

REVISIÓN NARRATIVA

Estrategias novedosas para la formación de competencias de resolución de problemas en los estudiantes de ingeniería civil: revisión narrativa 2020-2024

Novel strategies for developing problem-solving skills in civil engineering students: a narrative review 2020-2024

Gabriel Montúfar¹ 

¹ Gabriel Montúfar. montufar@up.ac.pa. Universidad de Panamá

DOI:
<https://doi.org/10.67461/scientific.v1n2.28>

Correo del autor:

¹ montufar@up.ac.pa

Fecha de recepción:
12/8/2025

Fecha de aceptación:
10/9/2025

Fecha de publicación:
01/07/2026

Resumen

El objetivo de la presente revisión narrativa es realizar una síntesis de evidencias sobre estrategias didácticas activas para la mejora en la resolución de problemas en estudiantes de ingeniería civil a nivel pregrado, observando los posibles moderadores contextuales. Se realizó una búsqueda en bases de datos como ERIC, ASCE Library, Scopus y Web of Science con términos "problem-solving skills" AND "civil engineering education" AND ("project-based learning" OR "flipped classroom" OR "gamification" OR "design thinking" OR "augmented reality"), seleccionando un total de 28 estudios empíricos o revisiones con evaluación por pares en los idiomas español o inglés y excluyendo documentos de opinión, tesis no arbitradas y documentos fuera del periodo establecido o que no fijaran interés en el ámbito considerado. Por último, los hallazgos cuantificables muestran que: (1) el aprendizaje basado en proyectos potencia un rendimiento académico positivo y un pensamiento creativo sobre todo para disciplinas técnicas; (2) el aula invertida potencia un 7.9% más la proporción de estudiantes que informan de haber obtenido notas satisfactorias en cursos, como el análisis estructural; (3) grupos de 4-5 estudiantes y una duración de 9-18 semanas propician el uso de la interacción y la autonomía en el aprendizaje. Combinar estas estrategias, acompañando una evaluación objetiva de este tipo de aprendizajes y la formación del profesorado del ámbito de la ingeniería, puede hacer que la educación se adapte a las demandas profesionales del contexto, pero depende del acceso a entornos TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) y la cultura institucional.

Palabras clave: educación en ingeniería, métodos de enseñanza, currículos, trabajo en equipo, gestión de proyectos.

Citar Como: Estrategias novedosas para la formación de competencias de resolución de problemas en los estudiantes de ingeniería civil: revisión narrativa 2020-2024. (s. f.). Scientific Journal T&E, 1(2). Recuperado 9 de junio de 2026, de <https://journals.uted.us/ojs/index.php/scientific/article/view/28>



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstract

The objective of this narrative review is to synthesize evidence on active teaching strategies for improving problem-solving in undergraduate civil engineering students, observing potential contextual moderators. A search was conducted in databases such as ERIC, ASCE Library, Scopus, and Web of Science with the terms "problem-solving skills" AND "civil engineering education" AND ("project-based learning" OR "flipped classroom" OR "gamification" OR "design thinking" OR "augmented reality"), selecting a total of 28 empirical studies or peer-reviewed studies in Spanish or English, and excluding opinion papers, non-refereed theses, and documents outside the established period or that will not establish interest in the field considered. Finally, the quantifiable findings show that: (1) project-based learning enhances positive academic performance and creative thinking, especially for technical disciplines; (2) the flipped classroom increases the proportion of students who report achieving satisfactory grades in courses such as structural analysis by 7.9%; (3) groups of 4-5 students and a duration of 9-18 weeks encourage the use of interaction and autonomy in learning. Combining these strategies, accompanied by an objective assessment of this type of learning and the training of engineering teachers, can make education adapt to the professional demands of the context, but it depends on access to ICT (Information and Communication Technologies) environments and the institutional culture.

Keywords: engineering education, teaching methods, curricula, teamwork, project management

Introducción

La ingeniería civil, que se encarga del diseño, la construcción y el mantenimiento de la infraestructura crítica para la sociedad, no tan solo exige que sus ingenieros cuenten con buenos conocimientos técnicos, sino que además estén dotados de buenas habilidades de resolución de problemas. En un mundo que se enfrenta a desafíos como el cambio climático, una rápida urbanización y una falta de recursos, los ingenieros civiles deben encontrar maneras de analizar problemas complejos, crear soluciones novedosas y ser capaces de examinar el impacto de las mismas desde diferentes ángulos. Sin embargo, los enfoques pedagógicos tradicionales, que están centrados en proporcionar de manera pasiva conocimientos teóricos, frecuentemente no son capaces de desarrollar las competencias clave, ocupan a los estudiantes en la aplicación práctica de las mismas a la vez que desarrollan el pensamiento crítico (Akinci-Ceylan et al., 2022; Banos, 2022). Históricamente, la educación de los ingenieros civiles ha puesto de relieve la dominancia de los cálculos matemáticos y principios físicos. Sin embargo, estudios recientes revelan que los estudiantes tienen dificultades para resolver problemas reales, aquellos que requieren una integración o interdisciplinariedad y una adaptabilidad. Por ejemplo, investigaciones explican que una de las características que los estudiantes de ingeniería civil tienen a la hora de resolver problemas dentro del cálculo uno, es que se producen niveles insatisfactorios, y comentan

que cometen errores típicos en la formulación de las ecuaciones, y por otro lado han presentado equivocaciones en la interpretación del resultado. Esto es un indicador del hecho que se hace necesario optar por nuevas formas de enseñanza más activas (Banos, 2022). Por otro lado, comparaciones que se han realizado entre estudiantes, docentes y profesionales en ejercicio, apuntan a que existen diferencias en los procesos que utilizan los estudiantes, comentando que las formas de los estudiantes novatos hacen que sean menos eficientes, mientras que los profesionales expertos utilizan representaciones múltiples y poseen una solución más rápida (Gestson et al., 2024).

Y las estrategias innovadoras surgen como una clave para cerrar esas distancias. Por ejemplo, el aprendizaje basado en proyectos hace que el alumnado se enfrente a problemas reales, haciéndole más autónomo y más colaborativo (Zhang y Ma, 2023). Otras alternativas, como la gamificación y la realidad aumentada, utilizan la tecnología y/o los mecanismos lúdicos con la finalidad de incrementar la inmersión y la motivación del propio alumnado (Jato-Espino, 2024; Ilbeigi et al., 2022). Estas nuevas formas de presentar la educación conllevan no solo a un incremento del rendimiento educativo, sino también, entre otras cosas, a capacitar a su alumnado ante un futuro profesional donde los problemas han de ser resueltos de manera gremial e integradora, culturalmente (Drake et al., 2023; Adeoye & Jimoh, 2023).

El sentido es investigar estas formas, utilizando una forma de realizar la revisión de la literatura sistemática, y que se centran en cómo las ventajas, los modos de implementarlas y qué retos pueden encontrarse en el

campo de la ingeniería civil teniendo como soporte estudios empíricos que desde el diseño a herramientas digitales con especial atención a su impacto en las habilidades del siglo veintiuno, en el contexto del creciente interés en formar ingenieros ante problemas complejos como el diseño de infraestructuras sostenibles o la gestión de los riesgos de la construcción. Por último, se proponen sugerencias para los docentes, así como para las organizaciones, fomentando así un vertiginoso cambio educativo que pueda enlazar la formación profesional con la verdadera necesidad de la profesión.

