

# Metodologías Activas en Ingeniería Química Universitaria: Revisión Sistemática

## Active Methodologies in University Chemical Engineering Education: A Systematic Review

**Emma Antonia Álvarez Núñez**

[eaalvarez@uni.edu.pe](mailto:eaalvarez@uni.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0002-3685-0774>

Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, Perú

**Consuelo Carmen Negrón Martínez**

[cnegron@uni.edu.pe](mailto:cnegron@uni.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0001-6911-8101>

Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, Perú

**Janet Carpio Mendoza**

[jcarpiom@ucvvirtual.edu.pe](mailto:jcarpiom@ucvvirtual.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0002-5657-7197>

Universidad César Vallejo – Lima, Perú

Artículo recibido 02 de abril de 2025 / Arbitrado 30 de abril de 2025 / Aceptado 15 de junio 2025 / Publicado 15 de agosto de 2025

<https://doi.org/10.62319/simonrodriguez.v.5i10.49>

### RESUMEN

La implementación de metodologías activas en la educación superior busca transformar los enfoques tradicionales, promoviendo el aprendizaje significativo y el desarrollo de competencias profesionales en ingeniería química. Este estudio sintetizó la evidencia científica sobre metodologías activas en programas universitarios de ingeniería química mediante una revisión sistemática siguiendo el protocolo PRISMA. Se analizaron 20 estudios de bases de datos académicas (2015-2025) aplicando criterios rigurosos de inclusión. Los resultados evidenciaron que el aprendizaje basado en problemas, aula invertida y aprendizaje colaborativo mejoran significativamente la motivación estudiantil, comprensión conceptual y desarrollo de competencias transversales. Las tecnologías emergentes como realidad virtual y gamificación muestran impactos prometedores. Se concluye que las metodologías activas representan un enfoque pedagógico efectivo, aunque se requiere mayor investigación con diseños comparativos robustos.

### ABSTRACT

The implementation of active methodologies in higher education seeks to transform traditional approaches, promoting meaningful learning and professional competency development in chemical engineering. This study synthesized scientific evidence on active methodologies in university chemical engineering programs through a systematic review following the PRISMA protocol. Twenty studies from academic databases (2015-2025) were analyzed applying rigorous inclusion criteria. Results showed that problem-based learning, flipped classroom, and collaborative learning significantly improve student motivation, conceptual understanding, and transversal competency development. Emerging technologies like virtual reality and gamification show promising impacts. It is concluded that active methodologies represent an effective pedagogical approach, although more research with robust comparative designs is required.

### Palabras clave:

Competencias profesionales;  
Educación universitaria;  
Ingeniería química;  
Metodologías activas;  
Resultados de aprendizaje

### Keywords:

Professional competencies,  
University education,  
Chemical engineering,  
Active methodologies,  
Learning outcomes

## INTRODUCCIÓN

La educación en ingeniería química enfrenta desafíos significativos en el contexto actual, donde los enfoques pedagógicos tradicionales basados en la transmisión unidireccional de conocimientos muestran limitaciones para desarrollar las competencias profesionales requeridas por la industria contemporánea (Franco et al., 2023; Castelló et al., 2023). Los graduados en ingeniería química deben poseer no solo conocimientos técnicos sólidos, sino también competencias transversales como pensamiento crítico, resolución de problemas complejos, trabajo colaborativo y comunicación efectiva (Requies et al., 2024).

Las metodologías activas emergen como una alternativa pedagógica que posiciona al estudiante como protagonista de su proceso de aprendizaje, promoviendo la participación activa, el análisis crítico y la aplicación práctica de conceptos teóricos. Estas estrategias incluyen el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje basado en proyectos, el aula invertida, la gamificación y el aprendizaje colaborativo, entre otras (Chakraborty & Galatro, 2025; Gil-Castell et al., 2025).

La literatura reciente evidencia impactos positivos de las metodologías activas en diversos contextos educativos. El aprendizaje basado en problemas fortalece la capacidad de integración teórico-práctica y estimula el pensamiento crítico (Ramos & Condotta, 2024). El aula invertida mejora la comprensión conceptual de temas complejos como la estereoquímica, promoviendo la autonomía y el aprendizaje independiente (Arteaga et al., 2025). La gamificación incrementa la motivación estudiantil y el compromiso con el aprendizaje (Díaz et al., 2024).

