



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

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

ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA EN FÍSICA: DESDE LOS PROBLEMAS DE SIEMPRE HASTA LA CONSTRUCCIÓN DE ARTÍCULOS CON LOS ESTUDIANTES DE FÍSICA... EXIGENCIAS Y POSIBILIDADES PARA EL PROFESOR

John Freddy Ramírez Casallas

Universidad Cooperativa de Colombia
Ibagué, Colombia

Resumen

Los bajos desempeños de los estudiantes que ingresan a los programas de ingeniería y la complejidad de la docencia universitaria son factores recurrentes cuando se refiere la calidad de la formación de los ingenieros. Como innovación de la formación se presenta una estrategia de enseñanza de la física en el enfoque de investigación escolar desde la cual se lleva a los estudiantes a superar en parte dichas dificultades y culminar el semestre escolar con la escritura de un artículo de investigación formativa (el examen final), con orientación tecnológica, que debe ser sustentado ante un tribunal de dos profesores del programa. Debido a los logros positivos que se han venido obteniendo de forma continuada, en parte reportados en artículos de investigación, se caracterizan y ponen en discusión exigencias y posibilidades que debemos asumir los profesores de ingeniería con el propósito de construir procesos formativos y conocimiento tecnológico que se integren al desarrollo regional.

Palabras clave: enseñanza de la física; investigación escolar; escritura de artículos

Abstract

En Colombia, commonly, the engineering students of the first courses have poor performance; additionally, university teachers recognize the complexity of the teaching. As teaching innovation is presented a strategy for teaching physics in school research model, where students exceed some of these difficulties. They end the course writing a paper (the final exam), technology-oriented, it must be defended before a court of two teachers of the program. Due to the positive achievements that have been evidenced steadily, are characterized and put in question the demands and possibilities that we may assume the engineering teachers.

Keywords: *teaching of physics; school research model; write of papers*

1. Introducción

Trabajos de investigación recientes en el país, relacionados con la formación de los ingenieros apuntan a establecer que una de las grandes dificultades en dicho proceso es precisamente el *bajo desempeño de los estudiantes* (Albeniz et. al., 2009). Estos autores consideran que tal problema es consecuencia de la *inexistencia de un verdadero sistema educativo y el desconocimiento de los verdaderos propósitos de la docencia en el país* (Íbid, p.24), en el que los niveles de básica, secundaria, media y superior se encuentren articulados. Indicio de tan compleja problemática es el uso de métodos, estrategias y proyectos divergentes y (muchas de las veces) en conflicto (Íbid., p.23), pero también otros consideran que en el propio nivel superior existe toda una *parafernalia educativa* en la que se introducen novedades que se encuentran poco sistematizadas (Duque et. al., 2011). Además de esta coincidencia, los autores convergen en que: a) la calidad de la formación no se restringe tan sólo a lo que ocurre en las aulas de clase, b) es necesario tener en cuenta el contexto (la realidad) y, c) consideran en serio la formación de los profesores que forman ingenieros.

Estos tres elementos se pueden conjugar, incluso, de maneras diversas para formar excelentes ingenieros. Desde una racionalidad técnica (Schön, 1979) podemos formar personas que posean unas bases fuertes en ciencias básicas, con un conocimiento que luego pueden “aplicar” en la realidad; y es razonable sugerir como hipótesis que es precisamente este tipo de racionalidad el que hace posible como paradoja que existan en el país programas de formación acreditados de alta calidad que no coinciden con las áreas de desarrollo en las cuales la sociedad tiene sus principales intereses y expectativas (Albéniz et. al., 2011). En contraste, como lo plantean estos autores (p. 49):

El giro requerido por la educación de los ingenieros en Colombia demanda la definición de políticas y acciones institucionales que propicien el contacto de estudiantes y profesores con escenarios reales, fuente de información sobre problemas del entorno, a través de prácticas extramurales, proyectos de impacto social e investigaciones básicas sobre problemas locales. ...

De esta forma emergen así problemas que tienen un calado epistemológico (cómo se construye el conocimiento), ideológico (para qué se conoce) y ontológico (cómo es la realidad). En consecuencia, lejos de existir una solución sencilla el panorama apunta a que el proceso de la formación y la docencia son ricamente complejos, pero que además de una u otra manera conllevan a sostener que ningún desarrollo formativo (ya sea que se exprese en currículos específicos, programas, estrategias de enseñanza, exámenes) se puede aislar de lo que sucede en el contexto socioambiental que habita la comunidad de formadores y estudiantes, como en línea similar lo sugiere Stephen Toulmin (1977).