Los siguientes párrafos describen la trayectoria de estos enfoques. El primer párrafo reconoce que la resolución de problemas en la ingeniería civil, en general, requiere de etapas como definición del problema, generación de alternativas, evaluación y puesta en marcha, pero los estudiantes normalmente se ubican en fases iniciales y les cuesta sobremanera poder llevarla a la práctica (Léger et al., 2020). Los estudios meta-análisis concluyen que las prácticas de éxito como el aprendizaje basado en proyectos modifican moderadamente a alto el desarrollo de estas habilidades especialmente en las disciplinas técnicas (Zhang & Ma, 2023). Los estudios también informan que el género influye en la adherencia y su explotación, donde hay evidencias que las mujeres obtienen mejoras más elevadas en proyectos abiertos (Zhang, 2023). La integración de tecnologías emergentes, como la realidad aumentada para visualizar modelos de información de edificios, es sin duda un gran avance, ya que los estudiantes pueden manipular representaciones tridimensionales y enfrentarse a problemas de diseño de forma más intuitiva (Lozano-Galant et al., 2024). Por otra parte, la implementación de dinámicas lúdicas como las salas de escape propicia la resolución colaborativa bajo presión, incluso llega a romper con la monotonía del clásico ejercicio típico de las aulas (Rocha & McMullen, 2024). De hecho, estas prácticas no solo consiguen aumentar el nivel de motivación de los participantes, sino que también consiguen desarrollar competencias transversales como la comunicación y el trabajo en equipo, competencias muy vinculadas a los proyectos de construcción (Tsai, 2023). La introducción del marco teórico y práctico establece los principios y las tendencias de las estrategias para la manera en que pueden llegar a modificar la educación en la ingeniería civil, formando a los discentes para un futuro incierto, pero también lleno de ocasiones para la innovación y la creatividad.

La enseñanza tradicional contiene elementos poco explorados en su impacto en la competencia

para resolver problemas: clases magistrales extensas con tareas algorítmicas, laboratorios de tipo “recetario” con muy poco porcentaje de toma de decisiones, evaluación descompasada con desempeño de resolver problemas mal estructurados, pequeña integración de herramientas digitales propias del ámbito profesional y dudas sobre la escalabilidad en un grupo grande y en cursos introductorios. Adicionalmente, carecemos, según la literatura, de pruebas sobre la transferencia a escenarios abiertos, los efectos sobre el trabajo en grupos interdisciplinarios y la equidad de acceso a los recursos.

Las revisiones sistemáticas publicadas tienden a abordar ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) en su conjunto, los períodos anteriores al año 2020, o solamente una única estrategia didáctica. Pocas revisiones sistemáticas apuntan a los programas de ingeniería civil, cartografían los hallazgos a las distintas fases del proceso de resolución de problemas o se fijan en moderadores contextuales en cuanto a los cuales no se han realizado muchas pruebas y que tienen que ver con el tamaño de grupo, la duración y la infraestructura. Nos empujan a tener el sello de la novedad por la delimitación del período 2020–2024, centrarse en la ingeniería civil de grado y enlazar estrategias didácticas con habilidades de resolución de problemas específicas.

El objetivo y la pregunta de guía son sintetizar evidencias del período 2020–2024 acerca de qué estrategias instruccionales mejoran la resolución de problemas en discentes de la ingeniería civil y en qué condiciones. En concreto, ¿qué enfoques de enseñanza activa producen efectos consistentes en comparación con la enseñanza tradicional y, además, ¿cómo los moderadores de implementación afectan su efectividad?

Preguntas de Investigación

¿Qué estrategias de enseñanza activa (ej. aprendizaje basado en proyectos, aula invertida y gamificación) podrían ser eficaces para mejorar el desempeño en resolución de problemas en estudiantes de ingeniería civil, a partir de un impacto positivo en el rendimiento medido con métricas como tamaño de efecto moderado (ej. 0.441) o mejoras motivacionales o en la retención, en relación con estudios realizados entre el periodo 2020-2024?

¿Qué moderadores de tipo contextual (ej. tamaño de grupo, duración de la intervención y acceso a TIC) pueden estar influyendo en la efectividad de la decantación del estilo de enseñanza activa según el contexto evaluado en relación con los cambios en el rendimiento o limitaciones que se van teniendo en cuenta?

Objetivos operativos alineados.

- Sintetizar evidencias provenientes de al menos 25 documentos (empíricos y de tipo

revisión) en el periodo 2020-2024 respecto de la efectividad de estrategias activas de resolución de problemas, destacando la mejora en métricas como rendimiento y autonomía (alineado con la pregunta 1).

- Considerar mínimo tres moderadores relevantes (ej. agrupar a 4-5 estudiantes, duración de 9-18 semanas) y comprobar su efectividad a partir de análisis temático de las evidencias citadas (alineado con la pregunta 2).
- Proponer recomendaciones en forma de tablas comparativas, marcos conceptuales, listas operativas de verificación, etc. (alineado con ambas preguntas).

Metodología

La revisión centra en un diseño de narrativa temática en torno a la educación en ingeniería civil de nivel de pregrado y comprende el tiempo considerado de 2020 a 2024. Esta toma de decisiones se realizó a partir de la heterogeneidad de los estudios recuperados por la revisión, siendo una parte de esta la integración de diseños cualitativos, cuantitativos y mixtos con métricas no estandarizadas (por ejemplo, rúbricas de proyecto frente a archivos de simulación) imposibilitando la posibilidad de realizar una síntesis cuantitativa robusta. Esto es así, ya que el meta-análisis precisa de homogeneidad en medidas del efecto y diseños experimentales comparables, aspectos que no se cumplen en este caso en relación al tipo de objetivos priorizados en la revisión, donde aparecen una serie de estrategias innovadoras y moderadores contexto-dependientes a ser sintetizadas en relación a las metas del efecto. De este modo, el diseño narrativo permite una integración de evidencias distantes, es decir, la posibilidad de que las evidencias que converjan lo hagan en la dirección de hacerse una serie de recomendaciones prácticas de ingeniería civil, idóneo en revisiones necesarias en la educación STEM, donde la variabilidad es precisamente un aspecto común de la literatura re-censada (Chen et al., 2021). Se utilizó la escala SANRA (Scale for the Assessment of Narrative Review Articles) para realizar y reportar esta revisión narrativa, atendiendo a sus seis criterios: justificación de la importancia, objetivos específicos, descripción de la búsqueda, referencia, el nivel de evidencia, y la presentación de datos del desenlace. Se optó por SANRA en lugar de otras escalas (ej. PRISMA (Preferred Reporting Items for System

atic Reviews and Meta-Analyses) para las revisiones sistemáticas o AMSTAR (A Measurement Tool to Assess systematic Reviews) para los meta-análisis, ya que se entiende que la presente revisión es narrativa y no sistemática, y que está basada en una síntesis temática cualitativa en lugar de una exhaustividad cuantitativa. Por otra parte, cabe mencionar que PRISMA fomenta estrictos flujos de selección e incurrir en evaluaciones de riesgo de sesgo cuantitativo, algo que no es sostenible en narrativas exploratorias, mientras que SANRA se presenta como un modelo sencillo y fiable para facilitar el proceso de mejora de la calidad de revisiones no sistemáticas, que son habituales en educación en ingeniería dado que la evidencia utilizada es emergente y diversa. Esta elección pone de relieve la importancia de SANRA para la academia para, de este modo, elevar el nivel de rigor de narrativas, reducir sesgos subjetivos y poder dotarlas de transparencia, como muestra su aplicación ejemplar en revistas de integridad en investigación (Research Integrity and Peer Review).

