



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

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

# EXPERIENCIA DE MICRO CURRÍCULO EN MÉTODOS NUMÉRICOS PARA EL PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA BASADO EN PROYECTOS DE AULA Y EN APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS

**Jaime Alejandro Valencia Velásquez, Noé Alejandro Mesa Quintero**

**Universidad de Antioquia  
Medellín, Colombia**

### **Resumen**

Se presenta la experiencia recopilada durante los últimos 7 años con el microcurrículo del curso Métodos Numéricos del programa de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Antioquia, para el cual se adoptan las metodologías de Aprendizaje Basado en Proyectos de Aula y de Aprendizaje Basado en Problemas; buscando así generar en el estudiante un aprendizaje significativo para el desarrollo de habilidades tales como el autoaprendizaje, la búsqueda de información, la investigación, el uso de diferentes criterios de evaluación, entre otros.

Se describe en detalle algunos de los proyectos y problemas planteados en los diferentes semestres, su desarrollo en clase, y su seguimiento y valoración. Finalmente se mostrarán los resultados de la encuesta realizada para determinar el impacto del curso en el desarrollo de los nuevos ingenieros electricistas.

**Palabras clave:** métodos numéricos, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos

### **Abstract**

*The experience on the microcurriculum of the Numerical Methods course of the Electrical Engineering program at the University of Antioquia compiled during the last 7 years is presented. The Problem Based Learning and Projects Based Learning methodologies are adopted at Classroom seeking to generate in the student a significant learning to develop skills such as the self-learning,*

*search for information, research abilities, different evaluation criteria, among others.*

*Projects and problems proposed in different semesters are described, and how they are developed, monitored and asset. Finally, to determine the impact of the course on the development of the new electrical engineers, the poll results to students and engineers will be shown.*

**Keywords:** *numerical methods, problem based learning, projects based learning*

## 1. Contexto del curso en el plan de estudios

El curso de Métodos Numéricos en el programa de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Antioquia, en sus versiones 4 y 5 (Valencia, 2015), está programado para el semestre 4 y es directamente complementario con un curso básico de programación de computadores. El objetivo fundamental es aplicar los recursos de programación y los conceptos matemáticos para la solución de diferentes problemas de la ingeniería, en particular para la ingeniería eléctrica.

Este curso conjuga entonces los aspectos relacionados con el desarrollo de aplicaciones de cálculo numérico en ingeniería, además de los diferentes elementos de modelación de sistemas, que parten de los principios físicos fundamentales y los elementos de todas las matemáticas (entiéndase todos los cursos de cálculo, álgebra, geometría y física); en otras palabras, este curso puede entenderse como una asignatura del área de la física-matemática, en la que se abordan diferentes métodos para solucionar algunos problemas fundamentales de la ingeniería eléctrica.

El curso se plantea como una asignatura de fundamentación teórica, que parte de los elementos del *análisis numérico*, enfatiza en los aspectos prácticos de la ingeniería y complementa el aprendizaje de las ciencias básicas; brindando así un balance adecuado en el aprendizaje en ingeniería.

El microcurrículo del curso involucra el desarrollo de competencias tales como:

- Juicio analítico
- Planificación de actividades
- Sentido ético
- Comunicación y argumentación
- Participación y negociación
- Toma de decisiones
- Trabajo en equipo
- Manejo y búsqueda de información
- Investigación y resolución de problemas
- Adaptación al cambio

Cabe destacar que, como se señala en (Udea, 2019), estas competencias se deben fortalecer en todos los estudiantes de forma transversal, buscando mejorar su perfil de egreso y la visión holística que deben desarrollar los ingenieros.

## 2. Metodología y desarrollo del curso

Para el logro de objetivos de aprendizaje, y desarrollo de las competencias planteadas, se ha propuesto una metodología que combina el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL, de las siglas en inglés "Problem-Based Learning" (Wang, et al, 2009)(Murugan, et al, 2009)(Khairiyah, et al, 2011)(Vasyl, et al, 2016)) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL, de las siglas en inglés "Project-Based Learning" (Sanchez, et al, 2019)(Davis, et al, 2018)(Govindasamy, et al, 2018)), adaptadas a nuestro ambiente. Estas metodologías plantean un aprendizaje centrado en el estudiante, adicionando algunas variantes para desarrollar competencias de trabajo en equipo, que es una de las mayores falencias en nuestro ambiente cultural (Khairiyah, et al, 2011).

Al inicio del curso se hace una introducción de la temática general que cubren los textos guía, además de la metodología propuesta y el porqué es importante en el desarrollo de los futuros ingenieros.

