



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

LAS CREENCIAS EPISTEMOLÓGICAS COMO FACTORES QUE AFECTAN LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS

María Elena Sottano, Carlos Alberto Bello, Guillermo Alberto Cuadrado

**Universidad Tecnológica Nacional
Mendoza, Argentina**

Gisela Müller

**Universidad Nacional de Cuyo
Mendoza, Argentina**

Eduardo Escalante Gómez

**Universidad de Chile
Santiago, Chile**

Resumen

El propósito de este trabajo fue caracterizar los supuestos epistemológicos y las modalidades de pensamiento que despliegan los alumnos de las carreras de ingeniería al desarrollar su actividad curricular. Se tuvo en cuenta que los alumnos de ingeniería interactúan con el conocimiento desde sus creencias epistemológicas, las que les deberían permitir alcanzar las competencias que exige la actividad profesional. Esto tiene implicancias relevantes para su proceso de formación, pues afectan la concepción del aprendizaje en ciencias y definen la habilidad de comprender, trabajar y construir modelos de procesos y situaciones. Esto implica interpretar, construir y usar representaciones de los hechos, cuyo estudio se inicia con las ciencias básicas. Este trabajo sostiene que las creencias epistemológicas son constructos y el resultado de condicionantes. Para caracterizar estos constructos se utilizó una prueba exploratoria en todos los alumnos del primero y último año de la Facultad Regional Mendoza de la UTN, en carreras de ingeniería. Los datos fueron procesados estadísticamente y revelaron que en los alumnos predomina una concepción dualista de la ciencia (Positivismo / Constructivismo), lo que sugiere que hay una deficiencia en la formación del concepto de ciencia y de investigación científica tecnológica.

Palabras clave: creencias epistemológicas; positivismo; constructivismo

Abstract

The purpose of this study was to describe and analyze the epistemological assumptions and modes of thought that display students taking the different specialities of the National Technological University (UTN), Facultad Regional Mendoza (FRM). The concept of epistemological beliefs refers to the perception of the nature of knowledge, that is to say, how people come to that knowledge, how to develop their cognitive constructs and how to evaluate them. For this research, we started from the premise that engineering students interact with the knowledge from their epistemological beliefs, which should allow them to achieve the skills required by professional activity. This postulate has important implications for the formation of engineers, as it is directly linked to the concept of learning in science and defines the ability to understand, work and build processes, models and situations, from the beginning of training with the basic science study. This research argues that epistemological beliefs are constructs and the result of conditioning. To characterize these constructs we used a screening test for all students of the first and last year of Mendoza Regional Faculty of the UTN, engineering careers, the implementation of which allowed us to obtain statistically processed data. It was observed predominantly in students a dualistic conception of science (positivism / constructivism) which causes difficulties in the exercise of critical thinking. The results suggest that the students show some deficiency in developing the concept of science and technology scientific research. The results of this work could be applied to a more efficient learning on the science in engineering students.

Keywords: *epistemological beliefs; positivism; constructivism*

1. Introducción¹

Esta investigación se ocupa de las creencias epistemológicas de los alumnos de grado de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, en adelante UTN-FRM. Se considera que este tipo de creencias estructuran sus posiciones epistemológicas y afectan las formas de interacción con el conocimiento, con los docentes, con la tecnología y el modo de abordar el trabajo profesional.

Existen diferentes líneas de investigación de este tipo de constructos. Se optó por analizar algunos tópicos que son fundamentales en la formación de los estudiantes que utiliza teorías y metodologías, pero está fuertemente influenciada por supuestos y creencias, aspectos que inciden en los procesos de investigación y prácticas profesionales.

Las creencias epistemológicas se entienden como las premisas o suposiciones que los sujetos tienen sobre el conocimiento y desempeñan un papel importante en el proceso de aprendizaje del conocimiento científico-tecnológico, específicamente en los procesos cognitivos que se despliegan (Flores Galindo, 2009). Se refieren a la percepción de la naturaleza del conocimiento y cómo las personas entienden su construcción y evaluación.

La pregunta es ¿qué tipo de perspectivas epistemológicas evidencian los alumnos en su proceso de formación cuando cursan las carreras de grado en la UTN FRM?

