



# APRENDIZAJE BASADO EN INVESTIGACIÓN CASO DE ESTUDIO: FÍSICA MECÁNICA<sup>1</sup>

Research Based Learning study case: Mechanics

*Cárdenas Montoya, Paulo César<sup>2</sup>, Jiménez García, Francy Nelly<sup>3</sup>,  
Beleño Montagut, Ligia<sup>4</sup>, Mira Rada, Beatriz Eugenia<sup>5</sup>*

- 
- 1 El presente trabajo se encuentra enmarcado dentro del proyecto: Aprendizaje basado en investigación para la solución de problemas de ingeniería a partir de conceptos de Física Básica con código. La entidad financiadora es la Universidad Autónoma de Manizales.
  - 2 Universidad Autónoma de Manizales; código ORCID: 0000-0002-7546-5916. Contacto: pcardenasm@autonoma.edu.co
  - 3 Universidad Autónoma de Manizales.; código ORCID: 0000-0003-1546-8426. Contacto: francy@autonoma.edu.co
  - 4 Universidad Autónoma de Bucaramanga.; código ORCID: 0000-0002-6958-6367. Contacto: lbeleno@unab.edu.co
  - 5 Universidad Autónoma de Manizales; código ORCID: Contacto: beatriz.mirar@autonoma.edu.co

## Resumen

El Aprendizaje Basado en Investigación (ABI) es una metodología de enseñanza activa, en la cual los estudiantes desarrollan una versión a escala de un proceso de investigación formal. En el proceso, los estudiantes profundizan en varios de los conceptos relevantes del curso. De igual forma, los profesores diseñan actividades orientadoras que permiten a los estudiantes formular una pregunta de investigación, plantear objetivos y metodología para avanzar en el problema de investigación. Los avances del proceso de investigación se dan a conocer por medio de presentación de póster (etapa temprana del proceso), presentación oral y artículo corto final (etapa final del proceso). Con la intención de evaluar si la estrategia tiene algún efecto en el desempeño de los estudiantes después de ser implementada, se realizó un test conceptual de física mecánica, tanto al inicio como al final del curso, y se realizó el análisis estadístico correspondiente con los datos obtenidos. Aunque estadísticamente se puede concluir que hay una movilidad en el desempeño de los estudiantes al finalizar el curso, no se puede garantizar que se debe exclusivamente a la implementación de la estrategia.

## Palabras clave

Aprendizaje Basado en Investigación, Aprendizaje Activo, Innovación en aula, Análisis estadístico, TIC en aula.

## Abstract

Inquiry Based Learning (IBL) is an active teaching method in which students develop a junior version of a formal research. In the process, students learn about the different topics of the course. Additionally, teachers design guiding activities allowing students to formulate a research question. Research objectives and methodology are defined allowing students to proceed in the research problem. Progress of the research are presented by students in poster session in the early stages of the research (mid part semester), and by oral presentation and short article at the final stage (final part of the semester). To evaluate if the ABI strategy has an impact in the academic performance of the students after the implementation of the strategy, a conceptual test with topics in mechanics was applied at the beginning and at the end of the semester, with the data obtained a statistical analysis was made. Although statistically, it is possible to conclude that the performance of the students is better after the strategy implementation, there is no evidence that the performance showed by students corresponds directly to the effect of the strategy implementation.

## Keywords

Research Based Learning, Active Learning, Classroom Innovation, Statistical Analysis, ICT in classroom

## I. INTRODUCCIÓN

En general, se reconocen dos mediaciones en el aula de clase: aquella en la cual el estudiante tiene un rol pasivo y recibe información transmitida por el profesor; o la versión en la que el estudiante toma protagonismo y su rol es más activo. Se recomienda a las instituciones de enseñanza modernas favorecer intenciones didácticas del segundo tipo [1] por múltiples razones. Por ejemplo, se puede fomentar el desarrollo de habilidades como el trabajo en equipo, pensamiento crítico, toma de decisiones basadas en evidencia, e innovación; además, fomenta el desarrollo de las inteligencias múltiples y aprendizaje para la vida.

