

# FLÍPSICA: EXPERIENCIA DE TRANSFORMACIÓN METODOLÓGICA EN FÍSICA GENERAL BASADA EN LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

Luis Seidel\*, M<sup>a</sup> Encarnación Cámara, Marcos Díaz, María Fe Laguna, Sara Lauzurica, Álvaro Lavín y Pilar Martín

Departamento de Física Aplicada e Ingeniería de Materiales  
E. T. S. I. Industriales  
Universidad Politécnica de Madrid  
\*e-mail: luis.seidel@upm.es

**Resumen.** *La investigación educativa en la enseñanza de la Física tiene ya una larga y sólida trayectoria, en particular en experiencias de aula invertida y enseñanza entre compañeros. En el Proyecto de Innovación Educativa FLÍPSICA hemos llevado en el curso 2016-17 el diseño, aplicación y evaluación de una experiencia en física de primer curso basada en esa línea de investigación, que incluye la necesidad de "invertir" el aula y la práctica deliberada mediante la instrucción por compañeros. Los resultados del Proyecto y la experiencia adquirida por los profesores participantes abren perspectivas para la evaluación de la efectividad de estas experiencias y su incorporación a las enseñanzas regladas.*

**Palabras clave:** Abandono de estudiantes, Alumnos nuevo ingreso, Aprendizaje Activo, Calidad en la enseñanza, Competencias específicas, Evaluación del aprendizaje, Grupos numerosos de estudiantes, Investigación educativa Materias básicas en ingeniería y arquitectura, Moodle, Analíticas de aprendizaje-Learning analytics, Aula Invertida-Flipped classroom, Just in Time Teaching (JiTT)

## 1. Introducción

En los últimos diez años, la enseñanza de la Física de nivel universitario, especialmente en primer curso, ha experimentado un notable avance generado por los resultados de la investigación sobre la propia enseñanza, que se conoce como Physics Education Research (PER). Una gran cantidad de estudios, utilizando instrumentos propios, como los cuestionarios conceptuales, y con metodologías rigurosas, compartidas con investigaciones en áreas similares (lo que se conoce como DBER, Discipline-Based Education Research) han puesto a prueba metodologías tradicionales e innovadoras. Esta línea de investigación ha recibido también un fuerte apoyo institucional, por la importancia de fomentar las enseñanzas STEM. En este ámbito, se puede asegurar que la línea PER, que se refiere en particular a la enseñanza de la física, es la más avanzada y mejor establecida.

Dentro de las investigaciones más relevantes en PER, se encuentran las de los grupos liderados por Carl Wieman (premio Nobel de Física 2001, actualmente en la Universidad de Stanford) y Eric Mazur (Universidad de Harvard).

En el primer caso, un artículo publicado en Science en 2011 [1] y que ha sido citado cientos de veces, demostró la espectacular mejora en el aprendizaje de un tema concreto de física general, al emplear las horas de clase (en grupos de más de 200 alumnos) en actividades que denominan de práctica deliberada (preguntas conceptuales, resolución de ejercicios, dudas,...). Para ello, el orden tradicional de la enseñanza de la física (exposición teórica - ejemplos - ejercicios - dudas - memorización) debía alterarse. La eficacia es

mucho mayor si las horas de clase son aquellas en las que el estudiante tiene una participación mucho más activa, frente a la actitud muchas veces pasiva de la clase tradicional. Con este trabajo, Wieman puso un sólido fundamento a la metodología de flipped classroom en física.

En el segundo caso, el grupo de Mazur ha dedicado muchos años a desarrollar (también para grupos grandes de física de primer curso) la metodología de Peer Instruction (instrucción por compañeros), demostrando también la mejora de los resultados [2] [3] con ideas muy parecidas a las aplicadas por Wieman. Los resultados de ambos grupos de investigación son suficientemente contundentes (y, por otra parte, sencillos de aplicar y comprobar) como para que resulte muy atrayente plantearse replicar esas experiencias.

En el Proyecto de Innovación Educativa que hemos llevado a cabo en el curso 2016-17 hemos realizado una experiencia similar a la descrita en el primer trabajo mencionado, evaluar la aplicabilidad de la metodología de flipped classroom en nuestro entorno (física de primer curso de grados en ingeniería) y medir su eficacia. La finalidad fundamental del proyecto ha sido el diseño, aplicación y evaluación de una experiencia en física de primer curso basada en los trabajos antes mencionados, que incluyen la necesidad de "invertir" el aula y de la práctica deliberada mediante la instrucción por compañeros.