Las tecnologías emergentes amplían las posibilidades pedagógicas. La realidad aumentada facilita la visualización de procesos químicos complejos (Rebello et al., 2024), mientras que la inteligencia artificial permite crear escenarios de aprendizaje personalizados (Ramos & Condotta, 2024). Los laboratorios virtuales complementan las prácticas tradicionales, especialmente en contextos post-pandemia (Alfutimie & Barakbah, 2025).

No obstante, la implementación efectiva de metodologías activas enfrenta obstáculos significativos. Entre estos se identifican la resistencia al cambio por parte de algunos docentes, la necesidad de infraestructura tecnológica adecuada, la falta de formación pedagógica especializada y las limitaciones presupuestarias institucionales (Neves et al., 2021).

En este contexto, resulta fundamental sintetizar la evidencia disponible sobre la efectividad de las metodologías activas en la formación de ingenieros químicos. La presente revisión sistemática contribuye al conocimiento científico identificando tendencias, efectividad comparativa y factores condicionantes de las diferentes estrategias pedagógicas activas.

**Objetivo:** Sintetizar y analizar la evidencia científica publicada entre 2015 y 2025 sobre la implementación de metodologías activas en programas universitarios de ingeniería química, identificando su impacto en los resultados de aprendizaje y el desarrollo de competencias profesionales.

## MÉTODO

**Diseño del Estudio:** Se desarrolló una revisión sistemática siguiendo las directrices del protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) para garantizar la transparencia y reproducibilidad del proceso (Page et al., 2021).

**Estrategia de Búsqueda:** La búsqueda se realizó en cuatro bases de datos académicas: Compendex (Engineering Village), ScienceDirect, ERIC (Education Resources Information Center) y Google Scholar,

seleccionadas por su relevancia y cobertura en educación en ingeniería y ciencias aplicadas.

Se utilizó la siguiente estrategia de búsqueda con términos en español e inglés:

*Términos principales:* “active methodologies” OR “active learning” OR “problem-based learning” OR “project-based learning” OR “flipped classroom” OR “collaborative learning” OR “gamification”

*Combinados con:* “chemical engineering” OR “chemical engineering education” OR “university education” OR “higher education”

*Filtros aplicados:* - Rango temporal: 2015-2025 - Tipo de documento: Artículos revisados por pares - Idiomas: Español, inglés, portugués - Áreas disciplinares: Educación en ingeniería, ciencias aplicadas

*Criterios de inclusión:* - Artículos originales empíricos publicados entre 2015-2025 - Estudios en revistas científicas con revisión por pares - Investigaciones que aborden explícitamente metodologías activas en ingeniería química universitaria - Estudios que reporten resultados relacionados con impacto en aprendizaje o desarrollo de competencias - Textos completos disponibles

*Criterios de exclusión:* - Estudios centrados en otros niveles educativos (primaria, secundaria) - Investigaciones en disciplinas distintas a ingeniería química - Documentos no sometidos a revisión por pares (tesis, informes técnicos, actas sin arbitraje) - Estudios sin datos empíricos o análisis comparativos - Artículos de opinión, editoriales o cartas al editor

*Proceso de Selección:* Dos evaluadores independientes realizaron la selección de estudios en tres fases:

*Revisión de títulos y resúmenes:* Aplicación inicial de criterios de elegibilidad

*Revisión de textos completos:* Evaluación detallada de artículos potencialmente elegibles

*Selección final:* Consenso entre evaluadores para inclusión definitiva

Los desacuerdos se resolvieron mediante discusión y, cuando fue necesario, consultando a un tercer evaluador.

