

6.

OPORTUNIDADES PARA INTEGRAR LA IA GENERATIVA, EL APRENDIZAJE SERVICIO Y EL MOVIMIENTO MAKER PARA UN APRENDIZAJE TRANSFORMADOR EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA.

Leonardo Saavedra⁶

Dulfay Astrid Gonzalez⁷

Jesús Alfonso López⁸

Juan Vicente Pradilla Cerón⁹

Universidad Politécnica de Cataluña

Universidad Autónoma De Occidente

Resumen

En este documento se explora la posibilidad de integrar la IA Generativa, el Movimiento Maker y el Aprendizaje Servicio en la enseñanza de la ingeniería para promover un aprendizaje transformador. Se identifican tres resultados importantes utilizando datos empíricos de experiencias educativas con estudiantes de primer año de ingeniería: 1. un aumento de la capacidad de los estudiantes para resolver problemas mediante enfoques creativos y colaborativos; 2. un aumento del desarrollo de habilidades sociales como el trabajo en equipo y el compromiso con la comunidad; y 3. un aumento de la personalización y la eficacia del aprendizaje mediante el uso de herramientas de

⁶ Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Autónoma de Occidente lsaavedra@uao.edu.co

⁷ Universidad Autónoma de Occidente dagonzalez@uao.edu.co

⁸ Universidad Autónoma de Occidente jalopez@uao.edu.co

⁹ Universidad Autónoma de Occidente jvpradilla@uao.edu.co

Inteligencia Artificial Generativa. Las lecciones aprendidas incluyen la importancia de una planificación curricular flexible que permita la integración fluida de estos enfoques pedagógicos y herramienta, y la necesidad de formación del profesorado para gestionar proyectos interdisciplinarios. También se destaca la necesidad de un enfoque holístico que vincule los resultados del aprendizaje con el contexto social y tecnológico. Por último, las oportunidades de esta integración residen en su capacidad para innovar la enseñanza de la ingeniería creando experiencias educativas más activas y significativas. Al combinar el potencial de personalización y creatividad de la IA Generativa con el enfoque práctico del Movimiento Maker y el impacto social del Aprendizaje Servicio, se ofrece una estrategia con potencial innovador que prepara a los futuros ingenieros para los retos del mundo actual fomentando las competencias técnicas, críticas y sociales esenciales para su formación profesional.

Palabras clave- Generative AI (GenAI), Maker Movement, Service Learning, Transformative Learning, Engineering Education

I. INTRODUCCIÓN

A. Antecedentes y contexto

La enseñanza de la ingeniería se encuentra en una encrucijada, impulsada por el ritmo acelerado de los avances tecnológicos y la creciente necesidad de ingenieros que no solo posean un dominio técnico elevado, sino que también sean capaces de abordar problemas desde una perspectiva creativa y socialmente responsable. Los enfoques tradicionales en los planes de estudio de ingeniería han tendido a enfatizar el conocimiento técnico de manera aislada, lo que ha generado desafíos crecientes para integrar nuevas metodologías pedagógicas que promuevan un enfoque más integral y holístico de la educación.

En la medida en que la industria evoluciona, se hace cada vez más evidente la necesidad de formar a ingenieros capaces de ir más allá de la competencia técnica. Esto implica el desarrollo de competencias que incluyan la innovación, la colaboración interdisciplinaria y el compromiso con problemáticas sociales complejas. La demanda de ingenieros con estas habilidades es creciente, no solo para responder a las exigencias tecnológicas, sino también para contribuir a la solución de problemas globales urgentes. En este sentido, la combinación

de la Inteligencia Artificial Generativa (GenAI), el Aprendizaje Servicio (ApS) y el Movimiento Maker ofrece una respuesta pedagógica prometedora, al facilitar un entorno educativo en el que los estudiantes pueden aplicar sus conocimientos en proyectos reales, de manera colaborativa y con un impacto positivo en la comunidad (Chen et al., 2021; Holmes et al., 2019). (Chen et al., 2021; Holmes et al., 2019).

B. Enfoques educativos emergentes

En los últimos años, los enfoques educativos emergentes han ganado relevancia como respuesta a la necesidad de transformar los métodos tradicionales de enseñanza en la ingeniería. Estos enfoques buscan mejorar las competencias técnicas (o específicas de un programa académico) de los estudiantes, además de fomentar habilidades colaborativas y sociales (transversales o blandas) que son esenciales en un entorno laboral globalizado y altamente dinámico.

En cuanto a la GenAI, ha demostrado un gran potencial para optimizar el proceso de aprendizaje, permitiendo a los estudiantes acceder a herramientas que facilitan la creación y evaluación de múltiples soluciones a problemas complejos (Holmes et al., 2019). Su capacidad para automatizar ciertas tareas técnicas y para generar alternativas de diseño en tiempo real ha transformado la forma en que los estudiantes interactúan con el contenido técnico, dándoles más libertad para enfocarse en la innovación y la creatividad. Este enfoque no solo mejora la eficacia del aprendizaje, sino que también permite un grado de personalización que antes era difícil de alcanzar en entornos educativos tradicionales.