La temática general que se propone está dividida en 5 temas:

1. Solución de Sistemas de Ecuaciones Lineales.
2. Solución de Sistemas de Ecuaciones No lineales.
3. Interpolación, Ajuste y Procesamiento de datos.
4. Derivadas e Integrales Numéricas.
5. Solución numérica de Ecuaciones Diferenciales.

Cada uno de estos temas está contenido en uno o varios capítulos de los textos guía (Chapra, et al, 1998) (Burden, et al, 1998) (Kiusalaas, 2013) y son, entre sí, complementarios y no excluyentes.

Para alcanzar los objetivos del curso, respondiendo a las temáticas indicadas, se plantea el desarrollo de 4 proyectos de aula, que tengan aplicación en ingeniería (para nuestro caso, con preponderancia en las aplicaciones de ingeniería eléctrica). Cada proyecto se define con los siguientes contextos:

1. Objetivos generales de aprendizaje en el proyecto.
2. Contexto teórico. Se identifican los contenidos del curso que se van a aplicar.
3. Contexto tecnológico. Se describe una aplicación específica, en ingeniería, del proyecto planteado.
4. Contexto metodológico. Se detallan los métodos específicos para abordar el problema que se plantea en el proyecto.
5. Factores de valoración. Los factores de valoración y seguimiento de los logros en el aprendizaje.

Estos proyectos se publican en el *Blog* (Valencia, 2019) y en el *Google-ClassRoom* del curso. Cada proyecto de aula se desarrolla en grupos cooperativos de 3 o 4 estudiantes y los grupos pueden ser asignados por el profesor, en algunos proyectos, o de libre organización, en otros proyectos. El objetivo fundamental es que los estudiantes aprendan a trabajar en cualquier equipo y no solo con los compañeros ya conocidos -trabajo cooperativo, en diferentes ambientes-

Para cada proyecto de aula se define una fecha límite de entrega y se socializan en presentaciones en el grupo, para desarrollar competencias de comunicación -coevaluación-.

Siempre se abre la posibilidad de recibir proyectos de aula diferentes, planteados por los mismos grupos de trabajo, aunque han sido pocos grupos quienes han planteado su propio proyecto; tan solo un grupo planteó un proyecto diferente desde los que hemos documentado del 2015.

Cada proyecto debe incluir una aplicación, desarrollada en Python. Este programa se ha propuesto por ser de uso libre, lo que promueve el desarrollo de los aspectos éticos de respeto por los derechos de autor y genera conciencia sobre el uso de programas comerciales, ya que se debe contar con la respectiva licencia, y en la mayoría de los casos es bastante costosa.

Para la evaluación general del curso se incluyen exámenes tradicionales (escritos) sobre los temas específicos de los textos guías, con el objetivo de valorar el aprendizaje individual de las temáticas esenciales del curso -evaluación tradicional-.

La tabla 1 resume las principales actividades y las competencias que se plantean desarrollar.

**TABLA 1.**

<b>Actividad</b>	<b>Competencia a desarrollar</b>
Presentación inicial	Planificación de actividades, participación y negociación.
Uso de Python	Sentido ético, manejo y búsqueda de información, investigación y resolución de problemas.
Proyectos de aula	Trabajo en equipo, manejo y búsqueda de información, investigación y resolución de problemas, planificación de actividades, juicio analítico, toma de decisiones.
Socialización proyectos	Comunicación y argumentación, planificación de actividades, trabajo en equipo.
Exámenes individuales	Juicio analítico, sentido ético

### **3. Encuesta de valoración de la metodología**

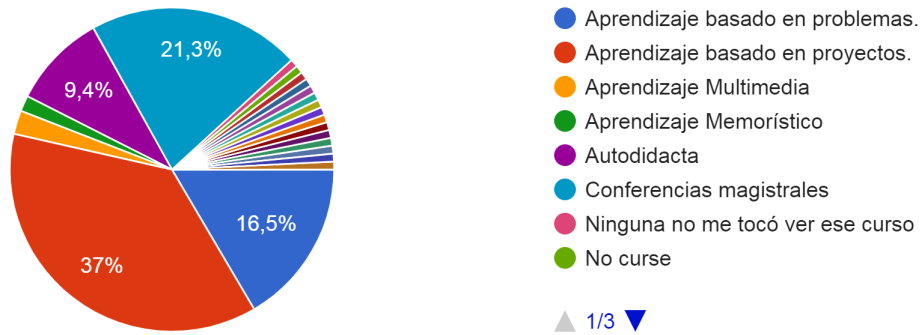
Con el fin de valorar la aceptación y/o percepción del curso, con la metodología propuesta y desarrollada en estos años, se envió una encuesta (Mesa, 2019) a la base de datos de egresados del programa de ingeniería eléctrica y de los estudiantes matriculados actualmente (semestre 2019). Hasta el momento de cierre, se recibieron 127 respuestas, de las cuales el 55.9 % es de estudiantes y el resto de egresados. La figura 1 muestra que buena parte de los encuestados reconocen cuáles fueron las metodologías propuestas y desarrolladas; es decir, Aprendizaje basado en problemas tiene un 37%, mientras que el aprendizaje basado en proyectos tiene un 16,5 %. No obstante, un 21,3 % de los encuestados reconoce el acompañamiento del profesor (clases magistrales) como la metodología usada.