Con base en lo anterior se considera que presentar una estrategia de enseñanza de la física que ha mostrado resultados significativos con estudiantes que tienen bajo desempeño desde el ingreso al curso, pero con los cuales ha sido posible provocar evoluciones y transformaciones --asociadas a la Hipótesis de Gradualidad (Ramírez, 2012)- que les permitan construir como examen del curso un artículo de investigación (escolar), es relevante en la medida que presenta maneras específicas y concretas de superar los factores que se consideran principales al explicar los procesos de formación de los ingenieros. Tales desarrollos son consistentes y hacen parte del Modelo de Investigación Formativa (IF) que el grupo *Investigación Formativa* ha desarrollado en los últimos siete años (Ramírez et. al., 2008). Por lo que, en el marco de dicha

complejidad –la que no puede agotarse en este texto- se presentará la evolución del caso concreto de un estudiante como una forma de ilustrar dicha estrategia de forma complementaria con otros documentos de referencia citados y, para finalizar, se caracterizarán algunas exigencias y posibilidades para los profesores de ingeniería. Por un lado porque las debilidades de la formación pedagógica de los profesores es reiterada (Albéniz et. al., 2009, p. 13) y, por otro, porque es factible ilustrarlas desde los componentes ideológico, epistemológico y ontológico en relación con las presiones que los profesores de ingeniería experimentan en su relación con el poder, el conocimiento, la sociedad y la producción (Íbid).

2. La evolución del curso desde una perspectiva metodológica

En el desarrollo y transformación del curso de física se han identificado tres fases posibles (figura 1):

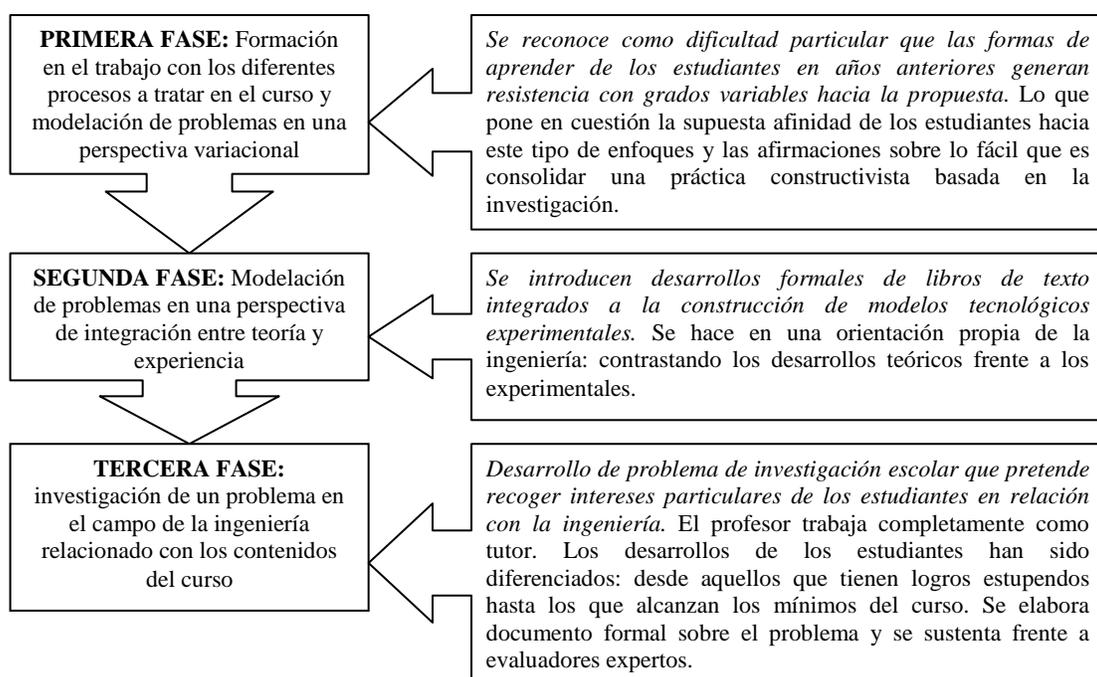


Figura 1. Descripción de las fases metodológicas y síntesis de principales características.