Por su parte, el Movimiento Maker ha impulsado un enfoque de aprendizaje basado en la práctica y la experimentación, fomentando la creatividad y las habilidades prácticas esenciales para la ingeniería (Blikstein, 2013; Halverson & Sheridan, 2014). A través de espacios físicos como los Maker spaces (FabLabs, BiblioLabs, STEAMLabs, entre otros.), los estudiantes tienen la oportunidad de involucrarse en procesos de diseño iterativos, que les permiten prototipar y probar sus ideas en un entorno colaborativo. El aprendizaje práctico se vuelve central, ayudando a los estudiantes a desarrollar competencias técnicas más profundas y a experimentar con soluciones innovadoras. Además, el Movimiento

Maker fomenta una mentalidad de "aprendizaje a través de la creación", donde el fracaso y la repetición son componentes esenciales para alcanzar el éxito en la resolución de problemas complejos.

Mientras que, el ApS integra la educación formal con el servicio a la comunidad, proporcionando a los estudiantes la oportunidad de aplicar sus conocimientos para abordar problemas reales en su entorno social. Este enfoque educativo ha demostrado ser una herramienta poderosa para conectar el aprendizaje técnico con el impacto social, fomentando en los estudiantes una comprensión más profunda de las implicaciones éticas y sociales de su trabajo (Duffy et al., 2000; Bosman et al., 2017).. Al trabajar en colaboración con comunidades locales, los estudiantes no solo desarrollan habilidades interpersonales y de trabajo en equipo, sino que también aprenden a diseñar soluciones técnicas que sean socialmente responsables y sostenibles a largo plazo.

C. Vacío en la investigación

A pesar de los beneficios demostrados de la GenAI, el Movimiento Maker y el ApS cuando se implementan de forma independiente, existe un vacío significativo en la literatura con respecto a su aplicación combinada en la enseñanza de la ingeniería. Los estudios anteriores se han centrado en gran medida en el impacto de estos enfoques de forma aislada, prestando poca atención a cómo su integración podría crear una experiencia educativa más completa y transformadora (Halverson & Sheridan, 2014; Blikstein, 2013). Este vacío representa una oportunidad para explorar las sinergias de una aplicación holística de lo que algunos autores han denominado enfoques o movimientos educativos. (L Saavedra Munar, M Alier Forment, 2022)

D. Objetivos y preguntas de la investigación

Este artículo investiga el potencial transformador de la integración de la GenAI, el Movimiento Maker y el ApS en la enseñanza de la ingeniería. En concreto, trata de responder a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo pueden integrarse eficazmente estos enfoques en los planes de estudios de ingeniería para mejorar los resultados del aprendizaje de los estudiantes?

- ¿Cuáles son los posibles beneficios y retos de este enfoque integrado?
- ¿Cómo contribuyen estos planteamientos a desarrollar ingenieros socialmente responsables e innovadores?

Al abordar estas cuestiones, el estudio pretende proporcionar un marco para aprovechar estos enfoques educativos emergentes con el fin de cultivar una nueva generación de ingenieros dotados tanto de conocimientos técnicos como de un fuerte sentido de la responsabilidad social.

E. Estructura del documento

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera: La Sección 2 revisa la literatura relevante sobre GenAI, el Movimiento Maker y el ApS en la enseñanza de la ingeniería. La sección 3 detalla la metodología utilizada en este estudio, incluidos los procesos de recogida y análisis de datos. La sección 4 presenta los resultados, seguidos de una discusión en la sección 5 que interpreta los resultados en el contexto de la investigación existente. Por último, la Sección 6 ofrece conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones y prácticas educativas.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. La Inteligencia Artificial Generativa en la enseñanza de la ingeniería

La GenAI se ha convertido rápidamente en una poderosa herramienta para la educación, sobre todo en disciplinas que requieren la resolución de problemas y el pensamiento de diseño, como la ingeniería. Los sistemas de IA, como los que utilizan los Transformadores Generativos Pre-entrenados (GPT), pueden generar contenidos, proporcionar comentarios personalizados y ayudar a los estudiantes a desarrollar soluciones innovadoras a problemas de ingeniería. Estas capacidades se alinean con las teorías constructivistas del aprendizaje, que enfatizan la importancia de las experiencias de aprendizaje personalizadas y adaptativas (Chen et al., 2021; Holmes et al., 2019).

Además, las herramientas de IA se han integrado cada vez más en los planes de estudios de ingeniería para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Por ejemplo, las plataformas de aprendizaje profundo y aprendizaje adaptativo que aprovechan la IA pueden adaptar el contenido educativo a los estilos de

aprendizaje individuales, mejorando el compromiso y la retención (J. López Sotelo - 2023). Este enfoque personalizado ayuda a los estudiantes a apropiarse mejor los conceptos complejos de ingeniería y aplicarlos eficazmente en sus proyectos (Holmes et al., 2019). Sin embargo, la integración de la IA en la educación también presenta desafíos éticos, como el potencial de exacerbar las desigualdades y la necesidad de garantizar que las herramientas de IA se utilicen para mejorar, en lugar de reemplazar, el pensamiento crítico y la creatividad (Chen et al., 2021).

B. El Movimiento Maker en la enseñanza de la ingeniería

El Movimiento Maker ha transformado la forma en que la enseñanza de la ingeniería aborda el aprendizaje práctico. Arraigado en el espíritu DIY (Do It Yourself), el Movimiento Maker anima a los estudiantes a utilizar materiales, herramientas y tecnologías para crear productos tangibles directamente. Este movimiento apoya un enfoque constructivista del aprendizaje, en el que los estudiantes adquieren conocimientos a través de la participación activa y la experimentación (Blikstein, 2013).

