

Aprendizaje basado en problemas y sus aplicaciones en ingeniería

♦ Marco Antonio López Cuachayo
Cinthya Ivonne Mota Hernández
Rafael Alvarado Corona

Los cambios y la evolución constantes en el sector educativo exigen el apoyo de diversas herramientas metodológicas, tecnológicas, administrativas, entre otras, y un riguroso análisis sistémico, integral, basado fundamentalmente en procesos de investigación sólidos y con roles definidos, para estar vigentes y a la par con los conocimientos de frontera. El aprendizaje basado en problemas (ABP) es una estrategia metodológica que aporta directrices para robustecer, fortalecer y enriquecer el conjunto de recursos disponibles para mejorar la calidad educativa.

Para profundizar en el conocimiento del ABP se realizó una investigación documental en revistas que se encuentran en el índice de Thomson Reuters y otras de alto impacto, de las cuales se obtuvieron más de 450 artículos publicados en el periodo 1990-2015. Al ser analizados y filtrados en una primera revisión se consideraron setenta artículos relevantes y, posteriormente, en un segundo análisis, resultaron 31 artículos, los cuales se presentan y describen enseguida. En la tabla 1 se muestran estos artículos y el nivel de educación en los países procedentes, de acuerdo con el U21 Ranking of National Higher Education Systems 2017.

Como se observa en la tabla, los artículos consultados provienen de investigaciones en países que se encuentran entre los cincuenta con mejor educación superior.

Una de las primeras aportaciones científicas de aplicación de ABP en ingeniería y educación superior se dio en Dinamarca, en la Universidad de Aalborg, en cuyo Departamento de Ingeniería se ha utilizado un modelo basado en problemas y proyectos desde 1974, lo que ha permitido a los estudiantes desarrollar habilidades analíticas que son complementadas con buenas experiencias al resolver problemas complejos de ingeniería.¹

Por otro lado, Lachiver explica los resultados que han surgido al aplicar el ABP como principal forma de adquisición de conocimiento en sus programas de ingeniería eléctrica e ingeniería de computación en la Universidad de Sherbrook, Canadá, en lo cual se ha podido percatar de que la contextualización del aprendizaje proporciona situaciones reales donde se aplica el conocimiento y, por lo tanto, se alienta a una mejor comprensión del tema.² En la Universidad de Malasia también se ha desarrollado el ABP en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, pero no se

¹ Fleming K. Fink, "Problem-based learning in engineering education: a catalyst for regional industrial development", *World Transactions on Engineering and Technology Education*, vol. 1, núm. 1, 2002, pp. 29-32; Anette Kolmos, "Facilitating change to a problem-based model", *The International Journal for Academic Development*, vol. 7, núm. 1, 2002, pp. 63-74, DOI: 10.1080/13601440210156484

² Gérard Lachiver, Daniel Dalle, Noël Boutin, André Clavet y Jean-Marie Dirand, "Competency and project-based programs in electrical & computer engineering at the Université de Sherbrooke", *IEEE Canadian Review*, vol. 41, 2002, pp. 21-24, <http://bit.ly/2wzecoE>

♦ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli (TESCI), Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico (DIDT)