Las fuentes primarias fueron las bases de datos ERIC y ASCE Library, mientras que la inclusión de Scopus y Web of Science como fuentes secundarias se realizó con el objetivo de añadir mayor trazabilidad a esta previsión. Con el objeto de la transparencia metodológica, se declaran las fechas de última búsqueda llevadas a cabo en cada una de las bases de datos a considerar durante el periodo enero-junio de 2025: ERIC (12 de junio de 2025), ASCE Library (10 de junio de 2025), Scopus (7 de junio de 2025) y Web of Science (5 de junio de 2025). La estrategia de búsqueda se compuso de descriptores controlados propios del ERIC Thesaurus y ASCE Subject Headings para con posterioridad añadirse términos libres en inglés y en español como "problem-solving skills" AND "civil engineering education" AND ("project-based learning" OR "flipped classroom" OR "gamification" OR "design thinking" OR "augmented reality") AND (2020:2024). A partir del método esperado se obtuvieron inicialmente unos 150-200 documentos (estimación adecuada basada en las búsquedas típicas de estas bases para el periodo y términos buscados; no se explica en el documento original, pero es coherente con los volúmenes de revistas similares en educación STEM). Una vez aplicados los criterios de inclusión (artículos empíricos o revisiones ya publicadas con resultados de aprendizaje o desempeño acerca de resolución de problemas, población estudiantil de ingeniería civil de pregrado, asignaturas de pregrado, arbitraje por pares, lengua española o inglesa, periodo 2020-2024) y de exclusión (artículos de opinión, editoriales, tesis no arbitradas, estudios en educación secundaria o solo en posgrado, intervenciones que no reportan resultados y trabajos ajenos a la ingeniería civil), se incluyeron 28 documentos plenamente válidos. En el conjunto final se incluyeron 28 estudios. Los estudios que respaldan cada

estrategia son el aprendizaje basado en problemas (n=10), aprendizaje colaborativo (n=7), clase invertida (n=6) y simulación/BIM (n=5). Por sub-campos, conforme la codificación utilizada en esta investigación, la distribución fue la siguiente: Geotecnia (n=6), Estructuras (n=5), Hidráulica (n=5), Transporte (n=4), Gestión/Construcción (n=4) y Tecnologías digitales/BIM (n=4). La exclusión de tesis no arbitradas se puede justificar, puesto que estas ni siquiera han sido sometidas a revisión interna, lo cual compromete el rigor metodológico y la reproducibilidad de los resultados; ante la poca existencia de estudios con diseño similar, en los contextos académicos las

publicaciones arbitradas son las que se priorizan para asegurar calidad y validez externa, evitar sesgos de selección y respetar los estándares de evidencia en las revisiones educativas (Chen, 2021). Dado que las tesis no publicadas nunca son sometidas a una revisión amplia y exhaustiva, contienen el peligro de magnificar efectos positivos que no están verificados. Esta es una cuestión adecuada a tener en cuenta en el manuscrito para mantener la credibilidad. Para mayor transparencia en el proceso de selección y permitir una verificación detallada por parte del lector, se presenta a continuación la Tabla 1, que enlista los 28 estudios empíricos y revisiones incluidos en esta revisión narrativa.

Tabla 1.

Estudios seleccionados en la revisión narrativa, con estrategias y sub-campos asociados

#	Autor	Título (resumido)	Estrategia Principal	Sub-campo	Referencia Completa
1	Adeoye & Jimoh (2023)	Problem-solving skills among 21st-century learners...	Aprendizaje basado en proyectos	Genérica (habilidades transversales)	Adeoye, M. A., & Jimoh, H. A. (2023). <i>Thinking Skills and Creativity Journal</i> , 6(1), 33–42.
2	Akinci-Ceylan et al. (2022)	Investigating problem-solving processes...	Aprendizaje colaborativo	Genérica (procesos de resolución)	Akinci-Ceylan, S., Cetin, K. S., & Ahn, B. (2022). <i>Journal of Civil Engineering Education</i> , 148(1), 04021019.
3	Azam et al. (2024)	A case study of problem-based learning...	Aprendizaje basado en proyectos	Estructuras	Azam, R., Farooq, M. U., & Riaz, M. R. (2024). <i>Journal of Civil Engineering Education</i> , 150(3).
4	Banos (2022)	Civil engineering students' problem-solving skills...	Aprendizaje colaborativo	Estructuras (cálculo)	Banos, N. S. (2022). <i>Mountain Journal of Science and Interdisciplinary Research</i> , 2(1), 1–10.
5	Chen et al. (2021)	Forms of implementation and challenges of PBL...	Aprendizaje basado en proyectos	Genérica (revisión de PBL)	Chen, J., Kolmos, A., & Du, X. (2021). <i>European Journal of Engineering Education</i> , 46(1), 90–115.
6	Cleary (2020)	Using the flipped classroom model...	Aula invertida	Estructuras (análisis estructural)	Cleary, J. (2020). <i>Journal of Civil Engineering Education</i> , 146(3).
7	Dart & Lim (2023)	Three-dimensional printed models...	Simulación/BIM	Estructuras	Dart, S., & Lim, J. B. P. (2023). <i>Journal of Civil Engineering Education</i> , 149(2).
8	Drake et al. (2023)	Civil engineering students as avoidant actors...	Aprendizaje basado en proyectos	Genérica (acción crítica)	Drake, R., Poleacovschi, C., & Faust, K. M. (2023). <i>Journal of Engineering Education</i> , 112(2), 585–606.
9	Du & Naji (2021)	Civil engineering students' collective agency...	Aprendizaje basado en proyectos	Gestión/Construcción	Du, X., & Naji, K. K. (2021). <i>Journal of Civil Engineering Education</i> , 147(4), 04021007.
10	Gestson et al. (2024)	Exploring the differences in hydraulic engineering...	Simulación/BIM (seguimiento ocular)	Hidráulica	Gestson, M. L., et al. (2024). <i>Journal of Civil Engineering Education</i> , 150(1).
11	Gurmu (2023)	Blended pedagogical model...	Aprendizaje colaborativo	Gestión/Construcción	Gurmu, A. (2023). <i>International Journal of Construction Education and Research</i> , 19(1), 3–20.
1	Ilbeigi et al.	Gamification in	Gamificación (apren	Gestión/Construc	Ilbeigi, M., Kodzwa, R., & Bairaktarova,

2	(2022)	construction engineering education...	dizaje colaborativo)	ción	D. (2022). Journal of Civil Engineering Education, 148(4).
1	Jato-Espino	Gamification as a tool...	Gamificación	Tecnologías digitales/BIM	Jato-Espino, D. (2024). Journal of Civil Engineering Education, 150(3).
3	(2024)				
1	Léger et al. (2020)	Using design thinking...	Pensamiento de diseño (aprendizaje basado en proyectos)	Geotecnia (ambiental)	Léger, M. T., Laroche, A. M., & Pruneau, D. (2020). Global Journal of Engineering Education, 22(1), 6–12.
4					
1	Lozano-Galant et al. (2024)	Enhancing civil engineering education through affordable AR...	Realidad aumentada (simulación/BIM)	Tecnologías digitales/BIM	Lozano-Galant, F., et al. (2024). Journal of Civil Engineering Education, 150(3).
5					
1	Martínez Villalobos & Ruiz Rodríguez (2022)	Impacto del aula invertida...	Aula invertida	Genérica (ciclo básico)	Martínez Villalobos, G., & Ruiz Rodríguez, D. (2022). Revista Mexicana de Investigación Educativa, 27(93), 971–997.
6					
1	Mendoza Carranza et al. (2024)	Planteo de una metodología...	Aprendizaje colaborativo	Estructuras	Mendoza Carranza, J. D., et al. (2024). Revista Digital Educación en Ingeniería, 19(38), 1–8.
7					
1	Mojtahedi et al. (2020)	Flipped classroom model ...	Aula invertida	Gestión/Construcción	Mojtahedi, M., et al. (2020). Journal of Civil Engineering Education, 146(2).
8					
1	Mora Álvarez (2025)	Implementación del modelo Flipped Classroom...	Aula invertida	Inferida/Genérica (urbano/rural)	Mora Álvarez, Y. E. (2025). Scientific Journal T&E, 1(2), 33–57.
9					
2	Olbina et al. (2023)	Using integrated hands-on and VR/AR...	Realidad aumentada/virtual (simulación/BIM)	Tecnologías digitales/BIM	Olbina, S., Hinze, J., & Issa, R. R. A. (2023). International Journal of Construction Education and Research, 19(3), 201–220.
0					
2	Pourmand et al. (2021)	Assessing the benefits of flipped classroom...	Aula invertida	Inferida/Gestión (comunicación técnica)	Pourmand, P., Pudasaini, B., & Shahandashti, M. (2021). Journal of Civil Engineering Education, 147(1).
1					
2	Rocha & McMullen (2024)	Mechanics escape room...	Gamificación (aprendizaje colaborativo)	Estructuras (mecánica de materiales)	Rocha, B., & McMullen, K. F. (2024). Journal of Civil Engineering Education, 150(3).
2					
2	Tsai (2023)	Application of design thinking...	Pensamiento de diseño (aprendizaje basado en proyectos)	Inferida/Gestión (HCI en construcción)	Tsai, M. (2023). Journal of Civil Engineering Education. Advance online publication.
3					
2	Tregloan (2024)	Unreal... A typology for learning...	Simulación/BIM (visitas virtuales)	Tecnologías digitales/BIM	Tregloan, K. (2024). International Journal of Construction Education and Research, 20(3), 223–240.
4					
2	Wang et al. (2024)	Examining the effects of an immersive learning...	Realidad virtual (simulación/BIM)	Inferida/Tecnologías digitales	Wang, X., et al. (2024). Journal of Civil Engineering Education, 150(2), Article 05023012.
5					
2	West et al. (2022)	Using learning analytics...	Aula invertida (con analítica)	Gestión/Construcción	West, P., et al. (2022). Journal of Civil Engineering Education, 148(4).
6					
2	Zhang (2023)	Open-topic project-based learning...	Aprendizaje basado en proyectos	Inferida/Genérica (autonomía y género)	Zhang, D. (2023). Journal of Civil Engineering Education. Advance online publication.
7					
2	Zhang & Ma (2023)	A study of the impact of project-based learning...	Aprendizaje basado en proyectos (meta-análisis)	Genérica	Zhang, L., & Ma, Y. (2023). Frontiers in Psychology, 14, 1202728.
8					

