



## TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA: INTEGRACIÓN DE SIMULACIONES Y HERRAMIENTAS INTERACTIVAS EN CURSOS DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Rodrigo Demarco, Universidad Técnica Federico Santa María, rodrigo.demarco@usm.cl  
Felipe Escudero, Universidad Técnica Federico Santa María, felipe.escudero@usm.cl  
Macarena Gatica, Universidad Técnica Federico Santa María, macarena.gatica@usm.cl  
Fredy Kristjanpoller, Universidad Técnica Federico Santa María, fredy.kristjanpoller@usm.cl

### RESUMEN

Este trabajo presenta una metodología general para la integración de herramientas tecnológicas interactivas en cursos de ingeniería, con el objetivo de fortalecer el aprendizaje activo y facilitar la comprensión de conceptos complejos. La metodología propuesta considera cuatro etapas: diagnóstico de necesidades, selección de herramientas, implementación en aula y evaluación de impacto en el aprendizaje. Para validar esta metodología, se aplicó como caso de estudio en los cursos de Gestión Energética I y II de Ingeniería Civil Industrial, utilizando Python y Jupyter Notebooks para simulaciones interactivas, Manim para visualizaciones animadas y Kahoot para retroalimentación previa a evaluaciones. Se aplicó un cuestionario de percepción a 29 estudiantes que cursaron ambas asignaturas, evaluando la utilidad de las herramientas, su impacto en la motivación y su contribución a la comprensión de la materia. Los resultados preliminares muestran una valoración positiva de las herramientas implementadas, indicando un impacto favorable en la motivación y el aprendizaje de los estudiantes. Este enfoque demuestra ser replicable en otros cursos de ingeniería, contribuyendo al desarrollo de competencias docentes alineadas con los nuevos desafíos en la enseñanza de contenidos técnicos.

### PALABRAS CLAVE

transformación digital, educación en ingeniería, simulaciones, Python, analítica del aprendizaje

### INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la ingeniería enfrenta el desafío de motivar a los estudiantes y facilitar la comprensión de conceptos complejos mediante estrategias que promuevan el aprendizaje activo y autónomo. En este contexto, la integración de herramientas tecnológicas interactivas se presenta como una oportunidad para reforzar la participación estudiantil, permitiendo la simulación de fenómenos, la visualización de conceptos abstractos y la retroalimentación inmediata de forma accesible y flexible Liu et al. (2025).

Diversos estudios han demostrado que las metodologías activas, complementadas con herramientas tecnológicas, contribuyen significativamente a la comprensión y retención de conceptos en áreas STEM, potenciando el desarrollo de competencias transversales como la resolución de problemas, el aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico Mares-Ruiz et al. (2023); Rodríguez-Sánchez et al. (2024). Sin embargo, su implementación en cursos de ingeniería requiere de un diseño estructurado que considere



las características de cada asignatura, los recursos disponibles y las metodologías de evaluación adecuadas Pacher et al. (2024).

Este trabajo presenta una metodología general para la integración de herramientas tecnológicas interactivas en cursos de ingeniería, detallando sus etapas de diagnóstico, selección, implementación y evaluación. Como caso de aplicación, se describe la experiencia de implementación en los cursos de Gestión Energética I y II de Ingeniería Civil Industrial, con el fin de evaluar su impacto en la motivación y el aprendizaje de los estudiantes, y contribuir al desarrollo de innovaciones educativas alineadas con nuevas formas de enseñanza técnica incluyendo tecnologías actuales.

## DESARROLLO

### Diagnóstico de necesidades

Se realizó un diagnóstico preliminar en cada curso para identificar los conceptos clave que suelen presentar mayores dificultades de aprendizaje y en los que la visualización, simulación o reforzamiento activo pudieran facilitar la comprensión por parte de los estudiantes. Este análisis incluyó la definición de las competencias disciplinares y transversales que se buscaba reforzar, tales como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la apropiación de tecnologías para el aprendizaje. Asimismo, se consideró la disponibilidad de recursos tecnológicos y el nivel de familiaridad de estudiantes y docentes con herramientas digitales, lo que permitió priorizar las unidades y actividades donde la integración de herramientas interactivas pudiera generar un mayor impacto pedagógico.