C. Aprendizaje Servicio en la enseñanza de la ingeniería

El ApS integra el aprendizaje académico con el servicio a la comunidad, lo que permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos de ingeniería a problemas del mundo real que benefician a la sociedad. Este enfoque fomenta el sentido de la responsabilidad social y la conciencia ética, cada vez más reconocidos como atributos críticos para los ingenieros del siglo XXI (Duffy et al., 2000).

En la enseñanza de la ingeniería, los proyectos de ApS suelen implicar a estudiantes que trabajan en sostenibilidad medioambiental, salud pública y desarrollo comunitario. Estos proyectos no solo mejoran las habilidades técnicas de los estudiantes, sino que también profundizan su comprensión del impacto social del trabajo de ingeniería. Por ejemplo, Bosman et al. (2017) destacan el papel del Aprendizaje Servicio para mantener el interés de los estudiantes en la ingeniería, en particular entre los grupos subrepresentados, conectando la educación técnica con aplicaciones significativas del mundo real.

Sin embargo, la integración del ApS en los planes de estudios de ingeniería no está exenta de dificultades. Los miembros del profesorado a menudo citan como barreras significativas el tiempo adicional necesario para coordinarse con los socios de la comunidad y la dificultad de alinear los proyectos de servicio con los objetivos del curso (Duffy et al., 2000). A pesar de estos retos, los beneficios potenciales del Aprendizaje Servicio en el desarrollo de ingenieros completos y con conciencia social lo convierten en un componente valioso de la enseñanza moderna de la ingeniería (Saavedra et al, 2022). [Obj]

D. Integración de la GenAI, el Movimiento Maker y el ApS

Mientras que los beneficios individuales de la GenAI, el Movimiento Maker y el ApS en la enseñanza de la ingeniería están bien documentados, hay una falta de investigación sobre su impacto combinado. La integración de estos enfoques podría crear una experiencia educativa más holística, en la que los estudiantes adquieran habilidades técnicas y desarrollen la creatividad, la responsabilidad social y la capacidad de aplicar sus conocimientos en contextos del mundo real.

III. METODOLOGÍA

A. Diseño de la investigación

Este estudio utilizó un diseño de investigación de métodos mixtos para explorar la integración de la IA Generativa, el Movimiento Maker y el Aprendizaje Servicio en la enseñanza de la ingeniería. La investigación se llevó a cabo en tres fases a través de 2023 y 2024 en la Universidad Autónoma de Occidente (UAO), que implica una combinación de encuestas y entrevistas con los docentes y estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas. El estudio buscó capturar tanto la amplitud de las prácticas actuales como la profundidad de las experiencias de los docentes de la facultad en la integración de estos enfoques educativos y la percepción de los estudiantes sobre los mismos.

B. Participantes

La encuesta inicial de 2023 incluyó a 283 docentes, de los cuales 170 eran profesores a tiempo completo y 113 profesores adjuntos (hora cátedra). A continuación, en 2024, se realizaron entrevistas a un grupo seleccionado de profesores con distintos niveles de experiencia con la IA Generativa, el

Movimiento Maker y el Aprendizaje Servicio. Finalmente, se encuestó a 160 estudiantes de diferentes programas de ingeniería.

c. Método de recogida de datos

Encuestas en 2023: Se realizó una encuesta para evaluar las percepciones del profesorado y el uso de herramientas de GenAI en la educación, como ChatGPT, DALL-E y MidJourney. La encuesta se centró en varias áreas:

- **Uso y familiaridad:** La encuesta reveló que 139 profesores fomentaban activamente el uso de la IA Generativa en sus aulas, principalmente para mejorar el análisis de la información y familiarizar a los estudiantes con estas herramientas. Por el contrario, 144 profesores no promovían estas herramientas, alegando desconocimiento y preocupación por el impacto en las habilidades de pensamiento crítico.
- **Aplicaciones en docencia e investigación:** La encuesta reveló que la IA Generativa se utilizaba predominantemente en actividades docentes y de investigación, lo que permite comprender cómo se integran estas herramientas en las prácticas educativas en la UAO.

Entrevistas: Sobre la base de los resultados de la encuesta, en 2024 se realizaron entrevistas semiestructuradas con miembros del profesorado para profundizar en sus experiencias. Las entrevistas abarcaron:

- **GenAI:** los debates se centraron en cómo se utilizaron las herramientas de IA para apoyar los procesos de diseño y el aprendizaje de los estudiantes, y los profesores señalaron las ventajas y los retos.
- **Movimiento Maker:** Los miembros del profesorado compartieron sus experiencias en la implementación de actividades maker en sus cursos, destacando el papel de los proyectos prácticos en el fomento de la creatividad y las habilidades prácticas. Algunos ejemplos concretos fueron los proyectos que aprovecharon las instalaciones del FabLab de la UAO para la creación de prototipos.
- **ApS:** Las entrevistas exploraron la integración del Aprendizaje Servicio en los cursos de ingeniería, centrándose en el impacto de los proyectos comunitarios del mundo real en el aprendizaje y la responsabilidad social

de los estudiantes. El profesorado hizo hincapié en los retos de alinear estos proyectos con los objetivos académicos y gestionar las limitaciones de tiempo.