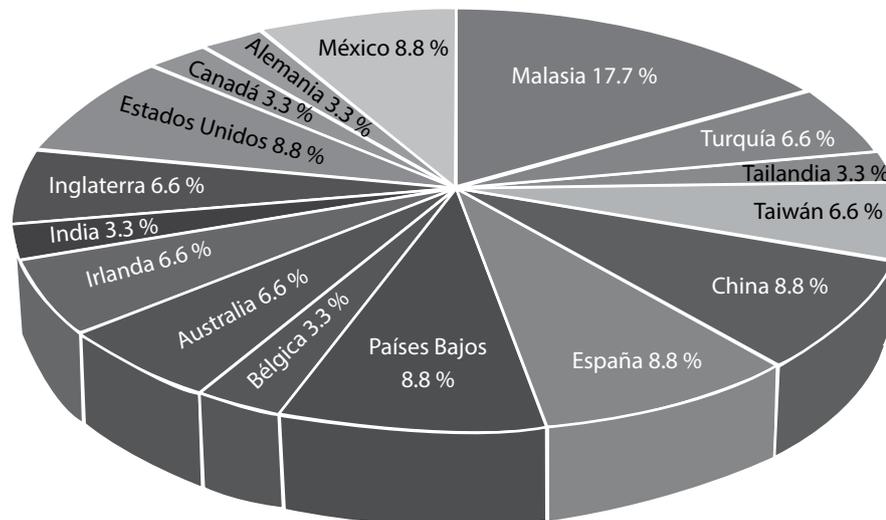


Tabla 1
Taxonomía de las fuentes de información

| Ranking | Calificación | País de estudio | Artículo |
|---------|--------------|-----------------|--|
| 1 | 100 | Estados Unidos | Impact of problem-based learning on academic achievement in high school: a systematic review |
| | | | Learning through collaboration and competition: incorporating problem-based learning and competition-based learning in a capstone course |
| | | | Case study: use of problem-based learning to develop students' technical and professional skills |
| 3 | 85.5 | Inglaterra | Twelve tips to revitalise problem-based learning |
| | | | Decision PBL: a 4-year retrospective case study of the use of virtual patients in problem-based learning |
| 7 | 80.2 | Canadá | Decision PBL: a 4-year retrospective case study of the use of virtual patients in problem-based learning |
| 8 | 80 | Países Bajos | Predicting educational success and attrition in problem-based learning: do first impressions count? |
| | | | The effect of guidance in problem-based learning of statistics |
| | | | Experimental evidence of the relative effectiveness of problem-based learning for knowledge acquisition and retention |
| 10 | 79.6 | Australia | The influence of students' interest, ability and personal situation on students' perception of a problem-based learning environment |
| | | | Students' experience of problem-based learning in virtual space |
| 12 | 74.2 | Bélgica | Predicting educational success and attrition in problem-based learning: do first impressions count? |
| 16 | 68.8 | Alemania | Project-based learning in production engineering at The Heilbronn Learning Factory |
| 19 | 66.7 | Irlanda | An evaluation of resource development and dissemination activities designed to promote problem-based learning at the University of Ulster |
| | | | Transitioning from traditional to problem-based learning in management education: the case of a frontline manager skills development programme |
| 21 | 60.7 | China | Project based learning in mechatronics education in close collaboration with industrial: methodologies, examples and experiences |
| | | | Study on the cultivation of college students' science and technology innovative ability in electrotechnics teaching based on PBL mode |
| | | | Facilitators' perspectives of the factors that affect the effectiveness of problem-based learning process |

| | | | |
|----|------|-----------|---|
| 21 | 60.7 | Taiwán | Mining learning social networks for cooperative learning with appropriate learning partners in a problem-based learning environment |
| | | | Problem-based learning effectiveness on micro-blog and blog for students: a case study |
| 23 | 57.3 | España | Case study of a problem-based learning course of physics in a telecommunications engineering degree |
| | | | Problem-based learning supported by semantic techniques |
| | | | Problem based learning case in a control undergraduate subject |
| 25 | 56.7 | Malasia | Problem Oriented Project Based Learning (POBL) in promoting education for sustainable development |
| | | | Collaborative problem-based learning in mathematics: a cognitive load perspective |
| | | | Effects of problem-based learning approach on cognitive variables of university students |
| | | | Cooperative problem-based learning (CPBL): framework for integrating cooperative learning and problem-based learning |
| | | | The example-problem-based learning model: applying cognitive load theory |
| | | | Efficiency comparisons between example-problem-based learning and teacher-centered learning in the teaching of circuit theory |
| 40 | 44 | Turquía | The effects of problem-based learning on the students' success in physics course |
| | | | The effects of problem-based e-learning on prospective teachers' achievements and attitudes towards learning mathematics |
| 46 | 40 | México | Effects of a problem-based learning program on engineering students' academic achievements in a mexican university |
| | | | El aprendizaje basado en problemas como propuesta educativa para las disciplinas económicas y sociales apoyadas en el B-Learning |
| | | | Desarrollo del pensamiento crítico en ambientes de aprendizaje basado en problemas en estudiantes de educación superior |
| 47 | 39.7 | Tailandia | Future global visions of engineering education |
| 49 | 36.7 | India | Working towards a scalable model of problem-based learning instruction in undergraduate engineering education |