### Selección de herramientas

A partir del diagnóstico, se seleccionaron herramientas tecnológicas de libre acceso, con comunidades de soporte activas y un umbral de complejidad adecuado para el nivel de los estudiantes, facilitando su aprendizaje activo y autónomo. En esta propuesta se utilizaron Python y Jupyter Notebooks como herramientas para el desarrollo de simulaciones, la resolución de problemas y la visualización dinámica de resultados Johnson and Jin (2020), Manim para la generación de visualizaciones animadas que permitieran reforzar conceptos complejos The Manim Community Developers (2025); Mesón Martín et al. (2023); González-Videgaray and Romero-Ruiz (2023), y Kahoot como herramienta de reforzamiento y retroalimentación inmediata previa a evaluaciones Navarro-Castillo et al. (2025); Pertegal-Felices et al. (2020), promoviendo la participación de forma lúdica y efectiva.

### Implementación en aula

La implementación de las herramientas tecnológicas varió entre ambos cursos. En Gestión Energética I, se incorporaron ejemplos puntuales de Python en clases y ayudantías, principalmente como apoyo ilustrativo para resolver problemas asociados a mecánica de fluidos. Si bien estas instancias permitieron una primera aproximación a entornos de programación, su integración fue parcial y no estructurada dentro del diseño didáctico general.

En contraste, en Gestión Energética II se adoptó un enfoque más articulado y sistemático. Se diseñaron clases participativas que incorporaron ejemplos resueltos en Python, previamente distribuidos para su estudio autónomo. Durante las sesiones presenciales y ayudantías, se utilizaron Jupyter Notebooks con simulaciones interactivas guiadas, promoviendo la exploración de parámetros, la comprensión de los



fenómenos de transferencia de calor y la discusión colaborativa entre pares. Además, se implementaron actividades de reforzamiento mediante el uso de Kahoot antes de cada certamen, facilitando la retroalimentación lúdica sobre los contenidos clave. Complementariamente, se integraron videos elaborados en Manim para reforzar visualmente conceptos fundamentales. Este enfoque multimodal permitió diversificar las estrategias de enseñanza, favoreciendo el aprendizaje activo y adaptado al ritmo y estilo de cada estudiante.

## Evaluación del impacto

Para evaluar la implementación de esta metodología, se diseñó y aplicó un cuestionario mixto que incluyó preguntas con escala Likert para medir la percepción de utilidad de cada herramienta, su impacto en la motivación y su contribución a la comprensión de conceptos complejos, así como preguntas abiertas para obtener retroalimentación cualitativa sobre la experiencia de los estudiantes. La información obtenida permitió realizar un análisis descriptivo y exploratorio del impacto de las herramientas en el aprendizaje, identificar barreras y oportunidades de mejora, y retroalimentar el proceso de planificación de futuras actividades.

## Validación en cursos de Gestión Energética

La metodología propuesta fue validada mediante su aplicación como piloto en los cursos de Gestión Energética I (relacionado con Mecánica de Fluidos) y Gestión Energética II (relacionado con Transferencia de Calor) de Ingeniería Civil Industrial de la UTFSM, con el fin de evaluar su factibilidad y pertinencia en cursos de ingeniería con alta carga conceptual. La Tabla 1 resume las herramientas utilizadas en cada curso, evidenciando una integración progresiva de recursos según los objetivos de aprendizaje y contenidos de cada asignatura. Esta experiencia permitió generar evidencia preliminar sobre la aceptación, el uso autónomo y la contribución al aprendizaje de estas herramientas por parte de los estudiantes, cuyos resultados se presentan en la sección siguiente.

Tabla 1: Herramientas implementadas en los cursos de Gestión Energética

Herramienta	Descripción	GE I	GE II
Python en clases	Demostración de conceptos básicos proyectándolo al curso.	Sí	Sí
Python en ayudantías	Resolución de algún problema proyectándolo al curso	Sí	Sí
Jupyter Notebooks	Entrega de material interactivo para estudio personal	No	Sí
Manim	Entrega de video para estudio personal	No	Sí
Kahoot	Actividad presencial de cuestionario de repaso para evaluación	No	Sí

