



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

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

FUSIÓN FÍSICA – CÁLCULO. UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA PARA EL FORTALECIMIENTO DE CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Alexander Cortés Soto, Nyckiyret Flórez Barreto, Mauricio Vargas Villegas, Hernán Javier Herrera Suárez, Carlos Julio Moya Murcia

**Universidad de Ibagué
Ibagué, Colombia**

Resumen

Las nuevas generaciones, conocidos por muchos como los nativos digitales, tienen algunas características que los diferencian significativamente de sus profesores, entre ellas es de destacar que desde temprana edad, tienen fácil acceso a información audiovisual que muestra las maravillas de la creación humana desde el campo de la ingeniería, y ello los motiva a formarse en esas disciplinas. Aun cuando existe la idea generalizada de que la matemática y la física son necesarias para la ingeniería, es común que su estudio revista gran dificultad para los ingenieros en formación. Por esta razón, el señor Rector de la Universidad de Ibagué, delega a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas con apoyo de la Facultad de Ingeniería adelantar un proyecto que pretende unificar el estudio de las dos disciplinas, la idea fundamental es que los estudiantes aprendan la matemática dentro de un contexto físico, que les permita comprender la importancia de las matemáticas en el ejercicio de la ingeniería y adquirir las competencias necesarias para ello. La propuesta de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad de Ibagué se centra fundamentalmente en promover el fortalecimiento de conocimientos en las asignaturas de carácter científico (Física y Matemáticas) que son impartidas a estudiantes inscritos en la Facultad de Ingeniería. Es necesario pensar en nuevos modelos que faciliten y maximicen el aprendizaje, esta propuesta está enmarcada bajo un contexto constructivista que fusiona las asignaturas de Física y Cálculo con una propuesta pedagógica, que valida la necesidad de garantizar el aprendizaje consciente y orienta a la perdurabilidad del concepto. Se propone el diseño de un curso, que fusiona los temas del movimiento de los cuerpos con los del cálculo diferencial e integral, temas, que hacen parte de las asignaturas tradicionales de Física I y Cálculo I. La propuesta se basa en cuatro pilares fundamentales: la complementariedad, el análisis crítico, la vivencia del conocimiento (que parte del desarrollo de una práctica de laboratorio a partir del cual se obtienen los datos necesarios para el desarrollo conceptual entre disciplinas afines), y el uso de las TIC como un medio para sustentar los tres anteriores. Se cuenta hasta el momento con resultados parciales asociados con un primer curso desarrollado en el primer semestre de 2013, el cual contó con una población de 35 estudiantes (de los siguientes programas académicos: Ingeniería Civil, Ingeniería industrial, ingeniería de mecánica e Ingeniería Electrónica) matriculados en dos grupos, con un docente de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

y otro de la Facultad de Ingeniería. Los resultados de la evaluación del curso se presentan en forma cuantitativa y cualitativa, obedecen al manejo y al trabajo realizado por los estudiantes y los profesores en busca de un conocimiento perdurable y pertinente.

Palabras clave: modelos de aprendizaje; tecnologías de la información y la comunicación; física; cálculo