Algunos investigadores examinan estos constructos desde una perspectiva dualista del conocimiento (positivismo-constructivismo); otros autores como Piaget (1963) y Ausubel (1963) han investigado sobre

¹ Este trabajo se basa en la Tesis de Maestría "Las creencias epistemológicas en alumnos de ingeniería de la UTN-FRM", de María Elena Sottano.

los aspectos metacognitivos de las creencias epistemológicas. Para Bachelard (1938) los individuos con creencias epistemológicas sofisticadas se involucran en reflexiones personales, y análisis críticos reflexivos sobre el uso del conocimiento.

Estudiar ingeniería significa que los alumnos se enfrentan con las ciencias, con sus métodos y la construcción de conceptos científicos, que luego serán operativos en su práctica profesional.

Este trabajo sostiene que no hay diferencias estadísticamente significativas en las creencias epistemológicas que los alumnos despliegan según la especialidad. También se consideró el hecho hipotético de que los alumnos de los años superiores muestren contrastes en sus supuestos respecto de los que cursan el primer año de la carrera, esto sustentado en la concepción de la formación científico tecnológica que supone una carrera de ingeniería.

Los objetivos que se persiguieron con esta investigación fueron principalmente analizar las características de las creencias epistemológicas de las que se valen los alumnos de ingeniería, además de establecer relaciones entre los modelos epistemológicos establecidos en ciencias y los procesos de formación de los alumnos de las carreras de ingeniería de la UTN-FRM.

La epistemología, como teoría del conocimiento, resulta necesaria e imprescindible en los procesos de formación de los alumnos de grado, ella sustenta la base filosófica necesaria para la solución de problemas tecnológicos y permite el desarrollo innovador. Los estudios de grado acreditan la posesión de teorías y prácticas sistemáticas que proporcionan la formación básica y de especialidad. Éstas se adquieren en lugares especializados, con métodos formales y entrenamiento profesional, como lo expone Gyarmati (1984).

Uno de los conceptos básicos es el de paradigma como “*el conjunto de conocimientos y creencias que forman una teoría de conocimientos propia de un periodo histórico y de una ideología*” (Briones, 2002). El paradigma dominante de una comunidad científica se constituye por supuestos teóricos, leyes y técnicas de aplicación que deben adoptar los investigadores que pertenecen a esa comunidad. Este concepto es relevante para explicar algunas de las posiciones que sustentan el hecho educativo en las aulas de ingeniería.

Sería deseable que en la FRM-UTN se estableciera que en la formación de grado cuenten con un planteo de marcos epistemológicos que permita al alumno reconocer e indagar sobre la generación de conocimientos. De las respuestas de los alumnos sobre las creencias epistemológicas, se observó que en ellos predomina una concepción dualista de la ciencia (Positivismo/Constructivismo).

El análisis de las variables que se midieron sobre las creencias en investigación arrojó datos que indican que los alumnos de primer y quinto año de las carreras de ingeniería operan con nociones científicas próximas a la filosofía positivista y a la constructivista. Es decir que cuentan con una formación científica ligada a los criterios de objetivación de los hechos y de realismo y estatus de verdad cuyas bases se encuentran en el positivismo.

En tal sentido, la concepción de ciencia positivista es entendida como una actividad objetiva, reducida al mundo de la experiencia; lo que se confirmó en las respuestas de los entrevistados.

Respecto del proceder de la ciencia y sus procesos de enseñanza y aprendizaje, la muestra tomada refleja la opinión de los alumnos que ven al conocimiento científico como el resultado de una construcción; que no se

origina en la simple actividad de los sentidos, ni comienza en una mera acumulación de datos, sino con algún problema que debe ser abordado de modo complejo por ser esta su naturaleza.

Los alumnos tienen una postura respecto de la teoría del conocimiento. Consideran que este es dinámico y que se construye en la relación interactiva del sujeto y el fenómeno que se estudia, pero no han logrado experimentarlo durante su formación de grado, hecho que puede explicarse con su escasa participación en procesos de investigación y desarrollo tecnológico.

Hay que admitir que si bien la Ley 24521 impulsa la investigación introduciendo las actividades de I+D en las Universidades Argentinas, todavía existen muchas unidades académicas que desplazan la investigación como actividad necesaria de sus docentes y alumnos. Se trata de situaciones en las que, de modo predominante, las cátedras están cubiertas con docentes, que transmiten el conocimiento de manera repetitiva, usando solamente manuales universitarios. Cuando este tipo de escenario prevalece los cambios son menores, ya que solamente se refuerza lo conocido y se eluden nuevos compromisos cognitivos.