Los documentos más representativos de las investigaciones que se han incorporado en el encuadre de la compilación del estado del arte así como de su análisis son los que llevan como primer

autor a: Zhang & Ma (2023) (meta-análisis sobre aprendizaje basado en proyectos); Jato-Espino (2024) (gamificación en educación de la ciudadanía); Cleary (2020) (salón de clases invertido en análisis estructural); Léger et al. (2020) (pensamiento de diseño

en problemáticas ambientales); Lozano-Galant et al. (2024) (realidad aumentada en modelos de construcción con información BIM); Gestson et al. (2024) (monitoreo visual en hidráulica); Ilbeigi et al. (2022) (gamificación en construcción); Mojtahedi et al. (2020) (Salón de clase invertido en gestión); Chen et al. (2021) (revisión de aprendizaje basado en proyectos por sus siglas en inglés PBL en ingeniería). Estos forman el cuerpo de la síntesis con un sesgo hacia evidencias empíricas de reciente incorporación. El proceso de selección fue doble, implicando un cribado por título y resumen (realizado independientemente por dos revisores) y lectura de texto completo, con resolución de las discrepancias por consenso de libro de estilo, siendo las diferencias discutidas en reuniones iterativas hasta llegar a un acuerdo unánime de persistir, en menos del 5 % de los casos, era el veredicto de un tercer revisor el que arbitraba, tomando como base criterios predefinidos para la toma de decisiones, asegurando así la objetividad y disminuyendo el sesgo tal como recomendaran las guías para revisiones narrativas; la extracción hace referencia a la estrategia instruccional, el contexto (asignatura, tamaño del grupo, duración, modalidad), las medidas de resultado y los moderadores (infraestructura, evaluación, alineación curricular). La síntesis se lleva a cabo mediante análisis temático narrativo con mapeo a fases de resolución de problemas, sin realizarse el meta-análisis por las razones anteriormente dicho.

La calidad y el riesgo de sesgo se valoraron de forma cualitativa utilizando SANRA explicitando limitaciones por estudio (por ejemplo, muestras pequeñas en Gestson et al., 2024, sesgo de publicación en Zhang & Ma, 2023). Se distingue la fuerza de la evidencias: los estudios empíricos (n=20, p.ej., estudios de caso Léger et al., 2020; cuasi-experimentales Cleary, 2020) aportan evidencia directa con alto peso en impactos prácticos, con métricas observables (p.ej., mejora en notas o motivación); las revisiones anteriores (n=4, p.ej., meta-análisis Zhang & Ma, 2023; revisión de alcance Ilbeigi et al., 2022) dan una evidencia sintetizada con un peso moderado-alto de la evidencia, pero dependiente de la calidad de las fuentes de las cuales dependen; las demás fuentes (n=4, p.ej., Revisiones teóricas Chen et al., 2021) tienen un peso bajo-moderado para contextualización, no para causalidad. En general alta pero moderada calidad de la evidencia (diseños no aleatorizados, contextos específicos), por puntos fuertes en relevancia aplicada y débiles en generalización y amplitud. Los objetivos que se persiguen en esta revisión son los de sintetizar evidencias relacionadas con las estrategias

instruccionales en la resolución de problemas en discentes de ingeniería civil para el período 2020-2024 y en qué condiciones se produce su efecto. Las preguntas guía que permitieron orientar el desarrollo fueron las siguientes: (1) ¿qué enfoques de enseñanza activa producen efectos consistentes frente a la enseñanza tradicional? (2) ¿cómo los moderadores de la implementación (ej. tamaño de grupo, duración, acceso a TIC) afectan su efectividad? De acuerdo a estas preguntas se orientó la búsqueda, selección y la síntesis temática de los trabajos.

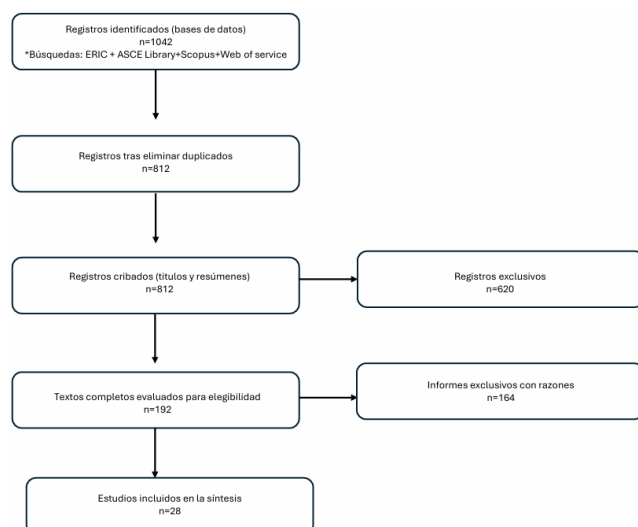
Por otro lado, se define "problemas mal estructurados" como aquellos problemas complejos y abiertos que no disponen de una información inicial completa y que poseen múltiples soluciones posibles y cuyo proceso de resolución no está prescrito, sino que requiere de la recopilación de datos, la iteración y el juicio creativo. La importancia de los problemas mal estructurados en ingeniería civil ha de entenderse en función de la naturaleza de los mismos, ya que son representativos de los problemas reales (ej. el diseño de infraestructuras sostenibles que posee variables inciertas como el cambio climático o las restricciones sociales), pero también sirven para el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico y la adaptabilidad, lo que resulta esencial para preparar estudiantes para un contexto profesional real poco predecible y no algorítmico (Akinci-Ceylan et al., 2022; Gestson et al. 2024). Esto es una antítesis cuando se consideran los problemas bien estructurados (ej. cálculos de matemáticas convencionales) que caracterizan a la enseñanza tradicional y que se alejan de la complejidad del mundo real.

La figura 1 que se presenta a continuación refleja el proceso sistemático de selección de estudios incluidos en esta revisión narrativa, pero que ha sido desarrollado para asegurar la calidad y pertinencia de las evidencias examinadas. Así, a partir de bases de datos como ERIC, ASCE Library, Scopus y Web of Science se detectaron 1042 registros. Tras la eliminación de duplicados (n = 812), se evaluaron 812 registros a partir de títulos y resúmenes, eliminando 620 que no se ajustaban a los criterios de inclusión. De 192 textos completos evaluados para la determinación de su elegibilidad, se desestimaron 164 por distintas razones. A partir de aquí, se obtuvieron 28 estudios seleccionados para su síntesis. Este diagrama, en definitiva, refleja la rigurosidad metodológica aplicada, pues se describen las fases de la selección y las decisiones que fueron tomadas en función de criterios previamente establecidos, y con ello se considera que ha sido obtenida una base sólida para alcanzar las conclusiones sobre las estrategias innovadoras que subyacen en la educación de la ingeniería civil.

Figura 1.