## **2. Desarrollo del proyecto FLÍPSICA**

El equipo de profesores de la Unidad Docente de Física de la ETSI Industriales que firma esta comunicación llevó a cabo la experiencia de transformación metodológica en la asignatura de Física General II. El cambio se impartió tanto en los 6 grupos del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales como en los grados de Ingeniería Química y de Organización, haciendo un total de 8 clases.

La experiencia consistió en lo siguiente: durante las 4 horas de clase de una semana (en las que se cubrían los epígrafes del programa que corresponden a Ondas Mecánicas) unos grupos seguirían la metodología tradicional (los llamaremos grupos T) y otros grupos seguirán otra forma de dar la clase (los llamaremos grupos F, de "flipped classroom"). No se supo con antelación qué grupos eran F y qué grupos eran T, salvo un mensaje que advertía a los grupos F de lo que tienen que hacer.

Las siguientes actividades fueron llevadas a cabo y controladas en la experiencia:

- cuestionario previo de nivelación (el día antes de empezar la experiencia)
- asistencia a clase los dos días de la experiencia
- test final y encuesta de calidad (el día después de terminar la experiencia)

Previamente, los profesores participantes en el proyecto elaboraron una serie de materiales docentes, tanto para los grupos T como para los grupos F. Para el cuestionario inicial se utilizó algunos ítems del test MWCS (Mechanical Waves Conceptual Survey) [4], de los que se muestra un ejemplo en la Figura 1.

**Pregunta 1**  
 Aún sin responder  
 Calificado sobre 1.00  
 Marcar cuestión  
 Editar pregunta

Un extremo de una cuerda tensa está amarrado fijamente a un poste, mientras que el otro extremo lo sostiene una niña. La niña mueve rápidamente su mano hacia arriba y hacia abajo para crear un pulso que se mueve hacia el poste.  
 Si la niña quiere crear un pulso que llegue antes al poste, ¿cómo puede hacerlo?

Seleccione una opción:

- a. Moviéndola su mano arriba y abajo más rápidamente, pero manteniendo la misma amplitud inicial.
- b. Moviéndola la mano arriba y abajo con una amplitud mayor, pero durante el mismo tiempo que produjo el pulso inicial.
- c. Moviéndola la mano arriba y abajo con una amplitud menor, pero durante el mismo tiempo que produjo el pulso inicial.
- d. Moviéndola la mano arriba y abajo de la misma forma que la inicial, pero con mayor tensión en la cuerda.
- e. Moviéndola la mano arriba y abajo de la misma forma que la inicial, pero con menor tensión en la cuerda.

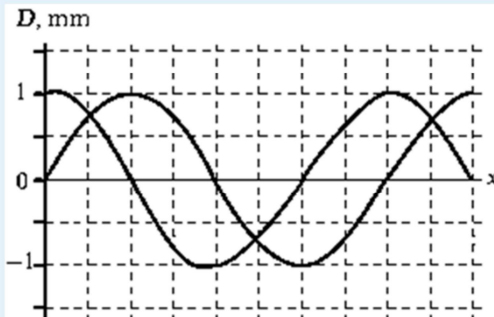
Fig. 1: Ejemplo de pregunta del cuestionario inicial.

En toda la experiencia se utilizó la Plataforma Institucional de Tele-enseñanza Moodle para la comunicación con los alumnos y para alojar los materiales.

Los grupos F tuvieron disponibles unos días antes de la experiencia unos apuntes preparados por los profesores participantes que debían leer antes de la clase. Intencionadamente no se prepararon otros materiales (como vídeos cortos), para descartar que la posible mejora fuera debida a que los materiales de aprendizaje resultaran más atractivos o asequibles.