2. Materiales y métodos

2.1 Universo, muestra y tipo de estudio

Se hizo un estudio descriptivo comparativo, correlacional y transversal, a través de una prueba de múltiples respuestas que se efectuó sobre una muestra de 204 alumnos.

Se utilizaron metodologías predominantemente cuantitativas, no experimentales. Dentro del diseño no experimental se escogió el transversal, que tiene un carácter post-facto pues se realiza posterior a la ocurrencia del evento. Las herramientas metodológicas de la investigación se conformaron a partir de la aplicación de un cuestionario epistemológico estructurado.

2.2 Instrumento utilizado

Para medir las creencias epistemológicas se utilizó un instrumento de medición que consistió en un cuestionario, cuyas variables fueron analizadas según una escala creada por Hélène Hagège (en Dartnell, 2008). La autora ha estudiado las oposiciones positivismo/constructivismo a través de diferenciales semánticos (Escalante Gómez y Caro Martín, 2002).

La escala incluyó ítems relativos a las creencias epistemológicas que permiten identificar concepciones sobre la ciencia, el proceso del conocimiento y la percepción sobre el proceso de investigación. Se incluyeron ítems para identificar las concepciones positivistas y constructivistas que se tenían sobre la verdad y la realidad científica. Esta escala fue sometida a los análisis de confiabilidad y validez del constructo aplicando un análisis factorial exploratorio.

Es necesario señalar que de las respuestas obtenidas permiten detectar una forma de pensamiento dualista que se podría calificar como epistemológicamente inmaduro, sobre todo en los alumnos de quinto año, quienes trabajan con modelos de problemas de la especialidad.

2.3 Análisis descriptivo de datos

La muestra se hizo en la totalidad de los alumnos del primer año y del quinto año de las carreras de ingeniería en Química (QCA), Civil (CIV), Electrónica (ENCA) y Electromecánica (EMCA). En adelante se usará la abreviatura para referirse a las especialidades.

La muestra se dividió en los siguientes intervalos según la **edad**: un 25,6% corresponden a alumnos con edades “hasta 19 años”; un 54,1% corresponden a alumnos de edades entre 20 y 25 años; y un 18,8% corresponden a alumnos mayores de 25 años.

Se trata de carreras predominantemente masculinas, 79%, Fig. 1 (a), con una distribución homogénea en cuanto a la elección de carreras, excepto en Ingeniería ENCA con un tercio de la porción correspondiente a cada una de las otras, Fig. 1 (b).

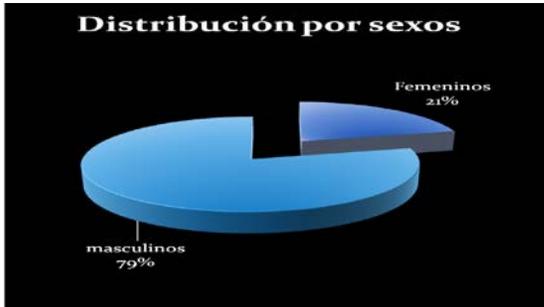


Fig. 1 (a)

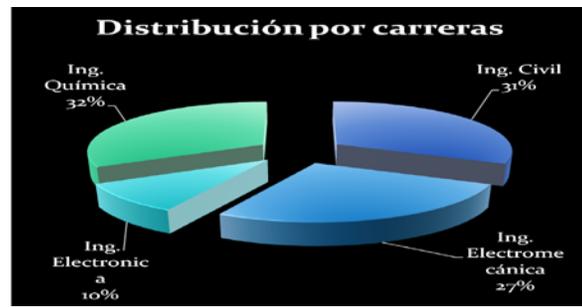


Fig. 1 (b)

Fig. 1. Distribución de los sujetos estudiados correspondientes al primer y quinto año de las carreras de ingeniería en la UTN, Facultad Regional Mendoza.

Se observó que de 204 encuestados el 30,4% (63 sujetos) dice haber realizado cursos en ciencias y el 69,6% (144 sujetos) no. Es decir que, el porcentaje de personas que han realizado *cursos en ciencias* es inferior a los resultados esperados para las carreras de formación científica como las ingenierías.

