



# MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO PARA EVALUAR LA COMPETENCIA DE RESOLVER PROBLEMAS EN PROGRAMAS DE INGENIERÍA CIVIL

**Guillermo Mejía Aguilar, María Mónica Caballero, Miller Salas Rondón**

**Universidad Industrial de Santander  
Bucaramanga, Colombia**

## **Resumen**

Hoy en día, nuestra sociedad demanda ingenieros con competencias específicas para enfrentarse a escenarios complejos y plantear soluciones apropiadas. Como respuesta a esta necesidad, los programas de ingeniería adelantan procesos de acreditación donde se definen objetivos educacionales y estrategias de desarrollo y verificación de competencias, que aseguren la formación de ingenieros para responder a dicha necesidad. La Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander ha planteado como uno de sus objetivos educacionales la formación para analizar, diseñar, desarrollar y gestionar proyectos de infraestructura civil. Una estrategia para lograr este objetivo es mediante procesos de enseñanza y aprendizaje que desarrollen en el estudiante la capacidad para identificar y resolver problemas de ingeniería complejos, mediante la aplicación de principios de ingeniería, ciencia y matemáticas. El éxito de esta estrategia requiere que los profesores y estudiantes del programa, reconozcan y comprendan los fundamentos para orientar los procesos de evaluación de la habilidad mencionada. Específicamente, se requiere comprender un marco conceptual y metodológico, tanto por quienes miden y evalúan la competencia, como por quienes son evaluados. No obstante, en ocasiones los programas de ingeniería no cuentan con esa claridad conceptual, ya que no existen políticas explícitas de evaluación sobre resolución de problemas. Este estudio identificó las características y tendencias actuales de los marcos conceptual y metodológico de la evaluación de la competencia para resolver problemas en ingeniería, que permitan proponer lineamientos generales para la implementación del proceso de medición y evaluación de dicha competencia en el programa de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander. Con base en una revisión sistemática tipo "scoping review", se identificaron 38 artículos y actas de conferencias, de los cuales, el 84%

de los artículos están clasificados en SCImago dentro del cuartil Q1. Se espera, que los resultados contribuyan al mejoramiento del programa de ingeniería civil, atendiendo a uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible adoptados por los Estados miembros de las Naciones Unidas, específicamente, el cuarto objetivo que busca garantizar una educación de calidad.

**Palabras clave:** resolución de problemas; educación en ingeniería; problemas complejos de ingeniería

### **Abstract**

*Currently, our society demands engineers with specific competencies to deal with complex problems and propose sustainable solutions. Hence, engineering programs implement accreditation processes to set educational objectives and student outcomes that meet these needs. These educational objectives and student outcomes require careful assessment strategies of learning processes. The mission of the Civil Engineering program at the Universidad Industrial de Santander, in Colombia, states as one of the educational objectives "analyze, design, develop and manage civil infrastructure projects". To achieve this objective, the civil engineering program requires teaching and learning processes for enabling students to develop the "ability to identify, formulate and solve complex engineering problems by applying engineering, science, and mathematics". Therefore, faculty and students must understand the fundamentals of measuring and assessing problem-solving based on a conceptual and methodological framework. Nonetheless, the Civil Engineering program does not have explicit policies for assessing problem-solving. This study aimed to determine the assessment characteristics and trends of problem solving in engineering education to offer implementation guidelines for measuring and assessing this competency in the civil engineering program at the Universidad Industrial de Santander. The study used a systematic scoping review that resulted in 38 articles and conference proceedings, where 84% of the articles are classified in SCImago within quartile Q1. Aligning to the Sustainable Development Goals, this study's results could improve the Civil Engineering program to ensure quality education in engineering programs.*

**Keywords:** *problem solving; engineering education; complex engineering problems*

## **1. Introducción**

Hoy en día, nuestra sociedad demanda ingenieros con competencias específicas para enfrentarse a escenarios complejos y plantear soluciones apropiadas (Alliance, 2014). Como respuesta a esta necesidad, los programas de ingeniería adelantan procesos de acreditación donde se definen objetivos educativos y estrategias de desarrollo y verificación de competencias, que aseguren la formación de ingenieros que respondan a esta necesidad. El logro de los objetivos educativos se alcanza con procesos de enseñanza y aprendizaje en donde el estudiante desarrolle conocimientos y habilidades. Dentro de los logros que deben alcanzar los estudiantes de ingeniería se encuentra el desarrollo de la capacidad para resolver problemas de ingeniería complejos, con base en principios de matemática, ciencia e ingeniería (Passow & Passow, 2017). No obstante,



algunos resultados de pruebas estandarizadas en Colombia dan muestra de la necesidad de mejorar en este aspecto.