Dichas fases (Ramírez, 2012) se desarrollan con los estudiantes atendiendo a la evolución de varios componentes que al final del curso (cuando se elabora y presenta el artículo de investigación) poseen los siguientes valores porcentuales sobre un valor total del 100%: Comunicativo (10%), Modelación (10%), Contenidos (25%), Investigación (25%), Actitudinal/Valorativo (20%), Tecnológico (10%). Cada componente a su vez posee varios indicadores; por ejemplo *Procesamiento e Integración de Datos [B1]* se refiere a la capacidad que tienen los estudiantes para tomar información de diversas fuentes e integrar datos alrededor de un problema específico; en la primera fase puede limitarse al estudio de las ecuaciones de movimiento y la forma en que diferentes variaciones permiten cierto comportamiento de los datos; en la segunda fase se puede apreciar al valorar cómo los estudiantes obtienen y procesan datos en una práctica de laboratorio y el tipo de análisis que hacen sobre el fenómeno puesto en consideración; en la tercera fase se refiere a una problemática de interés para su formación en ingeniería civil en la que hayan podido

integrar, por ejemplo, los conceptos principales de la cinemática y dinámica. Aunque el indicador es el mismo, el tipo de tareas varía con el tiempo, haciéndose cada vez de mayor complejidad.

2.1. Primera fase: La modelación de problemas en una perspectiva variacional

Las primeras 8 semanas, aproximadamente, los grupos de trabajo de máximo 3 (ó 4) personas realizaron un trabajo de Modelación teórica basado en la variación (ver ejemplo en Ramírez, 2012), Laboratorio de Medición Directa (manejo de teoría del error) y Parcial escrito de acuerdo a los desarrollos anteriores. Este desarrollo se focaliza en los componentes Modelación y Contenidos, integrando posteriormente los demás de acuerdo con la evolución del grupo de estudiantes.

Las modelaciones teóricas se realizan logrando un primer modelo conceptual en el que se obtienen las ecuaciones de movimiento de un objeto de estudio específico que permite atender problemas ya identificados en la enseñanza-aprendizaje de la Mecánica (Covaleda, 2005). Dando por válidas las ecuaciones de movimiento, mediante una pregunta concreta se formula y soluciona una pregunta en la que se relacionen dos variables o parámetros incluidos en aquellas (figura 2). Estos datos se pueden organizar de tal manera que se obtiene una representación dinámica alrededor de las dos variables seleccionadas en la pregunta.

VARIACION (1 FUERZA)

¿Qué sucede con V_f cuando varía V_i ?

$$V_f = V_i + \left[\frac{UN}{m} \right] \cdot t$$

U = 150m
N = 6 Newton
M = 200 Kg
T = 360 seg

Comentario [L1]: ¿Dónde está el modelo físico del sistema analizado?, deben trabajar en la sumatoria de fuerzas, obtener la aceleración y las ecuaciones de movimiento.

Comentario [L2]: ¿Cuál es el enunciado de la variación que se plantea?

Al indagar con los estudiantes acerca de sus desarrollos y las dificultades que han tenido, es posible discutir las dificultades y aciertos en la construcción del trabajo, de esta forma se pueden obtener mejoras progresivas del documento. En este punto la responsabilidad y el diálogo sobre el sentido de estudiar ingeniería y la responsabilidad social que

Figura 2. Texto tomado del primer informe (versión electrónica) de los estudiantes.
Fuente: el autor.

poseen. Es un asunto clave para legitimar al interior de clase prácticas importantes como la discusión en equipo, evidente al entregar un trabajo revisado que a gran porcentaje de los estudiantes les provoca sorpresa porque deben “corregir” y mejorar el trabajo que ya habían realizado. Construir un conocimiento básico como patrimonio colectivo del grupo (dificultades, avances, cuestiones, valoración de los hábitos, etc.) permite iniciar una segunda etapa de trabajo.

2.2. La relación entre teoría y práctica

En este punto los estudiantes pasan de trabajar con ejercicios un poco más delineados con el profesor a tomar aquellos que se encuentran en libros de Física Universitaria, los que se consideran de un mayor grado de formalización. Las temáticas generales son las mismas (Cinemática y Dinámica), pero aquí ocurre ya un primer proceso de complejización del conocimiento en cuestión. Se requiere la modelación teórica a partir de problemas y desarrollos planteados en el texto universitario, y se elabora práctica de laboratorio sobre un ejercicio que ellos elijen y llevan a la práctica, se plantean una variación y un interrogante a resolver de modo teórico y práctico; siendo necesario luego comparar los dos comportamientos y defender ante todo el

grupo sus propias conclusiones. Al terminar esta fase se pretende que los estudiantes de ingeniería progresen en el proceso de integración entre teoría y práctica, pues su ausencia es precisamente uno de los problemas identificados en los diseños curriculares de ingeniería en el país (Gauthier, Gómez, Duque, Hernández, Pinilla, 1999).