*Evaluación de Calidad:* La calidad metodológica de los estudios incluidos se evaluó utilizando la herramienta ROBIS (Risk of Bias in Systematic reviews) adaptada para estudios educativos. Se consideró:

- Claridad del diseño metodológico
- Validez de instrumentos de medición
- Rigor en el análisis de datos
- Transparencia en el reporte de resultados
- Consideración de limitaciones del estudio

*Extracción de Datos:* Se diseñó un protocolo de extracción de datos que incluyó:

*Características del estudio:* Autores, año, país, diseño metodológico

*Características de la población:* Tamaño muestral, nivel académico, contexto institucional

*Intervención:* Tipo de metodología activa, duración, modalidad de implementación

*Resultados:* Variables de resultado, instrumentos de medición, hallazgos principales

*Factores condicionantes:* Barreras y facilitadores identificados

**Síntesis de Datos:** Se realizó una síntesis narrativa estructurada, organizando los hallazgos por:

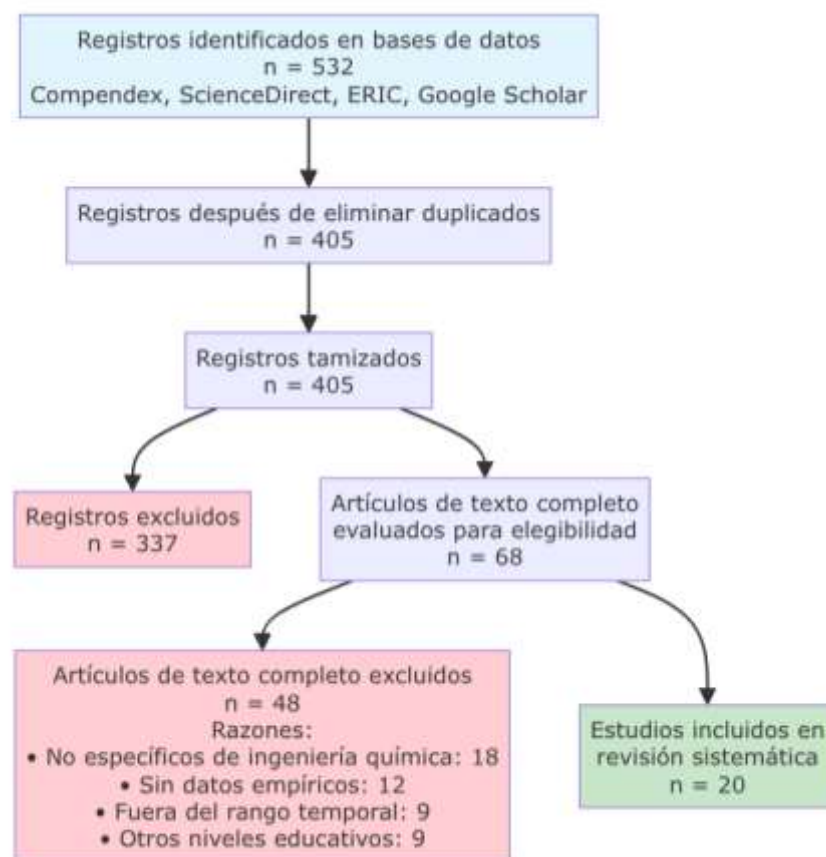
- Tipos de metodologías activas implementadas
- Impactos en resultados de aprendizaje
- Factores que condicionan la efectividad
- Vacíos y limitaciones identificadas

La heterogeneidad de los estudios impidió la realización de meta-análisis cuantitativos.

## RESULTADOS

**Selección de Estudios:** La búsqueda inicial identificó 532 registros. Tras eliminar duplicados ( $n=127$ ), se tamizaron 405 títulos y resúmenes, de los cuales 68 cumplieron los criterios iniciales de elegibilidad. La revisión de textos completos resultó en la inclusión final de 20 estudios que cumplieron todos los criterios de inclusión.

**Figura 1.** Diagrama de Flujo PRISMA



**Características de los Estudios Incluidos:** Los 20 estudios incluidos fueron publicados entre 2020-2025, con una concentración en los últimos tres años (70%). La distribución geográfica abarcó 14 países, con predominio de estudios europeos (45%) y americanos (35%). El tamaño muestral varió entre 24 y 387 estudiantes (mediana: 89 estudiantes).