Un ejemplo de este tipo de implementaciones en educación lo presenta el *MIT*<sup>1</sup> en sus cursos de Física Mecánica. Durante varios años el profesor Walter Lewin era el encargado de realizar las clases magistrales del curso, sin embargo, según datos del *MIT*, el porcentaje de estudiantes que se retiraba y reprobaba el curso era alto [2], es decir, realizar una muy buena clase no es garantía suficiente para que los estudiantes apropien los conceptos de física. A partir de esta situación, la misma institución decidió crear espacios de aprendizaje interactivo en los cuales los profesores presentan conceptos y los estudiantes con los profesores asistentes de los cursos, resuelven problemas en grupos y desarrollan experimentos en conjunto en el contexto del área [2]. Igualmente, instituciones como el Tecnológico de Monterrey fomentan este tipo de mediaciones en aula [3].

Una de las posibles estrategias que promueven el aprendizaje activo se conoce como Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), que busca crear experiencias de aprendizaje más que transmitir contenidos [4], [5]. En síntesis, esta estrategia permite definir un proyecto cuya pregunta problema se origina de la observación del entorno, y para la cual se propone una posible solución [5]. Es posible orientar la implementación de esta estrategia desde una perspectiva de investigación, en este caso se habla de Aprendizaje Basado en Investigación (ABI) [6].

<sup>1</sup> Instituto de Tecnología de Massachusetts por sus siglas en inglés.

Se puede considerar que el ABI es una versión a escala de un proceso de investigación [7]. Por tanto, el docente asume un rol de facilitador, preparando cuidadosamente las intervenciones, métodos, uso de TIC, entregables y evaluaciones; de forma que los estudiantes apropien los contenidos del curso mientras desarrollan los pasos relevantes de una investigación formal.

Desde la perspectiva del profesor, cambiar el rol a uno que sea de facilitador de experiencias de clase puede ser difícil; en general, los profesores son conscientes de que la carga de trabajo es mayor al aplicar la estrategia y se enfrentan a diversos interrogantes: ¿cómo hacerlo? ¿qué tipo de actividades desarrollar? ¿qué herramientas usar? Si no se tienen en cuenta estos aspectos, se puede perder el norte de lo que debe ser enseñando, los objetivos de aprendizaje pueden no ser claros y el acompañamiento al estudiante puede ser complicado. Se debe tener claridad que en este tipo de metodologías las formas de evaluar no son las usuales y, tal vez, resulten un poco más sofisticadas.

Este artículo presenta una implementación de ABI en Física I (Física Mecánica) con estudiantes de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Manizales, y algunos resultados preliminares que se obtuvieron de la experiencia. De igual forma, la descripción de la estrategia puede guiar a los docentes que quieran realizar este tipo de implementaciones en sus cursos.

## II. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA

Existen diversas etapas para la implementación de la estrategia ABI tal y como lo sugieren en [4], [6], sin embargo, en una versión resumida y adaptada por los autores del presente documento, los momentos seguidos durante la implementación se describen en la figura 1, es claro que las diferentes etapas son secuenciales y se presentan con detalle a continuación.



**Fig. 1** - Secuencia resumida de los pasos para implementar el ABI.

*Momento 1. Descubrir el problema.* La mediación del profesor debe permitir a los estudiantes descubrir un problema que sea relevante para su campo, y también que permita explorar algunas de las ideas centrales del curso. En la presente experiencia se realizaron actividades de ideación, formación de grupos según interés de investigación, formulación de pregunta problema, objetivos y metodología, y presentación de los avances por medio de *Google Docs*. Dado que el curso de Física mecánica se trata de una construcción conceptual alrededor de la idea de *movimiento*, la única condición para la propuesta de investigación es la inclusión del *movimiento* de un cuerpo o sistema formado por varios cuerpos.

*Momento 2. Metodología y ejecución.* A medida que el curso se desarrolla, los estudiantes adquieren herramientas que les permiten avanzar en la investigación y la ejecutan según la metodología y objetivos que propusieron en el primer paso. El seguimiento de estas actividades se realizó por medio de una sesión de póster, semanario de aprendizaje a través de *Google Docs*<sup>2</sup>, autoevaluación del desempeño de los grupos por medio de rúbricas y evaluaciones individuales. Es relevante mencionar que en general, casi todos los grupos usan la herramienta *Tracker* [8], que es un software libre que permite realizar análisis de movimiento para avanzar en sus proyectos.