## RESULTADOS

### Percepción de utilidad de las herramientas digitales

Los resultados preliminares muestran una alta valoración promedio de las herramientas tecnológicas utilizadas en los cursos de Gestión Energética I y II. Como se observa en la Figura 1, la mayoría de los estudiantes evaluó con calificaciones entre 4 y 5 la utilidad de herramientas como Python en clases, Jupyter Notebooks y Kahoot, destacando su aporte a la comprensión de contenidos y la preparación para



evaluaciones. En particular, Python en clases y el material interactivo en Jupyter se posicionan como los recursos con mayor concentración de respuestas en los niveles más altos de utilidad, lo que sugiere que estas herramientas fueron percibidas como efectivas para el aprendizaje activo y autónomo. Por otro lado, herramientas como Manim, si bien presentaron una menor cantidad de respuestas debido a su incorporación reciente y voluntaria, también fueron valoradas positivamente por quienes las utilizaron. Esta distribución sugiere que una estrategia de integración articulada de recursos digitales, que combine visualización, simulación y retroalimentación lúdica, puede contribuir significativamente a la experiencia de aprendizaje en cursos de ingeniería.

Cabe señalar que, entre los estudiantes que respondieron la encuesta, 20 ingresaron a la carrera en 2022, 5 en 2021 y 4 en 2020. Si bien la muestra aún no permite establecer conclusiones con significancia estadística, se evidencia una mayor participación de estudiantes de ingreso reciente. Este patrón podría reflejar una mayor disposición de estos estudiantes a involucrarse con herramientas tecnológicas y procesos de retroalimentación, lo que se analizará con mayor detalle en secciones posteriores. Es importante precisar que estos datos no representan la población total de estudiantes por cohorte en los cursos, pero sí ofrecen una base útil para explorar la aplicabilidad de la metodología en perfiles estudiantiles diversos.

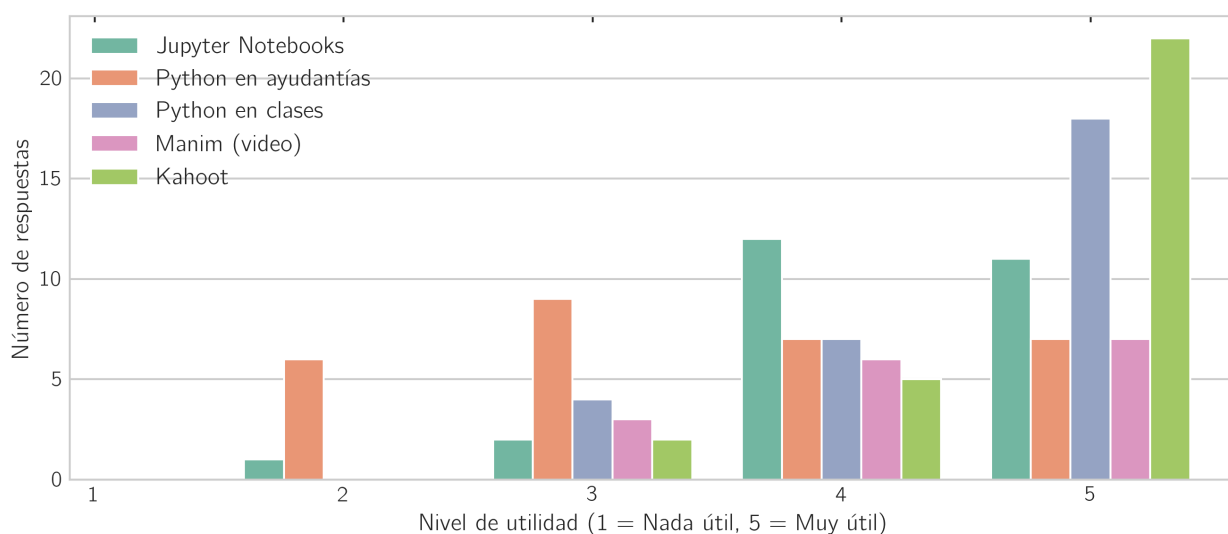


Figura 1: Distribución de utilidad percibida por herramienta.

Para explorar las relaciones entre las percepciones de utilidad de las distintas herramientas tecnológicas implementadas, se construyó una matriz de correlación de Pearson, representada en la Figura 2. Esta matriz permite identificar patrones de asociación entre las valoraciones entregadas por los estudiantes. Se observan correlaciones positivas moderadas entre Python en clases, Python en ayudantías y el material interactivo en Jupyter Notebooks (valores entre 0.43 y 0.50), lo que sugiere una sinergia entre herramientas que promueven la simulación y exploración activa de conceptos. Por otro lado, la utilidad percibida del video generado con Manim presenta correlaciones más bajas, aunque positivas, con las otras herramientas, mientras que Kahoot muestra una correlación débil o nula con el resto. Esto indica que Kahoot podría estar cumpliendo un rol complementario más vinculado a la preparación previa a evaluaciones, y no tanto a la profundización conceptual como las otras herramientas. En conjunto, estos resultados refuerzan la hipótesis de que la combinación articulada de herramientas interactivas puede potenciar la experiencia de aprendizaje, con distintos recursos contribuyendo a dimensiones complementarias del proceso formativo.