Las encuestas, muestran que los alumnos tienen un conocimiento relativamente aceptable de lo que significa la ciencia o hacer ciencia. Sin embargo, dejan entrever un cierto desinterés hacia esa actividad. Se observa que el porcentaje de alumnos del primer año que dice haber realizado cursos en ciencias es mayor para la carrera de QCA, le sigue EMCA, luego CIV y finalmente, ENCA que tiene el porcentaje más bajo, Fig. 2 (a). Luego para los alumnos de quinto año, se observa que el mayor número de alumnos que contestó que han realizado cursos en ciencias es para la carrera de QCA, le sigue CIV, ENCA y por último EMCA, Fig. 2 (b). Es importante ver cómo el sistema ha cambiado esta variable según la carrera desde el primero al quinto año, siendo el cambio más significativo para la carrera de ingeniería CIV, le sigue ENCA, en EMCA se nota un estancamiento y en QCA un retroceso.

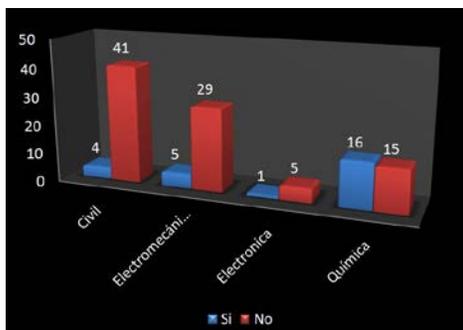


Fig. 2 (a)

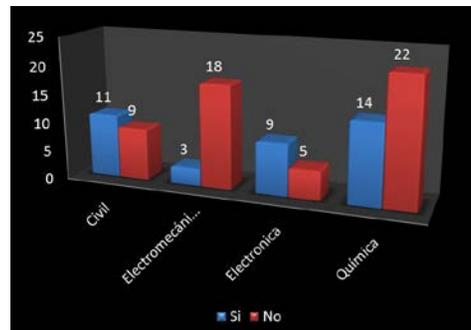


Fig. 2 (b)

Fig. 2. Distribución de los sujetos estudiados correspondientes al primer y quinto año de las carreras de ingeniería en la UTN, Facultad Regional Mendoza, para la variable sobre la realización de cursos en ciencias.

En las encuestas, cuando se analizan por separado los grupos de 1º y 5º Año, los alumnos del primer año reconocen los aportes de la ciencia y creen con mayor énfasis en el modo que ésta se hace. Los alumnos de quinto se muestran más reacios a las metodologías y a la esencia misma de hacer ciencia. Ahora bien a la luz de este resultado, cabe hacerse las preguntas: ¿por qué se produce este fenómeno en alumnos de quinto año cuando en apariencia reconocen o aceptan lo que la actividad científica aporta al conocimiento?; ¿se puede asociar este fenómeno al proceso de formación del sistema académico?

Esto se acredita al ver que son reducidos los casos de estudiantes que tienen participación en grupos de I+D y desarrollan actividades en la producción de nuevos conocimientos.

Las ingenierías tienen un ciclo de conocimientos básicos en donde las materias son de ciencias como física y matemática, esto plantea una pregunta, si todos los alumnos de los años superiores han pasado por el ciclo básico, ¿por qué desconocen a estas disciplinas como cursos formativos en ciencias? Como única respuesta a esto puede decirse que los datos obtenidos de las muestras analizadas, indican que los alumnos desconocen la significación de los aspectos formativos en ciencia propios de estas asignaturas.

Respecto del factor *realismo y estatus de verdad*, los alumnos pueden encuadrarse en una posición dentro del paradigma positivista. Para ellos, toda investigación trata de alcanzar la objetividad como camino a la “verdad”, aunque también los alumnos expresaron de modo mayoritario, desacuerdo e indiferencia por el supuesto de que *los investigadores no usan sus creencias para hacer ciencia*.