*Momento 3. Concluir, Presentar, Evaluar.* En general, los procesos de investigación implican realizar alguna medición y obtener conclusiones para contrastar con la pregunta inicial. Los estudiantes en esta etapa presentan los resultados de la experiencia, tanto de forma oral como escrita. Las presentaciones orales son evaluadas por un panel de profesores, diferente al profesor del curso. De igual forma, se invita a los estudiantes a que reflexionen acerca del estado del que partieron (la pregunta de investigación) y evalúen su avance.

En cuanto a las diferentes dinámicas de aula cabe mencionar las siguientes:

1. Actividades de Aprendizaje. A lo largo del curso los estudiantes realizan lecturas de *notas*<sup>3</sup> de física y desarrollan las actividades de aprendizaje que se encuentran allí. El reporte lo hacen en el semanario de aprendizaje.

<sup>2</sup> Documento diligenciado en *Google Docs* en el cual los estudiantes reportan sus aprendizajes y avances del proyecto.

<sup>3</sup> Las notas de física es un documento que se está escribiendo con la intención de que sea el libro guía del curso.

2. Los tres momentos de la estrategia tienen entregables. El resultado de la ideación y el planteamiento de los objetivos y metodología se presenta en el semanario de aprendizaje. El segundo momento corresponde a la presentación del póster al grupo, en el cual se presentan la pregunta problema, los objetivos, metodología y estado del proyecto. Finalmente, en el tercer momento se presentan los resultados tanto en forma oral como escrita.
3. A lo largo del curso, los estudiantes realizan talleres para resolver situaciones problema. En general, la idea es preparar las evaluaciones individuales.

### III. METODOLOGÍA

Además de la implementación en aula, reportada en los numerales anteriores, el presente trabajo tiene una perspectiva de investigación como se describe a continuación.

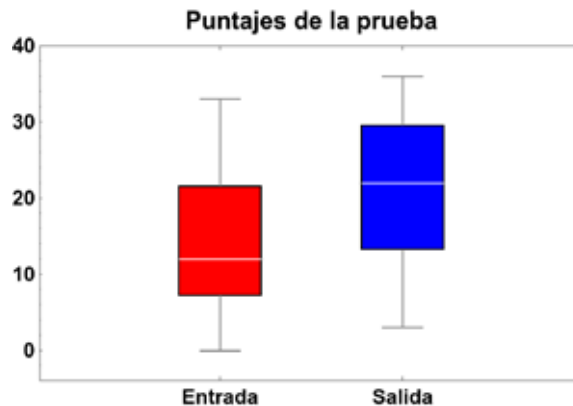
El enfoque es cuantitativo, con un alcance descriptivo y un diseño pre-experimental. La estrategia se llevó a cabo con un grupo formado por 37 estudiantes del curso de Física I (Física Mecánica) de la Universidad Autónoma de Manizales durante el primer semestre de 2019. Reportes de casos de estudio y metodologías similares son conocidos en diferentes contextos [9].

Se aplicó un test de entrada - adaptado de un reporte anterior [10]- al inicio del semestre, con el propósito de conocer los conceptos previos que tenían los estudiantes en diferentes temas del área de mecánica y comparar con el test de salida después de implementar la intervención (al finalizar el semestre). En ambos casos se implementó el mismo test, el cual consta de 27 preguntas que cubren los contenidos principales del curso de mecánica, es decir: cinemática, dinámica, trabajo y energía, y rotación del cuerpo rígido. Las preguntas del test son de selección múltiple con única respuesta. El objetivo es comparar el desempeño de los estudiantes en ambas pruebas y determinar si existe o no un efecto después de la intervención en aula en relación a los puntajes obtenidos en ambos exámenes, lo que corresponde a la hipótesis de investigación.

