

# Enseñanza de la conservación del momento angular por medio de la construcción de prototipos y el aprendizaje basado en proyectos



Carlos Andrés Collazos Morales<sup>1, 2, 3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Manuela Beltrán, Avenida Circunvalar No. 60-00, Bogotá D. C., Colombia.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Naturales, Escuela Colombiana de Ingeniería, Ak. 45 No. 205-59, Autopista Norte, Bogotá D. C., Colombia.

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Av. Legaria 694, Col. Irrigación, C. P. 11500, México D. F.

**E-mail:** carlos.collazos@umb.edu.co; carlos.collazos@escuelaing.edu.co; cacollazos@gmail.com

(Recibido el 4 de Febrero de 2009; aceptado el 24 de Abril de 2009)

## Resumen

El currículo actual no solo requiere la acumulación de conceptos sino el desarrollo de habilidades que formen al estudiante para el análisis, la resolución de problemas interdisciplinarios, así como el uso de información adecuadamente según [7]. Entre las estrategias a emplear para hacer más significativo el aprendizaje se encuentran las actividades de investigación, proyectos finales o también llamados trabajos prácticos donde la comprensión de procesos físicos se desarrolla por medio de la experimentación. De esta manera autores como Gil plantean la posibilidad de trabajar en actividades que acerquen al trabajo científico y al empleo del "método científico" de forma aplicada [5, 6]. Este artículo presenta los resultados obtenidos en el diseño y construcción de prototipos con un enfoque a nivel de conservación del momento angular con base a la experiencia tenida entre 2007-1 y 2007-2 con estudiantes de las Facultades de Ingeniería de la Universidad Manuela Beltrán en Bogotá-Colombia.

**Palabras clave:** Conservación del momento angular, construcción de prototipos, aprendizaje basado en proyectos.

## Abstract

The present curriculum not only requires the accumulation of concepts but the development of skills that form the student for the analysis, the resolution of interdisciplinary problems, as well as the use of information suitably according to [7]. Within the strategies to use to make the learning more significant are the final activities for investigation, final projects also call practical works where the understanding of physical processes is developed by means of the experimentation. This way authors like Gil raise the possibility of working in activities that approach the scientific work and the use of "scientific method" in an applied form [5, 6]. This article presents the results obtained in the design and construction of prototypes with an approach concerning the conservation of the angular momentum based on the experience obtain between 2007-1 and 2007-2 with students from the Engineering Faculties at the Manuela Beltrán University in Bogotá-Colombia

**Keywords:** conservation of the angular momentum, construction of prototypes, project based learning.

**PACS:** 01.40.Fk, 01.40.gb, 01.50.My, 01.50.Pa

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

La Física como ciencia básica es fundamental en la comprensión de la ingeniería y de la tecnología actual. Los programas a nivel de Ciencias e Ingeniería involucran a la física dentro de su currículo educativo. Sin embargo, el currículo actual no solo requiere de la acumulación y verificación de conceptos sino el desarrollo de habilidades que formen al estudiante para el análisis, la resolución de problemas, así como el uso de información adecuadamente según Kelly [7]. Entre las estrategias a emplear para hacer más significativo el aprendizaje se encuentran las

actividades de investigación, proyectos finales o también llamados trabajos prácticos donde la comprensión de procesos físicos se desarrolla por medio de la experimentación. Por esta razón autores como Gil plantean la posibilidad de trabajar en actividades que acerquen al trabajo científico y al empleo del "método científico" de forma aplicada [5, 6]. Este trabajo se fundamenta teóricamente en el paradigma actual sobre los procesos de aprendizaje que se basan en el constructivismo y el aprendizaje basado en proyectos. El aprendizaje basado en proyectos sugiere actividades de enseñanza interdisciplinarias, de largo o mediano plazo y enfocadas

en el estudiante, en lugar de procesos educativos cortos y aislados. Las estrategias de instrucción basada en proyectos tienen su origen 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 según [3, 4].