Abstract

The new generations, known by many as the digital natives, have some characteristics that differentiate them significantly from their teachers, among them is noteworthy that from an early age, they have easy access to audio-visual information showing the wonders of human creation from the field of engineering, and this encourages them to get trained in these disciplines. Although there is a widespread perception that mathematics and physics are necessary for engineering, it is common that their learning offers great difficulty for engineers in training. For this reason, the Rector of the University of Ibagué, delegated to the Faculty of Mathematics and Natural Sciences with support from the Faculty of Engineering to engage in a project to unify the study of the two disciplines, the basic idea is that students learn mathematics in a physical context that allows them to understand the importance of mathematics in engineering practice and acquire the skills needed for this. The proposal from the Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Ibagué is primarily focused on promoting the strengthening of knowledge in scientific subjects (Physics and Mathematics) that are given to students enrolled in the Faculty of Engineering. You need to think about new models that facilitate and maximize learning, this proposal is framed in a constructivist context that combines subjects Physics and Calculus with a pedagogical proposal, which validates the need to ensure conscious learning and guides the permanence of the concept. We propose a course design that merges the topics of the motion of bodies with differential and integral calculus, topics that are part of the traditional subjects of Physics I and Calculus I. The proposal is based on four fundamental cornerstones: complementarity, critical analysis, the experience of knowledge (Starting from the development of a lab from which we obtain the necessary data for the conceptual development among related disciplines), and the use of ICT as a means to keep the other three altogether. So far we count on partial results associated with a previous course developed in the first half of 2013, which had a population of 35 students (from the following academic programs: Civil Engineering, Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Electrical Engineering) enrolled in two groups with a teacher from the Faculty of Natural Sciences and Mathematics and one from the Faculty of Engineering. The results of the course evaluation are presented quantitatively and qualitatively, are the result of the management and the work performed by students and teachers in search of a lasting and relevant knowledge.

Keywords: *learnig models; information and communications technology, physics; calculus*

1. Introducción

La Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas en acompañamiento con la Facultad de Ingeniería se proponen desde el primer periodo del año 2012 diseñar un curso no tradicional, que comprenda temas fusionados de física y las matemáticas sustituyendo al estándar de este tipo de asignaturas que durante años ha sido aplicado en instituciones de Educación Superior. Por otro lado, es de carácter fundamental la preparación del estudiante para el mundo laboral, el cual exige que el alumno esté capacitado para integrar los conocimientos que en muchos casos están dispersos en diferentes materias y asignaturas. Es

ampliamente conocido el ámbito en el cual estas asignaturas se desarrollan dentro de la formación profesional en los programas de Ingeniería y Ciencias Naturales; su importancia es indiscutible, ya que ofrece no solo los conceptos físicos y matemáticos fundamentales, sino que también permite generar en el estudiante y futuro profesional un pensamiento crítico, analítico y matemático para la resolución de diferentes problemas aplicados a las ingenierías y ciencias, y ofrecen una formación básica y estratégica para la comprensión de conceptos más especializados propios de asignaturas aplicadas. Frente a esto es de vital importancia la manera como es transmitido el conocimiento en los primeros años de formación. Hay dos variables decisivas en el éxito académico frente a asignaturas que imponen cierto grado de complejidad; estas son: la metodología usada y las herramientas de apoyo para una eficiente transmisión de las ideas. Duit (2006) menciona el orden constructivista en la enseñanza de asignaturas científicas y tecnológicas; por otro lado Oliva, J. (2006, p. 168) discute de que existen preconcepciones o ideas alternativas que influyen en la actitud que se tiene hacia la ciencia; el ejercicio de la indagación, la resolución de problemas, son actitudes que en la enseñanza tradicional casi no se tienen en cuenta. Mientras que Abell y Lederman (2006) mencionan tendencias investigativas como: el aprendizaje de las ciencias, la cultura, el currículum y la evaluación en el ámbito científico y la formación de los profesores de ciencias. Un asunto crítico dentro de las nuevas concepciones de la enseñanza de las ciencias está enmarcado en la formación de los docentes que imparten este tipo de asignaturas, este es un caso mencionado por Abell y Lederman (2006) y hablan acerca de las actitudes y creencias de los docentes frente al conocimiento que poseen; en otras palabras es fundamental el tema de como "aprender a enseñar ciencias y esto va enmarcado dentro del desarrollo profesional de docentes de ámbito científico". El mejoramiento de las competencias de los docentes y calidad de la enseñanza se debe a muchos factores, se podría esperar un cambio en el desempeño de los estudiantes, si cambia el desempeño de los docentes (Corrigan y Taylor, 2004). Y esto, se asocia con el tipo de metodología usada: Migrar de prácticas pedagógicas cotidianas y convencionales a pedagogías basadas en la reflexión e indagación, es un paso que se recomienda hacer para lograr un cambio de actitud de los estudiantes frente al proceso de enseñanza. En cuanto a la metodología, en la propuesta discutida en este trabajo, se opta por la "Enseñanza basada en la Indagación" en la que se usa la experiencia como un medio para adquirir conocimiento. En este caso, los estudiantes por medio de la ejecución de experimentos asistidos y programados debidamente por el docente se enfrentan por vez primera o al menos de manera crítica a fenómenos físicos, este experimento actúa como un "detonante" generando una dinámica para las clases posteriores en las que los datos numéricos sirven de insumo y sustento a los conceptos teóricos propios enmarcados en el experimento. Esta concepción de aprendizaje es propuesta y dirigida por el docente en la que el estudiante adelanta un proceso consciente de autoaprendizaje. La metodología anterior es respaldada por el uso de herramientas que garanticen una transmisión de conocimientos eficaz, entre las cuales se pueden nombrar, plataformas como Moodle o Edmodo, espacios de almacenamiento virtuales, herramientas para el diseño de presentaciones como: Camtasia, uso de Smarthpen, uso de tableros interactivos, entre otras. El presente trabajo tiene como objetivo principal presentar las principales características del curso "Física1-calculo1" que está diseñado dentro la metodología nombrada anteriormente, y el cual usa herramientas nombradas también con anterioridad. Este trabajo es patrocinado por la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad de Ibagué y cuenta con el apoyo técnico de AVACO, dependencia de la universidad de Ibagué encargada del uso de Tics en educación.