Los resultados obtenidos de las pruebas se agruparon como entrada/salida. De cada pregunta se consideró el número de estudiantes que marcaron la respuesta correcta. Los análisis estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales, se presentan a continuación.

## IV. RESULTADOS

El resumen de estadísticas descriptivas de los puntajes tanto a la entrada como a la salida se representa en el diagrama de cajas y bigotes en la figura 2.



**Fig. 2** Cuadro de caja y bigotes para las muestras de entrada (rojo)/salida (azul).

Se evidenció que en el test de entrada en promedio 14 de 38 estudiantes respondieron correctamente a las preguntas en el primer examen, esto equivale a 38% del grupo evaluado. En cuanto al test de salida se obtuvo que, en promedio, 54.9% (21 de 38) del grupo respondió correctamente a las preguntas del test. En ambos casos se presentaron preguntas en las cuales el número de respuestas correctas es mínimo; en el test de entrada tuvo 2 preguntas cuyo número de aciertos es cero, mientras que en el test de salida se observó un mínimo de respuestas correctas de 3 para una de las preguntas; sin embargo, se encontró que en el 75% de las preguntas del test el número mínimo de respuestas correctas obtenidas fue de aproximadamente 8 en la entrada y 14 en la salida.

Para realizar la comparación de los datos, se validó primero el supuesto de normalidad para las muestras mediante una prueba de bondad de ajuste de Shapiro-Wilk, que tiene como hipótesis nula que la distribución de los datos es normal con un  $\alpha$ . El resultado para las muestras se resume en la Tabla I.

**Tabla 1.** Test *Shapiro Wilk* aplicado a las muestras.

	<i>Entrada</i>	<i>Salida</i>
Valor <i>p</i>	0.2881	0.6556

Según el valor encontrado para cada muestra y al comparar con el nivel de significancia no se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ). Es decir, estadísticamente las distribuciones son normales.

Una vez validado el supuesto de normalidad, se realizó la comparación tomando los puntajes obtenidos en ambos test. Cada estudiante generó dos medidas, una para la entrada y otra para la salida, lo que constituye una población a la cual se le puede realizar un test de mediciones emparejadas. En particular, se eligió la prueba  $t$  dado que las muestras cumplían con el supuesto de normalidad [11].

La prueba  $t$  apareada aplicada es bilateral, la hipótesis nula sugirió que los puntajes obtenidos en ambos exámenes son iguales, lo que significa que no existe un efecto del entrenamiento sobre los puntajes obtenidos. Con se obtuvo el valor de: . Dado que , se rechazó la hipótesis nula, y por tanto, es posible afirmar que sí hay una diferencia estadísticamente significativa en los test al comparar la entrada con la salida.

Es de anotar que la implementación de la estrategia ha sido bien aceptada por parte de los estudiantes según reportaron en la autoevaluación del curso (no presentada en el actual documento); sin embargo, su mención es relevante para complementar lo alcanzado con la estrategia.

## V. CONCLUSIONES

Estadísticamente se mostró que hay una movilización positiva en el desempeño de los estudiantes al comparar por medio del test de entrada/salida; sin embargo, el diseño del experimento no indicó si el efecto se debe a la implementación de ABI en aula o a otros factores como las clases magistrales o los talleres. En consecuencia, es necesario revisar el método de evaluación de la estrategia y planear un diseño de experimento más robusto (incluyendo un grupo control) que permita validar la implementación desde esta perspectiva.

Pese a lo anterior, este tipo de implementación apuntó al desarrollo de otras habilidades en los estudiantes que les serán útiles en sus futuras profesiones, y que en un aprendizaje pasivo difícilmente se logran. Por tanto, es deseable mejorar las actividades de la implementación, incluir actividades de ideación, innovación y lúdica, ser más preciso en los objetivos de cada intervención, y colaborar entre profesores, por ejemplo, en el diseño de estrategias de evaluación.