Este trabajo presenta los resultados obtenidos en el diseño y construcción de prototipos enfocados en las en el aprendizaje de la conservación del momento angular con base a la experiencia tenida entre 2007-1 y 2007-2 con proyectos finales de estudiantes que pertenecen a Facultades de Ingeniería de la Universidad Manuela Beltrán en Bogotá-Colombia. El artículo se estructura de la siguiente manera. En la Sección II se presenta la estrategia construcción de Prototipos. En la Sección III se hace una revisión al aprendizaje basado en proyectos. La Sección IV indica la metodología usada. Para la Sección V se presentan los resultados obtenidos. En la Sección VI se presentan las conclusiones de la estrategia empleada.

## II. CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS

### A. ¿En qué consiste?

Es una estrategia fundamentada en el aprendizaje basado en proyectos que implica la integración de conocimientos y problemas a nivel de mecánica. Específicamente se abordó un proyecto, el cual se enfoca en la conservación del momento angular.

### B. Justificación

La formación científica y tecnología en los programas de ingeniería ha de iniciarse desde los primeros semestres. El diseño y construcción de prototipos es una estrategia que permite reproducir el método científico apoyándose en el desarrollo de proyectos. Este tipo de estrategia permite reproducir diversos aspectos de la vida profesional y laboral. La estrategia utilizada puede hacer que el estudiante dimensione la física como una ciencia que le permite crear, ingeniar, analizar y resolver problemas como actividades propias de la ingeniería, además puede activar otras habilidades a nivel de expresión oral y escrita.

### C. Objetivos

-Propiciar la integración de conocimientos, habilidades, actitudes y valores mediante la propuesta y solución de “situaciones problemáticas” en el ámbito de la mecánica, específicamente para el proyecto anteriormente mencionado.

-Introducir a los estudiantes en un proceso de diseño y construcción de prototipos

-Reforzar en los estudiantes los conceptos de modelamiento físico.

-Aplicar conocimientos de las asignaturas que forman parte del semestre, en el análisis y solución de una situación problemática dada.

-Desarrollar habilidades para proponer, evaluar y diseñar estrategias de solución.

-Propender por el trabajo en equipo.

## D. Contexto

La estrategia se aplicó a los estudiantes de segundo semestre de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Manuela Beltrán (Bogotá-Colombia), Para este semestre los estudiantes pertenecen al periodo de formación en ciencias básicas. Todos coinciden curricularmente en que cursan física específicamente en el área de mecánica. La estrategia fue aplicada para 2 periodos consecutivos 2007-1 y 2007-2

## III. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

De la revisión de algunas prácticas educativas se han podido identificar ciertas tendencias basadas en la concepción constructivista [3, 4] Este tipo de prácticas educativas como el aprendizaje basado en proyectos permite generar actividades más flexibles y acordes con las necesidades del estudiante de modo que puede generar un ambiente más indicado para desarrollar un aprendizaje significativo según Ausebel [1]. Este aprendizaje parte de entender el aprendizaje de quien ya sabe desde su experiencia para poder seguir aprendiendo por medio de nuevas experiencias según Piaget [8]. El aprendizaje basado en proyectos puede ser utilizado como estrategia educativa la cual se constituye en un modelo de instrucción auténtico en el que los estudiantes planean, desarrollan y evalúan proyectos con aplicación más allá del aula de clase según [2]. Las estrategias de instrucción basada en proyectos tienen sus raíces en la aproximación constructivista que se desarrolló a partir de los trabajos de psicólogos y educadores tales como Lev Vygotsky, Jerome Bruner, Jean Piaget y John Dewey [3, 4].

A continuación se indican los elementos para utilizar este enfoque además de los beneficios y estructura para planear e implementar este tipo de proyectos.

