



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

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

# **DESARROLLO DE LA COMPETENCIA DE “MODELACIÓN MATEMÁTICA” A TRAVÉS DEL APRENDIZAJE POR PROYECTOS EN EL CONTEXTO DE LA FÍSICA EXPERIMENTAL**

**Édgar Licona Castilla, Édgar Enrique Vergara Verbel**

**Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”  
Cartagena, Colombia**

## **Resumen**

El propósito del presente trabajo, consiste en diseñar Metodologías, estrategias y actividades efectivas de aprendizaje, que permitan a los estudiantes de ingeniería aprender a: conocer, hacer, convivir y a ser, como competencias fundamentales para la educación a lo largo de toda la vida, dadas por la UNESCO, Delors, J. (1996.), y asumidas particularmente en los programas académicos de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”.

En particular, se pretende desarrollar en el estudiante la competencia de “modelación matemática” durante el proceso de reconstrucción de conocimientos dentro del contexto de la física experimental, mediante la metodología de la evaluación por proyectos.

Este proceso investigativo surgió de la necesidad institucional de formar estudiantes con autonomía de aprendizaje, contribuyendo interactivamente al trabajo en equipo, respetando las diferencias de los demás y argumentando sus opiniones o puntos de vista en una sana convivencia; contribuyendo de esta manera al desarrollo del pensamiento científico, propósito de las ciencias naturales.

El proyecto se abordó desde la aplicación del método científico, metodología teórico-práctica fundamental para la solución de problemas desde un enfoque positivista, este proceso representa una actividad de desarrollo intelectual, que se materializa a través de la investigación sistemática de la realidad.

El desarrollo estructural y sistemático del proceso investigativo asumido en este proyecto, se contempló los siguientes pasos del método científico: Concebir la idea de investigación, establecer los objetivos, desarrollar las preguntas, establecer la hipótesis, detectar las variables, definir conceptualmente las variables, seleccionar el diseño apropiado de investigación, recolectar y analizar los datos, presentar los resultados y elaborar el reporte de investigación.

La técnica empleada en este trabajo se fundamentó en el diseño de experimentos y la modelación teórico experimental, con experiencias de laboratorios desarrollada por los estudiantes.

La metodología de aprendizaje basada en el desarrollo de proyectos permitió la integración de los estudiantes en el trabajo de equipo y posibilitó la comunicación, discusión y consensos grupales a partir de la reflexión individual y el respeto por las diferencias de opiniones.

Los resultados fueron evaluados a partir de la sustentación realizada por los estudiantes y de la verificación teórico experimental de los modelos construidos.

**Palabras clave:** modelación matemática; aprendizaje por proyectos; competencias; diseño de experimentos

### ***Abstract***

*The purpose of this paper is to design methodologies, strategies and effective learning activities that allow students to learn engineering: knowing, doing, living and being, as key competences for education throughout life, given by UNESCO Delors, J. (1996.), And assumed particularly in the academic programs of the Naval School of Cadets "Almirante Padilla".*

*In particular, it seeks to develop in the student competition "mathematical modeling" during the reconstruction process of knowledge within the context of experimental physics, using the methodology of evaluation projects.*

*This research process emerged from the institutional need to train students with learning autonomy, interactively contribute to teamwork, respecting the differences of others and arguing their opinions or views in a healthy coexistence, thus contributing to the development of thought scientific purpose of the natural sciences.*

*The project was approached from the application of the scientific method, basic theoretical and practical methodology for solving problems from a positivist approach, this process represents intellectual development activity, which is achieved through the systematic investigation of reality.*

*The structural and systematic development of the research process undertaken in this project, included the following steps of the scientific method: Designing research idea, set goals, develop questions, to hypothesize, identify variables, conceptually defining the variables, select appropriate research design, collect and analyze data, present the results and prepare the research report.*

*The technique used in this work was based on the design of experiments and theoretical modeling experimental laboratory experiences developed by students.*

*The learning methodology based on the development of projects enabled the integration of students in teamwork and made possible the communication, discussion and group consensus from individual reflection and respect for differences of opinion.*

*The results were evaluated from the support by the students theoretical and experimental verification of the models built.*

**Keywords:** *mathematical modeling; learning projects; competencies; experimental design*

## 1. Introducción

La propuesta de modelación matemática a través del aprendizaje por proyectos en el contexto de la física experimental nace de la necesidad institucional de propiciar el desarrollo del pensamiento científico de los estudiantes a partir de la adquisición de las competencias o aprendizajes contemplados en los pilares de la educación.