## REFERENCIAS

- [1] MIT. Teaching+Learning Lab. Guidelines for Teaching. Active Learning, 2019. Obtenido de: <https://tll.mit.edu/guidelines/active-learning>
- [2] Action-Reaction. Reflections on the dynamics of teching, 2019. Obtenido de: <https://fnoschese.wordpress.com/2011/02/21/pt-pseudoteaching-mit-physics/>
- [3] Tecnológico de Monterrey. Técnicas Didácticas, 2014. Obtenido de: <http://sitios.itesm.mx/va/diie/tecnicasdidacticas/1.htm>
- [4] J. J. Vergara Ramírez, Aprendo por que quiero. El Aprendizaje Basado en Proyectos(ABP), paso a paso. España. Biblioteca Innovación Educativa, 2017.
- [5] Observatorio de Innovación Educativa. Reporte EduTrends. Tecnológico de Monterrey, Oct, 2015.
- [6] Tecnológico de Monterrey. Qué es aprendizaje basado en investigación, 2014. Obtenido de: [http://sitios.itesm.mx/va/diie/tecnicasdidacticas/7\\_1.htm](http://sitios.itesm.mx/va/diie/tecnicasdidacticas/7_1.htm)
- [7] S. Friesen and D. Scott, Inquiry Based Learning: A review of the Research Literature. Prepared for the Alberta Ministry of Education, 2013.
- [8] Tracker. Video Analysis and Modelling Tool. [Computer Software], 2019. Obtenido de: <https://blog.apastyle.org/apastyle/2015/01/how-to-cite-software-in-apa-style.html>
- [9] O. R. Valencia *et al.* La enseñanza de la estadística. Un caso de estudio en la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Manizales, Revista Educación en Ingeniería, 2012, vol. 7, pp. 47-57.
- [10] F. N. Jiménez *et al.* Incidencia de la intervención didáctica en el aprendizaje de conceptos cinemáticos en estudiantes de ingeniería de la UAM analizada desde sus ideas previas. Revista Educación en Ingeniería, 2015, vol. 10, N°. 19, pp. 26-38.
- [11] J. L. Devoret, Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. México D.F. Séptima Edición. Cengage Learnig, 2008.

### **Biografía. Autor 1: Paulo César Cárdenas Montoya**

Posee doctorado en Física, otorgado por la Universidad Federal do ABC del estado de São Paulo; Magíster en Física, de la Universidad de Antioquia; Ingeniero Físico, de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales; Especialista en Vocación Docente, de la Universidad Haaga-Helia de Finlandia. Actualmente se desempeña como profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Manizales y lidera el semillero Pi\_Lab del departamento de Física y Matemáticas de la misma universidad.

Áreas de investigación: Sistemas cuánticos abiertos, computación e información cuántica, enseñanza de la física, innovación en educación.

### **Biografía. Autor 2: Francy Nelly Jiménez García**

Es Ingeniera Química, MSc. en Ciencias Física y Dra. en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales y Esp. en Computación para la Docencia de la Universidad Antonio Nariño. Actualmente es docente titular en dedicación de cátedra de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales y docente titular de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Manizales (UAM). Cuenta con 23 años de experiencia docente. Es actualmente coordinadora del Departamento de Física y Matemáticas y líder del grupo de investigación en física y matemática con énfasis en la formación de ingenieros de la UAM.

Áreas de investigación: Didáctica de la física y la matemática, crecimiento y caracterización de materiales de ingeniería, energía solar.

### **Biografía. Autor 3: Ligia Beleño Montagut**

L. Beleño-Montagut, es Física, MSc en Física y MSc en Ingeniería Ambiental de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Docente desde 1992 en la Universidad Autónoma de Bucaramanga en la línea de física en los cursos teóricos y de laboratorio correspondientes a mecánica, electromagnetismo y ondas y partículas. Profesora vinculada al grupo de investigación en ciencias aplicadas (GINCAP) de la UNAB, el cual lidera actualmente.

Áreas de investigación: óptica física, procesamiento de imágenes, enseñanza de la física, medio ambiente.

### **Biografía. Autor 4: Beatriz Eugenia Mira Rada**

Es Estadista de la Universidad del Valle, estudiante de maestría en matemática aplicada en la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Docente tiempo completo en la Universidad Autónoma de Manizales,

Áreas de investigación: Modelamiento y Análisis Multivariado.