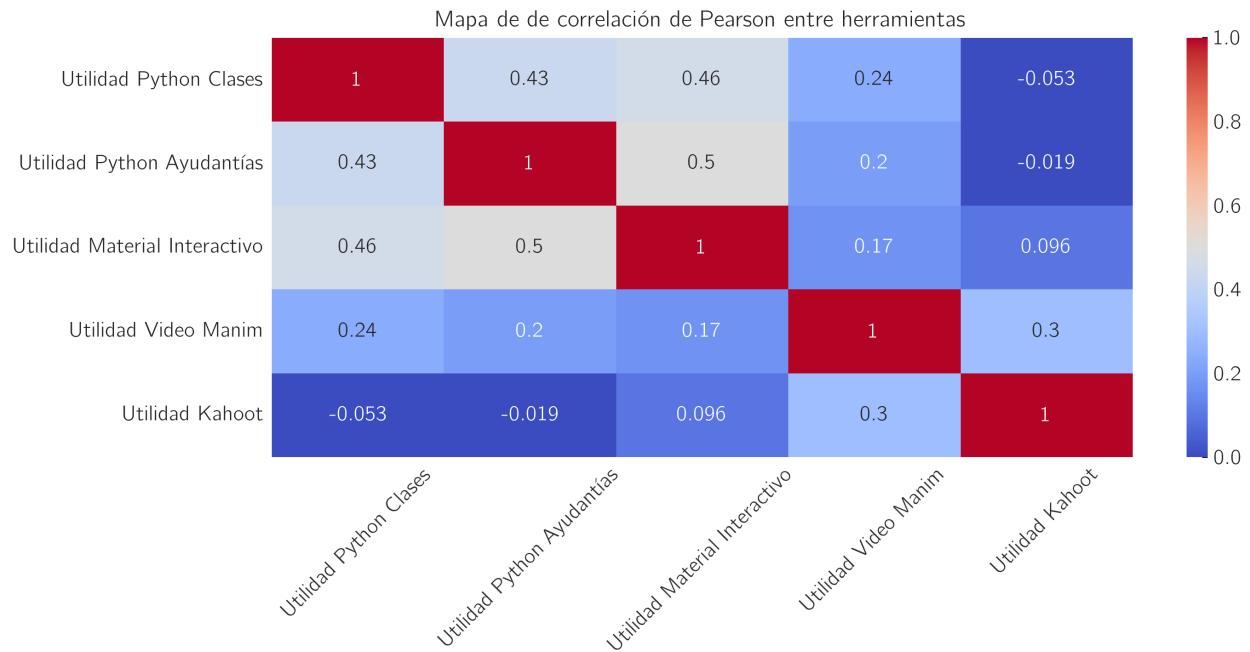


Figura 2: Mapa de calor de correlaciones entre percepciones de utilidad de herramientas digitales.

### Impacto en la motivación y el aprendizaje autónomo

La Figura 3 muestra la percepción comparativa del impacto de las herramientas tecnológicas en los cursos de Gestión Energética I y II. Se aprecia una clara tendencia a favor de Gestión Energética II, con más del 70% de los estudiantes indicando que las herramientas les ayudaron “más” o “mucho más” en este curso. Esta diferencia puede atribuirse a una implementación más estructurada y diversificada de recursos digitales en Gestión Energética II, donde se incorporaron Jupyter Notebooks, Kahoot y Manim como herramientas complementarias a Python. Estas herramientas no solo permitieron una mayor interactividad, sino que también facilitaron la visualización de fenómenos complejos asociados a la transferencia de calor. En contraste, Gestión Energética I se apoyó principalmente en clases invertidas y ejercicios en Python dirigidos por los ayudantes y el profesor, lo cual, si bien fue valorado, no generó el mismo nivel de impacto percibido. Estos resultados sugieren que la combinación y articulación intencionada de distintas tecnologías puede potenciar significativamente la percepción de utilidad por parte del estudiantado, particularmente cuando se alinean con los contenidos más abstractos o desafiantes del curso.