Figura 1
Origen de la información consultada



ha logrado una implementación completa debido a la necesidad de cubrir algunos conocimientos teóricos con clases y prácticas de laboratorio tradicionales.³

En 2009, el ABP era cada vez más estudiado y analizado. En la Escuela de Ingeniería de Manchester, Inglaterra, se comienza a aplicar como método principal de enseñanza, enfocándose en organizar el contenido curricular alrededor de problemas en lugar de temas o disciplinas, y se llega a la conclusión de que es necesario identificar la información, aprender ciertos conocien-

tos básicos y desarrollar las habilidades que se deben adquirir para solucionarlo.

En la actualidad el ABP se ha implementado en diversas áreas, tanto sociales como médicas e ingenierías, y ya se cuenta con una amplia variedad de artículos de análisis, investigación y reflexión donde se analizan los efectos y resultados de diversos estudios en varios países. En la Universidad de Kebangsaan, en Malasia, se contempla el ABP en la enseñanza de la educación para el desarrollo sustentable y se discute la aplicación en el marco de la enseñanza y el aprendizaje.⁴

³ S.M. Said, F.R. Mahamd Adikan, S. Mekhilef y N. Abd Rahim, "Implementation of the problem-based learning approach in the Department of Electrical Engineering, University of Malaya", *European Journal of Engineering Education*, vol. 30, 2005, pp. 129-136, DOI: 10.1080/0304379051233131389

⁴ M. Ruhizan y Saemah Rahman Yasin, "Problem oriented project based learning (POPBL) in promoting education for sustainable development", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 15, 2011, pp. 289-293, DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.03.088

En 2011, en Turquía, Pinar y otros compararon resultados obtenidos en estudiantes de dos grupos distintos de la materia de física. En el primero se implementó ABP y en el segundo enseñanza tradicional y así se determinó una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos.⁵ Macho-Stadler también describe y analiza los resultados de la experiencia educativa, utilizando ABP en cursos de física pero aplicado en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones. Por otra parte, la revista *Procedia Engineering* publica un estudio que examinó los efectos del ABP en cursos de estadística educativa comparando el rendimiento medio del grupo y el rendimiento por estudiante.⁶

En 2012, Yu Wang describe cómo se integró el ABP en cursos de diseño mecatrónico en la Universidad de Tongji, en Shanghai, y discute la filosofía de enseñanza de la implementación metodológica, ejemplos y experiencias.⁷ Li Zhiyu propone introducir el modelo de ABP en la enseñanza de la electrotecnia en la Universidad Xi'an, en China, y analiza los principales problemas y aplicaciones para ofrecer soluciones óptimas.⁸ En 2013, en Australia, Jaeger y Adair publican un estudio donde se identifican las percepciones de un ambiente de ABP en estudiantes de ingeniería y se analiza la influencia de su situación personal, interés general en la inge-

nería y capacidad de tener éxito en su percepción después de haber sido expuestos al ABP por primera vez. En dicho análisis se constató la necesidad de un entorno de ABP, consistente en el apoyo del facilitador en el aprendizaje, la responsabilidad de los estudiantes y la calidad del proyecto, con fuertes influencias de la situación personal de los alumnos en la calidad del proyecto.⁹

Cecilia K. Y. Chan realizó un estudio en 2014 que proporciona evidencias cualitativas de profesionales de la educación en diversas disciplinas, como medicina, ingeniería, odontología y ciencias en Irlanda y Hong Kong, en temas identificables que afectan la eficacia del proceso de ABP: el problema real, la evaluación, el preuniversitario, la cultura de aprendizaje de los estudiantes y el papel del facilitador. En su trabajo se sugiere que la cultura del aprendizaje preuniversitario es menos influyente en la eficacia del ABP, ya que los estudiantes se dan numerosas oportunidades para trabajar en colaboración desde el inicio de sus estudios universitarios.¹⁰ En Estados Unidos, James N. Warnock hizo un estudio de caso con estudiantes de ingeniería biomédica para identificar si el ABP permite el desarrollo de la comunicación, el trabajo en equipo, la resolución de problemas y el aprendizaje autodirigido, y obtuvo evidencia empírica de la eficacia del