Al consultar sobre las competencias desarrolladas se identifica en los resultados que, en términos generales, se logró la mayor parte de las competencias planteadas. La figura 2 muestra el resultado de las competencias consultadas. En la figura 3 se resumen las respuestas en cuanto la percepción de la importancia del curso, resaltando que más del 70 % lo consideró entre muy alta y alta.

Adicionalmente, se recibieron una gran cantidad de comentarios sobre el curso, que muestran en general buena aceptación y que algunas de las sugerencias propuestas por los egresados ya se han implementado; tales como: el manejo de programas libres, el enfoque hacia el manejo de grandes volúmenes de datos (*big data*), las aplicaciones de inteligencia artificial (*machine learning*), entre otros.

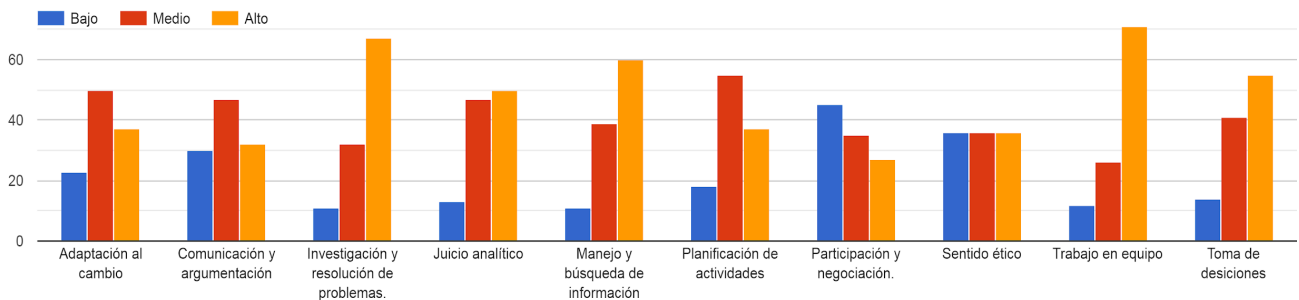
Si cursó Métodos numéricos en Ingeniería Eléctrica, ¿cuál de las siguientes metodologías de aprendizaje se usaron?

127 respuestas



**Figura 1.** Consulta de reconocimiento de la metodología.

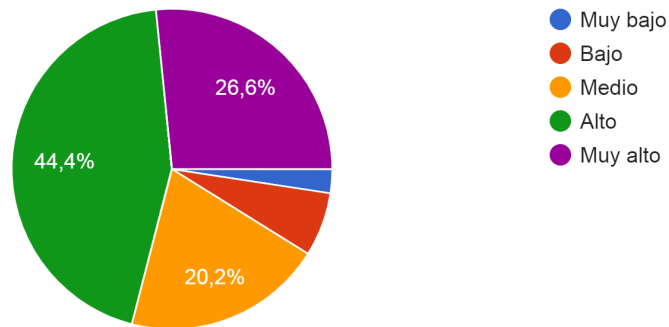
Qué competencias considera que desarrolló en el Curso de Métodos Numéricos?



**Figura 2.** Competencias desarrolladas en el curso.

¿Qué tan importante considera el curso de Métodos Numéricos en su desarrollo académicos y/o profesional?

124 respuestas



**Figura 3.** Importancia del curso

#### 4. Conclusiones

La metodología desarrollada para este curso se considera con muy buena aceptación y se han alcanzado, en gran medida, los objetivos planteados.

Las encuestas muestran que las competencias en investigación y resolución de problemas, así como la de trabajo en equipo, son las que se consideran en mayor grado fortalecidas, como es lo esperado en este tipo de metodologías.

Entre las competencias consultadas se muestra que aquellas relacionadas con las comunicaciones, la argumentación, el sentido ético, la participación y la negociación se deben reforzar con más actividades que las promuevan, y evidencien su importancia.