Así, el éxito de los proyectos, desarrollados por los estudiantes, a través de las experiencias de laboratorios realizadas para lograr la reconstrucción de modelos matemático en el contexto de la física, dependerá en gran medida de la motivación, autonomía para el trabajo independiente, del respeto por las diferencias y de la mejor interlocución durante el trabajo en equipo, es decir del buen desarrollo estructural de la metodología de aprendizaje por proyecto. .

En particular, se estudiará la conveniencia de aplicación del aprendizaje por proyectos en el contexto de la física experimental, como una estrategia innovadora que contribuya a la formación del perfil integral que ha de alcanzar el futuro Oficial Ingeniero Naval. Perfil constituido por dos componentes complementarios: uno académico educativo y otro Naval-Militar. Esta experiencia de formación, se constituye en la evidencia exitosa de la aplicación del aprendizaje por proyectos en la asignatura de la física experimental como estrategia metodológica en el contexto Nava-Militar. Sin embargo, la propuesta está basada en fundamentos teóricos generales que bien pueden ser aplicados en otras asignaturas y en cualquier escenario de aprendizaje o programa de ingeniería a nivel nacional.

Para determinar la pertinencia de la aplicación de la citada metodología en el programa de Ingeniería Naval, se analizaron los resultados y conclusiones de las experiencias de laboratorios desarrolladas por grupos de estudiantes.

## 2. Fundamentos teóricos

### 2.1 Pilares de la educación. UNESCO, Delors, J. (1996.)

El fortalecimiento de la formación para el desarrollo del pensamiento científico y de la autonomía en los estudiantes a través del aprendizaje por proyectos, se fundamenta teóricamente en el reforzamiento de las competencias o aprendizajes establecidos en los pilares de la educación como son: APRENDER A SER, APRENDER A CONOCER, APRENDER A HACER y APRENDER A CONVIVIR.

### 2.2. Aprendizaje por proyectos.

Esta estrategia de enseñanza – aprendizaje constituye un modelo de instrucción auténtico en el que los estudiantes planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula de clase (Blank, 1997; Dickinson, et al, 1998; Harwell, 1997).

Las estrategias de instrucción basada en proyectos tienen sus raíces en la aproximación constructivista que evolucionó a partir de los trabajos de psicólogos y educadores tales como Lev Vygotsky, Jerome Bruner, Jean Piaget y John Dewey.

El constructivismo mira el aprendizaje como el resultado de construcciones mentales; esto es, que los niños, aprenden construyendo nuevas ideas o conceptos, basándose en sus conocimientos actuales y previos (Karlin & Vianni, 2001).

Más importante aún, los estudiantes encuentran los proyectos divertidos, motivadores y retadores porque desempeñan en ellos un papel activo tanto en su escogencia como en todo el proceso de planeación (Challenge 2000 Multimedia Project, 1999, Katz, 1994).

### 3. Metodología

Para desarrollar la propuesta de modelación matemática en el contexto de la física experimental del programa de Ingeniería Naval en la Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla", se utilizó la metodología de aprendizaje por proyectos para el diseño de experimentos, este proceso metodológico, responde a la necesidad institucional de propiciar el desarrollo del pensamiento científico de los estudiantes a partir del desarrollo de los aprendizajes contemplados en los pilares de la educación.



Se tomó como modelo el curso 2.1 de ingeniería naval y se establecieron cuatro subgrupos o equipos de trabajos, de los cuales se seleccionó una muestra para evidenciar los resultados del proceso.

En general las actividades de ambientación y desarrollo de la estrategia metodológica utilizada se fundamentaron en la socialización y conocimiento de la siguiente guía general.

#### 3.1. Guía de aplicación general

##### ➤ ¿Qué fundamentos requerimos?

- **Nombre del proyecto:** Construcción de modelos matemáticos a partir de las relaciones entre magnitudes físicas.

- **Competencia:** Modelación Matemática.

##### ➤ Componentes de las competencias a evaluar a través del proyecto.

- **Saber Conocer**

Concepto de magnitud.

Relación entre magnitudes: Directa e inversa.

Tipos de variables: Independientes y dependiente

Concepto de modelo matemático.

Función lineal y cuadrática.

Pendiente de una recta.

Significado del valor de la pendiente en función de las magnitudes que representa.

Otros conceptos.

• **Saber Hacer**

Representar gráficamente la relación entre magnitudes.

Identificar diferentes tipos de variables.

Identificar la relación existente entre magnitudes a partir de la representación gráfica.

Deducir la ecuación del modelo matemático correspondiente.

Aplicar el modelo matemático en la solución de problemas de diferentes disciplinas.

• **Saber Ser/Convivir**

Valorar la rigurosidad científica.