La prueba EXIM mide la competencia de resolución de problemas, en las áreas de matemáticas y física, de los estudiantes de ingeniería que han terminado el ciclo básico. Los resultados del 2020 reportan que el desempeño de los estudiantes, de cinco universidades públicas y doce universidades privadas, en la resolución de problemas de matemáticas, lograron una calificación promedio de 48,7 puntos, con desviación estándar de 9,6; mientras que, en la resolución de problemas de física, lograron un promedio de 37,9 puntos, con desviación estándar de 8,2 (ACOFI, 2020). Por su parte, los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS) tuvieron una calificación promedio de 52,5 y una desviación estándar de 9,1, como desempeño en la resolución de problemas de matemáticas; mientras que, en física, el promedio fue de 37,3 y la desviación estándar de 8,3. Teniendo en cuenta que EXIM evalúa con base en una escala de 0 a 100 puntos, con promedio y desviación estándar normalizados de 50 y 10 respectivamente, los resultados reportados en el 2020 evidencian la necesidad de mejorar en esta competencia, no solo en el programa de ingeniería civil de la UIS, sino, en los programas de ingeniería a nivel nacional, para asegurar un buen desarrollo de conceptos y habilidades de resolución de problemas en los estudiantes.

Para lograr lo mencionado, se requiere, entre otros aspectos, que el cuerpo de profesores y estudiantes del programa de ingeniería, reconozcan y comprendan los fundamentos para orientar los procesos de medición y evaluación de la competencia de resolución de problemas. Es necesario tener un marco conceptual y metodológico que sea bien comprendido, tanto por quienes miden y evalúan la competencia, como por quienes son evaluados. Teniendo en cuenta que en la Escuela de Ingeniería Civil de la UIS no existe una política explícita de evaluación de esta competencia, el presente estudio tuvo como objetivo determinar las características y tendencias actuales del marco conceptual y metodológico para evaluar la competencia de resolver problemas en programas de ingeniería, de manera que permitan proponer lineamientos generales para la implementación del proceso de medición y evaluación de la competencia de resolución de problemas en los programas de ingeniería civil.

## 2. Metodología

Para lograr el objetivo propuesto, se empleó una revisión sistemática tipo “*scoping review*” (The Joanna Briggs Institute, 2015) en la cual el aporte al conocimiento será sobre el proceso de diseño de estrategias y herramientas para evaluar la resolución de problemas. Una búsqueda inicial en SCOPUS mostró que hay un renovado interés en el último lustro dentro de los contextos de educación superior (“*Higher education*”) y educación en ingeniería (“*Engineering education*”).

Esta búsqueda preliminar se acotó luego, con base en las siguientes ecuaciones: 1) TITLE-ABS-KEY (“*problem solving*” AND “*Higher education*”) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,“ar”) OR LIMIT-TO (DOCTYPE,“cp”)); 2) TITLE-ABS-KEY (“*problem solving*” AND “*engineering education*”) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,“cp”) OR LIMIT-TO (DOCTYPE,“ar”). Como resultado, se obtuvo un grupo de 143 documentos, los cuales fueron agrupados según el tema central de cada uno. Para el análisis, se



seleccionaron aquellos documentos que tuvieran como propósito la evaluación de la competencia o habilidad de resolución de problemas, y aquellos que abordaran como tema central la propia habilidad o competencia, resultando en una muestra de 38 documentos.