1.1 Antecedentes

Los antecedentes del trabajo se dividen en dos ámbitos: uno asociado con las experiencias previas del uso de la enseñanza basada en indagación y otro asociado con la idea de la unificación de asignaturas afines. La Facultad de ciencias naturales y matemáticas ha incursionado en la enseñanza basada en indagación con la investigación asumida previamente por el (Montealegre, 2012) con el proyecto titulado "La Enseñanza de las Ciencias Basada en Indagación: un Recurso Didáctico para el Nivel Superior de Educación." "en el que

abarca el problema de como impartir asignaturas de Ciencias e Ingeniería a partir de procesos de indagación, en el que el punto central es proponer experimentos que induzcan al estudiante a la apropiación del conocimiento desde las vivencias. Frente a este trabajo se llegaron a algunas conclusiones que marcan la factibilidad de optar por estas estrategias en cursos presenciales de ciencias e Ingeniería en la Universidad de Ibagué.

2. Aspectos teóricos

Los enfoques de este trabajo son tres: Integración de conocimientos en asignaturas afines; los lineamientos teóricos de la enseñanza basada en indagación, y TICs para el aprendizaje.

2.1 Integración de conocimientos de asignaturas afines

El mundo laboral exige profesionales capaces de vincular conocimientos, habilidades y técnicas pertenecientes a diferentes áreas del conocimiento, así como poder trabajar interdisciplinariamente, y que den soluciones a problemas frecuentemente de naturaleza multidisciplinar. A pesar de ello, el alumnado no es entrenado en este sentido. Sin embargo, la preparación para el mundo laboral exige además, que se esté capacitado para integrar los conocimientos que en algunos casos están diseminados por diferentes materias y asignaturas. La transversalidad es un instrumento articulador que permite interrelacionar contenidos y objetivos educativos y formativos. En el mundo contemporáneo muchas instituciones vienen formulando estrategias para la formación no solo de contenidos, sino también de actitudes y aptitudes, utilizando el instrumento de eje transversal para dar un enfoque integrador a la formación de los estudiantes (García Lucini, 1993, 1994). En un contexto inicial, asignaturas de carácter científico como lo son las relacionadas con matemática y física, presentan una potencial complementariedad no aprovechada pues estas han sido pensadas curricularmente como independientes e impartidas aisladamente. Existen casos en el que aparecen temas comunes que deben ser abordados tanto desde el aspecto matemático como físico y esta tendencia se aprecia en mayor medida en asignaturas de matemáticas en las que ciertos temas deben ser contextualizados desde un punto de vista práctico (Física), para lograr un mayor grado de comprensión, lográndose resultados que desde un punto de vista abstracto sería complejo asimilar. Sin embargo, el enfoque matemático de la física no es asumido de igual forma, salvo ciertos casos en los que se necesiten las herramientas como es el caso de la matemática vectorial para discutir el movimiento de proyectiles, pero aquí la matemática es asumida como una herramienta pero no como un ejemplo extensible de la física a la matemática, en el que se aprecie conscientemente la complementariedad de los dos. La anterior premisa corresponde al problema central cuya propuesta de solución se presenta en este trabajo. Esta propuesta ha sido asumida como proyectos de investigación por otras entidades educativas, este es el caso del ejercicio realizado por el Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada adscrita a la Facultad de Ciencias. En la Universidad de Alicante, en el que se integran los conocimientos asociados de biología marina con inferencia estadística en un segundo curso de Biología (González, 2010)

