

Capítulo 5. Metodología mixta para evaluar estrategias didácticas con simuladores en circuitos eléctricos



JORGE ALBERTO GUTIÉRREZ ESPINOSA*

BRENDA LETICIA VILLEGAS AGUILERA**

ADÁN ÁVILA CABRERA***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.472.05>

Resumen

La enseñanza de los circuitos eléctricos en educación superior presenta desafíos relacionados con la comprensión de conceptos abstractos y la vinculación entre teoría y práctica. En este contexto, el presente capítulo propone una metodología mixta para evaluar estrategias didácticas apoyadas en simuladores educativos, particularmente PhET y Multisim, con el propósito de obtener una comprensión integral del proceso de enseñanza y aprendizaje. Se adopta un enfoque mixto secuencial explicativo con diseño cuasi experimental, integrando métodos cuantitativos y cualitativos mediante una estrategia de triangulación. La metodología contempla el diseño, validación y pilotaje de cuestionarios para docentes y estudiantes, la aplicación de pruebas de pretest y posttest para evaluar el rendimiento académico, así como grupos focales, entrevistas a profundidad y observación para analizar percepciones y experiencias durante la implementación de las estrategias didácticas. Los instrumentos fueron sometidos a juicio de expertos,

* Doctorante en Educación. Profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6735-8013> ; correo electrónico: jorge.gutierrezsp@uanl.edu.mx

** Doctora en Filosofía por la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8132-4247>

*** Doctor en Psicología. Profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3354-0678>

análisis mediante el índice V de Aiken y evaluación de confiabilidad con el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniéndose valores de 0.95 y 0.96 para los cuestionarios dirigidos a docentes y estudiantes, respectivamente. Los resultados preliminares evidencian una percepción favorable hacia el uso de simuladores para facilitar la comprensión conceptual y la visualización de fenómenos eléctricos, aunque también se identifican limitaciones relacionadas con la accesibilidad tecnológica y el contexto de implementación. Se concluye que la metodología propuesta constituye una alternativa rigurosa y replicable para evaluar estrategias didácticas en educación en ingeniería, favoreciendo una interpretación más amplia del aprendizaje al integrar evidencias cuantitativas y cualitativas.

Palabras clave: *metodología mixta, simuladores educativos, circuitos eléctricos, educación en ingeniería.*

Introducción

La educación en ingeniería enfrenta actualmente importantes desafíos asociados a la comprensión de conceptos abstractos, el desarrollo de habilidades de análisis y la necesidad de fortalecer competencias aplicadas en escenarios tecnológicos cada vez más complejos. En este contexto, las asignaturas relacionadas con circuitos eléctricos representan una de las bases fundamentales dentro de múltiples programas de ingeniería, debido a que constituyen el punto de partida para el estudio de áreas avanzadas como electrónica, automatización, control, telecomunicaciones y sistemas eléctricos. Sin embargo, los estudiantes suelen presentar dificultades importantes en la comprensión conceptual de fenómenos eléctricos, particularmente cuando los contenidos se abordan mediante estrategias tradicionales centradas en la exposición teórica y la resolución mecánica de ejercicios.

La complejidad del aprendizaje en ingeniería radica en que requiere integrar conocimientos conceptuales, procedimentales y representacionales de manera simultánea. Los estudiantes deben comprender principios matemáticos y físicos, interpretar diagramas, analizar variables, visualizar fenómenos invisibles y transferir conocimientos hacia situaciones prácticas.

En ese sentido, Prince y Felder (2006) sostienen que la educación en ingeniería requiere enfoques capaces de involucrar activamente al estudiante dentro de la construcción del conocimiento, favoreciendo procesos de aprendizaje más participativos, contextualizados y orientados a la resolución de problemas. De manera semejante, Theobald et al. (2020) demostraron que las metodologías activas favorecen una participación más significativa y reducen brechas de desempeño académico en áreas STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics).