### Descripción general de la muestra

De la muestra final de 38 documentos, el 82% (31/38) de ellos abordaron como tema central la evaluación de la competencia de resolución de problemas (*"assessment"*), y el restante 18% (8/38), las habilidades asociadas a la resolución de problemas (*"skills"*). El 84% (32/38) de estos documentos fueron artículos de revistas especializadas con clasificación SCImago, y el restante 16% (6/38) fueron actas de congreso, no clasificadas en este sistema. Adicionalmente se encontró que el 71% (27/38) de los documentos de la muestra corresponden a artículos publicados en revistas clasificadas en el cuartil Q1. El 45% (17/38), están publicados en revistas especializadas en educación en ingeniería (REEI), y el 26% (10/38), en revistas de Ingeniería especializadas en educación (RIEE) (ver [Tabla 1](#)).

**Tabla 1.** Tipo de revista donde se publicaron los estudios

Tipo de Revista		N Documentos	Porcentaje
CONG	Actas de Congreso	6	16%
REE	Revista especializada en educación	4	10%
REEI	Revista especializada en educación en ingeniería	17	45%
RIEE	Revista de ingeniería especializada en educación	10	26%
REI	Revista especializada en ingeniería	1	3%
Total		38	100%

Por su parte, dentro de las revistas especializadas en educación en ingeniería se encontró que, la revista que contribuyó con más estudios fue: *"European Journal of Engineering Education"* (29% = 5/17), mientras que, dentro de aquellas revistas de ingeniería especializadas en educación, la que más contribuyó fue *"IEEE Transactions on Education"* (40% = 4/10).

## 3. Resultados

Los 38 documentos de la muestra se analizaron de acuerdo con el periodo de publicación. De esta manera, se determinaron las características y tendencias actuales del marco conceptual y metodológico para evaluar la competencia de resolver problemas en programas de ingeniería.

### Caracterización de los estudios según el período de publicación

Los documentos analizados fueron publicados entre 1994 y 2020. Se definieron tres períodos de análisis, donde el 42% (16/38) de estos documentos se publicaron en el último decenio (ver [Tabla 2](#)). A continuación, se presenta el análisis de estos periodos.



Tabla 2. Período de publicación de los estudios

Periodo	No Documentos	Porcentaje
[1994-2000]	11	29%
[2001-2010]	11	29%
[2011-2020]	16	42%
	38	100%

#### *Periodo [1994-2000]*

Los documentos publicados desde 1994 hasta 2000 consistieron en actas de congreso (46% = 5/11), artículos publicados en revistas especializadas en educación en ingeniería [REEI] (36% (4/11), y artículos publicados en revistas de ingeniería especializadas en educación [RIEE] (18% = 2/11). El 55% (6/11) de los artículos de este periodo fueron publicados en revistas clasificadas en el cuartil Q1, según SCImago.

En este período se observó el interés en tres aspectos: herramientas de evaluación, evaluación de habilidades asociadas y asuntos curriculares. Aquellos estudios que abordan las herramientas de evaluación proponen, como herramientas apropiadas para evaluar la habilidad de resolver problemas, los portafolios (Che & Zhang, 1999), escenarios (McMartin, McKenna, & Youssefi, 2000; McMartin, McKenna, & Youssefi, 1999), y software interactivo multimedia (Ranky, Ranky, Flaherty, Sands, & Stratful, 1998). Por otro lado, se encontraron estudios acerca de la evaluación de habilidades asociadas a la resolución de problemas, entre ellas, las habilidades de diseño (Leung, 2000), de experimentación (Belarbi, Behr, Karson, & Effland, 1994), de razonamiento espacial (Hsi, Linn, & Bell, 1997) y habilidades generales (D. R. Woods et al., 1997). Finalmente, se encontraron estudios que resaltan la importancia de la evaluación de la competencia para resolver problemas dentro de los procesos de reorganización curricular a nivel de programa (Haag, Evans, & Lee-Thomas, 1999), reorientación a nivel de curso (Porter, Fuller, Bottomley, & Rajala, 1999; Yaeger, Marra, Costanzo, & Gray, 1999) y reorientación a nivel de estrategias (Ranky et al., 1998).

#### *Periodo [2001-2010]*

Al revisar los artículos escritos entre los años 2001 y 2010, se encontró que, el 73% (8/11) han sido publicados en revistas especializadas en educación en ingeniería [REEI], el 18% (2/11) en revistas especializadas en educación asociadas a una profesión específica [RIEE], y tan solo un artículo (9% = 1/11) se publicó en actas de congreso. El 83% (8/11) de los artículos de este periodo fueron publicados en revistas clasificadas en el cuartil Q1, según SCImago.

