



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

## RETOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN LA ERA DIGITAL

# EVOLUCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS Y PROBLEMAS AL INSTITUTO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA DE LA FACULTAD DE MINAS EN BUSCA DE UNA INGENIERÍA PARA LA VIDA

**Karem Johanna Castro Peláez, Diana María López Ochoa, Juan Manuel Vélez Restrepo**

**Universidad Nacional de Colombia  
Medellín, Colombia**

### Resumen

Desde enero de 2009, cuando se implementó el Acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario, se dio inicio con los cursos de seminario de proyectos en ingeniería en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, para sus 12 programas de ingeniería, dichos cursos fueron concebidos para responder a las necesidades del medio en cuanto a formación por proyectos, trabajo en equipo y habilidades comunicativas, y desarrollados bajo la metodología de aprendizaje basado en problemas.

Entre 2015 y 2017 luego de evaluar los cursos de seminario de proyectos en ingeniería y la evolución de la estrategia de aprendizaje basado en proyectos y problemas de la Facultad de Minas, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- En promedio, el 84% de los estudiantes considera que es adecuado el trabajo en la asignatura bajo la metodología de ABPs.
- En promedio, el 91% de los estudiantes considera que han mejorado las competencias transversales a través de los cursos.
- En promedio, para el 87% de los estudiantes, la asignatura ha permitido tener una experiencia referente al desempeño profesional de la ingeniería igual o mayor que otras asignaturas.

Con todo esto se propone la Estrategia de Innovación en Educación en Ingeniería para la Facultad, con la cual se busca que los cursos de proyectos en ingeniería tengan dos objetivos, el desarrollo de habilidades en la gestión de proyectos y la formación en diseño en ingeniería. El primer

propósito busca consolidar la formación en gestión de proyectos, en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto: Identificación, Formulación, Presupuesto, Implementación, Evaluación y Cierre (informe). Por otro lado, el segundo propósito hace referencia al reconocimiento del diseño como una componente sustancial de la ingeniería; se hace énfasis en el diseño conceptual, la toma de decisiones, los criterios de sostenibilidad y el uso de herramientas avanzadas en el proceso de diseño. El propósito de tener los cursos bajo esta forma de educación en ingeniería es no sólo capacitar a los estudiantes en lo académico sino también contribuir al desarrollado de habilidades y capacidades transversales para la vida.

Posteriormente en diciembre de 2017, nace el Instituto de Educación en Ingeniería de la Facultad de Minas como forma de institucionalizar la estrategia de aprendizaje basado en problemas y proyectos desarrollada y también para dar respuesta a diversas necesidades de formación de los estudiantes, así como la continua evolución en los temas de aprendizaje/enseñanza de la ingeniería en la Facultad de Minas, pues la formación en ingeniería debe ir más allá de lo técnico, debería ser una formación/aprendizaje de la ingeniería para la vida. Y es aquí donde inicia una nueva etapa de evolución de la estrategia inicial y construcción de un espacio de **reflexión y acción** sobre el **aprendizaje** de la **ingeniería**. Una ingeniería centrada en **promover la vida**. Y como parte esencial de esta propuesta se incluye el arte como herramienta para el desarrollo de habilidades para la vida, que además apoye a promover la vida desde la ingeniería.

**Palabras clave:** aprendizaje basado en problemas; aprendizaje basado en proyectos; aprendizaje; proyectos en ingeniería; ingeniería para la vida

### **Abstract**

*Since January 2009, when Agreement 033 of 2007 of the Higher University Council was implemented, seminars on engineering projects were started at the Facultad de Minas of the Universidad Nacional de Colombia, for its 12 engineering programs. These courses were conceived to respond to the needs of the environment in terms of project training, teamwork and communication skills, and developed under the methodology of problem-based learning. Between 2015 and 2017 after evaluating the seminar courses of engineering projects and the evolution of the Problem and Projects Based Learning strategy (PBL's) of the Facultad de Minas, where the following results were obtained:*

- On average, 84% of students consider that it is suitable for work in the subject under the PBL's methodology.*
- On average, 91% of students consider that transversal competences have improved through the courses.*
- On average, for 87% of the students, the subject has allowed to have an experience in the professional performance of engineering equal to or greater than other subjects.*