Encuestas a estudiantes: Se realizó una encuesta a estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas en la que se indagó sobre su percepción alrededor de la IA generativa, el Movimiento Maker y el Aprendizaje en Servicio.

- Aunque los estudiantes están familiarizados con la Inteligencia Artificial Generativa, mostraron un desconocimiento significativo sobre el Movimiento Maker y el Aprendizaje Servicio. Estos hallazgos subrayan la oportunidad de integrar estos conceptos y sus prácticas, promoviendo así un aprendizaje transformador en su formación académica.
- Los estudiantes mostraron una menor familiaridad con las herramientas asociadas al Movimiento Maker, como aquellas utilizadas en el prototipado rápido, en contraste con una mayor familiaridad con las herramientas de Inteligencia Artificial Generativa. A pesar de esto, una proporción significativa reconoció el valor potencial de ambos enfoques en su formación en ingeniería.

D. Análisis de datos

Los datos cuantitativos de las encuestas se analizaron utilizando estadísticas descriptivas para comprender la prevalencia y los patrones de uso de la GenAI entre el profesorado. Los datos cualitativos de las entrevistas fueron transcritos y sometidos a análisis temático, identificando temas recurrentes relacionados con la integración de la GenAI, el Movimiento Maker y el ApS en el plan de estudios de ingeniería. El análisis de documentos proporcionó información complementaria, en particular en relación con las políticas institucionales y la adopción más amplia de estos enfoques educativos dentro de la universidad.

E. Consideraciones éticas

Se informó exhaustivamente a los participantes de la finalidad del estudio y se obtuvo su consentimiento informado antes de participar. La confidencialidad se mantuvo mediante la anonimización de las respuestas de los participantes y el

almacenamiento seguro de todos los datos. El estudio se ajustó a las directrices éticas establecidas por la Universidad Autónoma de Occidente (UAO).

IV. RESULTADOS

A. Encuesta sobre el uso de la GeAI en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

La encuesta 2023 proporcionó información sobre las percepciones y el uso de las herramientas de GenAI entre el profesorado de la UAO. Participaron 283 profesores de la universidad, 196 de ellos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas.

- Composición del profesorado y tasas de respuesta: entre los 196 profesores de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, 79 eran profesores a tiempo completo y 117 eran profesores adjuntos (profesores contratados por horas). La tasa de respuesta fue mayor entre los profesores a tiempo completo, ya que respondieron 61 de 79 (77,2%), frente a 40 de 117 profesores adjuntos (34,2%).
- Uso de la GenAI: de los 101 encuestados de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, 60 profesores (59,4%) indicaron que fomentan el uso de la IA Generativa en sus aulas. Estos profesores utilizan principalmente herramientas de IA como ChatGPT, DALL-E y MidJourney para mejorar el análisis de la información, apoyar los procesos creativos y familiarizar a los estudiantes con las tecnologías emergentes. Por el contrario, 41 miembros del profesorado (40,6%) informaron de que no fomentan el uso de herramientas de IA, citando preocupaciones sobre el posible impacto negativo en las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes y su falta de familiaridad con estas herramientas.
- Aplicaciones en docencia e investigación: dentro de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, los profesores que fomentan el uso de la IA suelen integrar estas herramientas en las actividades docentes y de investigación. La encuesta reveló que el 39,2% de los encuestados utiliza la IA principalmente para la docencia, el 30,7% para la investigación y porcentajes menores para consultoría (7,2%) y divulgación social (2,0%).

B. Información detallada de las entrevistas realizadas en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

En 2024, las entrevistas de seguimiento con el profesorado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas permitieron profundizar en el modo en que la GenAI, el Movimiento Maker y el ApS se están integrando en el plan de estudios de ingeniería:

- GenAI: los profesores que utilizan herramientas de GenAI informaron de beneficios como una mayor eficacia a la hora de generar alternativas de diseño y un mayor compromiso de los estudiantes con las tecnologías innovadoras. Sin embargo, también destacaron algunos retos, como la necesidad de una orientación estructurada sobre cómo integrar la IA de forma eficaz en el plan de estudios para evitar que los estudiantes se confíen demasiado.
- Movimiento Maker: el profesorado ha destacado la importancia de los espacios "maker", como el FabLab, para facilitar el aprendizaje práctico. Estos espacios permiten a los estudiantes participar en procesos de diseño iterativos, que son fundamentales para el desarrollo de habilidades prácticas de ingeniería. Los retos incluyen el acceso limitado a estos espacios y la falta de tiempo para que los estudiantes participen plenamente en las actividades maker.
- ApS: Las entrevistas revelaron que los proyectos de Aprendizaje Servicio se valoran por su capacidad de conectar la educación técnica con los problemas sociales del mundo real. Las facultades destacaron proyectos de éxito en los que los estudiantes colaboraban con las comunidades locales para resolver problemas acuciantes. Sin embargo, alinear estos proyectos con los objetivos académicos y gestionar al mismo tiempo los retos logísticos sigue siendo un obstáculo importante.

