



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOE 2014

Nuevos escenarios  
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014  
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

## EXPERIENCIA EN INGENIERÍA CON UN AMBIENTE DE APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS

Patricia Salazar Perdomo, Raúl Chaparro Aguilar, Javier Ríos Gómez, Jorge Villalobos Alvarado

Escuela Colombiana de Ingeniería  
Bogotá, Colombia

### Resumen

Desde hace más de diez años, son notablemente altos los índices de deserción y repetencia de los cursos de precálculo en los programas de ingeniería colombianos. Los estudiantes los toman en el primer semestre de estudios, es decir, en la transición del colegio a la universidad. Conscientes de la responsabilidad social que asumen las instituciones con los estudiantes que reciben y de la repercusión que tiene el eventual fracaso de ellos, se planteó un proyecto de innovación educativa aplicada con el fin de contribuir al análisis de la situación. El proyecto consiste en el diseño de un ambiente de aprendizaje apoyado en tecnología informática, en el que se identifiquen las dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje, se apliquen correctivos y se pueda sugerir cómo aportar a la solución del problema. En este artículo se presentan la experiencia y los resultados de la primera fase ejecutada en la Escuela Colombiana de Ingeniería.

**Palabras clave:** ambiente de aprendizaje; deserción; precálculo

### Abstract

For over ten years, dropout and repeat rates of precalculus courses of Colombian engineering programs have been notoriously high. Students take this course during their freshmen semester, that is, during their transition from high-school to university life. Since higher education institutions are socially responsible of the students they admit and their failure has serious repercussions, a project of educational innovation was proposed in order to help analyze this issue. The project consists in designing an ICT-supported learning environment whose objectives are to identify difficulties in the teaching and learning processes, to apply corrective measures, and to be able to suggest ways to solve the problem. This article presents the experience and results of the first phase carried out in the Escuela Colombiana de Ingeniería.

**Keywords:** learning environments; dropout rates; precalculus

### 1. Introducción

La deserción estudiantil en los programas de ingeniería en Colombia se presenta especialmente en los tres primeros semestres y empieza en los cursos de precálculo o matemáticas básicas, que toma la mayoría de estudiantes nuevos, y en los que los índices de deserción y reprobación pueden llegar a sumar más del 60 % cada semestre.

Precálculo es una de las asignaturas de fundamentación que forma parte del primer semestre, el cual se ha constituido en la transición del colegio a la universidad de la mayoría de estudiantes que ingresan a programas de ingeniería. En este curso tienen la oportunidad de reforzar las bases que necesitan en las asignaturas de matemáticas y física del programa correspondiente.

Con el fin de identificar las principales dificultades para el aprendizaje y las causas de reprobación, analizar el efecto de los correctivos aplicados, y sugerir estrategias o medidas tendientes a favorecer el buen desempeño y la permanencia del estudiante, se creó un ambiente de aprendizaje de matemáticas básicas para ingeniería en el que tiene lugar el curso de precálculo.

A continuación, se describen el problema y el trabajo realizado, se muestran los resultados y se establecen las conclusiones.

## 2. Descripción del problema

En el siglo XXI, la actitud, la disciplina y los intereses de los estudiantes difieren de los de sus profesores, que pertenecen a otras generaciones. Como parte de su responsabilidad social, las instituciones de educación superior deben esmerarse en apoyar el proceso de transición y afianzamiento del estudiante en el sistema universitario, lo que implica reconocer diversos ritmos de aprendizaje y que los profesores, como actores del proceso, estén inmersos en el mejoramiento continuo. Con frecuencia se dice que el estudiante es el protagonista de su proceso de formación, sin enseñarle a serlo. Se requiere tener buenos hábitos de estudio, concentrarse en aprender y entender que la calificación es un medio para estimar el resultado del proceso, no el fin.

## 3. Trabajo realizado

El ambiente de aprendizaje creado no se limita al aula de clase ni a la web. Su diseño articula cuatro elementos: personas (estudiantes y profesores), procesos (enseñanza y aprendizaje, evaluación), conocimiento (contenido de precálculo) y tecnología informática.

Como lo expone Marcelo (citado por Castillo, 2008), en el ambiente se debe promover el aprendizaje activo, los estudiantes, por su cuenta, van más allá de lo que da el profesor; adaptado a las posibilidades y necesidades de los estudiantes; colaborativo; constructivo, los nuevos conocimientos se elaboran sobre los que ya tienen, lo que conduce a un verdadero aprendizaje; orientado a metas; y reflexivo, en el sentido de que los estudiantes van tomando conciencia sobre cómo aprenden, a fin de introducir mejoras en sus procesos.