2.3. La selección de un problema para elaborar el artículo

En esta tercera fase se centra el trabajo en transferir el conocimiento individual y/o colectivo al estudio de situaciones diversas, propuestas por los estudiantes de acuerdo con la ingeniería de interés. En este punto los estudiantes se atienden por pequeños grupos de trabajo, dedicando parte del tiempo a la discusión del problema, las hipótesis, el tipo de modelo formulado, los referentes teóricos a tener en cuenta, los métodos más adecuados para definir el problema, etc. La evaluación del trabajo de los estudiantes ya se hace teniendo en cuenta todos los componentes que se han propuesto para valorar el curso (Ramírez, 2012). El problema de investigación puede ser de corte teórico (p.e. estudio de un modelo de mayor complejidad a los contenidos propios del curso), de tipo práctico (p.e. realización de trabajo de campo para indagar por los problemas de movilidad de sectores de la región) o pueden integrar desarrollos teóricos y prácticos.

En este punto, en el marco del modelo de Investigación Formativa (Ramírez y otros, 2008), una de las dificultades más grandes de parte de los estudiantes se hace evidente en las tareas de *formulación y delimitación del problema a investigar*. Es muy común que los estudiantes presenten un gran problema (p.e. cómo solucionar el problema de movilidad en el país) o simplemente presenten una situación que no es problema como tal (p.e. aprender el funcionamiento de un programa de cálculo), lo que madura gracias a las interacciones que se establecen con los estudiantes, hasta lograr el material necesario para construir el artículo en el que se reportan los resultados de investigación obtenidos por los estudiantes. Las instrucciones y asesoría sobre la construcción del documento se hacen cuando se ha cubierto una información suficiente para elaborar el documento (una teoría seleccionada y acorde con el problema, un método pertinente [no necesariamente formalizado al estilo de los cursos de metodología de investigación], hipótesis de trabajo y un problema específico, una realidad de referencia). Antes de abordar el proceso de sustentación, los artículos de los estudiantes son revisados y remitidos a ellos con una nota numérica que se asocia a la valoración cualitativa de los artículos de acuerdo con instrumento específico para tal fin.

Para culminar el semestre escolar se ha desarrollado la evaluación de presentación pública y defensa de los trabajos ante los pares evaluadores. El crecimiento del número de estudiantes por curso ha llevado a que se tengan dos formas: a) aquellos trabajos que se presentan ante los pares evaluadores, los cuales el profesor selecciona como los mejores borradores del artículo escrito final (el cual se devuelve a los estudiantes con valoraciones sobre el artículo consignadas en instrumento de evaluación para tal fin); estos trabajos son los que presentan un mayor grado de complejidad en sus desarrollos, apoyándose también el profesor en la evolución del grupo de acuerdo con los diferentes encuentros que han tenido para la investigación del problema específico [en este caso la mitad de la última nota se obtiene de los pares evaluadores del tribunal, profesores del programa expertos en Metodología de la Investigación e Ingeniería]; b) los demás trabajos, con desarrollos no tan sobresalientes que son sustentados en la Web, mediante la construcción de un vídeo clip de diez minutos, y que son asignados a ciegas y al azar a otro grupo de estudiantes; se evalúa la seriedad en el concepto que dan de otro trabajo, el concepto que dieron de su trabajo y la asistencia al evento final donde se hace sustentación presencial de los trabajos del literal a, con el tribunal de profesores.