⁵ Pinar Celik, Fatih Onder e Ilhan Silay, "The effects of problem-based learning on the students' success in physics course", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 28, 2011, pp. 656-660, DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.11.124

⁶ Wisuit Sunthonkanokpong, "Future global visions of engineering education", *Procedia Engineering*, vol. 8, 2011, pp. 160-164, DOI: 10.1016/j.proeng.2011.03.029

⁷ Yu Wang, Ying Yu, Hans Wiedmann, Nan Xie, Chun Xie, Weizhi Jiang, Xiao Feng, "Project based learning in mechatronics education in close collaboration with industrial: methodologies, examples and experiences", *Mechatronics*, vol. 22, núm. 6, 2012, pp. 862-869, DOI: 10.1016/j.mechatronics.2012.05.005

⁸ Li Zhiyu, "Study on the cultivation of college students' science and technology innovative ability in electrotechnics teaching based on PBL mode", *IERI Procedia*, vol. 2, 2012, pp. 287-292, DOI: 10.1016/j.ieri.2012.06.090

⁹ Martin Jaeger y Desmond Adair, "The influence of students' interest, ability and personal situation on students' perception of a problem-based learning environment", *European Journal of Engineering Education*, vol. 39, núm. 1, 2014, pp. 84-96, DOI: 10.1080/03043797.2013.833172

¹⁰ Cecilia K. Y. Chan, "Facilitators' perspectives of the factors that affect the effectiveness of problem-based learning process", *Innovations in Education and Teaching International*, pp. 25-34, DOI: 10.1080/14703297.2014.961501



ABP en el aprendizaje de los estudiantes, hallazgos y percepciones que podrían ser útiles para profesores e investigadores interesados en su utilización en la enseñanza de la ingeniería.¹¹

Materiales y métodos

Para llevar a cabo la investigación del ABP en ingeniería, como se ha descrito, se llevó a cabo un análisis, en muchos casos comparativo, de la literatura vigente en el campo de estudio, a través de bases de datos especializadas, apoyándose en la observación y reflexión y recopilando bibliografía de fuentes académicas confiables y de calidad. Las aportaciones en ABP revisadas forman parte de las fases y actividades propias de la metodología empleada para el presente análisis sistémico (figura 1).

Muchas de estas aportaciones han tenido como resultado la integración de diversas técnicas aunadas al ABP. Investigadores de la Universidad Tecnológica de Malasia, de las facultades de Ingeniería Química, Industrial y Mecánica, publicaron un artículo relacionado con la educación en ingeniería combinando el ABP con el aprendizaje cooperativo y guiando a los estudiantes a desarrollar sus conocimientos en una comunidad de aprendizaje, a cuyo resultado se le llamó *aprendizaje basado en problemas cooperativo* (ABPC).¹² Por

su parte, Leppink, junto con investigadores de la Universidad de Masstricht, investigó los efectos del ABP clásico y del ABP guiado para diferentes niveles de conocimientos previos, valor percibido y utilidad de la actividad de aprendizaje, así como en la comprensión conceptual de las estadísticas, y obtuvo resultados que indican que el segundo tiende a mejorar la comprensión conceptual de la estadística en principiantes, mientras que el primero es mejor cuando los estudiantes tienen algún conocimiento previo del tema.¹³

Por otra parte, el ABP guiado tiende a aumentar la conciencia del valor y la utilidad de la actividad de aprendizaje de los estudiantes. Archana Mantri muestra que el modelo de ABP se puede hacer escalable mediante el diseño de planes de estudio en torno a un *conjunto de problemas abiertos* (OEP, por sus siglas en inglés) en cursos de ingeniería electrónica y comunicaciones. Su estudio se llevó a cabo en tres cursos de la Universidad de Chandigarh, en la India, aplicando el mismo conjunto de preguntas abiertas a dos grupos distintos, y éstos a su vez tenían facilitadores capacitados de diferente manera.¹⁴

