamente teóricos.

En cuanto a la sostenibilidad, el trabajo permitió que los ODS operaran como criterios concretos de diseño y evaluación.

La selección del PLA, la reducción de soportes y la reflexión sobre el ciclo de vida del producto generaron aprendizajes asociados al consumo responsable y al rol social de la ingeniería. Esto evidencia la pertinencia de incorporar la Agenda 2030 en proyectos formativos de ingeniería industrial, no como contenido aislado, sino como eje orientador del diseño.

La integración de la impresión 3D en proyectos ABP permite a los estudiantes desarrollar competencias técnicas mediante la experimentación, la iteración y la validación de prototipos reales.

El enfoque metodológico adoptado favorece la apropiación del aprendizaje, al situar al estudiante como protagonista activo en la resolución de problemas auténticos.

La sostenibilidad se incorporó como criterio operativo en el diseño y evaluación del prototipo, fortaleciendo la conciencia ambiental y el pensamiento crítico. Las tensiones surgidas durante el proceso (entre la calidad técnica, los recursos limitados y las dinámicas emocionales) reflejan condiciones reales del entorno ingenieril y enriquecen la formación profesional.

El estudio demuestra que la manufactura aditiva, en combinación con el ABP, puede ser una herramienta poderosa para alinear la educación tecnológica con los ODS y con las demandas del siglo XXI.

Contribución original del estudio

Este trabajo aporta contribuciones relevantes a la innovación educativa:

1. Integración de ABP, impresión 3D y ODS en contexto UTyP

A diferencia de estudios que abordan estos elementos por separado, este proyecto los articula en un mismo proceso formativo, utilizando los ODS como criterios de diseño y toma de decisiones, una convergencia poco documentada en ingeniería industrial.

2. Colaboración interinstitucional.

La participación del CETis 254 amplió la perspectiva de diseño y fortaleció la comunicación técnica, evidenciando la viabilidad de proyectos verticales entre niveles educativos y su potencial para iniciativas comunitarias.

3. Enfoque en problemas reales de la región.

El proyecto muestra posibilidades de aplicación directa —como herramientales agrícolas o dispositivos ergonómicos— lo que refuerza su pertinencia territorial y su alineación con la misión social del subsistema UTyP.



Relevancia para la línea de investigación

El estudio es relevante para la innovación educativa y la formación en ingeniería, al demostrar que integrar ABP, manufactura aditiva y ODS es viable y coherente con el Nuevo Modelo Educativo. La experiencia constituye un modelo adaptable a asignaturas de diseño, manufactura sustentable y vinculación escuela–industria.

Aporta evidencia sobre cómo estas metodologías convergen para desarrollar competencias técnicas, pensamiento crítico, habilidades socioemocionales y sensibilidad ambiental. Su valor radica en su solidez metodológica y aplicabilidad regional, ofreciendo una base para investigaciones futuras en diversos perfiles estudiantiles y contextos institucionales.

Trabajo futuro

El estudio deja abiertas diversas preguntas que pueden orientar investigaciones posteriores. Entre ellas, resulta pertinente explorar cómo se comportan proyectos similares en grupos más numerosos o con perfiles de ingreso distintos, qué instrumentos permiten medir con mayor precisión la evolución de la conciencia ambiental y de la creatividad ingenieril, y de qué manera pueden incorporarse indicadores cuantitativos de huella ecológica o análisis de ciclo de vida en el trabajo de aula.

Profundizar en estas líneas puede contribuir a delimitar mejor los alcances y límites del ABP apoyado en manufactura aditiva y a ampliar el potencial de esta aproximación en la educación tecnológica superior.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ávila Camacho, A., & Moreno Villalba, R. (2024). *Aplicaciones emergentes de la impresión 3D en educación y sostenibilidad*. Revista de Innovación Tecnológica, 12(1), 45–62.
- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43.
<https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Cabrera Frías, M., & Córdova Esparza, D. (2023). Creatividad e innovación en la enseñanza de ingeniería mediante impresión 3D. *Revista Iberoamericana de Educación Tecnológica*, 18(3), 112–128.



Ford, S., & Minshall, T. (2018). Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education. *Additive Manufacturing*, 25, 131–150.

<https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.10.028>

González Sosa, E., Ramírez López, J., & Torres Méndez, L. (2019). La manufactura aditiva como herramienta didáctica en ingeniería industrial. *Revista Mexicana de Educación en Ingeniería*, 24(3), 55–68.

Martín, M., & Martínez, J. (2018). El aprendizaje basado en proyectos en la formación en ingeniería: una revisión crítica. *Educación y Tecnología*, 9(2), 23–38.

Olmo-Cazevieille, M., Pérez Gómez, A. I., & Rodríguez Romero, M. (2024). Educación para la sostenibilidad en la universidad: retos y propuestas desde el ABP. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 15(1), 77–95.

Secretaría de Educación Pública. (2022). *Nuevo Modelo Educativo del Subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas*. SEP.

Suardíaz Muro, M., Hernández Torres, L., & Ríos García, F. (2021). Cultura maker y aprendizaje significativo en entornos de ingeniería. *Revista de Educación Tecnológica*, 10(2), 89–104.

UNESCO. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: objetivos de aprendizaje*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