Ante estas necesidades formativas, diversas investigaciones han señalado la necesidad de incorporar estrategias didácticas activas capaces de favorecer procesos de aprendizaje más significativos y contextualizados. Freeman et al. (2014) reportaron efectos positivos de las metodologías activas sobre el desempeño académico y participación estudiantil en áreas STEM.

Las estrategias didácticas pueden definirse como el conjunto organizado de procedimientos, recursos y acciones pedagógicas orientadas a favorecer el aprendizaje significativo y el logro de objetivos educativos específicos. En educación en ingeniería, estas estrategias buscan facilitar la comprensión de fenómenos complejos mediante metodologías activas, resolución de problemas y experiencias contextualizadas.

Particularmente, las estrategias didácticas apoyadas en simuladores permiten integrar entornos interactivos donde los estudiantes pueden representar fenómenos físicos, modificar variables y favorecer procesos de experimentación virtual, fortaleciendo la relación entre teoría y práctica.

Radianti et al. (2020) señalan que las simulaciones favorecen procesos de visualización, experimentación y comprensión conceptual, mientras que Chernikova et al. (2020) reportaron efectos positivos del aprendizaje basado en simulación sobre habilidades cognitivas y resolución de problemas. En circuitos eléctricos, herramientas como PhET y Multisim permiten representar circuitos de corriente directa y alterna mediante modelos interactivos que facilitan el análisis y comparación entre resultados teóricos y simulados. Asimismo, la integración de plataformas digitales con la analítica del aprendizaje e inteligencia artificial ha comenzado a transformar los procesos educativos mediante estrategias de personalización, retroalimentación automática y seguimiento del aprendizaje en educación STEM.

No obstante, los resultados reportados sobre el uso de simuladores continúan siendo variables y dependen de factores como contexto institucional, diseño pedagógico y acompañamiento docente. En ese sentido, Makransky et al. (2016) señalan que el impacto de las simulaciones depende significativamente del diseño pedagógico utilizado, mientras que Borrego y Henderson (2021) destacan que las estrategias tecnológicas producen efectos distintos según la forma en que se integran dentro de la práctica docente. Inclusive, revisiones recientes en educación STEM reportan resultados heterogéneos y condicionados por factores metodológicos y contextuales.

Bajo esta perspectiva, uno de los principales vacíos identificados en la investigación actual se relaciona con la necesidad de desarrollar metodologías rigurosas que permitan evaluar de forma integral el impacto de las estrategias didácticas basadas en simulación. Qushem et al. (2025) señalan la necesidad de desarrollar marcos metodológicos sólidos y métricas estandarizadas que permitan interpretar adecuadamente los resultados obtenidos en entornos tecnológicos aplicados a educación STEM.

Considerando lo anterior, el presente capítulo tiene como objetivo proponer una metodología mixta para la evaluación de estrategias didácticas basadas en simulación en educación en ingeniería, particularmente en el área de circuitos eléctricos. Asimismo, este trabajo forma parte de una tesis doctoral actualmente en desarrollo.

Descripción de enfoque y metodología para el estudio

Enfoque y diseño de la investigación

La investigación se estructuró desde un enfoque mixto secuencial explicativo con diseño cuasi experimental, permitiendo integrar métodos cuantitativos relacionados con el rendimiento académico y métodos cualitativos orientados a interpretar percepciones, experiencias educativas y comprensión del aprendizaje relacionadas con estrategias didácticas. Borrego y Henderson (2021) señalan que la investigación en educación en ingeniería requiere metodologías capaces de interpretar tanto resultados académicos como procesos de aprendizaje, experiencias educativas y dinámicas pedagógicas.

La integración metodológica se desarrolla bajo una lógica de triangulación, donde los resultados cuantitativos se complementan con resultados cualitativos. Este enfoque permite fortalecer la validez de los hallazgos y evitar interpretaciones simplificadas centradas exclusivamente en indicadores numéricos.