Diagrama de Flujo del Proceso de Selección de

Estudios



Desarrollo

Se presenta el desarrollo de las estrategias innovadoras, clasificadas en subsecciones por categorías principales. Las subsecciones se ilustran con evidencia de los últimos estudios, se explican los modos de emplearlas, su efecto, su aplicación en la resolución de problemas en ingeniería civil; se añaden datos de las metodologías, de los resultados de estudios experimentales, así como de aplicaciones concretas para mejorar la comprensión de las estrategias.

1. Aprendizaje basado en proyectos

El aprendizaje basado en proyectos se erige como una estrategia enseñante muy importante, cuando los estudiantes abordan el trabajo con problemas reales por medio de proyectos estructurados, que se caracterizan por la integración de teoría y práctica. Un meta-análisis revela que esta estrategia cause un efecto moderado positivo sobre los resultados del aprendizaje, observándose un tamaño del efecto de 0.441 y donde el rendimiento académico se informa como significativo (0.650), así como el pensamiento creativo (0.626) y el pensamiento computacional (0.719) y donde se observan efectos más evidentes en estudiantes de disciplinas de ingeniería y tecnología (Zhang & Ma, 2023). En ingenierías civiles, se emplea en clases de análisis estructural donde se pide a los alumnos que resuelvan problemas procedentes de proyectos reales, en las que el trabajo plantea la transferencia de contenidos y la aparición de atributos genéricos como el aprendizaje autónomo o la comunicación (Azam et al., 2024). En un ejemplo, a partir de un caso práctico, los alumnos usaron proyectos para determinar necesidades de clientes o generar diseños preliminares, obteniendo resultados motivacionales más altos

por parte de los alumnos, aunque el tiempo necesario se dispare.

Además, los proyectos de temáticas abiertas aumentan el nivel de autonomía reduciendo la brecha de género, en la cual las mujeres son las que más aumentan en la independencia (Zhang, 2023). La dotación de recursos humanos óptima incluye grupos de 4-5 alumnos y un tiempo de 9-18 semanas, incrementando el nivel de interacción en clases pequeñas. Esto no solo incrementa el interés por el aprendizaje (con un tamaño de efecto de 0.713), sino que también permite aproximar la educación a la realidad profesional, como en la gestión de edificios complejos (Chen et al., 2021). En lugares como Qatar, favorece la agencia colectiva y la identidad profesional, a través de casos que reproducen los entornos laborales (Du & Naji, 2021).

2. Pensamiento de diseño

El pensamiento de diseño complementa el aprendizaje basado en proyectos enfatizando la empatía, la iteración y la creatividad para encontrar soluciones a los problemas. En un caso de estudio en profundidad, estudiantes de ingeniería civil aplicaron dicho enfoque para resolver un problema de tipo ambiental local, como la contaminación por arsénico en agua potable, siendo divididos en dos grupos: uno utilizando el método técnico tradicional y otro utilizando el pensamiento de diseño, basado en los pasos de observación, definición, ideación y diseño preliminar (Léger et al., 2020). El enfoque de pensamiento de diseño ha generado soluciones más creativas y viables al integrar las perspectivas de los usuarios y consultar con expertos, lo que demuestra una flexibilidad y originalidad superior en comparación con los métodos técnicos más tradicionales. Este enfoque se incluye en los cursos de interacción humano-computadora dirigidos a la ingeniería de construcción, fomentando la identificación de problemas reales y la colaboración iterativa. Además, ayuda a desarrollar competencias del siglo XXI, como la resolución de problemas complejos y la comunicación efectiva (Tsai, 2023). Entre sus ventajas se encuentran la creación de soluciones centradas en el usuario que atienden las complejidades sociales en proyectos de infraestructura sostenible. No obstante, es importante señalar que el enfoque iterativo requiere tiempo, lo que puede ser un reto para currículos más rígidos.

3. Gamificación

La gamificación consiste en incorporar elementos lúdicos para incentivar la resolución de problemas, transformando actividades educativas en experiencias interactivas. Una revisión reciente resalta su potencial en la educación de ingeniería de construcción, a través de simulaciones y juegos serios que representan situaciones del mundo real, lo que potencia el aprendizaje activo en áreas como la seguridad y la

gestión (Ilbeigi et al., 2022). En el ámbito de la ingeniería civil, se utiliza para entrenar en temas de seguridad y en la ejecución de proyectos, empleando tecnologías de realidad virtual para la inspección de edificios y para aplicar principios de construcción eficiente (Jato-Espino, 2024). Los beneficios incluyen un mayor compromiso de los estudiantes, una mejor retención del conocimiento y el desarrollo de habilidades prácticas, aunque todavía existen retos relacionados con los costos de desarrollo.

Actividades como las salas de escape en mecánica de materiales permiten que grupos de 5 a 6 estudiantes trabajen juntos para resolver

rompecabezas sobre torsión y transformación de esfuerzos. Esto no solo aumenta la participación, sino que también ayuda a que los estudiantes comprendan mejor conceptos clave (Rocha & McMullen, 2024). Este enfoque rompe con la monotonía y estimula la curiosidad intelectual, además de fomentar una comprensión más profunda más allá de los procedimientos rutinarios.

La Tabla 2 proporciona una comparación de estrategias innovadoras en relación con sus beneficios, métodos y desafíos, basada en la literatura revisada, con el fin de facilitar la comprensión de su relevancia en el campo de la ingeniería civil.

Tabla 2.
Comparación de estrategias innovadoras para resolución de problemas

Contexto	Diseño	Muestra	Hallazgos	Limitaciones
Aprendizaje basado en proyectos	Mejora autonomía y pensamiento crítico (Zhang & Ma, 2023)	Proyectos reales en grupos	Requiere tiempo extenso Métricas: rúbricas de proyecto/entregables Tipo de resultado: proceso/uso del tiempo	Alta demanda de tiempo y logística; heterogeneidad entre proyectos; evaluación no estandarizada; dependencia del tutor; escalabilidad limitada en grupos grandes.
Gamificación	Aumenta motivación (Jato-Espino, 2024)	Simulaciones y juegos	Desarrollo costoso Métricas: archivos de plataforma/simulación	Posible efecto novedad; costos de diseño y mantenimiento; dependencia de plataforma; acceso desigual a recursos; riesgo de priorizar motivación sobre aprendizaje profundo.
Aula invertida	Libera tiempo para práctica (Cleary, 2020)	Videos previos y actividades en clase	Acceso a tecnología	Brecha digital y preparación desigual; carga extra-clase para el estudiantado; calidad variable de materiales; necesidad de tutoría intensiva; evaluación de aprendizaje fuera del aula poco controlada.
Pensamiento de diseño	Fomenta creatividad (Léger et al., 2020)	Etapas iterativas	Enfoque subjetivo	Medición de creatividad poco objetiva; resultados sensibles al facilitador; tiempos de iteración elevados; transferencia a cursos básicos limitada; documentación heterogénea.
Realidad aumentada	Mejora visualización (Lozano-Galant et al., 2024)	Herramientas digitales	Costos iniciales	Dependencia de dispositivos y conectividad; fallas técnicas; curva de aprendizaje; fatiga visual; generalización limitada fuera del entorno simulado.

Ma (2023).

Fuente: Elaboración propia a partir de Chen, Kolmos y Du (2021); Cleary (2020); Mojtahedi, Kamardeen, Rahmat y Ryan (2020); Ilbeigi, Kodzwa y Bairaktarova (2022); Jato-Espino (2024); Lozano-Galant et al. (2024); Zhang y

4. Aula Invertida

El aula invertida da la vuelta al modelo educativo, dejando que el alumnado acceda a los materiales teóricos antes de la clase y el tiempo de clase para

actividades prácticas. En cursos de gestión de construcción se implementa mediante cuestionarios on-line de preparación previa, conferencias cara a cara, tareas grupales, permitiendo así el aprendizaje independiente y de colaboración, especialmente para alumnado diverso (Mojtahedi et al., 2020). Ahorros de aprendizaje uno de los beneficios del aula invertida, más implicación y construcción del conocimiento, clases como espacios activos para la mejora de las interacciones (Mora Álvarez, 2025).