Durante este periodo se observó el interés en los siguientes temas: modelos de evaluación, herramientas de evaluación, evaluación de habilidades asociadas y reorganización curricular. Con respecto a los modelos de evaluación, se proponen principios y criterios de evaluación para los modelos (Lans & Verkroost, 2004; D. R. Woods et al., 2001), modelos de evaluación a nivel de programa, observando el cumplimiento de los objetivos educacionales a través de logros específicos, medibles y retroalimentados (Christoforou et al., 2003), y modelos a nivel de estrategias de aprendizaje basado en proyectos (Iscioglu & Kale, 2010). Respecto a las herramientas de evaluación se proponen exámenes en ambientes tecnológicos (Joao Paulo Barros et al., 2003) y mapas conceptuales (Walker & King, 2003). En cuanto a la evaluación de



habilidades asociadas, se presentan la evaluación de la habilidad de trabajo en equipo (Brewer & Mendelson, 2003) y de habilidades cognitivas para resolver problemas (Tsai & Feng, 2010). Finalmente, este periodo presenta estudios donde la evaluación de la competencia para resolver problemas es insumo para la reorganización curricular a nivel de programa (Davis et al., 2005).

#### *Periodo [2011-2020]*

Durante el periodo [2011–2020], la muestra de este estudio no contiene actas de congreso; no obstante, las revistas de ingeniería especializadas en educación publicaron el 38% (6/16) de los documentos de la muestra, las especializadas en educación en ingeniería [REEI] el 31% (5/16), las especializadas en educación [REE] el 25% (4/16), y las revistas de ingeniería [REI], el restante 6% (1/16). El 81% (13/16) de estas revistas están clasificadas en el Q1 según SCImago.

En este período se observó el interés en modelos de evaluación, herramientas de evaluación, evaluación de habilidades asociadas y asuntos curriculares. Aquellos estudios que abordan los modelos de evaluación proponen tener en cuenta el ciclo de vida de la evaluación, incluyendo las etapas de planificación, implementación, seguimiento y mejoramiento, como modelo de gestión del desarrollo de la habilidad de resolución de problemas (Dos Santos, 2017); otro estudio propone un modelo basado en tareas de evaluación, criterios de evaluación, y análisis de criterios sicométricos (Pérez, Vizcarro, García, Bermúdez, & Cobos, 2017); también, se encuentran estudios que proponen como modelos, la evaluación basada en juicios comparativos (Seery, Canty, & Phelan, 2012) y en juicios evaluativos (Mehrabi Boshrabadi & Hosseini, 2020). Por su parte, en cuanto a propuestas de herramientas de evaluación, se encuentran propuestas de rúbricas para evaluar principios (McCormick et al., 2015), los casos de estudio y talleres (Swart, 2016) y evaluaciones en ambientes tecnológicos (Hämäläinen, De Wever, Malin, & Cincinato, 2015). Por otro lado, se encontraron estudios acerca de la evaluación de habilidades asociadas a la resolución de problemas, como aquellos estudios que abordan la evaluación de trabajo en equipo (Rodríguez Montequín, Mesa Fernández, Balsera, & García Nieto, 2013), habilidades blandas (Camarinha-Matos, Goes, Gomes, & Pereira, 2020), de planificación y comunicación (Gillespie Rouse & Rouse, 2019; Zhang, Xie, & Li, 2019), de argumentación (Leite et al., 2011) y razonamiento (Talib, Aliyu, Malik, & Siang, 2019). Finalmente, se encontraron estudios sobre evaluación de la habilidad de resolver problemas con fines de reorganización curricular a nivel de práctica pedagógica (Tao, McClure, Zhang, Waqas, & Wen, 2020) y a nivel de curso en general (Stanton & Bradley, 2013; Tian, DeMara, & Gao, 2019).