Técnicas y métodos para el estudio

Con el propósito de evaluar integralmente la implementación de estrategias didácticas apoyadas en simuladores, se emplean diversos métodos, técnicas e instrumentos orientados tanto al análisis del rendimiento académico, como a la interpretación de percepciones y experiencias educativas. En este sentido, la tabla 5.1 presenta los instrumentos considerados dentro del proceso metodológico de investigación.

Tabla 5.1. *Instrumentos utilizados en la investigación*

<i>Instrumento</i>	<i>Participantes</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Tipo de información</i>
Cuestionario docentes	Docentes de circuitos eléctricos	Identificar percepciones, conocimientos y prácticas docentes	Cuantitativa
Cuestionario estudiantes	Estudiantes de circuitos eléctricos	Identificar características académicas, percepción del aprendizaje y hábitos de estudio	Cuantitativa
Pretest y posttest	Estudiantes de circuitos eléctricos	Evaluar cambios en el rendimiento académico	Cuantitativa
Observación aplicación	Estudiantes de circuitos eléctricos de los grupos experimentales	Analizar la interacción, participación y desarrollo de estudiantes durante la aplicación de las estrategias didácticas	Cualitativa
Entrevista profundidad	Docentes de circuitos eléctricos	Analizar percepciones docentes sobre la aplicación de estrategias didácticas	Cualitativa
Grupos focales	Estudiantes de circuitos eléctricos	Analizar la percepción de estudiantes del aprendizaje adquirido mediante estrategias didácticas	Cualitativa

Fuente: elaboración propia.

Métodos cuantitativos

Inicialmente, se plantea la aplicación de cuestionarios a estudiantes y docentes con la finalidad de identificar características académicas, prácticas educativas y percepciones relacionadas con el uso de estrategias didácticas apoyadas en simuladores. Posteriormente se propone la aplicación de pruebas de pretest y postest orientadas a evaluar cambios en el aprendizaje y en el rendimiento académico.

Cuestionarios

Derivado del análisis de antecedentes, se optó por diseñar reactivos propios en vez de usar instrumentos previamente existentes, estructurando ambos cuestionarios a partir de dimensiones teóricamente relacionadas con el rendimiento académico y el aprendizaje en circuitos eléctricos. Los instrumentos dirigidos a estudiante y a docentes se sometieron a juicio de expertos, proceso mediante el cual se realizaron ajustes de redacción orientados a disminuir sesgos, ambigüedades y problemas de interpretación. Asimismo, los juicios emitidos por los expertos fueron analizados mediante el índice V de Aiken, con la finalidad de cuantificar el nivel de acuerdo con la pertinencia y claridad de los reactivos.

Posteriormente se desarrolló el pilotaje de ambos instrumentos utilizando muestras con características similares a la población objetivo. La confiabilidad se analizó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, permitiendo realizar ajustes finales y consolidar las versiones definitivas de los cuestionarios para su aplicación.

El cuestionario para docentes, conformado por 54 reactivos estructurados mediante escalas tipo Likert, permite recopilar información relacionada con prácticas pedagógicas, integración tecnológica y percepción del proceso de enseñanza-aprendizaje en circuitos eléctricos. Por su parte, el cuestionario para estudiantes, integrado por 55 reactivos organizados mediante escalas tipo Likert, permite obtener información relacionada con la trayectoria académica, estrategias de aprendizaje, percepción educativa y uso de tecnologías digitales dentro del aprendizaje de circuitos eléctricos. Las tablas

5.2 y 5.3 presentan los propósitos de las dimensiones consideradas en los cuestionarios aplicados a docentes y estudiantes respectivamente, así como un reactivo representativo de cada dimensión.