2.2 Enseñanza basada en indagación (ECBI)

La enseñanza basada en indagación forma parte de lo que se conoce como metodología activa y es aquella que consigue que los alumnos, mediante estrategias recursivas, activen canales de adquisición de conocimientos, descubriendo por sí mismos y con orientación del profesor nuevos conceptos (Patiño, 2010). Los contenidos del curso en el que actúan no deben entenderse como un cuerpo de información de teoría a memorizar, sino un proceso de información de realidades y problemáticas cambiantes, en el tiempo y en el espacio, así como una poderosa herramienta de la que se dispone para cambiar esas realidades y enfrentarnos a los problemas planteados. Los estudiantes aprenden a aprender cuando desarrollan

destrezas como: la observación, el razonamiento, el pensamiento crítico y la capacidad para justificar o refutar el conocimiento. Este proceso estimula la creatividad y la curiosidad, además, de que controla en cierto modo el aprendizaje. La metodología se sustenta en principios entre los cuales están: a) El estudiante observa un fenómeno que es real y que le resulta familiar, por ejemplo: el movimiento de caída libre de una masa en presencia de un campo gravitacional. A partir de este se lleva a cabo una observación tanto cuantitativa como cualitativa que le permite descubrir el conocimiento que se asocia al fenómeno estudiado. b) En el desarrollo de la observación, el estudiante va elaborando hipótesis y plantea argumentos con sus puntos de vista, ideas y consideraciones. Discuten sus propias ideas y van construyendo un conocimiento propio del fenómeno observado. c) Las actividades que realizan los estudiantes son dirigidas por el docente de manera que el conocimiento que se va articulando sea verídico y confiable, en el que no se involucren falsas consideraciones. d) Se requiere de varias sesiones semanales de modo que se pueda culminar un estudio de un problema particular. e) Cada estudiante lleva un registro particular o bitácora f) El objetivo final de una actividad de indagación es que el estudiante se apropie progresivamente del aprendizaje, haciendo este significativo.

La fase de aplicación de la metodología se puede resumir en cuatro pasos: a) Focalización, b) Exploración, c) Comparación y contraste, d) Aplicación.

Focalización: Se presenta un problema cuya temática a abordar se relacione con el objetivo de la práctica, en otras palabras se centra la atención del estudiante en un problema en nuestro contexto: un fenómeno particular y se plantean preguntas que lo hagan elaborar argumentos.

Exploración: se lleva a cabo una actividad experimental, en el que se exploran diferentes aspectos como lo es el montaje que refleje el fenómeno a observar, las cantidades físicas a medir, las condiciones iniciales e identificar los focos de errores que posiblemente pueden afectar la observación.

Comparación y contraste: Aquí es donde se afianza los conocimientos previos del estudiante o donde se producen modificaciones de los mismos, en esta fase se manifiesta el aprendizaje que pudo haber obtenido el estudiante. Una vez obtenidos los resultados experimentales, se analizan si las predicciones e hipótesis realizadas por el estudiante durante la observación se ven o no confirmadas. Si no se cumple lo predicho, entonces se debe producir una modificación de los conocimientos previos.