*With all this we propose the Innovation Strategy in Engineering Education for the Faculty, with which it is sought that the engineering project courses have two objectives, the development of skills in project management and engineering design training. The first purpose seeks to consolidate training in project management, in each of the phases of the project life cycle: Identification, Formulation,*

*Budget, Implementation, Evaluation and Closing (report). On the other hand, the second purpose refers to the recognition of design as a substantial component of engineering; Emphasis is placed on conceptual design, decision making, sustainability criteria and the use of advanced tools in the design process. The purpose of having the courses under this form of engineering education is not only to train students in academics but also to contribute to the development of cross-cutting skills and abilities for life.*

*Subsequently, in December 2017, the Institute of Engineering Education of the Facultad de Minas was born as a way to institutionalize the problem and projects based learning strategy developed and also to respond to diverse training needs of students, as well as the continuous evolution in the subjects of learning / teaching of engineering in the Facultad de Minas, because engineering training should go beyond the technical, it should be a training / learning of engineering for life. And this is where a new stage of evolution of the initial strategy begins and construction of a space for reflection and action on the learning of engineering. An engineering focused on promoting life. And as an essential part of this proposal, art is included as a tool for the development of life skills, which also supports promoting life from engineering.*

**Keywords:** *problem based learning; project based learning; learning; engineering projects; engineering for life*

## **1. Introducción**

El escenario para la práctica de la ingeniería ha cambiado en las últimas décadas. Donde la relevancia de la tecnología y la innovación ha promovido la utilización de los términos “sociedad del conocimiento” y “economía de la innovación” para describir dinámicas sustentadas en la acelerada producción de conocimiento, la innovación convertida en actividad económica dominante y la revolución de los instrumentos del saber (David, *et al.*, 2002).

Desde la Facultad de Minas se ha abordado, como estrategia de adaptación a los cambios en los requerimientos en el perfil de los ingenieros, la implementación de la agrupación de asignaturas de Proyectos en Ingeniería, la cual busca desarrollar en el estudiante la capacidad de aplicar los conocimientos adquiridos en el área de formación, enlazados a los demás programas ofertados por la Facultad; lo que a su vez, permite el desarrollo de competencias transversales inherentes al trabajo interdisciplinario, como lo son: el trabajo en equipo, el aprendizaje autónomo, el desarrollo de capacidades de pensamiento sistémico, razonamiento y creatividad, la comunicación y el aprendizaje para la vida; en donde aplique las habilidades desarrolladas en el marco del aprendizaje basado en problemas y proyectos. (Vélez, *et al.*, 2017).

Dicha estrategia se ha sometido a una continua evaluación y por ende a un mejoramiento continuo con el fin de evolucionarla haciendo parte esencial de esta propuesta el arte como herramienta para el desarrollo de habilidades para la vida, así como, la inteligencia emocional, que además apoyen la promoción de la vida desde la ingeniería, donde se promueva el desarrollo integral del ser en los estudiantes de ingeniería.

## **2. Evolución de los programas de ingeniería**

La actual estructura de los programas curriculares de ingeniería en las instituciones de educación superior surge de la evolución de los procesos económicos y sociales (Irigoyen, *et al.*, 2011). De esta forma, los procesos de enseñanza/aprendizaje en ingeniería se planteaban inicialmente en las escuelas francesas y americanas para atender necesidades en el área de la agricultura y la mecánica (Grasso, *et al.*, 2010; Issapour, *et al.*, 2015). Se valoraba el conocimiento específico, siendo relevantes las habilidades como el diseño de estructuras y túneles, el conocimiento en hidráulica, así como las habilidades para la fabricación metalmeccánica, entre otros.

A inicios del siglo XX se genera el debate en torno a las teorías de Taylor, y se comienza a valorar no solo los conocimientos específicos sino aquellos relacionados con la administración del trabajo, la seguridad industrial y el método científico. Su impacto en el currículo lleva a las instituciones a fortalecer la utilización de técnicas, con poco énfasis en matemáticas y un mayor componente de diseño guiado por códigos y métodos establecidos en manuales, dándole un mayor peso al conocimiento generado a través de las vivencias prácticas de la profesión (Issapour, *et al.*, 2015; Seely, 1999).