Tabla 5.2. *Dimensiones del cuestionario para docentes*

<i>Dimensión</i>	<i>Propósito</i>	<i>Reactivo representativo</i>
Estrategias de enseñanza preferidas	Identificar estrategias didácticas y recursos utilizados en la enseñanza de circuitos eléctricos	Utilizo recursos multimedia, como videos y animaciones, para explicar conceptos complejos en circuitos eléctricos
Conocimiento y uso de tecnología e IA	Analizar nivel de integración tecnológica y uso de IA en la práctica docente	Conozco y utilizo plataformas y recursos en línea que ofrecen cursos, tutoriales y simuladores para circuitos eléctricos
Percepción del aprendizaje estudiantil	Identificar percepciones docentes sobre comprensión, participación y desempeño estudiantil	Los estudiantes muestran un razonamiento lógico y crítico al resolver problemas de circuitos eléctricos
Formación y preparación docente	Identificar experiencia académica y capacitación relacionada con el uso de estrategias didácticas y tecnología educativa	Mi preparación académica incluye conocimientos en tecnologías digitales y recursos didácticos aplicados a circuitos eléctricos

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.3. *Dimensiones del cuestionario para estudiantes*

<i>Dimensión</i>	<i>Propósito</i>	<i>Reactivo representativo</i>
Situación socioeconómica	Identificar condiciones socioeconómicas que afecten rendimiento académico	Mi acceso a internet y tecnología para estudiar está limitado por mi situación económica
Trayectoria académica	Analizar los antecedentes académicos y experiencia previa de los estudiantes	Mis antecedentes en física teórica me permiten entender mejor los principios básicos de los circuitos eléctricos
Estrategias de aprendizaje, formas de aprender y hábitos de estudio	Identificar estrategias, hábitos y preferencias de aprendizaje utilizadas por los estudiantes	Tomo notas detalladas durante las clases y reviso estos apuntes posteriormente como estrategia de consolidación del conocimiento
Uso de inteligencia artificial	Analizar el nivel de uso, finalidad y percepción de herramientas de IA	Prefiero usar simuladores y programas informáticos basados en IA para practicar conceptos de ingeniería
Tipos de inteligencia y preferencias cognitivas	Identificar preferencias cognitivas y tipos de inteligencias predominantes en los estudiantes	Prefiero aprender a través de actividades que involucran música, ritmos o sonidos

Fuente: elaboración propia.

Pretest y posttest

El pretest y posttest fueron diseñados para evaluar el aprendizaje conceptual y procedimental relacionado con temas específicos de circuitos eléctricos, permitiendo comparar la implementación de estrategias didácticas basadas en simuladores en los grupos experimentales frente al uso de estrategias tradicionales en los grupos de control.

Las actividades didácticas aplicadas en los grupos experimentales se desarrollaron principalmente mediante las plataformas PhET y Multisim, seleccionadas debido a su accesibilidad y capacidad para representar fenómenos eléctricos mediante entornos visuales e interactivos. Estas herramientas permiten modificar variables, analizar el comportamiento de circuitos en tiempo real y desarrollar procesos de experimentación virtual orientados al aprendizaje activo en educación en ingeniería.

El pretest y posttest permiten valorar la comprensión de circuitos eléctricos, la interpretación de variables y la aplicación de procedimientos de análisis en diferentes situaciones problemáticas. La elaboración de ambos instrumentos se realizó con base en la experiencia docente y en contenidos fundamentales del área. La versión inicial estuvo conformada por 20 reactivos, distribuidos en un 30% de preguntas relacionadas con conceptos básicos y un 70% de problemas de aplicación conceptual apoyados en representaciones visuales de circuitos eléctricos.

Métodos cualitativos

Grupos focales

Se realizaron dos grupos focales integrados por siete estudiantes cada uno, pertenecientes a grupos experimentales donde se implementaron simuladores educativos. Las sesiones fueron grabadas y estructuradas mediante preguntas orientadas a identificar percepciones relacionadas con ventajas, limitaciones y utilidad de los simuladores en el aprendizaje de circuitos eléctricos.

Entrevista a profundidad y observación

Las entrevistas a profundidad contemplan la participación de docentes con diferente antigüedad y experiencia profesional, con la finalidad de recuperar diversas perspectivas sobre la implementación de simuladores en el aula. De manera complementaria, durante las entrevistas y grupos focales, se incorporará observación relacionada con comunicación no verbal, disposición de participación y seguridad al responder, favoreciendo una interpretación cualitativa más contextualizada.