### A. Elementos del aprendizaje por proyectos

Los elementos básicos del aprendizaje basado en proyectos según [3] se fundamentan en que:

- Son enfocados para el trabajo individual y grupal de los estudiantes.
- Se establecen cronograma de actividades que permiten evidenciar el progreso de los estudiantes.
- Posibilitan una evaluación y retroalimentación continua por parte del profesor.
- Generan un espacio para la reflexión por parte del estudiante.

## B. Beneficios del aprendizaje por proyectos

Los más importantes beneficios del aprendizaje basado en proyectos según [9] son que:

- Preparara a los estudiantes para la vida profesional y laboral.
- Incrementa la motivación en estudiantes y profesores.
- Establece una conexión entre el aprendizaje en la universidad y la realidad.
- Aumenta las habilidades sociales y de comunicación.
- Incrementa las habilidades para la solución de problemas.
- Permite que los estudiantes hagan uso de sus fortalezas individuales y colectivas mediante el trabajo colaborativo.

## C. Estructura de un proyecto basado en aprendizaje por proyectos

Los proyectos se originan de diferentes fuentes y se desarrollan de diferentes maneras. Aunque no existe una forma única y correcta para implementar un proyecto se presenta su estructura básica según [4]:

- Situación o problema
- Descripción y propósito del proyecto.
- Especificaciones y criterios por cumplir progresivamente.
- Evaluación.

## D. Objetivos de aprendizaje y metas:

Autores como Thomas en [9] han identificado cinco interrogantes que se deben tener presentes cuando se planean objetivos de aprendizaje:

- ¿Qué habilidades cognitivas importantes se busca que desarrollen los estudiantes?
- ¿Qué habilidades afectivas y sociales se desea que desarrollen los estudiantes?
- ¿Qué habilidades metacognitivas se busca que desarrollen los estudiantes?
- ¿Qué tipo de problemas se busca que estén en capacidad de resolver los estudiantes?
- ¿Qué conceptos y principios se desea que los estudiantes estén en capacidad de aplicar?

## IV. METODOLOGIA

Los estudiantes desarrollaron un proyecto durante un semestre académico que buscaba cuantificar y validar la conservación del momento angular.

Los estudiantes trabajaron en grupos de cuatro o tres personas. Se buscó que los grupos fueran interdisciplinarios, es decir de diferentes carreras con el propósito que todos aporten conocimientos y habilidades propios de su formación. La Tabla I indica el número de estudiantes con los que se trabajó.

**TABLA I.** Número de estudiantes por semestre Académico.

Número Total de Estudiantes Semestre 2007-1	Número Total de Estudiantes Semestre 2007-2
160	164

Se programaron actividades quincenales de 2 horas. Las etapas de proyecto se presentan en la Tabla II. El proyecto inicia con introducción general de la estrategia en la primera semana de clases, para esta instancia se definieron los grupos y la temática respectiva. Después de hacer la presentación del proyecto y durante la etapa de exploración de temas, los estudiantes visitaron los museos de la ciencia y tecnología de Maloka además del museo de los Niños. En la semana 4, se impartió un taller acerca de presentaciones orales, informes escritos y artículos.

En la semana 6 los estudiantes hicieron entrega de su anteproyecto y tuvieron la primera presentación oral. Una semana después se realizó la retroalimentación a cada uno de los proyectos. Se indicaron qué propuestas eran viables y cuáles debían replantearse. En la semana 8 se impartió un taller sobre el diseño y la construcción de modelos y prototipos en ingeniería. Este taller básicamente fue guiado desde el diseño y expresión gráfica (Normas Técnicas para el levantamiento de planos, materiales, etc.).