Un aspecto relevante en el ambiente es la motivación del estudiante. Martínez-Salanova (2012) la define como el interés del estudiante en el aprendizaje y las actividades que lo conducen a él. Dice también que el interés se puede adquirir, mantener o aumentar en función de elementos intrínsecos y extrínsecos. De acuerdo con Gutiérrez (1991), un estudiante motivado aprende mejor que el que no lo está; se aprende más cuando el material y las tareas son significativas; no hay sustituto para la práctica repetitiva en destrezas o hechos que han de ser automatizados; y conocer los propios errores y los resultados correctos ayudan al aprendizaje.

### 3.1 Estudiantes y profesores

Son los actores principales del ambiente. Los profesores están llamados a orientar a los estudiantes para que sean protagonistas de su proceso de formación. El profesor titular del curso pertenece al equipo del proyecto, así como los tutores de los estudiantes. Aunque a cada estudiante se le asigna un tutor, puede acudir al de otro. Se comprende que cada quien cuenta con su propio estilo y que la empatía tiene su efecto.

Se busca que el estudiante sea el principal responsable de su propio proceso, sin que el papel del profesor pierda importancia. La interacción del estudiante con sus compañeros y su profesor es un componente clave del ambiente potenciado por la tecnología informática para aprender, colaborar y atender dudas e inquietudes oportunamente. Las necesidades de los estudiantes son diferentes. Aunque no se sigue el curso de manera personal sino grupal, se tiene cuidado de ir a un ritmo tal que lleve al estudiantado a alcanzar la meta, y a evitar que aquellos con mejor conocimiento de los temas se confíen y los otros se desanimen.

### 3.2 Procesos

Los procesos básicos que se contemplan son los de enseñanza y aprendizaje y de evaluación. Los de enseñanza y aprendizaje se basan en una metodología activa en la que se tienen en cuenta los ritmos de aprendizaje, con tecnología informática como facilitadora del proceso. En el diseño se ha tenido en cuenta lo que Brito, et al. (2010) identifica en quienes llegan a las universidades a estudiar ingeniería: poca motivación por el estudio de las matemáticas, deficiencias en la comprensión y asimilación de contenidos, dificultades en el proceso de modelación de fenómenos, desconocimiento del objetivo de las matemáticas, aprendizaje mecanicista de éstas y falencias en la interpretación de los resultados que obtienen.

Como parte de la incursión en el uso del modelo de aula invertida o “flipped classroom” (<http://www.knewton.com/flipped-classroom>), el estudiante se debe preparar para cada clase (diferente a preparar la clase, que es tarea del profesor) leyendo y viendo videos cortos sobre los temas, identificando lo que no entiende y construyendo preguntas. Se fomenta el estudio permanente, no sólo para las evaluaciones.

Las clases son magistrales y prácticas y se ofrecen en un aula grande con mesas redondas de cinco puestos (uno disponible para el profesor). Esto ha propiciado y facilitado desde el primer día el trabajo en equipo y la colaboración. La interacción permanente ha ayudado a que el estudiante aproveche la clase y especialmente al profesor. Éste verifica con algunas preguntas que los estudiantes hayan revisado los temas que se tratarán en clase, luego expone lo relevante en el tablero grande, hace preguntas y finalmente los pone a trabajar individualmente o en grupo. Los estudiantes pueden escribir sobre las mesas, que son tableros, o en el tablero que hay para cada grupo en la pared; también pueden usar el computador. El profesor los acompaña todo el tiempo, resolviendo dudas y preguntándoles por aspectos claves para saber si han entendido todo, según lo esperado.

Las clases se complementan con laboratorios interactivos semanales con Wolfram Mathematica en los que aprenden haciendo. El tema recoge lo visto en la semana anterior, principalmente; las bases salen a relucir una y otra vez (factorización, dominio, rango...). En las primeras semanas del curso los estudiantes se familiarizan con el ambiente de computación de Mathematica. En las siguientes lo utilizan para reforzar lo aprendido, resolver problemas y como herramienta de visualización. Los laboratorios están diseñados de manera que los estudiantes se motiven y tengan la oportunidad de experimentar, conjeturar, elaborar preguntas y retarse. Por ejemplo, para obtener más puntaje en la actividad correspondiente a factorización, necesitan trabajar más rápido, lo que implica conocimiento y destreza en la selección del caso para la solución. En la figura 1 se muestra una actividad en la que el estudiante debe identificar la función que representa cada gráfica con base en  $f(x)$  y lo debe hacer ágilmente para que el tiempo le alcance.