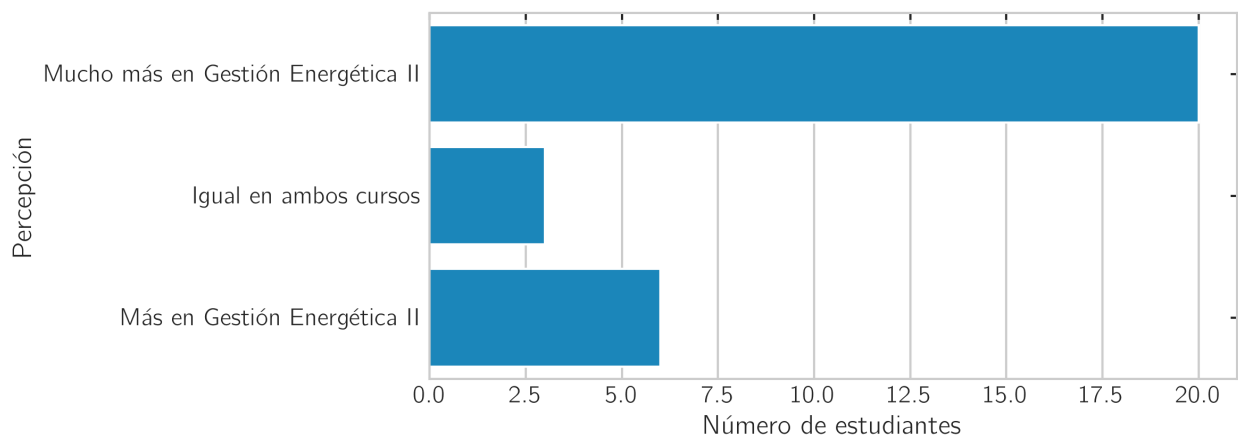


Figura 3: Comparativa de percepción de utilidad de herramientas entre Gestión Energética I y II.

La Figura 4 presenta una nube de palabras generada a partir de los comentarios cualitativos entregados por los estudiantes al final de la encuesta, luego de normalizar acentos para evitar diferencias artificiales entre palabras con y sin tilde. En esta visualización destacan conceptos como *código*, *clases*, *gestión energética*, *mucho*, *herramientas*, *realizar* y *proyecto*, lo cual refuerza el enfoque práctico y aplicado de los cursos. La prominencia de la palabra *código* sugiere que la programación, especialmente en Python, fue percibida como un eje central en la experiencia de aprendizaje. Además, la aparición frecuente de términos como *herramientas*, *realizar*, *ayudantía*, *tiempo* y *debería* refleja tanto el reconocimiento del aporte pedagógico de los recursos utilizados como la presencia de oportunidades de mejora en su implementación. La presencia de palabras como *bien*, *entender* y *facilidad* también sugiere una valoración positiva respecto al aprendizaje colaborativo y la claridad de los contenidos, mientras que otras como *poco*, *tanto* o *tiempo* podrían vincularse con desafíos en la carga académica o en el acceso oportuno al material. En conjunto, esta representación cualitativa complementa los análisis cuantitativos previos, proporcionando una visión más rica y matizada sobre la experiencia estudiantil y su interacción con las herramientas tecnológicas en contextos formativos.

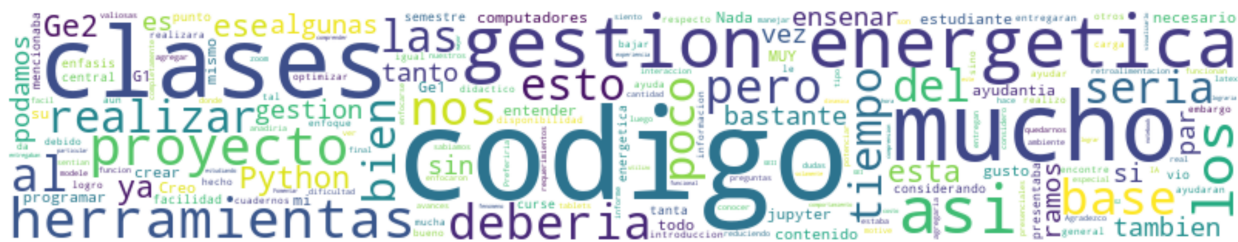


Figura 4: Nube de palabras generada a partir de comentarios abiertos de los estudiantes sobre las herramientas utilizadas.