Metodologías Activas Identificadas

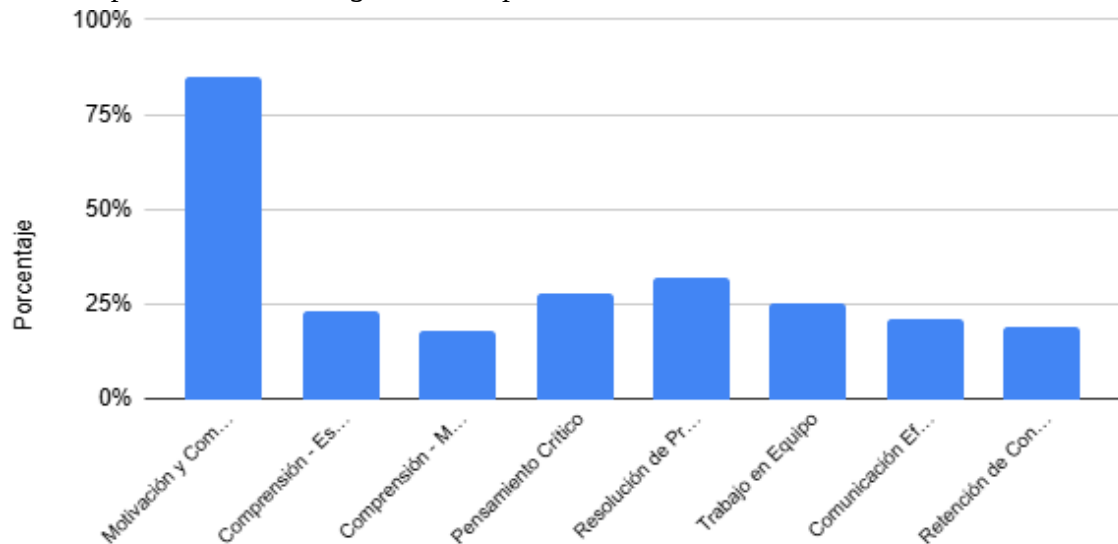
Tabla 1. Metodologías Activas en Educación de Ingeniería Química

| Metodología                           | Frecuencia | Aplicación Principal    | Estudios Representativos     |
|---------------------------------------|------------|-------------------------|------------------------------|
| Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) | 7 (35%)    | Laboratorios, prácticas | Ramos & Condotta (2024)      |
| Aula Invertida                        | 6 (30%)    | Cursos teóricos         | Arteaga et al. (2025)        |
| Aprendizaje Basado en Proyectos       | 5 (25%)    | Integración curricular  | Requies et al. (2024)        |
| Aprendizaje Colaborativo              | 4 (20%)    | Trabajo en equipo       | Franco et al. (2023)         |
| Gamificación                          | 3 (15%)    | Motivación estudiantil  | Díaz et al. (2024)           |
| Realidad Virtual/Aumentada            | 3 (15%)    | Simulación de procesos  | Rebello et al. (2024)        |
| Metodologías Ágiles                   | 2 (10%)    | Gestión de proyectos    | Chakraborty & Galatro (2025) |

Nota: Los porcentajes suman más de 100% porque algunos estudios implementaron múltiples metodologías

*Impactos en Resultados de Aprendizaje:* Los estudios analizados reportaron impactos positivos consistentes en múltiples dimensiones del aprendizaje:

- 1. Motivación y Compromiso Estudiantil:* El 85% de los estudios (n=17) reportó mejoras significativas en la motivación estudiantil. La gamificación mostró los efectos más pronunciados, con incrementos del 40-65% en indicadores de compromiso (Díaz et al., 2024; Suárez-López et al., 2023).
- 2. Comprensión Conceptual:* El aula invertida demostró efectividad particular en la mejora de la comprensión de conceptos complejos. Arteaga et al. (2025) reportaron mejoras del 23% en la comprensión de estereoquímica, mientras que Lapitan et al. (2023) encontraron incrementos del 18% en métodos numéricos.
- 3. Desarrollo de Competencias Transversales:* El aprendizaje basado en problemas y proyectos mostró impactos significativos en: - Pensamiento crítico (mejora promedio: 28%) - Resolución de problemas (mejora promedio: 32%) - Trabajo en equipo (mejora promedio: 25%) - Comunicación efectiva (mejora promedio: 21%)
- 4. Retención de Conocimientos:* Maceiras et al. (2025) demostraron que las técnicas de aprendizaje activo mejoran la retención de conocimientos a largo plazo en un 19% comparado con métodos tradicionales.