Población y muestra

La población del estudio se conforma por estudiantes de ingeniería y docentes vinculados con la enseñanza de circuitos eléctricos en programas de educación superior. La selección de participantes responde a criterios de accesibilidad, disponibilidad institucional y pertinencia académica, considerando asignaturas relacionadas con contenidos fundamentales del área. Debido al carácter voluntario de la participación, se estima una cobertura aproximada de entre el 70% y el 90% de participantes considerados.

La muestra considerada para la aplicación de los cuestionarios se integra por aproximadamente 120 participantes con registros válidos, y alrededor de 20 profesores relacionados con la enseñanza de circuitos eléctricos. El proceso de selección corresponde a un muestreo no probabilístico de tipo dirigido, considerando los grupos disponibles durante el semestre académico y la accesibilidad institucional de los participantes. En el caso de los docentes, se contempla una cobertura cercana al total de la población disponible. Asimismo, la muestra estudiantil representa aproximadamente el 10% de la población total de estudiantes inscritos semestralmente en la materia seleccionada.

Para el análisis del pretest y postest, se contempla trabajar con dos o tres grupos pertenecientes a una misma asignatura, integrados por aproximadamente 120 estudiantes distribuidos en grupos de control y experimentales. La selección corresponde igualmente a un muestreo dirigido, procurando mantener similitud en características académicas, turno y perfil estudiantil, con la finalidad de disminuir posibles variaciones contextuales y favorecer

la comparación entre estrategias didácticas tradicionales y estrategias apoyadas en simuladores educativos.

Respecto a los métodos cualitativos, los grupos focales se integraron mediante un muestreo dirigido, considerando estudiantes pertenecientes a los grupos experimentales donde se implementaron simuladores educativos. Se realizaron dos grupos focales integrados por siete estudiantes cada uno. Por otra parte, las entrevistas a profundidad corresponden a un muestreo no probabilístico de tipo intencional, contemplando la participación de al menos dos docentes con diferente antigüedad y experiencia profesional, procurando incorporar diversidad de perspectivas dentro del análisis cualitativo.

Pilotaje y confiabilidad de los instrumentos

Posteriormente al diseño y validación de los cuestionarios, se desarrolló el proceso de pilotaje con participantes de características semejantes a la población objetivo, con la finalidad de identificar posibles dificultades de interpretación, redundancia semántica y ambigüedades conceptuales en los reactivos incluidos en los cuestionarios dirigidos a docentes y estudiantes. Esta fase permitió realizar ajustes relacionados con claridad de redacción, organización de ítems y adecuación al contexto de ingeniería eléctrica.

La confiabilidad de los instrumentos se analizó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, utilizado para evaluar la consistencia interna de cuestionarios estructurados mediante escalas tipo Likert. De acuerdo con George y Mallery (2020), valores superiores a 0.70 indican niveles aceptables de confiabilidad, mientras que coeficientes superiores a 0.90 reflejan una consistencia interna excelente.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right)$$

Donde $\sum S_i^2$ representa el coeficiente alfa de Cronbach, S_T^2 corresponde al número de ítems, representa la suma de las varianzas individuales de cada reactivo y corresponde a la varianza total del instrumento.

Los resultados obtenidos evidenciaron niveles elevados de confiabilidad en ambos instrumentos aplicados. El instrumento dirigido a docentes presentó un