Fortalecer la autoestima.

Valorar el ejercicio de construcción como proceso que contribuye a su desarrollo cognitivo.

Valorar el trabajo en equipo.

➤ **¿Para qué lo vamos a hacer?**

- Objetivo del proyecto: Adquirir la habilidad en la construcción de modelos matemáticos que representen la relación entre magnitudes a través del desarrollo de proyectos en el contexto de la física experimental.
- Contribuir en el desarrollo del pensamiento científico.

➤ **¿Dónde lo vamos hacer?:** Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla".

➤ **Metodología. ¿Cómo lo vamos hacer?** ( Instrucciones que desarrollará el estudiante)

- Medición de variables relacionadas en la unidad de medida correspondiente.
- Construcción de tabla de valores a partir de las mediciones realizadas.
- Representación gráfica de la relación de variables en el plano cartesiano.
- Identificación del tipo de gráfica, nombre y características asociadas.
- Interpretación grafica en función de la relación entre magnitudes.
- Dedución del modelo Matemático (Ecuación).

➤ **¿Quiénes lo vamos a hacer?**

- Trabajo en pequeños grupos (04 estudiantes): Organizar y distribuir Las actividades de ejecución a cada integrante, sacar conclusiones mediante la unificación de criterio.
- Medición individual. La realizan todos los integrantes individualmente y luego comparan y promedian resultados.
- Construcción gráfica: La realizan todos los integrantes individualmente y luego comparan resultados.
- Socialización de resultados. Selección de un estudiante del pequeño grupo para que presente los resultados ante el curso.

➤ **¿Cuándo lo vamos hacer?:**

Tiempo estimado: Cuatro horas de clase, fecha de entrega al finalizar socialización.

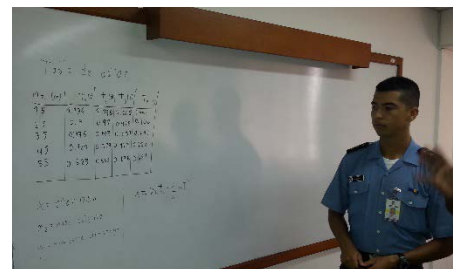
Criterios de evaluación (Rúbrica): Validez de la ecuación o modelo matemático, construcción adecuada de la gráfica, dominio de conceptos utilizados, motivación por la realización de la tarea individual, trabajo en equipo, coherencia en la explicación de las ideas.

#### 4. Análisis de los resultados



La dinámica de presentación de la propuesta, su comprensión adecuada, las orientaciones dadas, los objetivos del trabajo y la claridad de la guía de desarrollo, propiciaron grandes expectativas y motivación en los participantes. Lo cual se evidenció en la motivación, dedicación, calidad, entrega oportuna y socialización de los resultados de cada grupo.

El grupo de estudiantes que realizaron dichas prácticas, describieron el siguiente procedimiento: Colocamos un carro dinámico sobre un riel de aire, el cual hace flotar el carro eliminando la fricción. al carro se le adicionaron pesos, estando unido a una pesa suspendida en el extremo de una cuerda dirigida por una polea sin fricción, el peso adicionado al carro, se le fue pasando progresivamente al extremo de la cuerda, observando que la aceleración del sistema dependía de la masa suspendida y se observaba que a mayor masa, mayor aceleración.



Se tomaron 7 muestras expuestas en la tabla 1 y 2, en la que se mantenía el peso del sistema, lo único que variaba en cada muestra era el peso adicionado al peso suspendido.

Estas tablas muestran claramente la segunda ley de Newton, ya que vemos como en cada caso al aumentar el peso suspendido aumentaba la fuerza, y al ejercer más fuerza aumentaba la aceleración, se logra comprobar su proporcionalidad, que a mayor masa mayor aceleración, por lo reduce el tiempo del desplazamiento como lo vemos en la gráfica 1

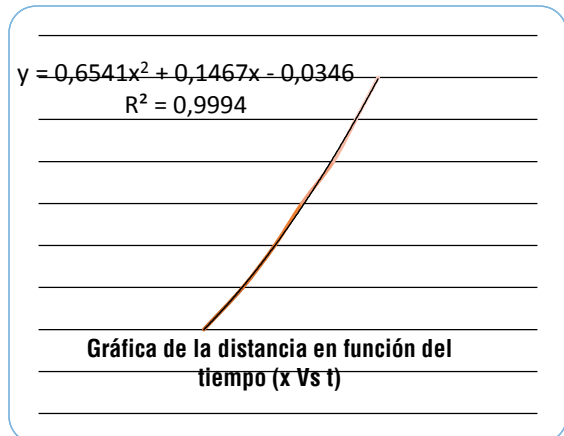
Tabla 1. Masa del sistema.