## **4. Análisis y Discusión**

El análisis de los períodos identificó un renovado interés de las revistas en publicar temas de evaluación y habilidades de resolución de problemas en la enseñanza de ingeniería. Según la muestra de este estudio, las publicaciones en actas de congreso tienen mayor participación antes del 2000 (46%), que después del 2000; en la década 2001-2010 fue del 9%, y en la década 2011-2020 no se registró publicación en actas de congreso, evidenciando poco interés por estos temas en congresos. Por el contrario, se observa un creciente interés en la publicación de artículos en revistas especializadas, concretamente en educación en ingeniería y educación en general, sobre todo, en la última década. En general, el 42% de la muestra fue publicada entre 2011 y



2020, donde el 38% de los documentos en revistas especializadas en educación en ingeniería [REEI] y el 31% en revistas especializadas en educación [REE].

## Marco Conceptual

El análisis del marco conceptual permitió identificar las características y tendencias en cuanto a modelos de evaluación y evaluación de habilidades asociadas a la resolución de problemas.

### *Modelos de evaluación*

Comprender los modelos de evaluación de la competencia para resolver problemas en ingeniería, requiere precisar su concepto. Resolución de problemas puede ser entendido como el proceso de obtener la mejor respuesta respecto a cierta situación de la cual no hay experiencia previa, o el proceso de tomar decisiones sobre una situación sujeta a restricciones (D. R. Woods et al., 1997). Dentro de los pasos genéricos del proceso, se han identificado principalmente los siguientes: definición del problema, identificación de variables, identificación de las relaciones entre variables, identificación de conceptos e información relevante en la situación, y descomposición de problemas complejos en situaciones más sencillas de estudiar (Tsai & Feng, 2010).

Aunque en el período 1994-2000 no se identificaron artículos que abordaran los modelos de evaluación, en los siguientes periodos si se presentaron autores tratando el tema. Durante el periodo 2001-2010 se proponen modelos de evaluación a diferentes niveles de influencia. En este periodo se encuentran propuestas de principios y criterios para evaluar la competencia de resolución de problemas; también se proponen modelos con alcance a nivel de programa, como también, a nivel de estrategias de aprendizaje. Finalmente, en el periodo 2011-2020, se encuentran estudios que tienen en cuenta el ciclo de vida de la evaluación, mientras que otros estudios proponen modelos con alcance más específicos. Por otro lado, se encuentran estudios cuyos criterios de evaluación no son de carácter técnico, sino procedimental, basados en juicios.

### *Evaluación de habilidades asociadas*

La evaluación de la competencia para resolver problemas en ingeniería involucra la evaluación de habilidades asociadas. De esta manera, se entiende por competencia la integración de conocimiento, habilidades, aptitud y disposición que tiene una persona para desempeñarse exitosamente en un contexto (Passow & Passow, 2017). A su vez, se entiende por habilidad aquel conocimiento procedimental de cómo hacer las cosas (Anderson, Krathwohl, & Bloom, 2001). En nuestro contexto colombiano, el Acuerdo 02 de 2020 del Consejo Nacional de Educación Superior, precisa la definición de competencia refiriendo el desempeño en los términos de comprender y analizar problemas o situaciones y de un actuar coherente y eficaz, ya sea individual o colectivo, en determinados contextos (CESU, 2020).

Con base en estas precisiones conceptuales, en los tres periodos de análisis se evidenció que, para evaluar la competencia para resolver problemas, es necesario conocer sobre la evaluación de las habilidades asociadas. En el período 1994-2000, se encontraron estudios sobre evaluación de habilidades técnicas de diseño, de experimentación y razonamiento espacial. En el período 2001-2010, estudios sobre evaluación de habilidades blandas profesionales como trabajo en equipo y habilidades académicas cognitivas. Finalmente, en el período 2011-2020, estudios sobre



evaluación de habilidades blandas profesionales como trabajo en equipo, planificación y comunicación; como también habilidades académicas como argumentación y razonamiento.

## **Marco Metodológico**

El análisis del marco metodológico permitió identificar algunas características y tendencias con respecto a las herramientas de evaluación y a temas curriculares.

### *Herramientas de evaluación*

Una evaluación debe ser entendida con base en el juicio que se emite y el nivel de logro alcanzado, empleando criterios observables y medibles, como también, evidencias pertinentes (D. R. . Woods et al., 2001). Las herramientas de evaluación principalmente cumplen la función de establecer el medio para recoger las evidencias, y podemos encontrarlas a nivel operativo para medir y registrar, o a nivel didáctico brindando el contexto para que sea observado el desempeño.