En Londres se desarrolló una variante del ABP, llamada *decisiones en el aprendizaje basado en problemas* (D-ABP), la cual se centra en la toma de

¹¹ James N. Warnock, M. Jean Mohammadi-Aragh, "Case study: use of problem-based learning to develop students' technical and professional skills", *European Journal of Engineering Education*, DOI: 10.1080/03043797.2015.1040739

¹² Khairiyah Mohd. Yusof, Syed Ahmad Helmi Syed Hassan, Mohammad Zamry Jamaludin, Nor Farida Harun, "Cooperative Problem-Based Learning (CPBL): framework for integrating cooperative learning and problem-based learning", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 56, 2012, pp. 223-232, DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.09.649

¹³ Jimmie Leppink, Nick J. Broers, Tjaart Imbos, Cees P. M. van der Vleuten y Martijn P. F. Berger, "The effect of guidance in problem-based learning of statistics", *The Journal of Experimental Education*, vol. 82, núm. 3, 2014, pp. 391-407, DOI: 10.1080/00220973.2013.813365

¹⁴ Archana Mantri, "Working towards a scalable model of problem-based learning instruction in undergraduate engineering education", *European Journal of Engineering Education*, vol. 39, núm. 3, 2014, pp. 282-299, DOI: 10.1080/03043797.2013.858106

decisiones de gestión en pacientes virtuales y sus consecuencias.¹⁵ En este estudio se describen cuatro años de desarrollo y funcionamiento y se identifica una serie de cuestiones, como la importancia del debate en la toma de decisiones para la correcta elección de actividades, el cual es fundamental en dinámicas de grupos pequeños y en la interacción de estudiantes y facilitadores. Entonces, se considera relevante señalar que se han propuesto variantes a la metodología de trabajo original con la idea de mejorar o adaptar su aplicabilidad.

Otros autores han hecho aportaciones en las cuales integran el uso de la tecnología y comparan los logros y actitudes de profesores hacia el *aprendizaje basado en problemas por internet* (E-PBL, siglas en inglés), en comparación con profesores que aplican el ABP de forma presencial.¹⁶ En Taiwán, Chih-Ming ha explicado el análisis de las barreras que se presentan en el aprendizaje cooperativo basado en la web debido a la falta de información e incapacidad de los estudiantes para buscar compañeros de trabajo adecuados. Los resultados del estudio muestran que el esquema propuesto ayuda a animar a los estudiantes a interactuar aplicando el aprendizaje cooperativo de forma más activa

y positiva, facilitando el rendimiento de aprendizaje en un ambiente de cooperación.¹⁷

La revista *Interactive Learning Environments* publicó una propuesta de uso de tecnologías y recursos semánticos aplicados al modelado conceptual, en particular al razonamiento cualitativo, en donde las soluciones de los problemas son modelos que representan el comportamiento de un sistema dinámico combinando técnicas para permitir a los estudiantes beneficiarse de los modelos existentes.¹⁸ Otro estudio describe el desarrollo en la Universidad de Ulster de un centro de recursos interactivos en línea basado en ABP para apoyo del personal académico, y evalúa su impacto y los enfoques adoptados para su incorporación en la práctica académica. Asimismo, dicho centro se enfoca en el estudiante y en la facilidad para el intercambio de estudios de caso a través de una serie de actividades de difusión, incluyendo talleres, seminarios y una red de ABP.¹⁹

Por su parte, la revista *Higher Education Research & Development* publicó en 2015 un documento que informa de los resultados de un estudio centrado en descubrir diferentes maneras cualitativas de aplicación del ABP en entornos

¹⁵ Rachel H. Ellaway, Terry Poulton y Trupti Jivram, "Decision PBL: a 4-year retrospective case study of the use of virtual patients in problem-based learning", *Medical Teacher*, vol. 37, núm. 10, 2015, pp. 926-934, DOI: 10.3109/0142159X.2014.970627