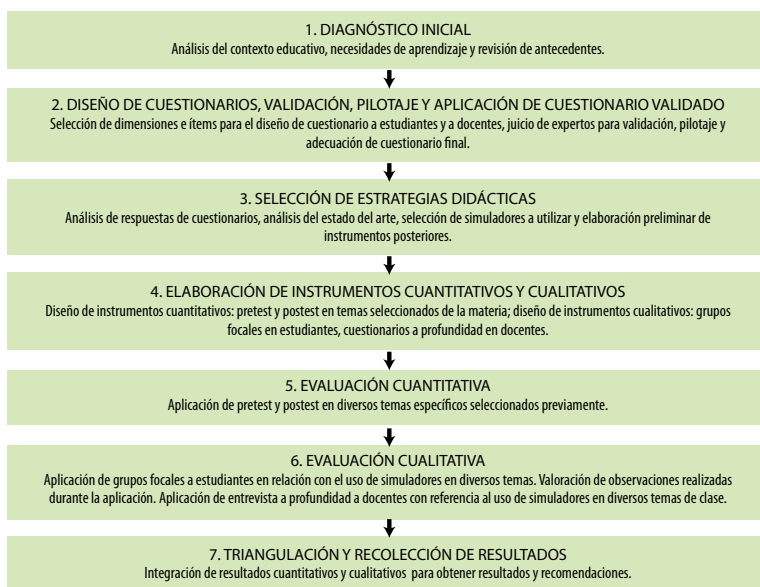
alfa de Cronbach de 0.95, mientras que el cuestionario aplicado a estudiantes obtuvo un coeficiente de 0.96, resultados que indican una consistencia interna altamente satisfactoria y adecuada estabilidad metodológica de los reactivos.

En conjunto, el proceso de validación y pilotaje permitió fortalecer la claridad, pertinencia y confiabilidad de los instrumentos para su aplicación en investigaciones relacionadas con estrategias didácticas apoyadas en simuladores en educación en ingeniería.

Fases metodológicas

La figura 5.1 sintetiza las fases metodológicas desarrolladas en la investigación, integrando procedimientos cuantitativos y cualitativos bajo una lógica de triangulación orientada al análisis de estrategias didácticas apoyadas en simuladores en circuitos eléctricos. Estas fases permiten organizar de manera secuencial los procesos de diagnóstico, validación de instrumentos, implementación y evaluación educativa.

Figura 5.1. *Diagrama de proceso educativo en siete fases metodológicas*



Fuente: elaboración propia.

Análisis de resultados

Análisis del pilotaje y confiabilidad

El proceso de pilotaje permitió identificar niveles adecuados de consistencia interna en los instrumentos diseñados para docentes y estudiantes, obteniéndose coeficientes de alfa de Cronbach de 0.95 y 0.96, respectivamente. Asimismo, el pilotaje permitió detectar reactivos con redacción extensa, redundancia parcial y ambigüedad conceptual, realizándose ajustes orientados a mejorar claridad interpretativa y adecuación contextual al área de circuitos eléctricos.

Desde una perspectiva metodológica, también se identificaron posibles limitaciones relacionadas con la aplicación de cuestionarios extensos, debido a que algunos estudiantes mostraron resistencia o poca disposición para responder, situación que podría influir en la profundidad y consistencia de ciertas respuestas obtenidas.

Resultados preliminares metodológicos

De manera preliminar, el enfoque metodológico permitió integrar información cuantitativa y cualitativa para el análisis de estrategias didácticas apoyadas en simuladores en circuitos eléctricos.

En los grupos focales, los estudiantes manifestaron una percepción favorable hacia el uso de simuladores, particularmente por su utilidad para visualizar fenómenos eléctricos y comprender conceptos abstractos. Sin embargo, también se identificaron limitaciones relacionadas con dificultades iniciales de uso, disponibilidad de tutoriales y acceso restringido a plataformas como Multisim.

Asimismo, durante las sesiones se observaron diferencias en la participación estudiantil, identificándose estudiantes con mayor seguridad al responder y otros con respuestas más breves e indirectas. Estas observaciones permitieron reconocer que factores pedagógicos, tecnológicos y contextuales pueden influir tanto en la implementación de simuladores como en la interpretación de los resultados obtenidos.

Conclusiones

La metodología desarrollada permitió integrar métodos cuantitativos y cualitativos para el análisis de estrategias didácticas apoyadas en simuladores en educación en ingeniería, favoreciendo una interpretación más amplia del aprendizaje y superando enfoques centrados exclusivamente en indicadores de rendimiento académico.