### Analítica del aprendizaje: exploración de tendencias

La Figura 5 muestra la relación entre el uso autónomo de Python y Jupyter Notebook con la motivación y comprensión percibidas por los estudiantes, medidas mediante escalas tipo Likert. En cada boxplot, la zona rellena representa el rango entre el primer y tercer cuartil, es decir, donde se concentra el 50%



central de las respuestas; la línea horizontal dentro de cada caja indica la mediana, o valor central; y los puntos individuales fuera del rango se interpretan como valores atípicos.

Se observa que quienes usan Python de forma frecuente presentan medianas más altas tanto en motivación como en comprensión, con diferencias estadísticamente significativas según el test de Kruskal-Wallis Mc-Kight and Najab (2010) ( $p < 0.05$  en ambos casos). Esto refuerza la hipótesis de que el uso autónomo de herramientas computacionales estimula el interés y favorece la internalización de los conceptos clave del curso.

En cuanto al uso de Jupyter fuera de clase, los estudiantes que lo emplean frecuentemente también reportan valores más altos en ambas dimensiones. Sin embargo, solo las diferencias en comprensión alcanzan significancia estadística ( $p = 0.006$ ), mientras que las diferencias en motivación no son concluyentes ( $p = 0.094$ ). Esto sugiere que el uso de Jupyter Notebook puede ser particularmente eficaz como herramienta de refuerzo conceptual fuera del aula, más que como un factor motivacional directo. En conjunto, estos resultados respaldan la integración activa de entornos computacionales como parte del ecosistema pedagógico, especialmente en cursos que abordan contenidos técnicos como la gestión energética.

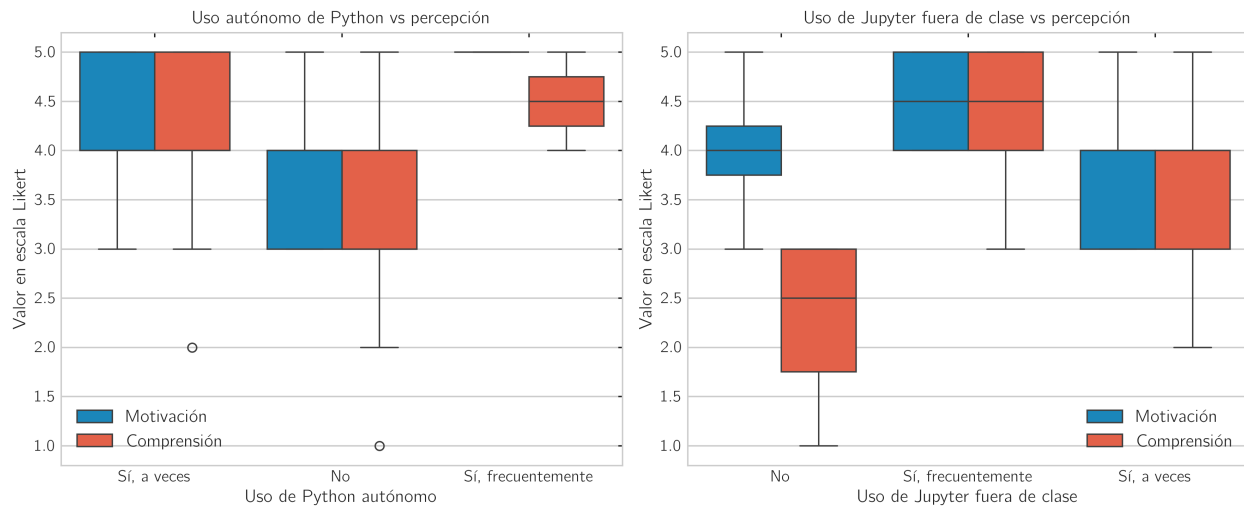


Figura 5: Motivación de los estudiantes según uso autónomo de Python.

La Figura 6 presenta un gráfico tipo radar que resume las valoraciones promedio otorgadas a cada herramienta tecnológica utilizada en los cursos de Gestión Energética I y II. Se observa una alta percepción de utilidad en general, con puntuaciones cercanas o superiores a 4 en todas las herramientas evaluadas. Destacan especialmente Python en clases y Kahoot, ambos con valores promedio cercanos al máximo de la escala, lo que indica una fuerte apreciación por su aporte en el aprendizaje activo y en la preparación para evaluaciones, respectivamente. Herramientas como Jupyter y Manim, aunque con una implementación más reciente o voluntaria, también presentan altos niveles de valoración, lo que refuerza su potencial como recursos pedagógicos eficaces. Python en ayudantías, si bien muestra la menor media relativa, mantiene una evaluación positiva, lo que sugiere que su impacto podría potenciarse con una integración más estratégica en dichas instancias.