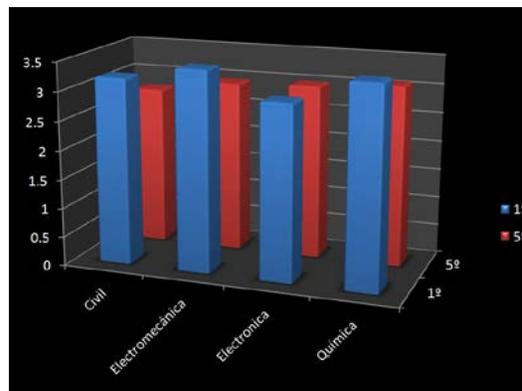


Fig. 3. Media de la opinión sobre el uso de creencias que hacen los investigadores para hacer ciencia. El gráfico tiene definidos los valores: 1= muy en desacuerdo, 2= desacuerdo, 3=indiferente, 4= de acuerdo, 5=muy de acuerdo

En los estudiantes de primer año, se observa una situación de indiferencia. En los de quinto año existen dos tendencias: CIV y EMCA en desacuerdo, mientras ENCA y QCA son indiferentes.

3. Discusión

El análisis de los datos emanados de las encuestas muestra que los alumnos no consideran que toda observación científica sea subjetiva, pero, cuando se les consultó si la objetividad es intrínseca a la actividad científica, los estudiantes mostraron indiferencia. ¿Por qué estos resultados? Parece ser que la falta de procesos formativos en ciencias, deja a los alumnos con inconsistencias que solo pueden ser salvadas mediante el estudio epistemológico de la disciplina y el abordaje crítico de sus metodologías de trabajo.

Sobre el supuesto de que cada teoría científica será cuestionada en el futuro, los alumnos mostraron un elevado acuerdo. Esta aceptación es portadora de una valoración constructivista. Aceptar el cuestionamiento de conceptos e ideas, es uno de los caminos principales que permite llegar a la construcción de nuevos significados. Queda claro que es imprescindible ser portador de una actitud crítica, conducida con prudencia ante lo conocido y lo desconocido.

Bachelard afirma que es necesario recordar que, para hacer ciencia “*se deben tomar los hechos como ideas, insertándolas en un sistema de pensamiento.*” (1938). Esto es pensar la ciencia en su estructura, su historia, contexto, posibilidades y limitaciones metodológicas con las que opera. Con el objeto de entender las modalidades de pensamiento científico que utiliza la ingeniería para producir desarrollo tecnológico, resulta evidente la necesidad de incorporar a los currículos el estudio de lógica y la concepción sistémica.

La actividad profesional requiere que los ingenieros interpreten, analicen y transformen sistemas reales, interactuando con teorías, representaciones y porciones de realidad que se denominan ‘modelos’ para diseñar productos futuros o solucionar problemas tecnológicos existentes. Este proceso descrito se hace en el campo de las abstracciones, utiliza el conocimiento científico tecnológico y se vale de métodos Sistémicos.

El aprendizaje de los procesos que permiten desarrollar modelos matemáticos, requiere interpretar eficientemente que son estos modelos y cuáles son las estrategias que permiten construirlos, transformarlos y usarlos exitosamente. Esta competencia debe ser aprendida y entrenada en la formación universitaria de las carreras de ingeniería y es dependiente de la concepción epistemológica con que se aborda la formación.

El trabajo profesional utiliza teorías, leyes, hipótesis y estrategias científicas al momento de construir y usar modelos para trabajar sobre la realidad, mientras que “el investigador plantea hipótesis alternativas y diseña experimentos para contrastarlas con hechos y teorías existentes mediante pruebas” (Escalante Gómez, E, 2009), ambos procesos se valen de las mismas estrategias. En la ingeniería el conocimiento epistemológico permite, reinterpretar y validar el objeto de estudio de modo continuo. Samaja expresa que el pensamiento científico tiene la tarea de organizar las experiencias en búsqueda de nuevos sentidos. “Explicar/comprender es recorrer *el movimiento de la interpretación*, de él trata siempre la ciencia” (2002).

La revisión de la página Web de la Facultad Regional Mendoza² muestra que hay un centro de investigación (GEREDETTEC) y al menos 10 grupos o unidades de investigación consolidados que desarrollan proyectos de investigación. Estos grupos de investigación consolidados con investigadores formados, representan un ámbito de aprendizaje de métodos de la ciencia y permiten formar creencias epistemológicas válidas para trabajar con la ciencia.

Revisando los planes de estudio se detecta en el plan de Ingeniería QCA (plan de Estudio 95 Adec.- Ord. 1028)³, la asignatura electiva *Metodología de la investigación*, esto puede explicar de alguna manera las respuestas notablemente mejores de los alumnos de 5º año de QCA, respecto de su opinión sobre el uso de creencias que hacen los investigadores para hacer ciencia, como se ve en la Fig. 3.