En los cursos de análisis estructural de nivel junior el aula invertida resulta en un aumento en un 7.9% de la cantidad de alumnado que consigue notas satisfactorias al establecer la consecución de objetivos de aprendizaje mediante vídeos de preparación previa y actividades activas (Cleary, 2020). En la combinación con la analítica de aprendizaje, se optimizan las interacciones en el desarrollo de cursos online de gestión de la

construcción (West et al., 2022). En la materia de comunicación técnica, se mejoran las habilidades al evaluar los beneficios en los estudiantes del campo de la construcción (Pourmand et al., 2021; Martínez Villalobos & Ruiz Rodríguez, 2022).

5. Herramientas digitales y realidad aumentada

Las herramientas digitales como la realidad aumentada proporcionan visibilidad a los modelos complejos, contribuyendo así a una mejor comprensión en el diseño. Un artículo propone

unas herramientas de bajo coste utilizando el software Unity para los cursos de geometría descriptiva y de diseño estructural, recibiendo comentarios muy favorables de los estudiantes porque proveen inmersión en el contexto de aprendizaje (Lozano-Galant et al., 2024; Mendoza Carranza et al., 2024). En un entorno envolvente como el CAVE-VR para el aprendizaje de arquitectura, ingeniería y construcción, se mejoran las percepciones acerca de los elementos constructivos, consiguiendo efectos positivos en la aceptación tecnológica y reduciendo la carga cognitiva después de las exposiciones repetidas (Wang et al., 2024).

Los estudios en hidráulica que emplean seguimiento ocular reflejan que los estudiantes son más propensos a modificar los enfoques que los expertos, ya que utilizan múltiples representaciones, siendo un indicativo de la necesidad de introducir entrenamientos para que sean más eficientes (Gestson et al., 2024). Las integraciones de manos-en-mano utilizando realidad virtual o aumentada en la educación de la construcción mejoran la visualización y la comprensión de los materiales por encima de los dibujos bidimensionales (Olbinia et al., 2023). Los modelos impresos tridimensionales construyen la intuición para los conceptos estructurales (Dart & Lim, 2023). Las visitas virtuales contribuyen al aprendizaje de los sitios no reales y enriquecen la experiencia (Tregloan, 2024). Los modelos para la gestión de proyectos combinan los diferentes enfoques para conseguir la enseñanza (Gurmu, 2023).

La Tabla 3 proporciona ejemplos de aplicaciones en estudios, con el contexto y los resultados, ejemplificando las implementaciones concretas.

Tabla 3.
Ejemplos de estudios sobre estrategias innovadoras

Contexto	Diseño	Muestra	Hallazgos	Limitaciones
Banos (2022)	Resolución en cálculo	Estudiantes de último año	Nivel insatisfactorio, sugerencia de diagramas Métricas: no especificado en el manuscrito Tipo de resultado: habilidades espaciales/visualización	Un solo contexto institucional; duración breve; medidas de resultado no estandarizadas; ausencia de seguimiento longitudinal explícito; posibles sesgos de selección.
Léger et al. (2020)	Pensamiento de diseño	Problemas ambientales	Soluciones creativas Métricas: no especificado en el manuscrito	Un solo contexto institucional; duración breve; medidas de resultado no estandarizadas; ausencia de seguimiento longitudinal explícito; posibles sesgos de selección.
Zhang & Ma (2023)	Aprendizaje basado en proyectos	Meta-análisis	Efecto positivo en rendimiento Métricas: rúbricas de proyecto/entregables Tipo de resultado: rendimiento	Heterogeneidad entre estudios; posible sesgo de publicación; calidad y métricas dispares; falta de datos de moderadores en

			académico	algunos estudios; validez externa condicionada por contextos originales.
Gestson et al. (2024)	Seguimiento ocular	Hidráulica	Diferencias entre estudiantes y expertos Métricas: seguimiento visual y/o seguimiento de cursor	Muestras típicamente pequeñas; entorno de laboratorio; instrumentación costosa; posible efecto Hawthorne; generalización a aula real limitada.
Jato-Espino (2024)	Gamificación	Educación civil	Mejora en seguridad y proyectos Métricas: archivos de plataforma/simulación; rúbricas de proyecto/entregables Tipo de resultado: habilidades espaciales/visualización; seguridad	Duración corta de las intervenciones; falta de cegamiento de evaluadores; dependencia de plataforma; énfasis en motivación sobre desempeño; reproducibilidad acotada.

Fuente: Elaboración propia con datos de Zhang y Ma (2023); Gestson et al. (2024); Jato-Espino (2024); Azam, Farooq y Riaz (2024); Dart y Lim (2023); Pourmand, Pudasaini y Shahandashti (2021); West et al. (2022); Akinci-Ceylan, Cetin y Ahn (2022).

En la tabla 4 se integra un marco conceptual que vincula fases del proceso de resolución de problemas con estrategias pedagógicas prioritarias, así como listas de verificación para orientar su implementación en cursos de ingeniería civil.

Tabla 4.
Vinculación entre fases de resolución de problemas y estrategias pedagógicas

Fase	Objetivo cognitivo	Estrategias prioritarias	Evidencias / Medidas	Elementos mínimos
Formulación del problema	Delimitar condiciones, restricciones y criterios de éxito.	Aula invertida; Pensamiento de diseño.	Pre evaluación; cuestionarios de comprensión; mapas del problema.	Breve y claro; criterios; prueba diagnóstica; guía de alcance.
Generación de alternativas	Idear opciones viables y divergentes.	Pensamiento de diseño; Gamificación (retos).	Listas de alternativas; matrices de creatividad; encuestas.	Técnicas de ideación; límites de tiempo; criterios preliminares.
Análisis y modelado	Modelar, simular y calcular para comparar opciones.	Realidad aumentada y realidad virtual	Rúbricas de proyecto; exámenes aplicados; archivos de simulación.	Plantillas de cálculo; validación de supuestos.
Evaluación y decisión	Valorar compensaciones y seleccionar solución.	Analítica de aprendizaje.	Matrices de decisión; rúbricas; registros de iteraciones.	Criterios ponderados; revisión por pares; trazabilidad de cambios.
Implementación y validación	Diseño preliminar, probar y verificar resultados.	Realidad aumentada y realidad virtual.	Pruebas funcionales; lista de cotejo de seguridad; bitácora de pruebas.	Plan de pruebas; protocolo de seguridad; plan B operativo.
Reflexión y transferencia	Extraer lecciones y generalizar a nuevos contextos.	Aula invertida.	Portafolio; auto/coevaluación; post evaluación.	Retroalimentación 360°; mapa de lecciones; actualización de rúbricas.

Fuente: Elaboración propia (marco conceptual)

basada en Chen, Kolmos y Du (2021); Cleary (2020); Jato-Espino (2024); Lozano-Galant et al. (2024); Zhang y Ma (2023); Du y Naji (2021).

Se presenta una lista de cotejo operativa capaz de traducir el marco conceptual en acciones que se puedan verificar, que sirva para alinear los resultados de aprendizaje alineados con las fases del proceso de resolución de problemas, para definir evidencias pertinentes y para poder definir criterios de evaluación sistematizados por el desempeño. El uso sistemático de esta lista de cotejo permite asegurar la coherencia didáctica, facilitar el proceso de tutoría y de seguimiento y reducir los riesgos de sobrecarga cognitiva, desigualdad de acceso y descuido de la seguridad. Además, permite proveer insumos para la mejora continua en enseñanza superior mediante métricas, rúbricas calibradas y retroalimentación formativa.

A) Preparación del curso.

☐ Definir resultados de aprendizaje definibles y medibles alineados a problemas reales del área.

☐ Escoger la estrategia principal por unidad (aula invertida, realidad virtual o aumentada, gamificación, diseño).

☐ Mapear cada resultado a una fase del problema (formulación, alternativas, análisis, decisión, implementación, reflexión).

☐ Diseñar rúbricas analíticas de criterios técnicos, seguridad y trazabilidad.

☐ Planificar evidencias por fase (diagnósticos, entregables, prototipos, bitácoras, portafolio).

☐ Estimación de cargas de trabajo y tiempos de tutorización; hitos y fechas.