¹⁶ Devrim Üzel y Emine Özdemir, "The effects of problem-based e-learning on prospective teachers' achievements and attitudes towards learning mathematics", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 55, 2012, pp. 1154-1158, DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.09.609

¹⁷ Chih-Ming Chen y Chia-Cheng Chang, "Mining learning social networks for cooperative learning with appropriate learning partners in a problem-based learning environment", *Interactive Learning Environments*, vol. 22, núm. 1, 2014, pp. 97-124, DOI: 10.1080/10494820.2011.641677

¹⁸ Esther Lozano, Jorge Gracia, Oscar Corcho, Richard A. Noble y Asunción Gómez-Pérez, "Problem-based learning supported by semantic techniques", *Interactive Learning Environments*, vol. 23, núm. 1, 2015, pp. 37-54, DOI: 10.1080/10494820.2012.745431

¹⁹ Catherine Hack, Aine McKillop, Sandra Sweetman y Jacqueline McCormack, "An evaluation of resource development and dissemination activities designed to promote problem-based learning at the University of Ulster", *Innovations in Education and Teaching International*, vol. 52, núm. 2, 2015, pp. 218-228, DOI: 10.1080/14703297.2013.849610



virtuales, con base en la experiencia de estudiantes.²⁰ Shu-Hsien Huang explica la aplicación de un enfoque de ABP en un *microblog* y en el *blog* de los estudiantes de séptimo grado para el curso de Ética de la Información, analizando los diferentes niveles de aprendizaje en los estudiantes. Su resultado es que el uso de un *microblog* tuvo mejores efectos en el ABP para estudiantes de bajo rendimiento, y sugiere que dicha herramienta es más apropiada para la eficacia del aprendizaje.²¹

En el ámbito empresarial también existe investigación de cómo ha influido el ABP en sus respectivos procesos. La revista *Organization Management Journal* publicó un artículo donde se discute un innovador curso de culminación para que los estudiantes estén más preparados para el ámbito empresarial después de graduarse, en el que se combinan aspectos del ABP y del *aprendizaje basado en competencias* (ABC).²² En Irlanda se proporcionó un panorama basado en la evidencia de la transición del ABP, a partir del análisis de un programa de desarrollo de gestión para diez gerentes de primera línea, la transición desde un modelo tradicional y la identificación de seis etapas en dicha transición. Entre las diversas conclusiones que se obtuvieron están la participación crítica y el

aporte de las partes interesadas externas al equipo de diseño de los cursos; la necesidad de adaptar el ABP, y la aclaración de los costos de oportunidad y los recursos que surgen de su aplicación.²³

En Alemania, en la Universidad de Heilbronn, investigadores describen el concepto de *fábrica de aprendizaje*, un curso que está diseñado para cumplir ciertos requisitos en el ámbito empresarial cuya carga de trabajo es predominante en el sexto semestre y cubre una amplia gama de actividades industriales a lo largo de todo el proceso de ingeniería de producto. El estudio desarrolla una representación detallada de la estructura de los cursos, así como una fuerte evidencia de su potencial para mejorar las *habilidades blandas* de los alumnos, como la capacidad de comunicarse con éxito en las cuestiones técnicas, cooperar con eficacia y, en general, llevar la teoría a la práctica.²⁴

En México también se ha intentado implementar el ABP en instituciones públicas y privadas y se han realizado diversos análisis, estudios y esfuerzos en diferentes campos de aplicación. El Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), a partir de 1997, inicia el proyecto Principia, el cual implementa el ABP desde lo que considera sus tres pilares: interrogatorio al

²⁰ Peter Gibbings, John Lidstone y Christine Bruce, "Students' experience of problem-based learning in virtual space", *Higher Education Research & Development*, vol. 34, núm. 1, 2015, pp. 74-88, DOI: 10.1080/07294360.2014.934327

²¹ Shu-Hsien Huang, Yueh-Min Huang, Ting-Ting Wu, Hong-Ren Chen y Shih-Ming Chang, "Problem-based learning effectiveness on micro-blog and blog for students: a case study", *Interactive Learning Environments*, DOI: 10.1080/10494820.2015.1004353