Durante el periodo 1994-2000 se propusieron herramientas de evaluación a nivel operativo como los portafolios, y a nivel didáctico, como los escenarios y software interactivo multimedia. Durante el periodo 2001-2010 se encontraron herramientas de evaluación a nivel operativo como pruebas de selección, exámenes en ambientes tecnológicos y a nivel didáctico como los mapas conceptuales. Durante el periodo 2010-2020 se encontraron herramientas de evaluación a nivel operativo como las rúbricas o matrices de valoración, y a nivel didáctico como los casos de estudio, talleres y ambientes tecnológicos o virtuales.

### *Aspectos curriculares*

El sistema de evaluación de la competencia para resolver problemas puede generar acciones de mejora curricular en varios niveles, desde el nivel de programa a través de la malla curricular, pasando por el nivel de reorganización del programa de las asignaturas donde se aplica, hasta el nivel didáctico influenciando las estrategias didácticas.

En cuanto a temas curriculares, se encontraron estudios donde la evaluación de la competencia para resolver problemas es insumo de mejoramiento curricular a nivel de programa. Durante el período 1994-2000 se encuentran estudios donde se propone reorganización de la malla curricular, reorientación de cursos y reorientación de estrategias de enseñanza. Durante el período 2001-2010 se hallaron estudios de reorganización curricular en el ciclo básico de los programas de ingeniería. Finalmente, durante el período 2010-2020 existen estudios con fines de reorganización curricular a nivel de práctica pedagógica y a nivel de curso en general.

## **5. Conclusión**

En la última década se observa un creciente y renovado interés de las revistas en publicar temas de evaluación y habilidades de resolución de problemas en la enseñanza de ingeniería. Es importante aprovechar este incremento en el número de publicaciones para conocer las características y tendencias que permitan mejorar la formación en la competencia en programas de ingeniería civil.



Acerca del marco conceptual de la evaluación de la competencia para resolver problemas, existen principios y criterios para evaluar dicha competencia, como también modelos de evaluación con alcance a nivel del programa, de asignatura, y de estrategias de aprendizaje. La evaluación de la competencia de resolución de problemas debe considerarse de manera sistémica, y no aislada, junto con habilidades técnicas de la carrera, habilidades blandas de interacción, y habilidades académicas.

Sobre el marco metodológico los programas de ingeniería civil pueden usar herramientas de evaluación a nivel operativo para medir y registrar las evidencias, y a nivel didáctico para brindar el contexto de observación del desempeño. Adicionalmente el sistema de evaluación de la competencia puede generar acciones de mejora curricular, desde el nivel de programa a través de la malla curricular, pasando por el nivel de reorganización de la asignatura donde se aplica, hasta el nivel didáctico influenciando las estrategias didácticas.

## 6. Referencias

- ACOFI. (2020). *Resultados EXIM 2020*.
- Alliance, I. E. (2014). *25 years Washington Accord*.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., & Bloom, B. S. (2001). A taxonomy for Learning Teaching and Assessing. In *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*.
- Belarbi, A., Behr, R. A., Karson, M. J., & Effland, G. E. (1994). Formal assessment of the AN/EX structural engineering teaching laboratory. *Computer Applications in Engineering Education*, 2(2). <https://doi.org/10.1002/cae.6180020205>
- Brewer, W., & Mendelson, M. I. (2003). Methodology and Metrics for Assessing Team Effectiveness. *International Journal of Engineering Education*, 19(6), 777–787.
- Camarinha-Matos, L. M., Goes, J., Gomes, L., & Pereira, P. (2020). Soft and transferable skills acquisition through organizing a doctoral conference. *Education Sciences*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/educsci10090235>
- CESU, C. N. de E. S. (2020). Acuerdo 02 de 2020 por el cual se actualiza el modelo de acreditación de alta calidad. *Acuerdo 02 de 2020*.
- Che, X., & Zhang, G. (1999). Development of an on-line teaching portfolio for freshman design. *Proceedings - Frontiers in Education Conference*, 3. <https://doi.org/10.1109/fie.1999.840351>
- Christoforou, A. P., Yigit, A. S., Al-Ansary, M. D., Faridah, A. L. I., Aly, A. A., Lababidi, H., ... Zribi, M. (2003). Improving Engineering Education at Kuwait University through Continuous Assessment. *International Journal of Engineering Education*, 19(6), 818–827.
- Dos Santos, S. C. (2017). PBL-SEE: An authentic assessment model for PBL-based software engineering education. *IEEE Transactions on Education*, 60(2). <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2604227>
- Gillespie Rouse, A., & Rouse, R. (2019). Third graders' use of writing to facilitate learning of engineering concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(10). <https://doi.org/10.1002/tea.21581>
- Haag, S., Evans, D., & Lee-Thomas, G. (1999). Reengineering the curriculum: embedding effective assessment. *Proceedings - Frontiers in Education Conference*, 3. <https://doi.org/10.1109/fie.1999.840450>
- Hämäläinen, R., De Wever, B., Malin, A., & Cincinato, S. (2015). Education and working life: VET