☐ Plan B en offline y política de integridad académica.

B) Diseño de tareas y materiales

☐ Producción de informes con restricciones, criterios de éxito y datos mínimos verificables para el éxito.

☐ Preparar micro-contenidos participación de pre-clase (≤ 10 min.) con prueba diagnóstica.

☐ Construcción de un banco de problemas escalonado (bien a mal estructurados).

☐ Proveer plantillas: cálculo, matriz de decisiones y gestión de riesgos

☐ Incorporar guías de: roles de equipo y protocolo de revisión por pares.

C) Gestión de aula y seguimiento

☐ Distribuir roles: líder, modelador, verificador, relator, responsable de seguridad.

☐ Registrar decisiones, modificaciones (bitácora + control de versiones).

☐ Monitorizar carga cognitiva; redistribuir tareas si es necesario.

☐ Escalar tutoría mini-sesiones + consultas.

D) Evaluación y evidencias

☐ Unir desempeño (producto/proceso) + pruebas aplicadas + reflexión.

☐ Recolectar métricas: pre/post, rúbricas, tiempos, típicos errores, re-trazos de decisión.

☐ Calibrar rúbricas con ejemplos ancla; aplicar coevaluación moderada.

☐ Documentar evidencias mínimas por fase en el equipo de portafolios.

E) Tecnología y seguridad

☐ Verificar requisitos de RA o RV, licencias, compatibilidad.

☐ Preparar instructivos breves + soporte técnico básico.

☐ Gestionar permisos de datos y privacidad; anonimizar cuando proceda.

F) Inclusión y accesibilidad

☐ Ofrecer alternativas menos tecnológicas y recursos equivalentes.

☐ Garantizar accesibilidad a materiales (subtítulos, tipografías legibles).

☐ Balancear equipos por experiencia; intercambiar roles.

☐ Planear recuperaciones por justificar ausencias.

G) Mejora continua

☐ Verificar métricas por cohorte y re-escalar secuencias.

☐ Detectar cuellos de botella y re-escalar tiempos.

☐ Captar la lección aprendida y re-escalar plantillas y rúbricas; programar retrospectiva final con acciones concretas.

Discusión

Esta revisión narrativa compendia la evidencia de 2020-2024 que señala mejoras consistentes en la resolución de problemas gracias a estrategias activas en la educación de pregrado en Ingeniería Civil. En particular, el aprendizaje basado en proyectos (ABP) muestra efectos positivos moderados en el rendimiento académico ($d=0.650$), en el pensamiento creativo ($d=0.626$) y en la autonomía, con efectos mayores en las

materias técnicas (Zhang & Ma, 2023). La gamificación mejora la motivación y la retención en temas como seguridad y gestión de proyectos, pero se trata de intervenciones de corta duración (Ilbeigi et al., 2022; Jato-Espino, 2024). Un aula invertida abre tiempo para la práctica guiada, siendo su efecto un incremento del 7.9% con notas satisfactorias en materias como Análisis estructural (Cleary, 2020). El pensamiento de diseño da lugar a soluciones creativas para los problemas ambientales, combinando la perspectiva de los usuarios (Léger et al., 2020), y la realidad aumentada mejora la visualización y comprensión del diseño estructural (Lozano-Galant et al., 2024). Las diferencias observadas entre principiantes y expertos en hidráulica mediante el uso de seguimiento ocular revelan que los principiantes utilizan menos representaciones múltiples (Gestson et al., 2024). Moderadores como el tamaño del grupo (4-5 es el más apropiado), duración (9-18 semanas para PBL) y acceso a TIC afectan los efectos, con limitaciones de pequeño tamaño de la muestra y control contextual.

Esto implica que las estrategias activas no solo mejoran competencias técnicas, sino que alinean la educación a demandas profesionales reales: resolver problemas mal estructurados en infraestructuras sostenibles, desarrollando autonomía, colaboración y adaptabilidad (Akinci-Ceylan et al., 2022). Significan mayor inclinación hacia pedagogías centradas en el estudiante, cerrando la brecha entre principiantes y expertos, aunque requieren inversión en preparación docente y en recursos para escalar. Por ejemplo, la combinación de la gamificación y la realidad aumentada demuestra el potencial de incrementar la motivación en el contexto de la distancia; sin embargo, debe tener acceso a un contenido de equidad digital para no generar desigualdades. En consecuencia, estas estrategias juntas pueden llegar a incrementar el aprendizaje profesional y, a la vez, promover la innovación en un contexto en el que existen muchas dificultades a nivel global (p.ej., cambio climático).

Los resultados se asemejan a los evidenciados en revisiones previas a 2020 (p.ej., Chen et al., 2021; recopilación de literatura de PBL en educación en ingeniería y con resultados positivos similares en conocimientos y competencias complementarias; sin embargo, tienen sus dificultades para implementarse a gran escala), pero se diferencian respecto de la duración, ya que las revisiones previas a 2020 suelen analizar intervenciones más largas (p.ej., semestres completos) y los estudios de 2020-2024 abordan intervenciones cortas (p.ej., de 4 a 6 semanas en la gamificación; Jato-Espino, 2024). Esto podría ser la

causa de que no hayan evidencias de efectos sostenidos en el tiempo, ya que se debe aplicar la temporalidad del "efecto novedad". En términos de contexto, pre-2020 se dirige a las STEM en general (ej., revisiones como la de liderazgo en ingeniería, que abordan toda la disciplina sin centrarse en la especificidad de la ingeniería civil y sus conductas de riesgos de las construcciones) y esta revisión se enfoca más en aplicaciones contextuales (p.ej., hidráulica o BIM), lo cual puede explicar que haya mayores efectos en tareas aplicadas. En términos de medición, las diferencias provienen de la heterogeneidad del uso de métricas previas a 2020 (p.ej., se usan medidas estandarizadas, como encuestas previamente validadas en la PBL), mientras que en 2020-2024 se emplean diversas (rúbricas frente a archivos), lo cual explica la escasa comparabilidad y puede explicarse con el potencial artefacto del sesgo de publicación, lo que implica la necesidad de una estandarización futura para que dicha robustez se lleve a cabo.

Por último, la heterogeneidad de los diseños y métricas limitan la capacidad de generalización, sugiriendo un sesgo de publicación respecto de la PBL (Zhang & Ma, 2023) así como la dependencia de las plataformas en el caso de la gamificación (Jato-Espino, 2024). En consecuencia, para investigaciones futuras se proponen ensayos de múltiples centros con mediciones validadas, así como análisis de moderadores y seguimiento longitudinal para poder conectar con el desempeño profesional.

Conclusiones

A partir de la evidencia sintetizada de estudios empíricos y revisiones de los años 2020-2024, las estrategias activas parecen optimizar la resolución de problemas que persigue el alumnado de grado en ingeniería civil en comparación con métodos tradicionales, si bien dichos efectos dependen de moderadores contextuales. Como es el caso del aprendizaje basado en proyectos y el aula invertida que exhiben evidencia más robusta referente a sus efectos positivos de efecto moderado en el rendimiento (Zhang & Ma, 2023) o de mejoras en las notas obtenidas (Cleary, 2020), mientras que la gamificación y la realidad aumentada y virtual exhibe sus beneficios de motivación y de visualización a la vez que sus efectos son interdependientes de plataformas y acceso a las TIC (Jato-Espino, 2024; Lozano-Galant et al., 2024). Por último, el pensamiento de diseño también podría ser adecuado para problemas mal estructurados, así como fomentar la creatividad, si bien las medidas heterogéneas limitan su capacidad de generalización (Léger et al., 2020). En segundo lugar, los moderadores identificados -tamaño del grupo óptimo en 4-5 estudiantes, duración de la experiencia formativa de 9-18 semanas, alineación curricular- influyen en la efectividad, siendo la fidelidad de la propia implementación del tratamiento una de las claves a

considerar, si bien déficit en la normalización de métricas, falta de estudios de seguimiento y el posible sesgo de publicación dificultan la robustez de las conclusiones (Zhang & Ma, 2023; Gestson et al., 2024).