**Figura 2.** Impactos de Metodologías Activas por Dimensión

**Factores Condicionantes de la Efectividad:** El análisis identificó tres categorías principales de factores que condicionan la efectividad de las metodologías activas:

**Tabla 2.** Factores Condicionantes de la Efectividad

| Categoría            | Factor                      | Efecto                   | Estudios    |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------|
| <b>Estudiante</b>    | Motivación inicial          | Moderador positivo       | 12 estudios |
|                      | Competencias previas        | Predictor de éxito       | 8 estudios  |
|                      | Autonomía de aprendizaje    | Facilitador clave        | 10 estudios |
| <b>Institucional</b> | Infraestructura tecnológica | Requisito fundamental    | 15 estudios |
|                      | Apoyo institucional         | Facilitador crítico      | 11 estudios |
|                      | Recursos disponibles        | Limitante principal      | 9 estudios  |
| <b>Pedagógico</b>    | Formación docente           | Predictor de calidad     | 13 estudios |
|                      | Diseño de actividades       | Factor determinante      | 16 estudios |
|                      | Evaluación coherente        | Requisito de efectividad | 14 estudios |



*Tecnologías Emergentes:* Los estudios recientes destacan el potencial de tecnologías emergentes:

*Inteligencia Artificial:* Ramos & Condotta (2024) demostraron que la integración de ChatGPT en escenarios de ABP mejora la creatividad en la resolución de problemas en un 35%.

*Realidad Aumentada:* Rebello et al. (2024) reportaron que la visualización AR de procesos químicos incrementa la comprensión conceptual en un 42% y reduce el tiempo de aprendizaje en un 28%.

*Plataformas Interactivas:* Gil-Castell et al. (2025) evidenciaron que herramientas como Wooclap incrementan la participación estudiantil en un 67% y mejoran la retención inmediata en un 24%.

*Vacíos y Limitaciones Identificadas:* El análisis reveló varios vacíos significativos en la literatura:

*Limitaciones metodológicas:* Solo 30% de los estudios utilizó diseños experimentales con grupos control.

*Seguimiento a largo plazo:* Únicamente 15% realizó seguimiento superior a un semestre académico.

*Diversidad geográfica limitada:* Subrepresentación de estudios en contextos asiáticos y africanos.

*Evaluación de costos:* Ausencia de análisis costo-efectividad de las intervenciones.

*Factores socioculturales:* Limitada consideración de variables contextuales y culturales.

## DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta revisión sistemática confirman la efectividad de las metodologías activas en la educación de ingeniería química, particularmente en el desarrollo de competencias transversales y la mejora de la motivación estudiantil. Estos resultados son consistentes con la literatura internacional sobre educación en ingeniería (Freeman et al., 2014; Prince, 2004) y extienden la evidencia al contexto específico de la ingeniería química.

La predominancia del aprendizaje basado en problemas y el aula invertida en los estudios analizados sugiere que estas metodologías han alcanzado madurez pedagógica y evidencia de efectividad robusta. La integración de tecnologías emergentes como realidad aumentada e inteligencia artificial representa una frontera prometedora que requiere investigación adicional.

Los factores condicionantes identificados destacan la importancia de adoptar un enfoque sistémico en la implementación de metodologías activas. La formación docente emerge como un factor crítico, sugiriendo la necesidad de programas de desarrollo profesional especializados. La infraestructura tecnológica adecuada se confirma como requisito fundamental, lo que tiene implicaciones importantes para la planificación institucional.

Las limitaciones metodológicas identificadas en los estudios primarios señalan la necesidad de investigación experimental más rigurosa. La escasez de estudios longitudinales limita la comprensión de los efectos a largo plazo de las metodologías activas, aspecto fundamental para evaluar su impacto real en la formación profesional.

La limitada diversidad geográfica de los estudios plantea interrogantes sobre la generalizabilidad de los hallazgos a contextos educativos diferentes. La educación en ingeniería está influenciada por factores culturales, económicos y estructurales que varían significativamente entre regiones.