Se prepararon con especial cuidado las actividades a realizar en los grupos F durante la experiencia. Un primer paso fue la determinación de los resultados de aprendizaje (comunes a los grupos F y T) que se querían alcanzar en los objetivos de la asignatura, dentro del tema de Ondas Mecánicas. A continuación, se diseñaron las actividades a realizar en los grupos F, siguiendo la metodología presentada en [1] y alguna de sus ideas, apoyadas por la investigación. En concreto, se escribieron un total de 36 cuestiones de elección múltiple, que serían presentadas a la discusión (en grupos de 2 o 3 alumnos) en las 2 clases de la experiencia para los grupos F. El profesor ayudaría a llegar a la solución correcta y podría insistir en los conceptos erróneos que pusieran de manifiesto algunas respuestas incorrectas, si eran elegidas por bastantes alumnos. Para presentar este material, se utilizó la actividad “Encuesta” de Moodle y los alumnos accedieron a la plataforma a través de su móvil o tablet. En la figura 2 se muestra un ejemplo de cuestión conceptual sobre superposición de ondas.

1.- La figura muestra dos ondas viajando en sentido positivo del eje x.



La amplitud de la onda resultante es de aproximadamente

- 2.0 mm
- 1.8 mm
- 1.4 mm
- 1.0 mm
- cero

Fig. 2: Ejemplo de cuestión conceptual como actividad para los grupos F.

Como herramienta de evaluación de la experiencia se diseñó un test final común a todos los grupos, para realizar online en clase (a través del móvil o tablet) con una duración de 20 minutos. Consistía en 12 cuestiones de elección múltiple, 4 ya propuestas en el test inicial (del cuestionario MWCS), 4 conceptuales y 4 numéricas.

### **3. Resultados del Proyecto FLÍPSICA**

Participaron en la experiencia un total de 390 alumnos de las tres titulaciones de Grado. El test inicial fue completado por 449 alumnos, con resultados uniformes y, como se esperaba, flojos en todos los grupos. La experiencia tuvo lugar entre el 24 de abril y el 4 de mayo de 2017.

Una pequeña encuesta de calidad, pasada a la vez que el test final, mostró que los alumnos de los grupos F consideraban que habían aprendido mucho más a través de las actividades en clase y la interacción con sus compañeros que con su propio estudio, al contrario que los alumnos de los grupos T. Aunque los alumnos de los grupos F valoraron positivamente la experiencia no se mostraron muy favorables comparando la metodología empleada frente a la tradicional.

Los resultados del test final, que se pasó en todos los grupos a distintas horas, no son concluyentes por factores ajenos a la experiencia que no se pudieron controlar. De todas formas, comparando solo dos grupos F y dos grupos T que hicieron el test de la forma más independiente posible (dos grupos del GITI con 67 y 66 alumnos y los grupos de GIQ (47) y GIO (40 alumnos), los resultados son bastante notables. Los grupos T obtuvieron una nota media en el test de 5,24 y 3,53 y los grupos F tuvieron una nota media de 7,09 y 5,00, todas sobre 10 puntos. En cuanto a las cuestiones repetidas entre el test inicial y el final (del cuestionario MWCS) la ganancia en los grupos T fue del 27% y 15% mientras que en los grupos F fue del 51% y el 35%.

### **4. Conclusiones**

La evaluación experimental de una experiencia de transformación metodológica es un reto difícil de completar con éxito por distintos factores, algunos imponderables. Aunque existen resultados publicados muy alentadores, obtener resultados cuantitativos significativos implica el desarrollo de instrumentos (como cuestionarios conceptuales) que midan realmente si el cambio metodológico ha sido acompañado de una mejora en los resultados de aprendizaje. El diseño eficaz de experimentos en esta línea necesita recursos, formación y tiempo de los profesores implicados.

El equipo de profesores agradece el apoyo de la Universidad Politécnica de Madrid a través del proyecto de Innovación Educativa IE1617.0511. Agradecemos el trabajo y la dedicación de Mario Sánchez Ugalde, becario del Proyecto.

### **REFERENCIAS**

- [1] L. Deslauriers, E. Schelew, C. Wieman, "Improved learning in a large enrollment physics class", *Science*, Vol. 332, pp. 862-864, (2005).
- [2] E. Mazur, "Farewell, lecture?", *Science*, Vol. 323, pp. 50-51, (2009).
- [3] C. H. Crouch, E. Mazur, "Peer Instruction: Ten years of experience and results", *Am. J. Phys.*, Vol. 69, pp. 970-977, (2001).

- [4] A. Tongchai, M. Sharma, I. Johnston, K. Arayathanitkul, and C. Soankwan, "Consistency of students' conceptions of wave propagation: Findings from a conceptual survey in mechanical waves", *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, Vol. 7, pp. 020101 (2011).