- adults' problem-solving skills in technology-rich environments. *Computers and Education*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.04.013>
- Hsi, S., Linn, M. C., & Bell, J. E. (1997). Role of spatial reasoning in engineering and the design of spatial instruction. *Journal of Engineering Education*, 86(2). <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1997.tb00278.x>
  - Iscioglu, E., & Kale, I. (2010). An assessment of project based learning (PBL) environment based on the perceptions of students: A short course case study on circuit design for VLSI. *International Journal of Engineering Education*, 26(3).
  - Lans, W., & Verkroost, M. J. (2004). Bottom-up: teachers' contribution in developing uniform criteria to assess design products. *European Journal of Engineering Education*, 29(2), 275–282. <https://doi.org/10.1080/0304379032000157222>
  - Leite, C., Mouraz, A., Trindade, R., Martins Ferreira, J. M., Faustino, A., & Villate, J. E. (2011). A place for arguing in engineering education: A study on students' assessments. *European Journal of Engineering Education*, 36(6). <https://doi.org/10.1080/03043797.2011.640661>
  - Leung, C. F. (2000). Assessment for learning: Using SOLO taxonomy to measure design performance of Design & Technology students. *International Journal of Technology and Design Education*, 10(2). <https://doi.org/10.1023/A:1008937007674>
  - McCormick, M., Lawyer, K., Wiggins, J., Swan, C. W., Paterson, K. G., & Bielefeldt, A. R. (2015). Sustainable engineering assessment using rubric-based analysis of challenge question responses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 141(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000211](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000211)
  - Mccartin, F., Mckenna, A., & Youssefi, K. (2000). Undergraduate Engineering Education. *IEEE Transactions on Education*, 43(2), 111–119.
  - McMartin, F., McKenna, A., & Youssefi, K. (1999). Establishing the trustworthiness of scenario assignments as assessment tools for undergraduate engineering education. *Proceedings - Frontiers in Education Conference*, 3. <https://doi.org/10.1109/fie.1999.840415>
  - Mehrabi Boshrahadi, A., & Hosseini, M. R. (2020). Designing collaborative problem solving assessment tasks in engineering: an evaluative judgement perspective. *Assessment and Evaluation in Higher Education*. <https://doi.org/10.1080/02602938.2020.1836122>
  - Passow, H. J., & Passow, C. H. (2017). What Competencies Should Undergraduate Engineering Programs Emphasize? A Systematic Review. *Journal of Engineering Education*, 106(3), 475–526. <https://doi.org/10.1002/jee.20171>
  - Pérez, J., Vizcarro, C., García, J., Bermúdez, A., & Cobos, R. (2017). Development of Procedures to Assess Problem-Solving Competence in Computing Engineering. *IEEE Transactions on Education*, 60(1). <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2582736>
  - Porter, R. L., Fuller, H., Bottomley, L. J., & Rajala, S. A. (1999). Longitudinal assessment of a freshman engineering orientation course. *Proceedings - Frontiers in Education Conference*, 1. <https://doi.org/10.1109/fie.1999.839257>
  - Ranky, P. G., Ranky, M. F., Flaherty, M., Sands, S., & Stratful, S. (1998). An introduction to servo pneumatic positioning: an interactive multimedia program development supporting outcome-driven engineering assessment. *European Journal of Engineering Education*, 23(3). <https://doi.org/10.1080/03043799808923511>
  - Rodríguez Montequín, V., Mesa Fernández, J. M., Balsera, J. V., & García Nieto, A. (2013). Using MBTI for the success assessment of engineering teams in project-based learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(4). <https://doi.org/10.1007/s10798-012-9229-1>
  - Seery, N., Canty, D., & Phelan, P. (2012). The validity and value of peer assessment using adaptive comparative judgement in design driven practical education. *International Journal of Technology and Design Education*, 22(2). <https://doi.org/10.1007/s10798-011-9194-0>
  - Stanton, K. C., & Bradley, T. H. (2013). From course assessment to redesign: a hybrid-vehicle course