Aunque un 21,3 % (19 egresados y 8 estudiantes) de los encuestados consideró que la metodología del curso se definía con clases magistrales, el 51,4 % de ellos valora el curso como muy importante e importante, dentro de su formación; sin embargo, lo más relevante es que los egresados de este grupo son quienes proponen las mejoras que actualmente ya tiene el curso; es decir, ellos son egresados que tomaron el curso hace más de 8 años y por ende no tuvieron como referencia las actuales modificaciones.

La encuesta se realizó a toda la base de datos de egresados de Ingeniería Eléctrica, con el fin de evidenciar, si era necesario, algún cambio en el contenido del curso y su relevancia dentro del plan de estudios. Los resultados demostraron que los cambios que se han implementado en los últimos 7 años son los solicitados por los egresados.

Las metodologías centradas en el aprendizaje de los estudiantes permiten un mejor entendimiento

de algunas temáticas de la ingeniería; además, para los egresados resulta o ha resultado (para quienes alcanzaron a explorarlas durante el desarrollo de su carrera) un valor agregado dentro de su formación académica, puesto que les ha permitido tener un mejor desempeño profesional.

## **5. Referencias**

### **Artículos de revistas**

- (Vasyl, et al, 2016) Vasyl Korud, Serhiy Rendzinyak, and Orest Hamola; The Problem-based Learning in Electrical Engineering; CSIT 2016, 06-10 September, 2016, Lviv, Ukraine.
- (Sanchez, et al, 2019) J. L. SANCHEZ-ROMERO, AND H. MORA-MORA 1, A. JIMENO-MORENILLA, M. L. PERTEGAL-FELICES; Design and Application of Project-Based Learning Methodologies for Small Groups Within Computer Fundamentals Subjects; publication January 21, 2019, date of current version February 6, 2019.VOLUME 7, 2019, IEEEAccess.
- (Davis, et all, 2018) Chad E. Davis, Kim Graves Wolfinbarger; Assessing Team Development in an Engineering Project-Based Course; 978-1-5386-1174-6/18/©2018 IEEE.
- (Govindasamy, et al, 2018) Siddhartan Govindasamy, Rebecca Christianson, John Geddes; The student experience in an integrative, project-based course on quantitative engineering analysis; 978-1-5386-1174-6/18/©2018 IEEE

### **Libros**

- (Chapra, et al, 1998) Chapra S., Canale R. "Métodos Numéricos para Ingenieros con Aplicaciones en Computadoras Personales". McGraw-Hill 1998. México. ISBN 9684518471
- (Burden, et al, 1998) Burden R., Faires D. "Análisis Numérico". 6a Edición. International Thomson Editores 1998. ISBN 9687529466.
- (Kiusalaas, 2013) Kiusalaas,Jann. Numerical Methods in Engineering With Python 3. The Pennsylvania state University. Cambridge University press. New York, NY 10013-2473, USA. 2013.

### **Memorias de congresos**

- (Wamg, et al, 2009) Wang Jian-Ping, Gao Guo-Hong,Gu Yue-Sheng; Building up Problem-Based Learning platform based on J2EE; 2009 First International Workshop on Education Technology and Computer Science.
- (Murugan, et al, 2009) Murugan Krishnan; Ruhizan Muhammad Yassin, Ruhizan; Problem Based Learning in Engineering Education At Malaysian Polytechnics: A Proposal; 2009 International Conference on Engineering Education (ICEED 2009), December 7-8, 2009, Kuala Lumpur, Malaysia.
- (Khairiyah, et al, 2011) Khairiyah Mohd-Yusof 1 , Syed Ahmad Helmi Syed Hassan, Mohammad-Zamry Jamaludin and Nor-Farida Harun; COOPERATIVE PROBLEM-BASED

LEARNING (CPBL); 011 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2011)  
– "Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education".

### Fuentes electrónicas

- (Valencia, 2015) <http://numericalmethodsie20152udea.blogspot.com/2016/02/programa-de-metodos-numericos.html>
- (Udea, 2019) <http://www2.udea.edu.co/webmaster/multimedia/plan-desarrollo-udea/plan-desarrollo-udea.pdf>
- (Valencia, 2019) <http://numericalmethodsie20152udea.blogspot.com/http://numericalmethodsie20152udea.blogspot.com/2019/05/historia-proyectos-de-aula.html>
- (Mesa, 2019). encuesta realizada <https://forms.gle/PJcfJWgmPnpi8GCH9>

### Sobre los autores

- **Jaime A. Valencia:** Ingeniero Electricista, Magíster en Matemáticas y Doctor en Electromecánica. Profesor titular del Departamento de Ingeniería Eléctrica e Investigador del Grupo de Manejo Eficiente de la Energía -GIMEL-, de la Universidad de Antioquia.
- **Noé A. Mesa:** Ingeniero Electricista, Magíster en ingeniería, actualmente jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Antioquia.

---

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

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