En la semana 10, se realizó por parte de los estudiantes la entrega del avance-1 del proyecto y la presentación oral II. En la semana 11 Se indicaron las fortalezas y debilidades que tiene el proyecto. Con base a las recomendaciones hechas hasta el momento los estudiantes debieron poner a punto la construcción física del prototipo planteado, teniendo presente las sugerencias hechas al avance 1. En la semana 15, se desarrolló un Taller guiado de los fundamentos básicos de modelamiento físico y los prototipos. Se discutieron los principales tipos de modelos y su interpretación con base a los prototipos desarrollados y el análisis de datos experimentales. Para esta altura del proyecto el prototipo debió estar construido totalmente. En la semana 16 se realizó la sustentación final y la entrega de un artículo en formato científico. Las sustentaciones y la revisión de los informes de los estudiantes se realizaron en presencia de los profesores de segundo semestre de las áreas de física, matemática, informática, expresión gráfica y comunicación oral. El profesor que tenía a cargo la asignatura de Mecánica ejecutó el proyecto desde la asignatura, informó a los estudiantes sobre el desarrollo del mismo, los orientó y les recomendó acudir a las asesorías respectivas. Se reunió con los profesores asesores una vez a la semana para evaluar y reestructurar el proceso en camino. Se involucraron asesorías en Física Matemáticas, Expresión gráfica y Expresión oral.

La evaluación del proyecto se estructuró de la siguiente manera:

- Definición de la propuesta (anteproyecto y presentación oral I): 5 %.
- Fundamentación del proyecto (avance 1 y presentación oral II):35%.
- Diseño y construcción del prototipo (participación en taller):40%.

d) Sustentación final y entrega de artículo: 20%.

El resultado de esta evaluación fue el 20% de la nota definitiva del curso Física (Mecánica) para los estudiantes de los programas de ingeniería (Ingeniería Industrial, Sistemas, Electrónica, Biomédica, Ambiental).

**TABLA II.** Cronograma de Actividades.

Semana	Actividad
1	1. Introducción
2	2. Exploración del tema
4	3. Fundamentación del proyecto 3.1 Taller I : normas para presentaciones, artículos e informes
6	3.2 Entrega I: Anteproyecto y presentación oral I
8	3.3 Taller II: Modelos y Prototipos
10	3.4 Entrega de Avance-1 y presentación oral II
12	4. Diseño y construcción del prototipo 4.1 Taller guiado de diseño y expresión gráfica (normas técnicas para el levantamiento de planos, software, etc.)
14	5. Análisis de datos y Teoría de error 5.1 Taller III: Modelos físicos de los prototipos y teoría de error
16	6. Presentación oral II y entrega de artículo

## V. RESULTADOS

### A. Datos Obtenidos

En el planeamiento semana a semana se puede distinguir seis evaluaciones tal como se describe en la TABLA III. La forma de evaluación fue grupal y de forma oral y escrita.

**TABLA III.** Descripción de la Evaluación.

Evaluación	Descripción	Semana
Eva-1	Presentación oral I de propuesta	6
Eva-2	Entrega escrita de Anteproyecto	6
Eva-3	Presentación oral II de Avance1	10
Eva-4	Entrega escrita de Avance1	10
Eva-5	Presentación oral III	16
Eva-6	Entrega escrita de Artículo	16

A continuación se indica la estadística descriptiva de cada una de las evaluaciones para dos periodos académicos consecutivos. La TABLA IV y FIGURA 1 indican las medidas de las evaluaciones en 2007-1 y La TABLA V y

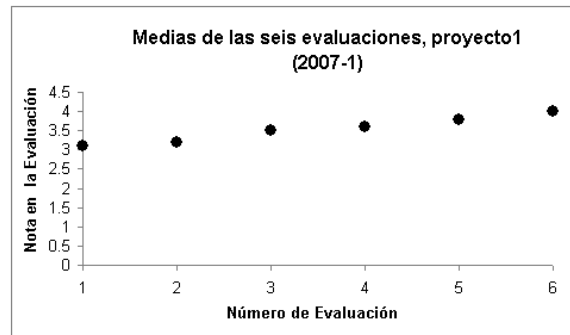
FIGURA 2 indican las medidas de las evaluaciones en 2007-2.