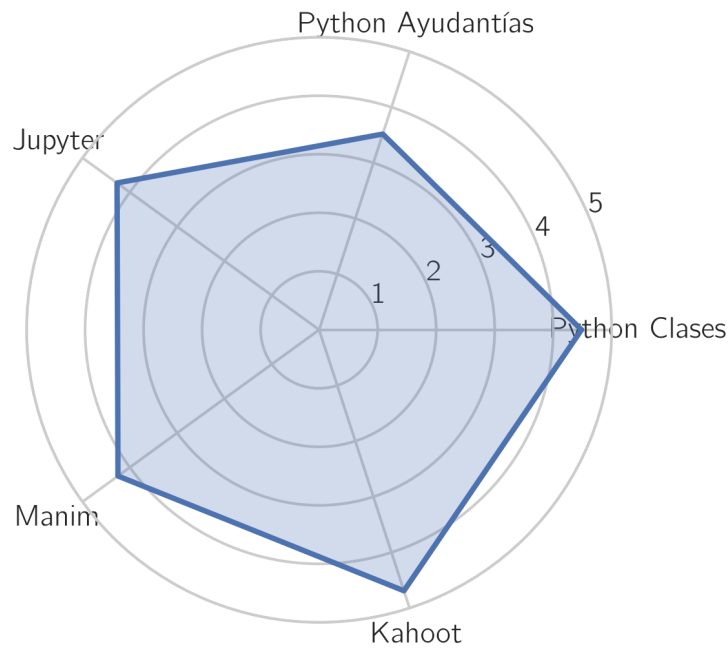


Figura 6: Radar de utilidad percibida de herramientas utilizadas por los estudiantes.

Los resultados preliminares obtenidos respaldan la efectividad de la metodología propuesta, evidenciando su potencial para fomentar el aprendizaje activo, aumentar la motivación estudiantil y facilitar la comprensión de contenidos complejos en contextos formativos de ingeniería. La implementación articulada de herramientas tecnológicas en los cursos de Gestión Energética ha demostrado ser una estrategia pedagógica pertinente y valorada por los estudiantes, lo que sienta una base sólida para su ampliación y adaptación a otras asignaturas del plan de estudios, contribuyendo así a una formación más interactiva, autónoma y contextualizada.

Además de las herramientas oficialmente implementadas en los cursos, un porcentaje significativo de estudiantes declaró haber utilizado modelos de lenguaje como ChatGPT u otras plataformas de inteligencia artificial generativa como apoyo para su aprendizaje. En particular, 17 de los 29 estudiantes encuestados (58.6%) indicaron que utilizaron estas herramientas para estudiar, ya sea resolviendo dudas, generando código o comprendiendo mejor los contenidos del curso. Asimismo, 21 estudiantes (72.4%) manifestaron estar de acuerdo o muy de acuerdo con la afirmación de que este tipo de herramientas deberían mantenerse o incluso incrementarse en otros cursos de la carrera. Estos resultados refuerzan la idea de que los modelos de lenguaje, cuando se usan de forma crítica y guiada, pueden complementar eficazmente los recursos docentes tradicionales. Su incorporación explícita en actividades formativas no solo responde a las preferencias y hábitos tecnológicos del estudiantado, sino que también ofrece una oportunidad para fomentar la autonomía, la exploración y la alfabetización digital responsable, alineada con los desafíos actuales de la formación en ingeniería.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La metodología general propuesta para la integración de herramientas tecnológicas interactivas en cursos de ingeniería ha demostrado ser efectiva para promover el aprendizaje activo, potenciar la motivación estudiantil y facilitar la comprensión de conceptos complejos. Su aplicación como estudio de caso en los cursos de Gestión Energética I y II permitió validar su factibilidad y pertinencia, evidenciando una valoración ampliamente positiva por parte de los estudiantes y un impacto favorable en su disposición a explorar contenidos de forma autónoma.