Luego de la segunda guerra mundial, la formación práctica dio lugar a una estructura curricular con énfasis en matemáticas, ciencias naturales, termodinámica, materiales, mecánica de sólidos y mecánica de fluidos. Se buscaba una conexión entre las ciencias y el entorno productivo, con énfasis en el diseño, la simulación y el modelamiento de sistemas.

Posteriormente, el debate se da en torno a las exigencias del profesional del siglo XXI y los requerimientos de la denominada sociedad del conocimiento (Irigoyen, *et al.*, 2011; Martínez, *et al.*, 2012). De esta forma, se analiza la integración y convergencia de las capacidades técnicas (formación teórica, aplicación práctica, creatividad e innovación, etc) con el dominio social (comunicación, trabajo en equipo, negocios, la sostenibilidad) (Spinks, *et al.*, 2006). Se aprecia no solo el conocimiento práctico, sino un conocimiento contextualizado en el entorno social, ambiental y humano. Se crea un currículo más humano y consiente de los aspectos relacionados con el contexto social (American Society of Civil Engineers, 2007; Global Summit on the Future of Mechanical Engineering, 2008; Grasso, *et al.*, 2010); sin embargo, la tendencia en la construcción de los currículos era la inclusión de cursos específicos en estas temáticas, no una integración de los aspectos sociales transdisciplinarios en el ejercicio profesional.

En la actualidad, la tendencia global se encuentra encaminada al desarrollo y fortalecimiento de capacidades analíticas; a la comunicación efectiva; al diseñar y conducir experimentos; el tener conocimiento interdisciplinario y al aplicar la ciencia para solucionar problemas y aprovechar oportunidades; competencias interculturales compromiso social, ético y ambiental; gestión de proyectos; aprendizaje para toda la vida; aplicación de matemáticas y conocimiento científico; trabajo en equipo, generando así entornos de aprendizaje significativo (Arias-Gundín *et al.*, 2008; Villa Sánchez, 2007). De esta forma, la evolución del currículo ha llevado a generar metodologías y herramientas pedagógicas, en las que destaca el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPy). (Dym, *et al.*, 2005; Savin-Baden, 2014). En la Figura 1 es posible observar las tendencias de las diferentes metodologías a lo largo del tiempo. (Vélez, *et al.*, 2017)

## EVOLUCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS Y PROBLEMAS AL INSTITUTO DE EDUCACIÓN EN INGENIERÍA DE LA FACULTAD DE MINAS EN BUSCA DE UNA INGENIERÍA PARA LA VIDA

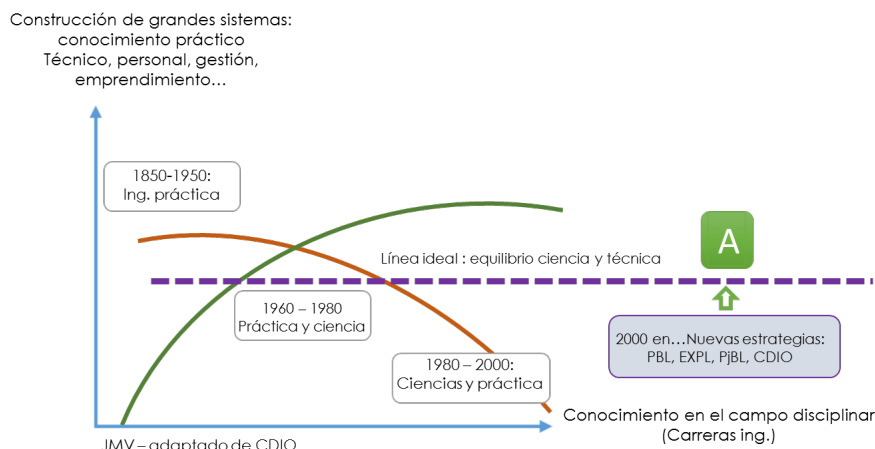


Figura 1. Tendencias de las metodologías en diferentes épocas.