C. Sinergias y retos en los planteamientos educativos

Las entrevistas también exploraron cómo estos enfoques educativos podrían integrarse sinérgicamente para mejorar el plan de estudios de ingeniería en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas:

- Sinergia entre la IA y el Movimiento Maker: El profesorado sugirió que las herramientas de IA podrían complementar el Movimiento Maker acelerando el proceso de diseño, permitiendo a los estudiantes crear prototipos rápidamente y repetir sus ideas en los espacios maker. Esta sinergia podría agilizar el desarrollo de soluciones innovadoras en proyectos de ingeniería.
- Aprendizaje Servicio e IA: Algunos profesores debatieron sobre el potencial de la IA para apoyar el Aprendizaje Servicio ayudando a analizar las necesidades de la comunidad y desarrollando soluciones basadas en datos. La integración de la IA con el Aprendizaje Servicio podría mejorar el impacto de estos proyectos al proporcionar a los estudiantes herramientas analíticas más sólidas.
- Apoyo institucional para la integración: A pesar de reconocer los beneficios potenciales, el profesorado subrayó la necesidad de un mayor apoyo institucional, incluyendo formación, recursos y asignación de tiempo, para integrar con éxito estos enfoques en el plan de estudios de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas.

D. Encuesta sobre el uso de IA generativa, Movimiento Maker y Aprendizaje en Servicio:

La encuesta aplicada a 160 estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas arrojó lo siguiente:

- Familiaridad con tecnologías asociadas a Inteligencia Artificial Generativa y el Movimiento Maker: El 38.8% de los estudiantes indicó tener poco conocimiento sobre herramientas asociadas al Movimiento Maker, como tarjetas de desarrollo, cortadoras láser e impresoras 3D, mientras que un 32.5% mencionó no estar familiarizado con ellas y solo un 25.6% declaró tener algún grado de conocimiento. El porcentaje restante mencionó estar bastante o muy familiarizado. Por el contrario, la familiaridad con herramientas de Inteligencia Artificial Generativa es mayor; un 38.8% de los encuestados dijo estar algo familiarizado con ellas, un 29.4% se considera bastante familiarizado, y un 11.3% expresó un alto grado de familiaridad, el porcentaje restante mencionó no estar familiarizado. Este contraste revela que los estudiantes muestran una mayor exposición y

conocimiento de las herramientas de IA Generativa frente a las herramientas del Movimiento Maker.

- Al explorar la percepción de los estudiantes sobre la contribución de estos enfoques a su formación en ingeniería, se observa una alta valoración en general. Un 74.4% de los encuestados considera que el Movimiento Maker puede aportar de manera positiva a su educación en ingeniería, mientras que el 24.4% no está seguro, y el porcentaje restante no ve una contribución clara. En el caso de la Inteligencia Artificial Generativa, el 90.6% de los estudiantes opina que esta tecnología puede enriquecer su formación, mientras que el 7.5% se mantiene indeciso. Por otro lado, el Aprendizaje Servicio recibió una valoración mixta: el 46.9% de los estudiantes cree en su potencial formativo, pero un 51.2% no está seguro sobre su contribución.
- En relación con las motivaciones para estudiar ingeniería, el interés en la tecnología y la innovación fue el factor determinante para el 66.9% de los estudiantes, mientras que un 13.1% indicó una inclinación hacia la construcción y el diseño, y un 12.5% manifestó el deseo de resolver problemas prácticos. Respecto al conocimiento previo sobre herramientas y conceptos pedagógicos clave para la formación en ingeniería, los resultados evidencian que el 88.8% de los estudiantes no había escuchado previamente sobre el Movimiento Maker, aunque el mismo porcentaje sí conocía la Inteligencia Artificial Generativa. Además, el 78.8% de los encuestados desconocía el concepto de Aprendizaje Servicio. Estos datos reflejan que, a pesar de una familiaridad considerable con la IA generativa, existe un desconocimiento significativo de conceptos innovadores como el Movimiento Maker y el Aprendizaje en Servicio, lo cual sugiere una oportunidad para integrarlos en el currículo y así enriquecer el aprendizaje de los estudiantes.
- Los resultados revelan una visión optimista hacia un enfoque educativo que combine las tres dimensiones estudiadas: Aprendizaje Servicio, Movimiento Maker e IA Generativa. Aunque el 75% de los estudiantes no

había considerado previamente cómo estas estrategias podrían integrarse en su formación de manera conjunta, la encuesta muestra que están abiertos a un enfoque educativo más holístico que no solo los prepare técnicamente, sino que también los equipe para enfrentar desafíos reales y colaborar eficazmente. Esta demanda sugiere que la educación en ingeniería podría beneficiarse de la implementación de programas que fomenten un aprendizaje práctico y transformador, con impacto tanto en su preparación profesional como en su capacidad para contribuir a la sociedad como agentes de cambio.

E. Resumen de los resultados

Los resultados del estudio ponen de relieve las oportunidades y los retos asociados a la integración de la GenAI, el Movimiento Maker y el ApS en el plan de estudios de ingeniería de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas. Aunque el profesorado está explorando formas innovadoras de utilizar estos enfoques, existe una clara necesidad de apoyo y recursos adicionales para aprovechar plenamente su potencial en la transformación de la enseñanza de la ingeniería.

V. DEBATE

A. Mejorar la enseñanza de la ingeniería mediante enfoques integradores

La integración de la GenAI, el Movimiento Maker y el ApS dentro de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la UAO ofrece una vía prometedora para transformar la enseñanza de la ingeniería. Los resultados de este estudio apoyan la noción de que los enfoques combinados pueden crear una experiencia educativa más dinámica y holística.