También hay autorregulación porque cuando el estudiante se da cuenta de que no ha avanzado, se ve obligado a revisar niveles inferiores que lo llevan a adquirir o a repasar conocimientos previos. Hacer frente a los conceptos no comprendidos, en lugar de pasarlos por alto, es parte de la reflexión que se espera que haga del aprendizaje de las matemáticas.

#### Transformación de funciones

Seleccione la gráfica que corresponde a cada transformación de la función  $f(x)$  (gráfica d).

The image shows a Mathematica interface for a function transformation activity. On the left, there is a list of transformations:  $f(x)$ ,  $f^{-1}(x)$ ,  $f(x-1)$ ,  $|f(x)|$ ,  $f(|x|)$ ,  $f(-x)$ ,  $f(x/2)$ ,  $f(2x)$ ,  $f(x+1)$ ,  $-f(x)$ ,  $-f(-x)$ , and  $f(x)+1/2$ . Each transformation has a corresponding button with a letter label (a through k). The button for  $f(x)$  is labeled 'd' and has a checkmark next to it. To the right of the list is a grid of 12 graphs labeled 'a' through 'l'. Graph 'd' is highlighted with a blue border, indicating it is the selected transformation.

Figura 1. Ejemplo de actividad en Mathematica.

El otro proceso es la evaluación, que constituye un aspecto fundamental del proceso de enseñanza y aprendizaje y por tanto se hace continuamente con realimentación oportuna y personal. Permite conocer lo que el estudiante sabe, cómo analiza, cómo resuelve, cuáles son sus fortalezas, qué

errores comete, a qué se deben y de qué manera se le puede ayudar a corregirlos. De acuerdo con las definiciones de evaluación de Fidalgo (2011), en las tres versiones del curso se han hecho los siguientes tipos de evaluación formal, en el sentido de que influyen en la calificación del curso:

**Evaluación diagnóstica.** Como una aproximación al aprendizaje personalizado, en la primera clase, después de la presentación, se evalúan los temas básicos de álgebra con dos fines, uno diagnóstico, es decir, conocer el estado en el que llega el grupo particular de estudiantes y otro, de exposición a lo que no saben o no recuerdan lo suficiente. Los resultados se entregan en la siguiente clase y presentan una idea del nivel del grupo, en qué hacer énfasis, qué preguntas eliminar o reformular para la evaluación diagnóstica del siguiente curso. Según lo que ocurra en la evaluación, se remite a los estudiantes a algún sitio web para que se ejerciten en los fundamentos que no forman parte del curso, de acuerdo con el grado de debilidad identificado.

**Evaluación formativa.** Se aplica cada semana y el resultado se entrega a más tardar dos clases después, así como la solución del profesor titular. Demanda mucho tiempo por no ser de selección múltiple, y precisamente se propone así porque hay que conocer en detalle lo que pasa para aplicar correctivos a tiempo.

**Trabajos individuales.** Básicamente son las tareas por hacer para cada clase, con estos objetivos: apropiar lo visto en clase, fortalecer o desarrollar habilidades para trabajar a buen ritmo de tal manera que el tiempo asignado al curso dentro de su agenda semanal sea suficiente, e identificar dudas e inquietudes a tiempo.

**Evaluación sumativa.** Corresponde al último examen que presentan los estudiantes. Lo diseña la coordinación institucional del área y se pretende que muestre si el estudiante está preparado para pasar al siguiente curso, es decir, verifica el logro de los objetivos generales. Se trata de un examen con una parte en forma de test y otra de respuesta con procedimiento.

Todas las evaluaciones son escritas y miden el hacer y el saber hacer. Siempre hay oportunidades de recuperarse; en cada uno de los tres cortes del semestre, las pruebas semanales valen el 30 % y el examen del corte el 70 %. No se dispone de tiempo para hacer evaluaciones orales, a sabiendas de las habilidades que desarrollarían estudiantes y profesores y del impacto positivo que tendría su práctica ininterrumpida en todo el proceso de formación.

Como preparación para las pruebas formales, especialmente la sumativa, los estudiantes presentan autoevaluaciones de cada tema en la plataforma Moodle, sin la supervisión del profesor. Se revisan los resultados, se les pregunta por el grado de dificultad y por las dudas específicas, pero no influyen en la calificación.