Aplicación: En esta fase se verifica si el objetivo que se había propuesto para la actividad se ha logrado exitosamente. Es una fase donde se transfiere lo aprendido a otras situaciones que no necesariamente se han planteado en la actividad. Los alcances que puede tener esta etapa están limitados, en gran medida, por los propios conocimientos previos del docente o la habilidad para plantear preguntas.

2.3 TIC para el aprendizaje

Las tecnologías de la información son en este momento herramientas claves para mejorar la eficiencia de muchos aspectos de la vida cotidiana, uno de estos la educación. En los últimos años ha tenido un auge muy importante la incursión de herramientas informáticas en el aula de clase, esto maximizado también por la familiaridad casi natural con que cuentan los estudiantes de hoy en día con la tecnología. La UNESCO (Abell, 2007) reconoce la importancia que juega la tecnología de la información en los procesos de aprendizaje. Los canales de adquisición de conocimiento se ven fortalecidos por diferentes herramientas y dispositivos que hacen la tarea de la enseñanza mucho más eficientes que años atrás. El uso de espacios virtuales e almacenamiento permiten compartir información entre grupos de personas, en nuestro caso, los estudiantes pueden contar con documentos al instante, plataformas como el Moodle, permiten gestionar actividades de un curso en particular, donde esta es una aplicación web de tipo Ambiente Educativo Virtual, con la cual se puede lograr generar un sistema de gestión de cursos, y es de distribución libre. Esta herramienta web ayuda a los educadores a crear comunidades de aprendizaje en línea. Este tipo de plataformas tecnológicas también se conoce como LMS (Learning Management System). Estas

herramientas son ya de uso generalizado por parte de docentes y estudiantes de la Universidad y han sido consideradas como estratégicas para el desarrollo exitoso de los cursos que se imparten.

3. Diseño del curso fusionado de Física – Cálculo I

La facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Universidad de Ibagué con el acompañamiento de la Facultad de Ingeniería se propusieron diseñar un curso que integrara conocimientos de las asignaturas de Física I y matemáticas, este corresponde a un nuevo prototipo de asignatura en lo que respecta a la enseñanza superior, en el que se agrupan conceptos de movimiento de los cuerpos puntuales (cinemática unidimensional, bidimensional, movimiento curvilíneo y oscilatorio) con conceptos del cálculo diferencial e integral. En este curso se usó metodologías activas de indagación en el que el estudiante se enfrenta a un experimento diseñado y orientado por el docente en el que el estudiante a partir de la observación genera unas ideas primitivas del fenómeno observado, estas consisten en interpretaciones cualitativas y cuantitativas mediante la recolección de datos experimentales. En esta primera fase el estudiante no cuenta con preconceptos salvo una orientación general (recomendaciones generales de uso del equipo) que el profesor realiza con los estudiantes. Esta etapa es clave en el proceso de enseñanza ya que el estudiante enfrenta las ideas preconcebidas con ideas que surgen de la observación controlada del fenómeno. Los datos recogidos en esta etapa inicial se constituyen en el insumo para las clases presenciales en el que a partir de la indagación realizada se modela los datos experimentales y se identifican tendencias (por ejemplo el hecho de que un conjunto de datos experimentales al ser graficados muestren una tendencia lineal, permiten pensar en el tipo de movimiento observado, si se está graficando posición contra tiempo, y se modela matemáticamente este comportamiento con un modelo lineal, se puede pensar que el fenómeno observado corresponde a un movimiento lineal con velocidad constante). Las clases presenciales se transforman en un espacio en el que se confrontan las ideas preconcebidas con las ideas que surgen de la interpretación de los resultados, es de tener en cuenta que estas actividades son exitosas con una adecuada orientación del docente, que monitorea el avance del proceso y reconfirma los resultados conceptuales que se van generando. Es indiscutible que para que se afiance el conocimiento físico del fenómeno se debe hacer una interpretación matemática exacta de los fenómenos, por ejemplo pasar de conocer la posición de un cuerpo a su velocidad o aceleración, es indispensable conocer las herramientas matemáticas de manera formal, como es el caso del cálculo diferencial. Es así como a partir de una ecuación de posición surgida de la interpretación de datos experimentales se puede llegar a ecuaciones de velocidad y aceleración mediante la aplicación de procesos de derivación; sin embargo esto no puede ser considerado como el uso que hace la física de la matemática, sino que en el momento de introducir la herramienta matemática se debe hacer de manera formal y darle a conocer al estudiante no solo la forma operativa del concepto matemático, por ejemplo la derivada, sino su misma esencia formal, con la discusión de los principales teoremas y demostraciones que permitan no solo operar el concepto sino desarrollar el pensamiento matemático. Los procesos de contratación, comparación, abordaje matemático, pueden llevar varias sesiones, incluso más de los que se disponen en las clases tradiciones de física y cálculo, cada sesión finaliza con conclusiones del tema estudiado.