- La GenAI como catalizador de la innovación: El uso de herramientas de IA Generativa en el aula ha demostrado su potencial para mejorar la creatividad y la innovación de los estudiantes. Como ha señalado el profesorado, herramientas de IA como ChatGPT y DALL-E permiten a los estudiantes generar diversas alternativas de diseño y abordar los problemas desde nuevas perspectivas. Esto se alinea con la literatura, que sugiere que la IA puede apoyar el aprendizaje personalizado y fomentar la

resolución creativa de problemas (Chen et al., 2021; Holmes et al., 2019). Sin embargo, los desafíos relacionados con garantizar que los estudiantes no se vuelvan excesivamente dependientes de la IA resaltan la necesidad de directrices claras y estrategias de instrucción que equilibren el uso de la IA con el pensamiento crítico y el desarrollo de habilidades fundamentales.

- El Movimiento Maker y el aprendizaje práctico: El Movimiento Maker es conocido por involucrar a los estudiantes en el aprendizaje práctico y experimental. Este estudio confirma que los espacios para creadores, como los FabLabs, son valiosos para facilitar procesos de diseño iterativos y desarrollar habilidades prácticas de ingeniería, en consonancia con investigaciones anteriores sobre el fomento de la creatividad, la colaboración y la resolución de problemas (Blikstein, 2013; Halverson y Sheridan, 2014). Sin embargo, el profesorado señaló que el acceso limitado a los recursos y las limitaciones de tiempo ponen de relieve la necesidad de apoyo institucional para integrar plenamente las actividades de maker en el plan de estudios.
- ApS y responsabilidad social: La integración del Aprendizaje Servicio en los cursos de ingeniería permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos técnicos a problemas del mundo real y fomenta la responsabilidad social. El profesorado observó su impacto positivo en el compromiso de los estudiantes y la concienciación sobre los problemas sociales, en consonancia con la investigación existente sobre la eficacia del Aprendizaje Servicio para conectar el aprendizaje académico con las necesidades de la comunidad (Duffy et al., 2000; Bosman et al., 2017). Sin embargo, los desafíos logísticos y las dificultades para alinear estos proyectos con los objetivos académicos sugieren la necesidad de marcos más estructurados y asociaciones con organizaciones comunitarias.

B. Integración sinérgica de enfoques educativos

Las sinergias potenciales entre la GenAI, el Movimiento Maker y el ApS presentan una oportunidad única para mejorar la enseñanza de la ingeniería. Las entrevistas con el profesorado sugieren que los enfoques integrados pueden complementarse entre sí de manera que enriquezcan la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

- La IA y el Movimiento Maker: El profesorado sugirió que las herramientas de IA podrían agilizar el proceso de diseño y creación de prototipos dentro del Movimiento Maker. Por ejemplo, la IA podría ayudar a los estudiantes a generar y refinar rápidamente conceptos de diseño, que luego podrían prototiparse en espacios de creación. Esta integración podría permitir a los estudiantes explorar varias soluciones y repetirlas de manera más eficiente, mejorando la creatividad y la competencia técnica.
- ApS e IA: Otro ámbito de integración prometedor es el uso de la IA en proyectos de Aprendizaje Servicio. Las herramientas de IA podrían apoyar las fases de investigación y análisis de estos proyectos proporcionando información basada en datos y facilitando el desarrollo de soluciones innovadoras a los problemas de la comunidad. Esto podría hacer que los proyectos de Aprendizaje Servicio fueran más impactantes al equipar a los estudiantes con herramientas avanzadas para comprender y abordar problemas sociales complejos.

C. Retos y perspectivas

Aunque la integración de estos enfoques ofrece un potencial significativo, el estudio también identificó varios retos que deben abordarse para aprovechar plenamente este potencial:

Integrar la GenAI, el Movimiento Maker y ApS en la enseñanza de la ingeniería presenta varios retos. En primer lugar, uno de los principales retos es la resistencia al cambio por parte de instituciones y profesores, que pueden carecer de la formación adecuada para aplicar estas metodologías emergentes. La formación del profesorado es crucial, ya que requiere competencias técnicas y pedagógicas para facilitar la colaboración interdisciplinar y la personalización del aprendizaje.

Otro reto importante es que la evaluación del aprendizaje con este enfoque integrador puede resultar compleja. Dado que estas metodologías promueven el aprendizaje basado en proyectos y en retos reales, es posible que los sistemas de evaluación tradicionales no capten adecuadamente los progresos y las competencias de los estudiantes.