**TABLA IV.** Estadística Descriptiva para 2007-1.

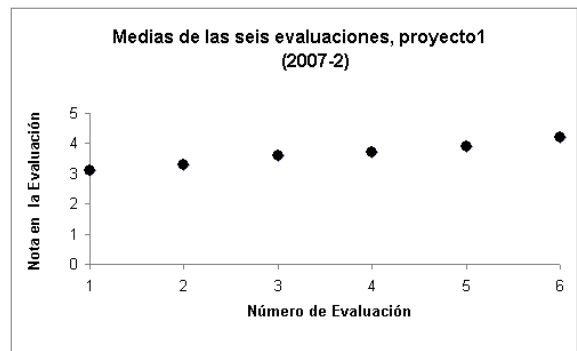
Evaluación	Promedio	Rango	Desviación estándar
Eva-1	3.1	2.8 - 3.3	0.22
Eva-2	3.2	3.0 - 3.4	0.28
Eva-3	3.5	3.3 - 3.6	0.26
Eva-4	3.6	3.5 - 3.8	0.24
Eva-5	3.8	3.6 - 3.8	0.23
Eva-6	4	3.8- 4.2	0.26

**TABLA V.** Estadística Descriptiva para 2007-2.

Evaluación	Promedio	Rango	Desviación estándar
Eva-1	3.1	2.9 - 3.3	0.35
Eva-2	3.3	3.0 - 3.6	0.40
Eva-3	3.6	3.4- 3.8	0.26
Eva-4	3.7	3.4- 3.9	0.30
Eva-5	3.9	3.8- 4.0	0.28
Eva-6	4.2	4.0- 4.2	0.28



**FIGURA 1.** Medias de las seis evaluaciones para (2007-1).



**FIGURA 2.** Medias de las seis evaluaciones para (2007-2).

## **B. Análisis e interpretaciones de resultados**

Para la evaluación 1 y 2 con base en las TABLAS IV y V, y las FIGURAS 1 y 2 pudo observarse que los estudiantes apenas alcanzan aprobar las evaluaciones 1 y 2 con una media de 3.1, sin embargo los estudiantes superan con 0.1 o 0.2 puntos la prueba escrita con respecto a la prueba oral. Los resultados observados dentro de la definición de la propuesta se deben a que aunque a los estudiantes se les suministro las normas básicas de presentaciones orales y escritas, estos no cumplieron con ellas. Se pudo notar en las exposiciones cierta inseguridad, incluso para algunos grupos era su primera presentación. Respecto a la evaluación escrita se observa incumplimiento en las normas de estilo suministradas y el uso de figuras y textos de Internet de forma inadecuada.

En la evaluación 3 y 4 con base a las TABLAS IV y V, y las FIGURAS 1 y 2 pudo observarse que los estudiantes acatan en parte las sugerencias hechas. Se puede notar que los resultados en las medias de las evaluaciones aumentan en tres o cuatro puntos. Se sigue manteniendo que los estudiantes superan con 0.1 o 0.2 puntos la prueba escrita con respecto a la prueba oral. Los resultados observados ya en el desarrollo de la propuesta indican que los estudiantes toman en consideración algunas sugerencias realizadas previamente. Se pudo notar en las exposiciones un poco más de seguridad. Respecto a la evaluación escrita se observó más cumplimiento en las normas de estilo suministradas y aunque volvieron a usar figuras y textos de Internet realizaron referencia de este material. Dentro esta etapa de la evaluación pudo observarse que los estudiantes realizan los primeros bosquejos de los prototipos a desarrollar (manuscritos) y hacen los primeros acercamientos al fundamento teórico de manera no formal. Los estudiantes manifiestan que los conceptos de movimiento circular y la relación con el movimiento traslacional, además del momento angular y su conservación no son lo suficientemente claros. Para esta etapa de evaluación del proyecto es importante resaltar que la mayoría de estudiantes no tiene claro cómo será el proceso de experimentación con los prototipos a desarrollar.