² En: http://www.frm.utn.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=139.

³ En: http://www.frm.utn.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=81&Itemid=115.

4. Conclusiones

El análisis de los datos muestra que los alumnos tienen ciertas deficiencias en su formación que les impide encarar de manera completamente eficiente el trabajo con la ciencia y permite formular la hipótesis de que el sistema pone énfasis en el aprendizaje de modelos que resuelven casos conocidos, pero no introduce estrategias para resolver nuevos o desconocidos.

El resultado de las encuestas también hace sospechar que el sistema académico parece no intervenir sobre las creencias epistemológicas que traen los alumnos y no se trabaja en el aprendizaje de estrategias meta cognitivas ni de pensamiento crítico.

La participación de alumnos en proyectos de investigación junto con docentes es una estrategia que permitiría trabajar sobre las deficiencias epistemológicas detectadas por este estudio.

Existen dos asignaturas, una electiva 5º año de la curricula de Ingeniería QCA que aborda la metodología de la investigación y una común a todas las carreras en el 1º año en la extensión áulica de Rivadavia. Extender esta experiencia piloto a la UTN-FRM introduciría un ámbito para trabajar las creencias epistemológicas en todas las carreras desde el primer año.

Los alumnos que han tenido esta formación en la experiencia piloto todavía no llegan al quinto año, por lo que sería de esperar un cambio en los ratios medidos en el futuro.

Referencias

- Ausubel, P. (2000) *Psicología Educativa Punto De Vista Cognoscitivo*. México: Ed. *Trillas*.
- Bachelard, G. (1938) *La formación del espíritu científico*. Decimonovena edición en español, 1993. México, Fondo de Cultura Económica.
- Briones, G. (2002). *Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales*. Composición electrónica: ARFO Editores e Impresores Ltda. Diciembre de 2002. En: <http://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/metodologia-de-la-investigacion-guillermo-briones.pdf> (1996)
- Dartnell, C. (2008). *Conception d'un Cadre Formel d'Interaction pour le Découverte Scientifique Computationnelle*. Thèse doctorale. Académie de Montpellier, Université Montpellier II.
- Escalante Gómez, E. (2009). *Una ruta necesaria: aproximándonos al enfoque investigativo de Juan Samaja*.
- Escalante Gómez, E., Caro Martín, A. (2002). *Análisis y tratamiento de datos en SPSS*. Valparaíso: Ediciones Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación.
- Flores Galindo, M. (2009). *Epistemología y Hermenéutica. Entre lo conmensurable y lo inconmensurable*. *Rev. Cinta de Moebio*, 36, pp. 198-211. Revisado el 4 de marzo del 2011 en: <http://www.Moebio.uchile.cl/36/flores.html>
- Gadamer, HG (1985). *La razón en la época de la Ciencia*. Madrid. Alfa
- Gyarmati, G. *et al.* (1984). *Las Profesiones, Dilemas del Conocimiento y del Poder*. Santiago de Chile, Universidad Católica de Chile. (1984)
- Piaget, J. (1963). *Psicología de la inteligencia*. Editorial Psique. Bs. As.
- Samaja, J. (2002). *Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica*. Bs. As., Eudeba.

Sobre los autores

- **María Elena Sottano:** Abogada, Especialista en Docencia Universitaria, Profesora Titular. mesottano@frm.utn.edu.ar
- **Gisela Müller:** Profesora y Licenciada en Letras, Magíster en Ciencias del Lenguaje, Doctora en Letras. Profesora Adjunta, Investigadora Adjunta CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). giselam@ffyl.uncu.edu.ar
- **Eduardo Escalante Gómez:** Licenciado en Literatura y Lingüística (Universidad de Chile), Magister en Ciencias Sociales (Universidad de Gales, Gran Bretaña), Profesor Titular. escalante.gomez@gmail.com
- **Carlos Alberto Bello:** Ingeniero Electromecánico, Magister en Docencia Universitaria, Profesor Asociado. cab@frm.utn.edu.ar
- **Alberto Cuadrado:** Ingeniero Industrial, Especialista en Docencia Universitaria, Profesor Titular. gac@frm.utn.edu.ar

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)