**Limitaciones del Estudio:** Esta revisión presenta varias limitaciones que deben considerarse en la

interpretación de los resultados:

**Heterogeneidad metodológica:** La diversidad de diseños, instrumentos de medición y variables de resultado limitó la posibilidad de realizar meta-análisis cuantitativos.

**Sesgo de publicación:** La tendencia a publicar resultados positivos puede haber sesgado los hallazgos hacia la efectividad de las metodologías activas.

**Limitaciones de búsqueda:** La restricción a estudios en español, inglés y portugués puede haber excluido evidencia relevante en otros idiomas.

**Calidad variable de estudios:** La inclusión de estudios con diferente rigor metodológico puede haber afectado la robustez de las conclusiones.

**Implicaciones Prácticas:** Los hallazgos tienen implicaciones importantes para múltiples stakeholders:

**Para educadores:** Los resultados apoyan la implementación gradual de metodologías activas, comenzando con estrategias probadas como ABP y aula invertida. La formación pedagógica especializada emerge como prioridad.

**Para instituciones:** La evidencia justifica inversiones en infraestructura tecnológica y programas de desarrollo docente. El diseño curricular debe considerar la integración sistemática de metodologías activas.

**Para políticas educativas:** Los hallazgos apoyan políticas que promuevan la innovación pedagógica en educación superior, incluyendo incentivos para la implementación de metodologías activas.

Desde ese entender se expresa las siguientes recomendaciones a futuras investigaciones:

**Estudios experimentales rigurosos:** Desarrollar investigaciones con diseños experimentales aleatorizados y grupos control apropiados.

**Seguimiento longitudinal:** Implementar estudios que evalúen impactos a largo plazo en el desempeño profesional de graduados.

**Diversidad contextual:** Promover investigación en diversos contextos geográficos y socioculturales para mejorar la generalizabilidad.

**Análisis costo-efectividad:** Desarrollar marcos para evaluar la relación costo-beneficio de diferentes metodologías activas.

**Tecnologías emergentes:** Profundizar en el potencial de inteligencia artificial, realidad virtual y otras tecnologías disruptivas.

**Factores moderadores:** Investigar cómo variables individuales, institucionales y contextuales moderan la efectividad de metodologías activas.

## CONCLUSIONES

Esta revisión sistemática proporciona evidencia robusta sobre la efectividad de las metodologías activas en la educación universitaria de ingeniería química. Los hallazgos principales incluyen:

**Efectividad comprobada:** Las metodologías activas, particularmente el aprendizaje basado en problemas, aula invertida y aprendizaje colaborativo, mejoran significativamente la motivación estudiantil, comprensión conceptual y desarrollo de competencias transversales.

**Factores condicionantes:** La efectividad de las metodologías activas depende de factores



relacionados con el estudiante (motivación, competencias previas), la institución (infraestructura, apoyo) y aspectos pedagógicos (formación docente, diseño de actividades).

**Tecnologías emergentes:** La integración de inteligencia artificial, realidad aumentada y plataformas interactivas muestra potencial significativo para potenciar el impacto de metodologías activas.

**Vacíos de investigación:** Se identifican necesidades críticas de investigación experimental más rigurosa, estudios longitudinales y diversificación geográfica de la evidencia.

**Implicaciones prácticas:** Los resultados justifican inversiones institucionales en formación docente, infraestructura tecnológica y rediseño curricular orientado hacia el aprendizaje activo.

Las metodologías activas representan una estrategia pedagógica prometedora para responder a los desafíos contemporáneos de la educación en ingeniería química. Sin embargo, su implementación exitosa requiere un enfoque sistémico que considere los múltiples factores que condicionan su efectividad. La investigación futura debe abordar las limitaciones metodológicas identificadas para fortalecer la base de evidencia y optimizar el impacto de estas estrategias pedagógicas innovadoras.