En la evaluación 5 y 6 con base a las TABLAS IV y V, y las FIGURAS 1 y 2 puede verse que los estudiantes aumentan su media en tres o cuatro puntos respecto a las evaluaciones pasadas. Se sigue manteniendo que los estudiantes superan con 0.1 o 0.2 puntos la prueba escrita con respecto a la prueba oral. Los resultados observados ya en la parte final del proyecto indican que los estudiantes toman en consideración la mayoría de las sugerencias realizadas a nivel de las presentaciones orales y escritas. Se pudo notar en las exposiciones más seguridad y entusiasmo quizás por los resultados obtenidos. Para la evaluación escrita se observó más cumplimiento en las normas de estilo suministradas además del uso de figuras, textos y ecuaciones propias digitadas con el procesador de texto. Dentro esta etapa de la evaluación pudo observarse que la mayoría de los estudiantes realizan sus bosquejos utilizando software especializado (Autocad, Solid-Edge).

A nivel teórico y experimental y uso de la teoría de error algunos estudiantes reconocieron que la metodología

utilizada es semejante a la empleada en el Laboratorio de física. Más de la mitad de los grupos:

-Reconocieron variables y constantes dentro de los modelos físicos involucrados con los prototipos.

-Pudieron establecer un proceso de experimentación con los prototipos desarrollados.

-Usaron la estadística y la teoría de error en hojas de cálculo. Sin embargo, pudo notarse que les causó particular dificultad reconocer la diferencia en algunos casos entre los modelos lineales y no lineales.

En lo que compete a las presentaciones orales y escritas realizadas por los estudiantes, estos manifestaron que es de gran importancia abordar este tipo de pruebas orales y escritas ya que los prepara dentro de su quehacer cotidiano como estudiantes de ingeniería.

## **VI. CONCLUSIONES**

Este trabajo tiene un enfoque explorativo y descriptivo. Sin embargo, los resultados experimentales permiten establecer que el seguimiento continuo mediante el aprendizaje basado en proyectos y encaminados en la construcción de prototipos puede funcionar como estrategia para que los estudiantes refuercen o aprendan ciertos tópicos teóricos y experimentales de la física incorporando la teoría de error y el análisis gráfico. De forma complementaria es importante resaltar que este tipo de proyectos pueden ayudar a fortalecer habilidades como la comunicación oral y escrita y el uso de software especializado en el diseño.

## **REFERENCIAS**

- [1] Ausebel, D., *Psicología Educativa, Un punto de vista cognoscitivo*, (Ed. Trillas, México, 1986).
- [2] Blank, W., *Authentic instruction*. In W.E. Blank & S. Harwell (Eds.), *Promising practices for connecting high school to the real world* (pp. 15–21), (ERIC Document Reproduction Service No. ED407586, University of South Florida, Tampa, FL 1997).
- [3] Dickinson, K. P., Soukamneuth, S., Yu, H. C., Kimball, M., D'Amico, R., Perry, R., et al., *Providing educational services in the Summer Youth Employment and Training Program [Technical assistance guide]*, (ERIC Document Reproduction Service No. ED420756, Department of Labor, Office of Policy & Research, Washington, DC, 1998).
- [4] Edwards, K. M., *Everyone's guide to successful project planning: Tools for youth*. (OR: Northwest Regional Educational Laboratory, Portland, 2000.)
- [5] Gil, D., *La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas*, *Enseñanza de las Ciencias* **4**, 111-121(1986).
- [6] Gil, D. y Payá, J., *Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica*. *Revista de Enseñanza de la Física* **2**, 73-79 (1988).
- [7] Kelly, J., *Rethinking the elementary science methods course, a case for content y pedagogy and informal*

*Carlos Andrés Collazos Morales*

*science education*, International Journal of Science Education **14**, 755-777 (1999).

[8] Piaget, J., *Psicología y Pedagogía*, (Ed. Ariel, España. 1969).

[9] Thomas, J. W., *Project based learning overview*. Novato, CA: Buck Institute for Education, <http://www.bie.org/pbl/overview/index.html>. Consultado 4 de Noviembre de 2008.