En cada evaluación, incluida la sumativa, se registra el resultado detallado en cada punto y no sólo el general. Esto con el fin de identificar los temas en los que hay más o menos dificultad y aplicar correctivos o disminuir su énfasis, según sea el caso. La evaluación presencial y frecuente del profesor define el estado del proceso y permite conocer el progreso individual. La cantidad de estudiantes, 25 en promedio, hace que la labor de seguimiento personalizado demande mucho tiempo. Se hace como parte del proyecto, a sabiendas de que es crucial contar con apoyo de tecnología informática para el seguimiento automático de los desempeños, lo cual se tiene previsto en una nueva etapa del trabajo.

### 3.3 Conocimiento

Con el ánimo de que la experiencia con el ambiente de aprendizaje se aproveche sin grandes inversiones adicionales, especialmente de tiempo de los profesores, el seguimiento de los estudiantes en cuanto al avance en el conocimiento del contenido programático hay que hacerlo apoyado en tecnología informática. Por esta razón surgió la necesidad de desarrollar un *software* que administrara grafos de conocimiento.

Los conceptos matemáticos están ligados y relacionados con otros conceptos y definiciones, lo cual sugiere que se pueden representar con grafos en los que los vértices o nodos representan los conceptos, y las aristas las relaciones. Así se puede construir un grafo de conocimiento para un tema particular. Este *software* es importante para la metodología porque permite crear el grafo de conocimiento del curso, así como el de cada estudiante, a partir del contenido programático y del resultado de la prueba diagnóstica que presentan al empezar, respectivamente. Los grafos individuales se modifican a medida que el curso avanza, con base en los resultados de las evaluaciones, y el profesor tiene acceso permanente a éstos y al de todo el curso. Es decir, se trata de una herramienta de seguimiento y registro de resultados que es dinámica y se adapta fácilmente cuando de aprendizaje personalizado se trata. La aplicación está en la fase de pruebas y se utilizará en la siguiente versión del curso.

### 3.4 Tecnología informática

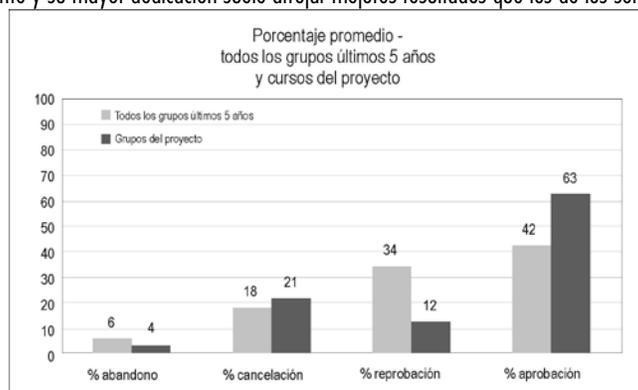
La importancia de la tecnología informática en la educación no radica simplemente en usarla, sino en hacerlo de manera efectiva, es decir, que contribuya a mejorar la educación en uno o más aspectos. También es importante entenderla como un medio para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje, pero no como la solución a todos los problemas que se presenten y mucho menos como un remplazo del profesor (Brito, 2010).

La tecnología informática facilita la interacción y, como dice Pizarro (2009), el uso de *software* puede mejorar la motivación de los estudiantes frente a su proceso de aprendizaje. Sánchez (citado por Castillo, 2008) dice que la tecnología en la educación matemática es: herramienta de apoyo al aprender; medio de construcción que facilita la integración de lo conocido y lo nuevo; extensora y amplificadora de la mente, que da lugar a aprendizajes significativos; y un medio transparente al usuario, que hace visible el aprender.

## 4. Resultados

En esta experiencia de innovación educativa se evidenciaron los principales indicadores de este tipo de proyectos, según lo menciona Fidalgo (2010): participación activa, mayor motivación intrínseca, eficacia respecto de los resultados de aprendizaje y adaptabilidad de los recursos a las necesidades formativas del estudiantado. En las tres pruebas que se han hecho al ambiente se ha observado cambio de actitud de los estudiantes, mayor responsabilidad con su proceso de formación, más consultas a los profesores, más trabajo fuera del aula, toma de decisiones oportuna en cuanto a retiro del curso y mejores resultados (aprobación aproximada del 70 %, con respecto a los que no abandonan ni cancelan), lo que representa un buen comienzo.