- Asignación de recursos y acceso: El acceso limitado a los espacios maker y el tiempo necesario para participar en proyectos prácticos se identificaron como barreras significativas. Para superar estos retos, la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas debe asignar más recursos para ampliar el acceso a los espacios maker y proporcionar al profesorado el tiempo y el apoyo necesarios para llevar a cabo actividades maker de forma eficaz.
- Formación y desarrollo profesional: La necesidad de una formación completa sobre el uso de herramientas de IA Generativa fue un tema recurrente en las entrevistas. Los miembros del profesorado expresaron su deseo de contar con oportunidades de desarrollo profesional más estructuradas que les permitieran integrar la IA en sus prácticas docentes de forma eficaz. Esta formación debería centrarse en los aspectos técnicos de las herramientas de IA y en las estrategias pedagógicas para equilibrar el uso de la IA con el pensamiento crítico y el desarrollo de habilidades.
- Formación para la apropiación ética y responsable de las herramientas de IA generativa por parte de los estudiantes: la facilidad del acceso a herramientas de Inteligencia Artificial Generativa pone en evidencia la importancia en el trabajo de las instituciones educativas en estructurar procesos formativos que promuevan la apropiación ética y responsable de estas herramientas, no solo de manera independiente (con cursos específicos en el uso de la GenAI) sino también, de forma transversal en cada una de las asignaturas del currículo.
- Apoyo institucional al Aprendizaje Servicio: Para mejorar el impacto de los proyectos de ApS, se necesita un mayor apoyo institucional en forma de asociaciones con organizaciones comunitarias, marcos estructurados para la alineación de proyectos y recursos para gestionar la carga de trabajo adicional que supone la coordinación de estos proyectos.

D. Implicaciones para la enseñanza de la ingeniería

Las conclusiones de este estudio tienen varias implicaciones importantes para la enseñanza de la ingeniería en la UAO y fuera de ella:

- Desarrollo de habilidades holísticas: Mediante la integración de la IA Generativa, el Movimiento Maker y el Aprendizaje Servicio, la enseñanza

de la ingeniería puede ir más allá de la formación técnica tradicional para desarrollar un conjunto más amplio de habilidades, incluyendo la creatividad, la responsabilidad social y la resolución de problemas en contextos del mundo real.

- Prácticas docentes innovadoras: El éxito de la integración de estos enfoques requiere que el profesorado adopte prácticas docentes innovadoras que aprovechen los puntos fuertes de cada enfoque y aborden al mismo tiempo sus retos. Esto puede implicar replantearse el diseño de los cursos, las estrategias de evaluación y la colaboración con socios de la industria y la comunidad.
- Futuras líneas de investigación: Se necesita más investigación para explorar el impacto a largo plazo de estos enfoques integrados en los resultados de aprendizaje de los estudiantes y la preparación profesional. Además, sería valioso realizar estudios que investiguen la escalabilidad de estos enfoques en diferentes disciplinas de ingeniería y contextos educativos.

VI. CONCLUSIONES

La integración de la GenAI, el Movimiento Maker y el ApS dentro de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Occidente representa un enfoque transformador de la enseñanza de la ingeniería. Este estudio ha demostrado que cuando se combinan, estas estrategias educativas pueden crear un ambiente de aprendizaje más atractivo, innovador y socialmente responsable para los estudiantes de ingeniería.

A. Resumen de las principales conclusiones

Los resultados de las encuestas y entrevistas realizadas a los miembros del profesorado han puesto de relieve varios puntos importantes:

- La IA Generativa se ha identificado como una poderosa herramienta para potenciar la creatividad y apoyar el aprendizaje personalizado en la enseñanza de la ingeniería. Los profesores que utilizan activamente herramientas de IA como ChatGPT y DALL-E afirman que estas herramientas ayudan a los estudiantes a generar diversas alternativas de diseño y a comprometerse más con el contenido del curso. Sin embargo,

también se ha señalado la preocupación que suscita la dependencia excesiva de la IA y la necesidad de una formación estructurada.

- El Movimiento Maker fomenta el aprendizaje práctico y el desarrollo de habilidades prácticas. Los espacios maker han resultado especialmente eficaces para permitir a los estudiantes crear prototipos e iterar sobre sus diseños, salvando así la distancia entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica. Sin embargo, sigue habiendo problemas en cuanto a la asignación de recursos y el acceso a estos espacios.
- Se ha demostrado que el Aprendizaje Servicio mejora la responsabilidad social de los estudiantes al conectar su formación técnica con las necesidades reales de la comunidad. Aunque los beneficios del Aprendizaje Servicio son evidentes, los retos logísticos de coordinar estos proyectos y alinearlos con los objetivos académicos ponen de relieve la necesidad de un mayor apoyo institucional.
- La integración de la IA Generativa, el Aprendizaje Servicio y el Movimiento Maker en la enseñanza de la ingeniería representa una oportunidad para transformar profundamente los modelos educativos tradicionales. A lo largo del artículo, se han demostrado los beneficios de este enfoque, destacando cómo estas metodologías, trabajando sinérgicamente, promueven un aprendizaje más activo, contextualizado y centrado en el estudiante.
- Los resultados muestran que esta integración no sólo mejora las competencias técnicas y creativas de los estudiantes, sino que también fomenta habilidades sociales y éticas esenciales en la formación de los futuros ingenieros. La capacidad de abordar problemas complejos, la innovación utilizando herramientas tecnológicas avanzadas y el compromiso social son señas de identidad de este enfoque educativo.
- Sin embargo, también se identificaron retos importantes, como la necesidad de formación del profesorado y los estudiantes, la adecuación de las infraestructuras y la revisión de los sistemas de evaluación. Superar estos obstáculos exigirá un compromiso institucional y la creación de entornos educativos más flexibles y adaptados a las demandas del siglo XXI.