En la figura 1 se detalla la forma como se articuló el curso de Física I-Cálculo, en donde se aprecian temas de física y cálculo diferencial e integral, cada uno de los temas están encajados debidamente de acuerdo con las necesidades que surgen de la temática física. Cada tema se caracteriza por contar con tres etapas o módulos: un experimento inicial, seguido por clases presenciales y clases de refuerzo y taller que se encuentran condensadas en una guía titulada “Fusión física I- Cálculo I” que actualmente se encuentra en revisión de pares (Cortes, 2013). El curso está planificado para un espacio temporal de 16 semanas con

intensidad horaria de 8 horas semana y dos horas taller semana, lo que se traduce en 160 horas entre clases presenciales, laboratorio y taller. Se evalúa el curso con 4 exámenes parciales que corresponden al 70 % de la nota final y un 30 % asociado con talleres y laboratorios. El curso de Física-Cálculo I se ha impartido en la Universidad de Ibagué en el primer semestre de 2013, en dos grupos bajo la tutoría de un docente de la facultad de Ciencias Naturales y otro de la Facultad de Ingeniería, con un total de 35 estudiantes. Se ha percibido hasta el momento en que se ha escrito este trabajo una percepción positiva por parte de los estudiantes, identificando ventajas significativas con respecto a los cursos tradicionales. A nivel evaluativo la mortalidad ha disminuido considerablemente con respecto a los cursos tradicionales (con el 10% y 26%).

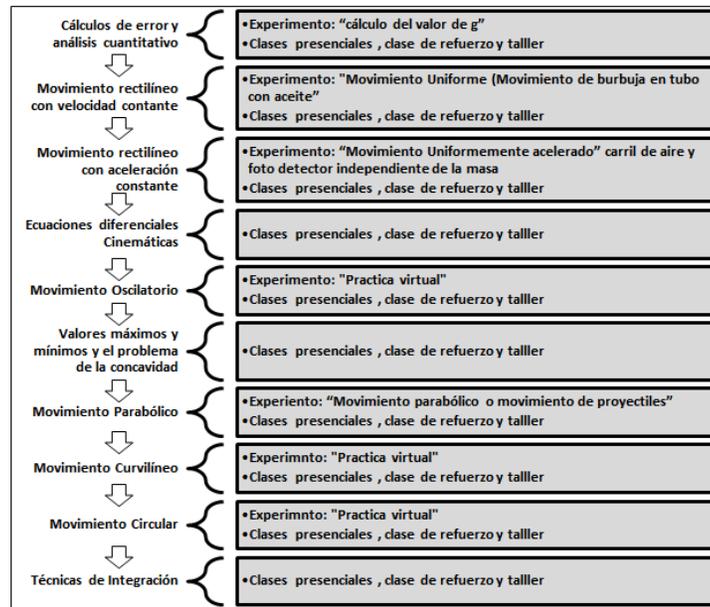


Figura 1. Programación general del curso de Física I – Cálculo I.