### 3. Caso reforma académica en la Universidad Nacional de Colombia

La Universidad Nacional de Colombia, y en específico la Facultad de Minas, ha sido la precursora de los estudios en ingeniería en Colombia. Constituida como un centro de pensamiento científico, experimental y de liderazgo en el año 1867, se ha mantenido como una de las mejores Universidades en investigación del país.

En 2007, con el acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario, se realiza una reforma al currículo como parte del proceso de mejora continua de la calidad de la educación, según lo establecido en las funciones misionales de la Universidad Nacional de Colombia. Dicha reforma se realizó producto de los hallazgos en los diferentes procesos de evaluación institucional, en dónde fueron identificadas fortalezas y debilidades en la formación de sus estudiantes.

Dicha reforma se inicia en 2009. Dónde se realiza un cambio curricular basado en la flexibilización del currículo, y en la cual se propende por la autonomía del estudiante. La estrategia de formación cambió, a las componentes de formación fundamental y profesional se le agregaron las competencias transversales: gestión de proyectos, trabajo en equipo, trabajo interdisciplinar, comunicación escrita y oral, ética, liderazgo. Para lograr este objetivo se realizó la inclusión de las asignaturas de Seminario de Proyectos en Ingeniería en el componente disciplinar de todas las carreras de ingeniería de la Facultad de Minas.

Los cursos de Seminario de Proyectos en Ingeniería se encuentran enmarcados dentro de una tendencia mundial de aproximación de los procesos de enseñanza/aprendizaje a la práctica de la ingeniería y, desde allí, generar las competencias necesarias para enfrentar los continuos cambios económicos, sociales en el ejercicio de la profesión.

### 4. Evolución de los cursos de proyectos en Ingeniería en la Facultad de Minas

Entre 2015 y 2017 luego de evaluar los cursos de Seminario de Proyectos en Ingeniería y la

evolución de la estrategia de aprendizaje basado en proyectos y problemas de la Facultad de Minas, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- En promedio, el 84% de los estudiantes considera que es adecuado el trabajo en la asignatura bajo la metodología de ABPs.
- En promedio, el 91% de los estudiantes considera que han mejorado las competencias transversales a través de los cursos.
- En promedio, para el 87% de los estudiantes, la asignatura ha permitido tener una experiencia referente al desempeño profesional de la ingeniería igual o mayor que otras asignaturas.

Se propone la Estrategia de Innovación en Educación en Ingeniería para la Facultad, con la cual se busca que los cursos de proyectos en ingeniería evolucionen y tengan dos objetivos, el desarrollo de habilidades en la gestión de proyectos y la formación en diseño en ingeniería.

El primer propósito busca consolidar la formación en gestión de proyectos, en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto: Identificación, Formulación, Presupuesto, Implementación, Evaluación y Cierre (informe). Por otro lado, el segundo propósito hace referencia al reconocimiento del diseño como una componente sustancial de la ingeniería; se hace énfasis en el diseño conceptual, la toma de decisiones, los criterios de sostenibilidad y el uso de herramientas avanzadas en el proceso de diseño. El propósito de tener los cursos bajo esta forma de educación en ingeniería es no sólo capacitar a los estudiantes en lo académico sino también contribuir al desarrollado de habilidades y capacidades transversales para la vida.

Posteriormente en diciembre de 2017, nace el Instituto de Educación en Ingeniería de la Facultad de Minas como forma de institucionalizar la estrategia de aprendizaje basado en problemas y proyectos desarrollada y también para dar respuesta a diversas necesidades de formación de los estudiantes, así como la continua evolución en los temas de aprendizaje/enseñanza de la ingeniería en la Facultad de Minas, pues la formación en ingeniería debe ir más allá de lo técnico, debería ser una formación/aprendizaje de la ingeniería para la vida.