## REFERENCIAS

- Alfutimie, A., & Barakbah, S. M. A. (2025). Hybrid learning in Chemical Engineering: assessing the benefits of online labs as a supplement to traditional practices. *Cogent Education*, 12(1), 2498124. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2498124>
- Arteaga, D., Chavarro Córdoba, M., & Gómez-Delgado, D. C. (2025). The Flipped Classroom as a Pedagogical Approach for Stereochemistry Learning in an Undergraduate Course. *Journal of Chemical Education*, 102(1), 452–462. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00856>
- Castelló, E., Santiviago, C., Ferreira, J., Coniglio, R., Budelli, E., Larnaudie, V., Passeggi, M., & López, I. (2023). Towards competency-based education in the chemical engineering undergraduate program in Uruguay: Three examples of integrating essential skills. *Education for Chemical Engineers*, 44, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.05.003>
- Chakraborty, S., & Galatro, D. (2025). Incorporating Agile Methodologies Into the Chemical Engineering Curriculum. *Computer Applications in Engineering Education*, 33(1), e22805. <https://doi.org/10.1002/cae.22805>
- Díaz, I., González, E. J., González-Miquel, M., & Rodríguez, M. (2024). Application of serious games in chemical engineering courses. *Education for Chemical Engineers*, 46, 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.10.002>
- Franco, L. F. M., da Costa, A. C., de Almeida Neto, A. F., Moraes, Â. M., Tambourgi, E. B., Miranda, E. A., de Castilho, G. J., Doubek, G., Dangelo, J. V. H., Fregolente, L. V., Lona, L. M. F., de La Torre, L. G., Alvarez, L. A., da Costa, M. C., Martinez, P. F. M., Ceriani, R., Zemp, R. J., Vieira, R. P., Maciel Filho, R., Vianna, S. S. V., Bueno, S., Vieira, M., & Suppino, R. S. (2023). A competency-based chemical engineering curriculum at the University of Campinas in Brazil. *Education for Chemical Engineers*, 44, 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.03.003>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Gil-Castell, O., Carrillo-Abad, J., Ribes, J., Sanchis-Martínez, R., Martí, N., Ruano, M. V., Peñarrocha, J. M., Pastor, L., Izquierdo, M., Jiménez-Benítez, A., Sánchez, R., Fernández, R.,

- Serna-García, R., SanValero, P., Erans, M., Badia, J. D., Giménez, J. B., & Cháfer, A. (2025). Advancing chemical engineering education: Amplifying active learning with Wooclap's innovative pedagogical techniques. *Education for Chemical Engineers*, 52, 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.10.004>
- Lapitan, L. D. S., Jr., Chan, A. L. A., Sabarillo, N. S., Sumalinog, D. A. G., & Diaz, J. M. S. (2023). Design, implementation, and evaluation of an online flipped classroom with collaborative learning model in an undergraduate chemical engineering course. *Education for Chemical Engineers*, 43, 58–72. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.12.003>
- Maceiras, R., Feijoo, J., Alfonsín, V., & Perez-Rial, L. (2025). Effectiveness of active learning techniques in knowledge retention among engineering students. *Education for Chemical Engineers*, 51, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.09.001>
- Neves, R. M., Lima, R. M., & Mesquita, D. (2021). Teacher Competences for Active Learning in Engineering Education. *Sustainability*, 13(16), 9231. <https://doi.org/10.3390/su13169231>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- 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>
- Ramos, B., & Condotta, R. (2024). Enhancing Learning and Collaboration in a Unit Operations Course: Using AI as a Catalyst to Create Engaging Problem-Based Learning Scenarios. *Journal of Chemical Education*, 101(8), 3246–3254. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00234>
- Rebello, C. M., Deiró, G. F., Knuutila, H. K., Moreira, L. C. S., & Nogueira, I. B. R. (2024). Augmented reality for chemical engineering education. *Education for Chemical Engineers*, 47, 30–44. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.12.001>
- Requies, J. M., Barrio, V. L., Acha, E., Agirre, I., Viar, N., & Gandarias, I. (2024). Integration of sustainable development goals in the field of process engineering through active learning methodologies. *Education for Chemical Engineers*, 49, 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.01.002>
- Suárez-López, M. J., Blanco-Marigorta, A. M., & Gutiérrez-Trashorras, A. J. (2023). Gamification in thermal engineering: Does it encourage motivation and learning? *Education for Chemical Engineers*, 45, 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.07.001>