3. Conclusiones generales

Es posible abordar las conclusiones desde una perspectiva didáctica, como se ha hecho en otros reportes (Ramírez, 2012), pero también es posible hacerlo -opción acogida aquí- respecto a algunas de las exigencias y posibilidades se enmarcan en las presiones críticas que se ha identificado actúan sobre el profesor universitario (Albéniz et. al., 2009, p.22 y ss.): a) las que se derivan de la relación con el poder, donde el profesor termina funcionando como un “operario” encargado de llevar a cabo políticas y disposiciones que otros han creado; b) las que se derivan de la relación con el conocimiento en las que debe mantenerse actualizado y debe ocuparse de la preparación de las áreas específicas de su labor docente; c) las que se derivan de su relación con la producción, ya que debe canalizar demandas y expectativas de la sociedad y a su vez deben tener un comportamiento “técnica y éticamente compatible con las necesidades de desarrollo y crecimiento integral de la sociedad” (Íbid, p.23); d) las que emergen de su relación con la producción, al hacerse necesario que dé respuesta a problemas de la industria y la producción. Se dice ya al iniciar que es posible abordar dichas exigencias y posibilidades desde tres dimensiones: ideológica, epistemológica y ontológica.

En la dimensión ideológica un problema central es la forma en que entendemos el desarrollo, de hecho este es diverso y amplio (ver p.e. Gudynas, 2011; Ramírez, 2006). Ejercer la docencia de la física (u otra área) en un programa de ingeniería bajo *la perspectiva de comprender que el desarrollo es un funcional de la calidad de vida que se concreta en sistemas socioambientales localizados y concretos* (Ramírez, 2006), lo que abre espacios para realizar una enseñanza de mayor complejidad; la inclusión de dicha enseñanza no es fácil, coincidiendo con resultados obtenidos en otras latitudes (Henderson y Dancy, 2007).

En consecuencia, desde un curso universitario es legítimo atender las exigencias de la producción y la industria, pero no es menos cierto que los programas académicos deben construir conocimiento al menos para la población regional, incluidos sus estudiantes (Ramírez, et. al., 2008), en la misma línea que lo reclaman otros autores (Albéniz, et. al., 2011). Dicha estructura argumental permite pensar que es posible encontrar cursos, programas, comunidades profesionales, planes de gobierno e instituciones que simplifiquen este componente a unos fines precisos que reducen la formación de los ingenieros a *la aplicación de la teoría en la práctica* [2], pero también es posible lograr prácticas en las que problemas reales, del entorno, sean viables como objetos de estudio al interior del proceso de formación, como se ha expuesto. De una u otra manera termina siendo una decisión íntimamente política, que como se ha mencionado no se encuentra exenta de problemas a superar por el profesor.

Se ha optado por una visión constructivista en la dimensión epistemológica. Al aceptar que todos los seres humanos están en capacidad de construir conocimiento sobre su mundo, además de la comprensión del conocimiento tecnológico y científico, trae como corolario que los estudiantes de cada uno de los cursos son legítimos pensadores sobre el mundo, sobre sus propias experiencias. La Hipótesis de Gradualidad (Ramírez, 2012) defiende que es posible proponer evoluciones intencionadas en los procesos de construcción de conocimiento al interior de las aulas de clase, pero también exige al profesor partir de que tal conocimiento es legítimo; una recisión del poder tradicional (de único conocedor) que normalmente recae sobre el profesor. Así, es posible que diferentes profesores y/o grupos de profesores puedan construir cursos diversos sobre la forma de construir el mundo, lo que no necesariamente es un camino ausente de obstáculos (ver p.e. Ramírez y Morales, 2011).

[2] No son pocas las formulaciones de competencia que se quedan en este marco tan limitado, donde se busca que los estudiantes apenas atiendan al cumplimiento de unos fines específicos derivados de un proceso de “aplicación”.

En la visión sobre la realidad (dimensión ontológica) se ha considerado prometedora la idea de Sistema Socioambiental (SSA) en la que se puede concretar la concepción de desarrollo (Ramírez, 2006). Dicha visión sistémica exige que no se pierda de vista que las aulas de clase se ubican en regiones con características específicas en la medida que, inevitablemente, los estudiantes que asisten a ellas pertenecen a uno o varios SSA. En el momento actual se hace necesario que los esfuerzos de formación (y de investigación, innovación) en ingeniería se comprometan con dar soluciones alternativas efectivas en dichos SSAs en la medida que *el declive energético* no es un problema que afecta solamente a las empresas (discurso simplificador) sino que termina por afectar profundamente nuestra forma de habitar el Planeta Tierra y las particulares concepciones de vida de los habitantes de cada territorio.