En la gráfica 1 se muestran los resultados de los estudiantes de la Escuela Colombiana de Ingeniería en precálculo en los últimos cinco años (nuevos y repitentes que reprobaron o cancelaron) y se comparan con los de los grupos que han hecho el trabajo en el ambiente descrito (2013-2, 2014-1, sólo nuevos). No se incluyen los resultados de los periodos intersemestrales en los que el curso es intensivo porque normalmente es el único compromiso académico del estudiante y su mayor dedicación suele arrojar mejores resultados que los de los semestres lectivos corrientes.



Gráfica 1. Resultados de los últimos cinco años y grupos del proyecto.

En las experiencias con el ambiente de aprendizaje se ha logrado un mayor porcentaje de aprobación y también de cancelación que de reprobación. Esto se debe al seguimiento permanente que se les hace a los estudiantes y a la insistencia en hacer todo lo que esté a su alcance antes de darse por vencidos. Así, la mayoría de los que no cancelan el curso son candidatos a aprobarlo, por lo cual el porcentaje de reprobación es relativamente pequeño.

Los resultados de la evaluación sumativa, en general, no corresponden a los logros evidenciados en la evaluación formativa, en la que se tiene en cuenta el procedimiento y no es tan común obtener cero, salvo que no haya respuesta o el razonamiento sea totalmente errado. En la pregunta de respuesta múltiple, la calificación es cero o cinco. Otra razón puede ser que quien diseña el examen no es el mismo profesor que estuvo con los estudiantes en el proceso. También influye el tiempo para responder, que los estudiantes consideran que es insuficiente y no les alcanza para revisar el trabajo hecho.

En la experiencia se identificaron los siguientes aspectos relevantes en un proyecto de innovación educativa aplicada (Fidalgo, 2010):

**Barreras.** Como barreras técnicas se encontró que los estudiantes, aunque son nativos digitales, deben superar el plano social en que lucen esta fortaleza y llevarla al ámbito académico; el conocimiento de Mathematica (o de la herramienta computacional con la que se hagan los laboratorios), implica capacitación del profesorado; y no se cuenta con un sistema de gestión de conocimiento para manejar toda la información que se produce en cada versión del curso, no sólo la referente al contenido programático (se tienen los grafos de conocimiento y aprendizaje), que ayude a decidir qué mantener, cambiar o eliminar en las próximas versiones y a llevar un registro histórico. En cuanto a las barreras culturales, en los profesores existe el miedo a tener que trabajar más o a ser prescindible; el estudiantado no responde fácilmente a la necesidad de prepararse para las clases; y suele haber resistencia al cambio y preocupación por quién lo debe liderar.

**Impulsores.** El ahorro de tiempo al apoyar el trabajo en tecnología informática (Moodle, Mathematica), satisfacción por mejores resultados obtenidos, y cambio de actividad y menos agotamiento con la repetición una y otra vez cada semestre gracias al modelo de aula invertida.

**Impacto.** De carácter individual, grupal e institucional:

- Individual. a) Los estudiantes se sienten acompañados en su proceso, no abandonan el curso. Los que lo cancelan son los que dejan de asistir y esto ocurre pasadas dos terceras partes del curso. Se espera que los resultados no se den sólo en el curso sino que los estudiantes y los profesores los lleven a los otros que cursan o tienen a cargo. b) Los estudiantes son conscientes de la importancia de la actitud y la disciplina para alcanzar las metas. c) Aunque por internet se tiene acceso a muchos recursos desarrollados en diferentes partes del mundo, se expone a los estudiantes a material didáctico seleccionado por sus profesores de acuerdo con los objetivos del curso.
- Grupal. Desde la primera clase hay interacción y colaboración, los estudiantes se apoyan entre sí.
- Institucional. a) Esta experiencia es un aporte con buenos resultados al análisis del problema del alto grado de reprobación y deserción en precálculo. b) Se ha hecho divulgación y capacitación en Mathematica para estudiantes y profesores.

**Sostenibilidad.** El proyecto usa tecnología informática pero no es dependiente de una específica. Su perdurabilidad en el área de matemáticas está sujeta a la receptividad de la experiencia por parte del profesorado y de la administración académica.

**Exportabilidad.** El alcance del proyecto va más allá del área de las matemáticas. Se puede replicar la experiencia en otras áreas.

## 5. Conclusiones

No existe una fórmula para solucionar el problema de los altos índices de deserción y reprobación de precálculo en los programas de ingeniería. El aporte de este proyecto es una forma de hacer el trabajo que puede contribuir a disminuirlos.