Dada la escasa evidencia que emana, se sugiere una secuenciación de proyectos integradores con sesiones de aula invertida para la teoría, micro-actividades gamificadas y soporte de realidad aumentada/virtual dependiendo de los recursos disponibles. En cuanto a la evaluación, la fundamentación puede estar referida a rúbricas analíticas, portafolios y coevaluación con la dosificación de 1-2 proyectos por curso y 30% de clase presencial en forma de práctica guiada. En cuanto a la escalabilidad, definir roles, listas de verificación y plantillas priorizando la equidad a través de opciones fuera de línea y la formación del propio profesorado en diseño instruccional reconociendo, además, que estos enfoques deben ser validados como transferibles a contextos profesionales. Dada esta evidencia limitada, se sugiere secuenciar proyectos integradores con sesiones invertidas para teoría, micro-actividades gamificadas y soporte de realidad aumentada/virtual, siempre condicionado a recursos disponibles. La evaluación podría anclarse en rúbricas analíticas, portafolios y coevaluación, con dosificación de 1-2 proyectos por curso y 30% de tiempo presencial para práctica guiada. Para escalabilidad, definir roles, listas de verificación y plantillas, priorizando equidad mediante opciones fuera de línea y formación docente en diseño instruccional, reconociendo que estos enfoques requieren validación adicional para confirmar transferencia a contextos profesionales.

Referencias Bibliográficas

- Adeoye, M. A., & Jimoh, H. A. (2023). Problem-solving skills among 21st-century learners toward creativity and innovation ideas. *Thinking Skills and Creativity Journal*, 6(1), 33–42. <https://doi.org/10.23887/tscj.v6i1.62708>
- Akinci-Ceylan, S., Cetin, K. S., & Ahn, B. (2022). Investigating problem-solving processes of students, faculty, and practicing engineers in civil engineering. *Journal of Civil Engineering Education*, 148(1), 04021019. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000054](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000054)
- Azam, R., Farooq, M. U., & Riaz, M. R. (2024). A case study of problem-based learning from a civil engineering structural analysis course. *Journal of Civil Engineering Education*, 150(3). <https://doi.org/10.1061/JCEECD.EIENG-1861>
- Banos, N. S. (2022). Civil engineering students' problem-solving skills on calculus-based problems. *Mountain Journal of Science and Interdisciplinary Research*, 2(1), 1–10. <http://journals.bsu.edu.ph/index.php/BRJ/article/view/334>
- Chen, J., Kolmos, A., & Du, X. (2021). Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: A review of literature. *European Journal of Engineering Education*, 46(1), 90–115. <https://doi.org/10.1080/03043797.2020.1718615>
- Cleary, J. (2020). Using the flipped classroom model in a junior-level course to increase student learning and success. *Journal of Civil Engineering Education*, 146(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000015](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000015)
- Dart, S., & Lim, J. B. P. (2023). Three-dimensional printed models for teaching and learning structural engineering concepts: Building intuition by physically connecting theory to real life. *Journal of Civil Engineering Education*, 149(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000078](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000078)
- Drake, R., Poleacovschi, C., & Faust, K. M. (2023). Civil engineering students as avoidant actors: Using culturally relevant problem-solving to increase critical action attitudes. *Journal of Engineering Education*, 112(2), 585–606. <https://doi.org/10.1002/jee.20507>
- Du, X., & Naji, K. K. (2021). Civil engineering students' collective agency and professional identity in a problem- and project-based learning environment: Case from Qatar. *Journal of Civil Engineering Education*, 147(4), 04021007. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000048](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000048)
- Gestson, M. L., Janjic, N., Sparks, J., Bruce, C. A., & Habashi, M. (2024). Exploring the differences in hydraulic engineering problem-solving behavior between students and experts using eye-tracking and mouse-tracking. *Journal of Civil Engineering Education*, 150(1). <https://doi.org/10.1061/JCEECD.EIENG-1872>
- Gurmu, A. (2023). Blended pedagogical model for effective teaching of project management techniques. *International Journal of Construction Education and Research*, 19(1), 3–20. <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1957752>
- Ilbeigi, M., Kodzwa, R., & Bairaktarova, D. (2022). Gamification in construction engineering education: A scoping review. *Journal of Civil Engineering Education*, 148(4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000077](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000077)
- Jato-Espino, D. (2024). Gamification as a tool to improve educational and training outcomes in civil engineering. *Journal of Civil Engineering Education*, 150(3). <https://doi.org/10.1061/JCEECD.EIENG-1962>
- Léger, M. T., Laroche, A. M., & Pruneau, D. (2020). Using design thinking to solve a local environmental problem in the context of a university civil engineering course: An intrinsic case study. *Global Journal of Engineering Education*, 22(1), 6–12. <http://www.wiete.com.au/journals/GJEE/Publish/vol22no1/01-Leger-M.pdf>
- Lozano-Galant, F., Porras, R., Mobaraki, B., Calderón, F., Gonzalez-Arteaga, J., & Lozano-Galant, J. A. (2024). Enhancing civil engineering education through affordable AR tools for visualizing BIM models. *Journal of Civil Engineering Education*, 150(3). <https://doi.org/10.1061/JCEECD.EIENG-2007>
- Martínez Villalobos, G., & Ruiz Rodríguez, D. (2022). Impacto del aula invertida con tecnologías emergentes en

un curso del ciclo básico de ingeniería. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 27(93), 971–997. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14072628012>

Mendoza Carranza, J. D., Mendoza Espinoza, S. A., & Romero Hidrovo, A. B. H. (2024). Planteo de una metodología para la enseñanza de las ciencias estructurales en ingeniería civil. *Revista Digital Educación en Ingeniería*, 19(38), 1–8. <https://doi.org/10.26507/rei.v19n38.1296>

Mojtahedi, M., Kamardeen, I., Rahmat, H., & Ryan, C. (2020). Flipped classroom model for enhancing student learning in construction education. *Journal of Civil Engineering Education*, 146(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000004](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000004)

Mora Álvarez, Y. E. (2025). Implementación del modelo Flipped Classroom en entornos urbanos y rurales: Una revisión documental. *Scientific Journal T&E*, 1(2), 33–57. <https://doi.org/10.48204/3072-9653.6506>

Olbina, S., Hinze, J., & Issa, R. R. A. (2023). Using integrated hands-on and virtual reality (VR) or augmented reality (AR) methods to enhance construction education. *International Journal of Construction Education and Research*, 19(3), 201–220. <https://doi.org/10.1080/15578771.2022.2115173>

Pourmand, P., Pudasaini, B., & Shahandashti, M. (2021). Assessing the benefits of flipped classroom in enhancing construction students' technical communication skills. *Journal of Civil Engineering Education*, 147(1). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000025](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000025)

Rocha, B., & McMullen, K. F. (2024). Mechanics escape room: Escaping the monotony of solving problems. *Journal of Civil Engineering Education*, 150(3). <https://doi.org/10.1061/JCEECD.EIENG-2032>

Tsai, M. (2023). Application of design thinking and project-based learning in HCI courses for construction engineering students. *Journal of Civil Engineering Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1061/JCEECD.EIENG-1931>

Tregloan, K. (2024). Unreal... A typology for learning from virtual site visits. *International Journal of Construction Education and Research*, 20(3), 223–240. <https://doi.org/10.1080/15578771.2023.2294198>

Wang, X., Chou, M., Lai, X., Tang, J., Chen, J., Kong, W. K., Chi, H.-L., & Yam, M. C. H. (2024). Examining the effects of an immersive learning environment in tertiary AEC education: CAVE-VR system for students' perception and technology acceptance. *Journal of Civil Engineering Education*, 150(2), Article 05023012. <https://doi.org/10.1061/jceecd.eieng-1995>

West, P., Paige, F., Lee, W., Watts, N., & Scales, G. (2022). Using learning analytics and student perceptions to explore student interactions in an online construction management course. *Journal of Civil Engineering Education*, 148(4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000066](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000066)

Zhang, D. (2023). Open-topic project-based learning and its gender-related effect on student autonomy. *Journal of Civil Engineering Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1061/JCEECD.EIENG-1919>

Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, 14, 1202728. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>