B. Implicaciones para la práctica

La integración de estos tres enfoques presenta importantes oportunidades para mejorar la enseñanza de la ingeniería:

- Desarrollo holístico: Combinando la IA Generativa, el Movimiento Maker y el Aprendizaje Servicio, los educadores pueden proporcionar a los estudiantes una experiencia educativa integral que no sólo desarrolle habilidades técnicas, sino que también fomente la creatividad, el pensamiento crítico y el compromiso con la responsabilidad social.
- Pedagogía innovadora: Para aplicar con éxito estos enfoques es necesario que los educadores adopten prácticas docentes innovadoras, se replanteen las estructuras tradicionales de los cursos y adopten nuevas tecnologías y metodologías. Las instituciones deben apoyar estos esfuerzos mediante la formación, los recursos y la infraestructura adecuados.

C. Futuras líneas de investigación

Aunque este estudio ha aportado información valiosa, hay varios ámbitos en los que es necesario seguir investigando:

- Impacto a largo plazo: Los estudios futuros deben investigar los efectos a largo plazo de la integración de estos enfoques educativos en los resultados de aprendizaje de los estudiantes, la preparación profesional y la satisfacción educativa general.
- Escalabilidad: La investigación también debe explorar cómo estos enfoques pueden ampliarse a diferentes disciplinas de ingeniería y contextos educativos, en particular en instituciones con diferentes recursos y niveles de infraestructura tecnológica.
- Valoración y evaluación: Es fundamental desarrollar marcos sólidos para evaluar el impacto de estos enfoques integrados en el aprendizaje de los estudiantes y en los objetivos institucionales. Esto incluye explorar nuevos métodos de evaluación que capten toda la gama de habilidades y competencias desarrolladas a través de estos enfoques.

D. Observaciones finales

El estudio subraya la importancia de un enfoque polifacético de la enseñanza de la ingeniería que abarque los avances tecnológicos y la responsabilidad social. Mediante la integración efectiva de la IA Generativa, el Movimiento Maker y el Aprendizaje Servicio, la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la UAO puede liderar la preparación de ingenieros que no solo sean técnicamente competentes, sino también innovadores, éticos y preparados para afrontar los complejos retos del mundo moderno.

ACUSE DE RECIBO

Queremos agradecer al Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Emprendimiento de la Universidad Autónoma de Occidente el apoyo económico para la realización del proyecto *CreAI-Maker: Metodología para Promover el Aprendizaje Transformador en Ingeniería a través de la Integración de la Inteligencia Artificial Generativa, el Movimiento Maker y el Aprendizaje Servicio en Educación*. Este artículo forma parte de los resultados de este proyecto de innovación educativa. También agradecemos al Grupo de Inteligencia Artificial de la UAO por liderar el desarrollo de la encuesta utilizada en este estudio.

REFERENCIAS

E. Abele, J. Metternich, M. Tisch, G. Chryssolouris, W. Sihn, H. ElMaraghy y F. Ranz, "Learning factories for research, education, and training", *Procedia CIRP*, vol. 32, pp. 1-6, 2015.

Ó. Aparicio y O. Ostos, "El constructivismo y el construccionismo", *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, pp. 115-120, 2018.

D. R. Berg, E. A. Buchanan y T. Lee, "Methodology for exploring, documenting, and improving humanitarian service learning in the university", 2016.

P. Blikstein, "Digital fabrication and 'making' in education: La democratización de la invención", en *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors*, Transcript Verlag, 2013, pp. 1-21.

L. Bosman, K. Chelberg y R. Winn, "How does service-learning increase and sustain interest in engineering education for underrepresented pre-engineering college students?" *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, vol. 18, pp. 1-6, 2017.

L. Chen, P. Chen y Z. Lin, "Artificial Intelligence in Education: A Review of the Impact of AI on Teaching and Learning", *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, vol. 14, nº 2, pp. 1-12, 2021.

D. Dougherty, "The Maker Movement", *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, vol. 7, no. 3, pp. 11-14, 2012.

J. Duffy, E. Tsang, y S. Lord, "Service-learning in engineering: what, why, and how", en *2000 Annual Conference*, 2000.

E. R. Halverson y K. Sheridan, "The Maker Movement in education", *Harvard Educational Review*, vol. 84, no. 4, pp. 495-504, 2014.

W. Holmes, M. Bialik y C. Fadel, *Inteligencia artificial en la educación: Promesas e implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje*, Center for Curriculum Redesign, 2019.

J. López Sotelo. *Deep Learning: teoría y aplicaciones*. Marcombo, 2023.

S. Papert e I. Harel, "Situating constructionism", *Constructionism*, vol. 36, nº 2, pp. 1-11, 1991.

L. Saavedra Munar, D. Martínez Castro, J. A. Marulanda Bohórquez, y E. Narváez-Cardona, «Aprendizaje-servicio y la cultura maker. Desarrollo de material educativo para niños con parálisis cerebral y discapacidades cognitivas», Limaq, vol. 10, n.º 010, pp. 59-83, dic. 2022.

L Saavedra Munar, M Alier Forment, "The Maker Movement in Engineering Education: A Partial Literature Review of the Research Opportunities on Competency Development".Conference on technological ecosystems for enhancing, 2022

P. Taheri, P. Robbins y S. Maalej, "Makerspaces in First-Year Engineering Education", Education Sciences, vol. 10, nº 1, p. 8, 2020.