- as a case illustration. *European Journal of Engineering Education*, 38(6). <https://doi.org/10.1080/03043797.2013.826181>
- Swart, A. J. (2016). Distance Learning Engineering Students Languish Under Project-Based Learning, But Thrive in Case Studies and Practical Workshops. *IEEE Transactions on Education*, 59(2). <https://doi.org/10.1109/TE.2015.2453349>
  - Talib, C. A., Aliyu, F., Malik, A. M. bin A., & Siang, K. H. (2019). Enhancing students' reasoning skills in engineering and technology through game-based learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(24). <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i24.12117>
  - Tao, J., McClure, S. C., Zhang, X., Waqas, M., & Wen, X. (2020). A scientific writing pedagogy and mixed methods assessment for engineering education using open-coding and multi-dimensional scaling. *International Journal of Technology and Design Education*, 30(2). <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09504-w>
  - The Joanna Briggs Institute. (2015). The Joanna Briggs Institute Reviewers' Manual 2015: Methodology for JBI scoping reviews. *Joanne Briggs Institute*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
  - Tian, T., DeMara, R. F., & Gao, S. (2019). Efficacy and perceptions of assessment digitization within a large-enrollment mechanical and aerospace engineering course. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(2). <https://doi.org/10.1002/cae.22086>
  - Tsai, H. H., & Feng, H. P. (2010). Assessment of students' problem-solving abilities at a technological university in Taiwan. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 8(4), 532–536.
  - Woods, D. R. ., Kourti, T., Wood, P. E., Sheardown, H., Crowe, C. M., & Dickson, J. M. (2001). Assessing problem-solving skills: Part I. The context for assessment. In *Chemical Engineering Education* (Vol. 35).
  - Woods, D. R., Hrymak, A. N., Marshall, R. R., Wood, P. E., Crowe, C. M., Hoffman, T. W., ... Bouchard, C. G. K. (1997). Developing problem solving skills: The McMaster problem solving program. *Journal of Engineering Education*, 86(2). <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1997.tb00270.x>
  - Yaeger, P. M., Marra, R. M., Costanzo, F., & Gray, G. L. (1999). Interactive dynamics: effects of student-centered activities on learning. *Proceedings - Frontiers in Education Conference*, 1. <https://doi.org/10.1109/fie.1999.839085>
  - Zhang, J., Xie, H., & Li, H. (2019). Improvement of students problem-solving skills through project execution planning in civil engineering and construction management education. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(7). <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2018-0321>

## Sobre los autores

- **Guillermo Mejía Aguilar:** Ingeniero Civil, Máster en Gerencia de Proyectos, Doctor en Filosofía de la Universidad de Alabama. Profesor titular Universidad Industrial de Santander. [gmejia@uis.edu.co](mailto:gmejia@uis.edu.co)
- **María Mónica Caballero Márquez:** Ingeniera Industrial, Universidad Industrial de Santander. Profesional de Acreditación. [acreditación-abet@uis.edu.co](mailto:acreditación-abet@uis.edu.co)
- **Miller Salas Rondón:** Ingeniero Civil, Doctor en Gestión del Territorio e infraestructuras del transporte de la Universidad Politécnica de Cataluña. Profesor asociado Universidad Industrial de Santander. [miller.salas@uis.edu.co](mailto:miller.salas@uis.edu.co)



Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