La triangulación metodológica permitió complementar resultados cuantitativos con percepciones, experiencias y observaciones obtenidas durante la implementación de las estrategias didácticas, fortaleciendo la comprensión de los procesos de enseñanza y aprendizaje en circuitos eléctricos.

Los resultados preliminares sugieren que el uso de simuladores educativos puede favorecer la comprensión conceptual y la visualización de fenómenos eléctricos. Sin embargo, también se identificaron limitaciones relacionadas con accesibilidad tecnológica, curva de aprendizaje y condiciones contextuales asociadas con su implementación.

Desde esta perspectiva, el capítulo destaca la importancia de analizar los simuladores educativos no únicamente como recursos tecnológicos, sino como herramientas integradas dentro de estrategias didácticas estructuradas y mediadas pedagógicamente. Finalmente, la propuesta metodológica desarrollada puede adaptarse a distintos contextos de educación superior y contribuir al desarrollo de futuras investigaciones en educación en ingeniería y educación STEM.

Referencias

- Baker, R. S. (2018). Challenges for the future of educational data mining: The Baker learning analytics prizes. *Journal of Educational Data Mining*, 11(1), 1-17. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3554745>
- Borrego, M., y Henderson, C. (2021). Increasing the use of evidence-based teaching in STEM higher education: A comparison of eight change strategies. *Journal of Engineering Education*, 110(2), 377-401. <https://doi.org/10.1002/jee.20040>

- Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., y Fischer, F. (2020). Simulation-based learning in higher education: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 90(4), 499-541. <https://doi.org/10.3102/0034654320933544>
- Creswell, J. W., y Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3.ª ed.). SAGE.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., y Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in STEM. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410-8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- George, D., y Mallery, P. (2020). *IBM SPSS Statistics 26 step by step: A simple guide and reference* (16.ª ed.). Routledge.
- Kefalis, C., Skordoulis, C., y Drigas, A. (2025). Digital simulations in STEM education: Insights from recent empirical studies. *Encyclopedia*, 5(1), 10. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia5010010>
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4, 863. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Lombardi, D., Shipley, T. F., Bailey, J. M., Bretones, P. S., Prather, E. E., Ballen, C. J., Knight, J. K., Smith, M. K., Stowe, R. L., Cooper, M. M., Prince, M., Atit, K., Uttal, D. H., LaDue, N. D., McNeal, K. S., Ryker, K., St. John, K., van der Hoeven Kraft, K. J., y Docktor, J. L. (2021). The curious construct of active learning. *Psychological Science in the Public Interest*, 22(1), 8-43. <https://doi.org/10.1177/1529100620973974>
- Makransky, G., Thisgaard, M. W., y Gadegaard, H. (2016). Virtual simulations as preparation for lab exercises. *PLOS ONE*, 11(6), e0155895. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155895>
- OpenAI. (2025). *ChatGPT* [Modelo de lenguaje grande]. <https://chat.openai.com/>
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Prince, M., y Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>
- Qushem, U. B., Christopoulos, A., Kaliisa, R., Khalil, M., Salakoski, T., y Laakso, M. J. (2025). Technology-enhanced learning and learning analytics for personalized STEM learning: A scoping review. *International Journal of Educational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2025.102827>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., y Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality in higher education. *Computers y Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., y Campbell, D. T. (2002). *Experimental and Quasi-experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Houghton Mifflin.
- Theobald, E. J., Hill, M. J., Tran, E., Agrawal, S., Arroyo, E. N., Behling, S., Chambwe, N., Cintrón, D. L., Cooper, J. D., Dunster, G., Grummer, J. A., Hennessey, K., Hsiao, J., Irannon, N., Jones, L., Jordt, H., Keller, M. E., Littlefield, C. E., ... Freeman, S. (2020). Active

learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(12), 6476-6483. <https://doi.org/10.1073/pnas.1916903117>

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., y Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(39). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