Con base en las experiencias con el ambiente de aprendizaje, se concluye y en buena parte reafirma lo que otros han encontrado:

- La dificultad, más que en los temas del curso, está en la actitud y la falta de buenos hábitos de los estudiantes. Están acostumbrados a estudiar sólo si hay evaluación y lo hacen por la calificación. Aprenden para el momento y no para la vida, lo que impide que los conocimientos se registren en la memoria de largo plazo.
- Para mejorar el proceso de evaluación y la metodología se espera que los grafos de conocimiento descarguen al profesor del seguimiento individual a mano y le den más tiempo para apoyar el proceso de los estudiantes que no avanzan al mismo ritmo. Se trata de ser más eficientes y efectivos en el mismo tiempo o en menos, no de trabajar más.
- El profesor es fundamental en el proceso. Apoya, guía, acompaña, da seguridad y, muy especialmente, motiva. El trabajo más importante se hace en las clases y es la base para el que los estudiantes deben hacer por su cuenta fuera de ellas.

Solucionar el problema de la deserción y de los resultados no satisfactorios en precálculo es un proceso difícil aunque muy enriquecedor. Por un lado, fuerza a pensar en nuevas metodologías, en qué enseñar o aprender y para qué; por otro, requiere de la voluntad de la directiva institucional, los profesores y los estudiantes para que haya avances significativos. Ayudaría mucho compartir el problema con otras instituciones, formular proyectos conjuntos que propendan a su solución y, por qué no, a la creación de comunidades de práctica alrededor del tema, extensible a otras áreas del conocimiento.

## 6. Referencias

### Artículos de revista

- Brito, M., Rodríguez, M. Del Valle, A. & Fraga, E. (2010). Reflexiones acerca de la enseñanza de las matemáticas en las ciencias técnicas. *Revista Pedagogía Universitaria*.
- Castillo, S. (2008). Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa* 11(2), 171-194 pp.
- Gutiérrez, A. (1991): *La investigación en didáctica de las matemáticas*. En Gutiérrez, A. (ed.), Área de conocimiento: didáctica de la matemática. Colección Matemáticas: cultura y aprendizaje N° 1. Madrid: Síntesis, pp. 149-194.

### Fuentes electrónicas

- Fidalgo, Ángel (2010). Innovación educativa. Recuperado el 10 de octubre de 2013 del blog <https://innovacioneducativa.wordpress.com/2010/10/17/el-simil-de-la-silla-para-entender-que-es-la-innovacion-educativa-y-como-aplicarla/>
- Fidalgo, Ángel (2011). Proceso de evaluación. Recuperado el 4 de abril de 2014 del blog <https://innovacioneducativa.wordpress.com/2011/10/10/el-proceso-de-evaluacion/>
- Martínez-Salanova, E. (2012). Educación y didáctica. Recuperado de <http://www.uhu.es/cine.educacion/didactica/000didactica.htm>
- Pizarro, R. (2009). Las TIC en la enseñanza de las matemáticas. Aplicación al caso de métodos numéricos. Recuperado de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/4152/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/4152/Documento_completo.pdf?sequence=1)

### Sobre los autores

- **Patricia Salazar Perdomo**. Ingeniera de sistemas, Escuela Colombiana de Ingeniería. Magíster en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Profesora, Escuela Colombiana de Ingeniería ([patricia.salazar@escuelaing.edu.co](mailto:patricia.salazar@escuelaing.edu.co))
- **Raúl Chaparro Aguilar**. Licenciado en Matemáticas, Universidad Pedagógica Nacional. Magíster en Matemáticas e Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia. Profesor, Escuela Colombiana de Ingeniería ([raul.chaparro@escuelaing.edu.co](mailto:raul.chaparro@escuelaing.edu.co))
- **Javier Ríos Gómez**. Ingeniero electricista, Escuela Colombiana de Ingeniería. Magíster en Educación, Universidad de los Andes. Profesor, Escuela Colombiana de Ingeniería ([javier.rios@escuelaing.edu.co](mailto:javier.rios@escuelaing.edu.co)).
- **Jorge Villalobos Alvarado**. Ingeniero eléctrico, Universidad de Notre Dame (Estados Unidos). Posgrado en Ingeniería Eléctrica, City College de Nueva York. Profesor, Escuela Colombiana de Ingeniería ([jorge.villalobos@escuelaing.edu.co](mailto:jorge.villalobos@escuelaing.edu.co))

---

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

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)