## **5. El Instituto de Educación en Ingeniería (IEI) de la Facultad de Minas como estrategia para una ingeniería por la vida**

Con la evolución de los cursos de Proyectos en Ingeniería, la creación de 5 asignaturas optativas en el área de proyectos en ingeniería y la creación del IEI, se da inicio una nueva etapa de evolución de la estrategia inicial y construcción de un espacio de **reflexión y acción** sobre el **aprendizaje** de la **ingeniería**.

Pues, si bien estos cursos buscan fortalecer y desarrollar habilidades personales, profesionales e interpersonales y aptitudes para el diseño en ingeniería, se requieren estrategias adicionales que entreguen más herramientas para el desarrollo del ser, no solo del profesional con alto conocimiento técnico. Se pretende que con la evolución de la estrategia se pueda continuar consolidando una línea de formación que tenga continuidad durante la vida académica del estudiante y no solo en tres momentos específicos asociados a la matrícula de los cursos de

Proyectos en Ingeniería. Para esto es necesario brindar herramientas para que los estudiantes de ingeniería exploren su ser, y desde allí puedan tomar decisiones frente a su formación, asumirla responsablemente frente a sí mismo y construir de forma más consistente su futuro, y con esto contribuir a la autonomía en la que se basó la reforma del acuerdo 033 de 2007 del Consejo Superior Universitario.

Con esta evolución de la estrategia se busca que los estudiantes adquieran herramientas para el conocimiento propio, incidiendo en el desarrollo de algunas capacidades transversales de los estudiantes de ingeniería, de forma que se conviertan en herramientas para su ejercicio profesional y para la vida. Una ingeniería centrada en **promover la vida**. Se propone trabajar en la historia de vida de cada participante como hilo conductor y abordarla a partir de tres áreas de trabajo: la comunicación escrita y oral, la inteligencia emocional y el arte y la creatividad. Estas áreas parecen estar más fuertemente relacionadas de lo que consideramos cotidianamente (Cortés-Colomé, 2016) y través de un trabajo consciente en ellas es posible mejorar un amplio abanico de capacidades que sirven para resolver los problemas que surgen a lo largo de la vida (Goleman, 1997).

Teniendo en cuenta la profesión para la que se están formando a los estudiantes de Ingeniería de la Facultad de Minas, se considera especialmente necesario fomentar en los alumnos las capacidades de adaptabilidad e innovación, dentro de las de autorregulación, ya que durante toda su vida profesional van a tener que enfrentarse a fuertes cambios tecnológicos. Así mismo, y debido a que generalmente deberán trabajar en equipo, es importante fomentar sus aptitudes compromiso e iniciativa, dentro de las de motivación. Es igualmente importante que el alumno desarrolle una autoestima positiva, aprendiendo a valorarse.

## **6. Arte y pensamiento creativo, comunicación efectiva e inteligencia emocional**

Se propone un primer paso para explorar el arte como estrategia para preparar a los estudiantes de ingeniería de la Facultad de Minas para liderar procesos de innovación y desplieguen el pensamiento creativo.

Sin embargo, recientemente se ha empezado a incluir en estas actividades selectas para la innovación la letra "A", perteneciente a las de Arte+Diseño (artes plásticas y diseño en nuestro ordenamiento académico) que están detrás de los impulsos vitales para transformar de forma positiva la economía del siglo XXI.

Cuando las personas se ven forzadas a emplear destrezas personales y profesionales en un contexto extraño, como lo es para la mayoría el arte, se moviliza un proceso de pensamiento completamente nuevo. El cerebro es más eficaz a la hora de aprender cosas nuevas cuando las hormonas del estrés se elevan ligeramente por una experiencia novedosa, y así se replantea algo que se lleva haciendo por mucho tiempo, es salir de la zona de confort (la forma propia de desarrollar el trabajo, la forma de interactuar con los demás, la forma de ver el mundo). Es así como, el arte se toma como etapa inicial para transportar al estudiante lejos de su vida cotidiana para replantearse su visión, su percepción y la forma en la que se comunica. Además, permite afianzar la confianza en ellos mismos, confiar en lo que tienen interiormente, en el sentido intrínseco

de la observación, la intuición y la capacidad de comprender y retener información. De esta forma se espera que el Arte sea la puerta de entrada y la conexión entre la formación técnica de ingeniería y la integración con la comunicación efectiva y la inteligencia emocional.