El uso articulado de Python y Jupyter Notebooks potenció el desarrollo de habilidades en resolución de problemas y visualización de fenómenos, mientras que la incorporación de Manim facilitó la comprensión conceptual mediante animaciones dinámicas. Por su parte, Kahoot actuó como un recurso lúdico de retroalimentación inmediata, especialmente útil en instancias previas a evaluaciones. En conjunto, estas herramientas contribuyeron a una experiencia de aprendizaje más interactiva, exploratoria y alineada con las competencias transversales requeridas en la formación en ingeniería.

Con base en los resultados obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones para futuras implementaciones:

- Desarrollar talleres introductorios de Python dirigidos a estudiantes que requieran nivelación, especialmente en etapas tempranas del curso.
- Diseñar materiales de simulación interactivos adaptados a las distintas unidades temáticas, integrando visualizaciones, ejercicios guiados y retroalimentación automatizada.
- Vincular las herramientas tecnológicas a instancias de evaluación sumativa y a los proyectos de curso, reforzando su aplicabilidad en contextos reales.
- Establecer mecanismos sistemáticos de monitoreo del impacto sobre el rendimiento académico y la percepción estudiantil, a fin de retroalimentar el proceso de mejora continua.

Esta estrategia puede ser escalada y adaptada a otras asignaturas del plan de estudios, contribuyendo a la innovación en la docencia universitaria mediante el uso de recursos accesibles, dinámicos y orientados al aprendizaje autónomo. Asimismo, se recomienda explorar análisis complementarios, como agrupamientos de estudiantes mediante técnicas de clústeres o componentes principales, que permitan identificar perfiles diferenciados de aprendizaje y uso de herramientas. Estos análisis podrían enriquecer la personalización de estrategias pedagógicas y, en futuras ediciones, establecer vínculos más sólidos entre preferencias tecnológicas, desempeño académico y trayectorias formativas.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los estudiantes de Ingeniería Civil Industrial de la UTFSM por su participación activa en este proyecto, así como a los ayudantes del curso por su colaboración en la elaboración de materiales interactivos y actividades de apoyo. Se agradece al Programa de Certificación de Educador Internacional de Ingeniería por fomentar y respaldar el desarrollo de innovaciones educativas con impacto real en el aula.



## Referencias

- González-Videgaray, M. and Romero-Ruiz, R. (2023). Videos matemáticos educativos de alta calidad elaborados por profesores con python manim: High quality educational math videos made by teachers with python manim. *Tecnología Educativa Revista CONAIC*, 10(3):26–30.
- Johnson, J. W. and Jin, K. H. (2020). Jupyter notebooks in education. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 35(8):268–269.
- Liu, Y., Jing, Y., Li, J., Dai, J., Hu, Z., and Wang, C. (2025). Application of ai in engineering education: A bibliometric study. *Review of Education*, 13(1):e70044.
- Mares-Ruiz, C. M., Cardoza-Sernaqué, L. S., Jiménez-Jáuregui, Y. J., Belleza-Torrejón, S. E., Salas-Torres, L. M., and Víctor, J. (2023). Autonomous learning in higher education students: A systematic review of the literature on wos between 2019-2022. *International Journal*, 10(4):423–433.
- McKight, P. E. and Najab, J. (2010). Kruskal-wallis test. *The corsini encyclopedia of psychology*, pages 1–1.
- Mesón Martín, Á. et al. (2023). Animaciones programáticas con manim como soporte a la docencia universitaria.
- Navarro-Castillo, Y., Pablo-Lerchundi, I., and Morales-Alonso, G. (2025). Kahoot! as a tool to enhance learning for engineering students in economics & management courses. *The International Journal of Management Education*, 23(2):101173.
- Pacher, C., Woschank, M., Zunk, B. M., and Gruber, E. (2024). Engineering education 5.0: a systematic literature review on competence-based education in the industrial engineering and management discipline. *Production & Manufacturing Research*, 12(1):2337224.
- Pertegal-Felices, M. L., Jimeno-Morenilla, A., Sánchez-Romero, J. L., and Mora-Mora, H. (2020). Comparison of the effects of the kahoot tool on teacher training and computer engineering students for sustainable education. *Sustainability*, 12(11):4778.
- Rodriguez-Sanchez, C., Orellana, R., Fernandez Barbosa, P. R., Borromeo, S., and Vaquero, J. (2024). Insights 4.0: Transformative learning in industrial engineering through problem-based learning and project-based learning. *Computer Applications in Engineering Education*, 32(4):e22736.
- The Manim Community Developers (2025). Manim – Mathematical Animation Framework.