<b>M1</b>	<b>270g</b>	<b>260g</b>	<b>240g</b>	<b>220g</b>	<b>200g</b>
<b>M2</b>	<b>50g</b>	<b>60g</b>	<b>80g</b>	<b>100g</b>	<b>120g</b>
<b>M1 + M2</b>	<b>320g</b>	<b>320g</b>	<b>320g</b>	<b>320g</b>	<b>320g</b>

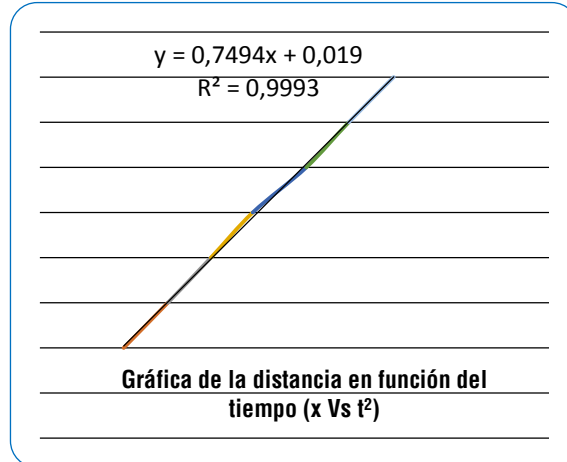
Tabla 2. Datos obtenidos para la distancia y el tiempo

<b>Distancia (x)-m</b>	<b>Tiempo (t)-s</b>	<b>Tiempo (t<sup>2</sup>)-s<sup>2</sup></b>
0,2	0,497	0,247009
0,3	0,614	0,376996
0,4	0,71	0,5041
0,5	0,792	0,627264
0,6	0,886	0,784996
0,7	0,954	0,910116
0,8	1,021	1,042441

Gráfica 1. Distancia en función del tiempo



Gráfica 2. Distancia en función del tiempo



Los datos de la gráfica 1, correspondientes a la distancia Vs tiempo, evidencian una función exponencial, mientras que la gráfica 2 correspondientes a la distancia Vs tiempo al cuadrado, evidencian una función lineal, de tal forma que la distancia es proporcional al tiempo al cuadrado, es decir  $x \propto t^2$ , donde dicha proporcionalidad debe corresponder a una constante igual a la aceleración entre dos ( $a/2$ ), por lo tanto se puede establecer que:

$$X = (a/2) t^2$$

Para unas condiciones iniciales  $V_0 = 0$  y  $X_0 = 0$ .

## 5. Conclusión

Se pudo establecer la eficacia del aprendizaje por proyectos como estrategia metodológica apropiada para desarrollar el pensamiento científico y la competencia de modelar matemáticamente la relación entre magnitudes físicas en el contexto experimental, dado que este enfoque, no solo permite fortalecer la autonomía del estudiante en su proceso de aprendizaje para su desempeño en contexto mediante la integración de los diferentes pilares (conocer, hacer, ser y convivir) en la realización de actividades y solución de problemas, sino que propicia la generación de espacios de interacción y reflexión durante el trabajo de equipo.

## 6. Referencias

- Blank, W. (1997). Authentic instruction. In W.E. Blank & S. Harwell (Eds.), Promising practices for connecting high school to the real world (pp. 15–21). Tampa, FL: University of South Florida. (ERIC Document Reproduction Service No. ED407586)
- Challenge 2000 Multimedia Project. (1999). Why do projectbased learning? San Mateo, CA: San Mateo County Office of Education. Retrieved June 25, 2002, from <http://pblmm.k12.ca.us/PBLGuide/WhyPBL.html>

- Dickinson, K.P., Soukamneuth, S., Yu, H.C., Kimball, M., D'Amico, R., Perry, R., et al. (1998). Providing educational services in the Summer Youth Employment and Training Program [Technical assistance guide]. Washington, DC: U.S. Department of Labor, Office of Policy & Research. (ERIC Document Reproduction Service No. ED420756)
- Harwell, S. (1997). Project-based learning. In W.E. Blank & S. Harwell (Eds.), Promising practices for connecting high school to the real world (pp. 23–28). Tampa, FL: University of South Florida. (ERIC Document Reproduction Service No. ED407586)
- Karlin, M., & Viani, N. (2001). Project-based learning. Medford, OR: Jackson Education Service District. Retrieved July 9, 2002, from <http://www.jacksonesd.k12.or.us/it/ws/pbl/>

---

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)