## **7. Conclusiones**

Con la evolución de la estrategia se espera contrarrestar el egocentrismo disciplinario de los educadores tradicionales de ingeniería y al personal académico que no puede o no está dispuesto a participar en enfoques alternativos a su disciplina.

Se espera que se puedan ver las conexiones entre una disciplina dada y un tema o problema interdisciplinario, de forma tal que no se limite la capacidad de incorporar nuevas ideas y prácticas. Además, que se reconozcan las diferencias en las perspectivas y contribuciones, y que esto contribuya a la formación integral de los ingenieros de la Facultad de Minas, así como el promover la educación de una ingeniería para la vida.

## **8. Referencias**

- American Society of Civil Engineers. (2007). 2025: The Civil Engineer' s World. American Society of Civil Engineers, 18(4), 651–660.
- Arias-Gundín, O., Fidalgo, R., & García, J. (2008). El Desarrollo De Las Competencias Transversales En Magisterio Mediante El Aprendizaje Basado En Problemas Y El Método De Caso. *Revista de Investigación Educativa*, 26(2), 431–444.
- Cortés-Colomé, M. (2016). *Psicología de la comunicación lingüística*. Síntesis. España. p. 240.
- David, Paul A., and Dominique Foray. (2002). Una introducción a la economía y a la sociedad del saber. *Revista Internacional de Ciencias Sociales (Unesco)*, no. 171.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103–120.
- Global Summit on the Future of Mechanical Engineering. (2008). 2028 Vision for Mechanical Engineering: A report of the Global Summit on the Future of Mechanical Engineering. Notes.
- Goleman, D. (1997). *Inteligencia emocional*. 19 Ed. Kairós, Barcelona.
- Grasso, D., & Burkins, M. B. (2010). Holistic engineering education: Beyond technology. *Holistic Engineering Education: Beyond Technology*, 1–301.
- Irigoyen, J. J., Jiménez, M., & Acuña, K. (2011). Competencias y Educación Superior. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 16(48), 243–266.
- Issapour, M., & Sheppard, K. (2015). Evolution of american engineering education. Conference for Industry and Education Collaboration. Global Summit on the Future of Mechanical Engineering, 2008.
- Martínez, A. M., Navarro, J. G. C., & Sánchez, J. A. R. (2012). Aprendizaje basado en competencias: Una propuesta para la autoevaluación. *Revista de Currículo y Formación Del Profesorado*, 16(2), 325–338.



- Savin-Baden, M. (2014). Using Problem-Based Learning: New Constellations for the 21 st Century. *Journal on Excellence in College Teaching*, 25(3&4), 1–24.
- Seely, B. E. (1999). The Other Re-engineering of Engineering Education, 1900-1965. *Journal of Engineering Education*, 88(3), 285–294.
- Spinks, N., Silburn, N., & Birchall, D. (2006). Educating engineers for the 21st century: the industry.
- Velez, J.M., Benjumea, P.N., Castro, K.J., & Rios, D.C. (2017). Estrategia de Innovación en Educación en Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Medellín, Colombia. Documento de trabajo.
- Villa Sánchez, A. (2007). Aprendizaje basado en competencias: una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas VILLA.

### **Sobre los autores**

- **Karem Johanna Castro Peláez:** Ingeniera Química, Candidata a Máster en Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Docente de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. [kjcastr0@unal.edu.co](mailto:kjcastr0@unal.edu.co)
- **Diana María López Ochoa:** Ingeniera Mecánica, Máster en Ingeniería de materiales y procesos, Doctora en Ingeniería Metalúrgica de la Universidad de Sao Pablo. Profesora asociada de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. [dmlopez3@unal.edu.co](mailto:dmlopez3@unal.edu.co)
- **Juan Manuel Vélez Restrepo:** Ingeniero Mecánico, Máster en Ingeniería Metalúrgica, Doctor en Ingeniería Metalúrgica de la Universidad de Sao Pablo. Profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. [jmvelez@unal.edu.co](mailto:jmvelez@unal.edu.co)

---

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

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)