4. Conclusiones

- 1 La experiencia llevada a cabo en la Universidad de Ibagué en cuanto a la aplicación de metodologías activas en el curso de Física I – Cálculo I ha sido de carácter positivo, lo estudiantes han asimilado positivamente este enfoque y la metodología ha sido adaptada progresivamente al desarrollo del curso 2.
- 2 El carácter integrador de la asignatura de Física I-Cálculo I ha permitido una observación preliminar de consolidación de conocimientos generales de las dos asignaturas, estos son entendidos por los estudiantes como complementarios y ligados. Esto ha sido verificado en las evaluaciones llevadas a cabo en la asignatura.
- 3 Los estudiantes han construido de manera progresiva su propio aprendizaje por medio de la guía contante del docente, además, de que se ha observado un desarrollo en la habilidad de argumentar sus respuestas y observaciones.
- 4 Se ha constituido una guía del curso por parte de un equipo de profesores de la facultad de ciencias naturales y matemáticas de la Universidad de Ibagué, en el que se detalla la temática del curso como también la metodología asumida.
- 5 La responsabilidad del aprendizaje es un tema que ha sido asumido por parte de los estudiantes,

aun se considera que la responsabilidad en el aprendizaje del estudiante recae directamente en el docente. Esta es una concepción que no solo la tienen los estudiantes si no también entes administrativos

5. Bibliografía

- Abell S. K., Lederman N. G. (2007); Handbook of Research on Science Education, Lawrence Erlbaum Associates, Routledge, New York, pp 831-881,1105 -1151.
- Corrigan G., Taylor N. (2004). An exploratory study of effect a self-regulated learning environment has on pre-service primary teachers' perceptions of teaching science and technology. *International Journal of Science and Mathematics education*, 2, 45-62.
- Cortes A., Flórez N., Vargas M., H, Moya C. (2013), Texto fusión Física I-Cálculo (*en revisión*), Ibagué.
- Duit R. (2006). La investigación sobre la enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista Mexicana de Investigación educativa*, julio-septiembre, 11 (30), 741-770.
- García L. F. (1993). Temas transversales y educación en valores Editorial Anaya. Col. Alauda. Madrid.
- García L. F. (1994). Temas transversales y áreas curriculares. Editorial Anaya. Col. Alauda. Madrid.
- González C. J., Giménez C. F., Zubcoff J. J., Hernández M^a P., Fernández T. (2010). Editor Universidad de Alicante. Consultado marzo 2013 en <http://hdl.handle.net/10045/25833>
- Montealegre C. A. (2012), La Enseñanza de las Ciencias Basada en Indagación: Un Recurso Didáctico para el Nivel Superior de Educación, Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey - ITESM.
- Oliva Martínez, José María. (2006). de A. F. Cachapuz, B; Lopes, F; Paixao, J. F.; Praia, y C. Guerra. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3 (1), 167-171.
- Patiño G. L. *et al*; EDUCERE-Investigación arbitrada, Año 14, N^o 49, Julio - Diciembre de 2010 • 333 – 344.

Sobre los autores

- **Alexander Cortés Soto:** Físico, Magister en Ciencias Físicas, Candidato a Doctor en Ciencias-Física, Profesor T. C. Universidad de Ibagué. alexander.cortes@unibague.edu.co
- **Nyckyret Flórez Barreto:** Licenciada en Matemáticas y Física, Especialista en matemática Avanzada, Especialista en Docencia Universitaria, Magister en Educación, Profesora T. C. Universidad de Ibagué. nyckyret.florez@unibague.edu.co
- **Mauricio Vargas Villegas:** Geólogo, Magister en Ciencias Físicas, Doctor en Ciencias Físicas, Profesor T. C. Universidad de Ibagué. mauricio.vargas@unibague.edu.co
- **Hernán Javier Herrera Suárez:** Licenciado en Matemáticas y Física, Especialista en Física, Magister en Ciencias, Doctor en Tecnología Avanzada, Profesor T. C. Universidad de Ibagué. hernan.herrera@unibague.edu.co
- **Carlos Julio Moya Murcia:** Ingeniero Mecánico, Magister en ingeniería de control ambiental, Profesor T. C. Universidad de Ibagué. carlos.moya@unibague.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)