En estas condiciones, la construcción de artículos como parte de los procesos de enseñanza-aprendizaje de la física pueden considerarse como un aporte innovador –no agotado- a la formación de los ingenieros; aunque no se encuentra exento de dificultades, es posible mostrar que respecto a las cuestiones que se plantean en el país alrededor de los profesores de ingeniería y las diversas presiones que se ciernen sobre éstos, la estrategia permite mostrar una prueba de que es posible pensar las regiones con los estudiantes que llegan a las clases, con referentes renovados en lo ideológico, epistemológico y ontológico, que hacen posible acercarnos a procesos de creación de conocimiento que los lleven más allá del simple cumplimiento de las horas de clase que se disponen para cada asignatura.

Referencias

- Albéniz, V.; Cañón, J.L.; Corchuelo, M.; Salas, R.; Salazar, J.; Silva, E. (2011). Educación en Ingeniería en Colombia: Brecha y Giro. En *VI Cátedra Agustín Nieto Caballero*, pp. 38-55. Consultado en octubre de 2012 en <http://ascolfa.edu.co/librofinal/>
- Albéniz, V.; Cañón, J.L.; Salazar, J.; Silva, E. (2009). *Evolución en los Tres Momentos de la Docencia en Ingeniería*. Santa Fe de Bogotá: ARFO.
- Covalada, R.; Moreira, M.A.; Caballero, M.C. (2005). Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4, N°1. Consultado el 10 de febrero de 2012 de <http://reec.uvigo.es/>
- Duque, M.; Celis, J.; Camacho, A. (2011). Cómo lograr alta calidad en la formación de ingenieros: Una visión sistémica. *Revista Educación en Ingeniería*. N° 12, pp. 48-60.
- Gauthier, A.; Gómez, R.; Duque, M.; Hernández, J.T.; Pinilla, A. (1999). Formación de ingenieros para la innovación y desarrollo tecnológico en Colombia. *Dyna*, Vol. 128, 63-82.
- Gudynas, E. (2011). Más allá del nuevo extractivismo: transiciones sostenibles y alternativas al desarrollo. En: *El desarrollo en cuestión. Reflexiones desde América Latina*. Ivonne Farah y Fernanda Wanderley (Coord.) Pp. 379-410. CIDES UMSA, La Paz, Bolivia. Consultado el 15 de marzo de 2013 en <http://www.gudynas.com/publicaciones/GudynasExtractivismoTransicionesCides11.pdf>
- Henderson, C.; Dancy, M. (2007). Barriers to the use of research-based instructional strategies: The dual role of individual and situational characteristics. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, Vol. 3, No.2. Consultado el 20 de junio en <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTPER.3.020102>
- Ramírez, J.F. (2006). Hipótesis de Progresión para el Desarrollo Sostenible. En *Tercer Encuentro Internacional en Desarrollo Sostenible y Población*. Disponible en: <http://www.eumed.net/eve/resum/06-07/jfrc.htm>

- Ramírez, J.F. (2012). Conocimiento Práctico Profesional sobre la evolución de un curso de Física universitario en el enfoque de Investigación Escolar, a la luz de la Hipótesis de Gradualidad. *Investigações em Ensino de Ciências*, Vol. 17, N°2, 415-433. Disponible en http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID298/v17_n2_a2012.pdf
- Ramírez, J.F.; Morales, A. (2011). La Investigación Formativa en la Universidad Cooperativa de Colombia (Seccional Ibagué) –De una Propuesta Formativa a una Experiencia Significativa-. *Revista "Entre Comillas"*, Vol. 14, N°2. Disponible en <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3802392>
- Ramírez, J.F.; Morales, A.; Salgado, D. (2008). Identificación de los problemas que experimenta la Investigación Formativa en la Universidad Cooperativa de Colombia-Seccional Ibagué –Hacia la consolidación de una propuesta formativa-. *Revista Perspectivas Educativas*, Vol. 1, N°1. Disponible en <http://revistas.ut.edu.co/index.php/perpeedu/article/viewFile/195/187>
- Schön, D. (1979). *El Profesional Reflexivo: Cómo piensan los profesionales cuando actúan*. Barcelona: Paidós.
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana*. Madrid: Alianza.
- Turiel, A. (2012). El Declive Energético. *Mientras Tanto*, 117, 11-26. Consultado en línea el 15 de abril de 2013 en <http://www.energia2012.es/sites/default/files/EI%20declive%20energ%C3%A9tico%20-%20Antonio%20Turiel.pdf>

Sobre el autor

- **John Freddy Ramírez Casallas:** Licenciado en Matemáticas y Física de la Universidad del Tolima. DEA de Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universidad de Sevilla. Profesor Auxiliar Medio Tiempo. john.ramirez@campusucc.edu.co

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)