²² Ashay Desai, Michael Tippins y J. B. Arbaugh, "Learning through collaboration and competition: incorporating problem-based learning and competition-based learning in a capstone course", *Organization Management Journal*, vol. 11, núm. 4, 2014, pp. 414-435, DOI: 10.1080/00131911.2014.974511

²³ Yvonne Delaney, Bob Pattinson, John McCarthy y Sarah Beecham, "Transitioning from traditional to problem-based learning in management education: the case of a frontline manager skills development programme", *Innovations in Education and Teaching International*, DOI: 10.1080/14703297.2015.1077156

²⁴ Patrick Balve y Matthias Albert, "Project-based learning in production engineering at the Heilbronn Learning Factory", *Procedia CIRP*, vol. 32, 2015, pp. 104-108, DOI: 10.1016/j.procir.2015.02.215

estudiante, método interdisciplinario y trabajo en equipo. Está dirigido a los estudiantes de los primeros dos años de ingeniería, pero no se considera como una utilización pura del ABP.²⁵

Santillán explica el ABP como una propuesta educativa para trabajar en conjunto con otras técnicas y modalidades de enseñanza, centrándose en el estudiante y promoviendo que ésta sea significativa, además de desarrollar una serie de habilidades y competencias indispensables en el entorno profesional y social actual, donde la función del profesor es la de un facilitador del aprendizaje.²⁶

Por último, Olivares y Heredia comparan los niveles de pensamiento crítico obtenidos entre estudiantes de primer ingreso y candidatos a graduación a través del uso de la técnica del ABP, los cuales son mayores en aquellos que se formaron en ambientes educativos que consideran el ABP. Adicionalmente, encontraron un mayor balance en el desarrollo de un pensamiento inductivo y deductivo en los estudiantes formados con esta técnica didáctica.²⁷

Conclusiones

Con base en el análisis sistémico realizado, al interpretar los resultados es posible sugerir que el

ABP tiene el potencial de ser aplicado no sólo en el área de ingeniería, sino en otras áreas del sector educativo, para fortalecer el vínculo entre el sector privado de la industria y los institutos educativos y favorecer a los actores involucrados y a la sociedad en general, explicitando las funciones que se requiere desempeñar de manera adecuada y con base en investigación sólida. Lo anterior, no sólo a nivel local sino también global, dada la experiencia que varios países han tenido.

Por otra parte, se requiere un especial cuidado en el diseño de los problemas en ABP, que pueden ser propuestos tanto por un docente en forma individual o colaborativa, como por los alumnos. La metodología de trabajo del ABP es robusta, aporta e invita a la reflexión, lo cual enriquece el proceso de enseñanza aprendizaje; sin embargo, se requiere un compromiso institucional que involucre activamente a los participantes, ya que el ABP incluye la participación no sólo del docente o el alumno, sino también de autoridades, sociedad y empresas; un solo actor motivado no puede llevar a cabo el proceso sin el apoyo ni la guía adecuados. Son de destacarse, finalmente, las propiedades de transversalidad y multidisciplinariedad que exhibe el ABP, las cuales evitan su restricción de aplicabilidad.

²⁵ Rodrigo Polanco, Patricia Calderón y Francisco Delgado, "Effects of a problem-based learning program on engineering students' academic achievements in a Mexican university", *Innovations in Education and Teaching International*, vol. 41, núm. 2, 2004, DOI: 10.1080/1470329042000208675

²⁶ Francisco Santillán Campos, "El Aprendizaje Basado en Problemas como propuesta educativa para las disciplinas económicas y sociales apoyadas en el B-Learning", *Revista Iberoamericana en Educación*, vol. 40, núm. 2, 2015, pp. 1-5, <http://bit.ly/2kl1g71>

²⁷ Silvia Lizett Olivares Olivares y Yolanda Heredia Escorza, "Desarrollo del pensamiento crítico en ambientes de aprendizaje basado en problemas en estudiantes de educación superior", *RMIE*, vol. 17, núm. 54, 2012, pp. 759-778, <http://bit.ly/2g5c0iE>