

Efecto de la utilización de problemas interactivos en formato digital en las notas de asignaturas de ingeniería

Effect of the use of interactive problems in digital format on the marks of engineering subjects

José J. Ortega, Ricardo Castedo, José M. Gómez, Anastasio P. Santos, Lina M. López, María Chiquito, Marta Fernández-Hernández

josejoaquin.ortega@upm.es, ricardo.castedo@upm.es, josemaria.gomez@upm.es, tasio.santos@upm.es, lina.lopez@upm.es, maria.chiquito@upm.es, marta.fernandezh@upm.es

Departamento de Ingeniería Geológica y Minera
Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España

Resumen- En este trabajo se ha presentado la introducción en unas asignaturas de Mecánica de Fluidos de una serie de problemas implementados en una herramienta de H5P que los estudiantes pueden resolver de forma interactiva. Estos problemas ofrecen la posibilidad de dividir en etapas la resolución con preguntas intermedias, haciendo aclaraciones tras cada respuesta elegida por el alumno, así como crear distintos caminos alternativos que se pueden seguir para resolverlo. De este modo, el mecanismo en el que se basan estos ejercicios introduce dinámicas de juego que pueden incentivar el seguimiento de la asignatura. Los resultados muestran que los alumnos que han realizado estos ejercicios han obtenido mejores calificaciones frente a los que no los han hecho. Por otro lado, su valoración personal sobre la utilidad de los ejercicios para afianzar los conceptos de cada tema ha sido alta o muy alta en un 71 % de los casos.

Palabras clave: gamificación, aprendizaje activo, digitalización.

Abstract- This work presents the introduction, in subjects of Fluid Mechanics, of a series of problems implemented in an H5P tool that students can solve interactively. These problems offer the possibility of dividing the resolution into phases with intermediate questions, making clarifications after each answer chosen by the student, as well as creating different alternative paths that can be followed to solve it. In this manner, the mechanism on which these exercises are based introduces game dynamics that can be an incentive to follow the subject. The results show that the students that have used these exercises have obtained better marks in comparison with those that have not. Moreover, their personal assessment of the usefulness of the exercises to strengthen the concepts of each unit of the subject has been high or very high in the 71 % of the cases.

Keywords: gamification, active learning, digitization.

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente la enseñanza en las diferentes asignaturas de los primeros cursos de ingeniería se basa en la transmisión de conocimientos por parte del profesorado mediante metodologías clásicas como la lección magistral. En los últimos años, y especialmente con el desarrollo de nuevas tecnologías, las metodologías docentes se han ido actualizando y adaptando a los nuevos tiempos (Vaidya, 2021). Estas metodologías

pueden ir desde cambios sencillos donde el “actor” principal sigue siendo el profesor, como el uso de presentaciones y el cambio a una lección magistral más participativa, hacia metodologías donde se invierten los roles (y tiempo y esfuerzo) como aula invertida, donde el profesor es el actor “secundario” para el trabajo del alumno, o el aprendizaje basado en proyectos, donde el profesor propone un ejercicio o trabajo que realiza enteramente el alumno de manera individual o en equipo (Özdemir *et al.*, 2023).

Esta brecha en la incorporación de tecnología y metodologías más activas a la docencia se sigue experimentando en áreas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), especialmente en los primeros cursos de dichas titulaciones (Rasheed *et al.*, 2020). Sin embargo, el uso de tecnologías y metodologías novedosas no es sencillo (por ejemplo, la incorporación de nuevas tecnologías requiere de la formación de los docentes para que el trabajo sea de calidad), ni siempre está bien aceptado por todos los actores (metodologías activas que conllevan más trabajo para el alumno). Por tanto, la incorporación de ambas cosas debe hacerse desde una reflexión previa por parte de los docentes, entendiendo el contexto, la materia a impartir, etc.

En este contexto de los métodos de enseñanza de asignaturas clásicas de ingeniería puede enmarcarse la Mecánica de Fluidos, que se considera una de las asignaturas más complejas de cualquier plan de estudios (Vaidya, 2020). Esta asignatura suele impartirse en el segundo curso de los diferentes grados de ingeniería (como ingeniería civil, minas, industrial, aeronáutica o energía). El aprendizaje de la Mecánica de Fluidos se considera un reto debido a su naturaleza compleja, el nivel de matemáticas requerido, además de la dificultad que pueden encontrar los alumnos para diferenciar los conceptos de la mecánica del sólido y del fluido. Diversos autores han tratado de incorporar metodologías innovadoras en la docencia de esta materia, con distintos grados de satisfacción (tanto de alumnos como de profesores). El trabajo de Rahman (2016) que emplea un aprendizaje mixto (BLA) incorpora vídeos de las clases, tutorías grabadas o cuestionarios online. Los alumnos durante cuatro cursos están un 18% más satisfechos con esta metodología. El trabajo de Gutierrez *et al.* (2022) presenta un

18-20 Octubre 2023, Madrid, ESPAÑA

VII Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación (CINAIC 2023)

enfoque de aula invertida para los módulos de teoría mejorando la participación de los estudiantes. Sin embargo, no se han encontrado datos cuantitativos en la bibliografía que permitan diferenciar si el uso de nuevas metodologías mejora el desempeño de los alumnos en los resultados finales (exámenes o pruebas de conocimiento).

En este trabajo se presentan y se analizan los resultados obtenidos en las notas de los alumnos tras la introducción, en dos asignaturas de Mecánica de Fluidos, de nuevo material didáctico elaborado con la herramienta digital H5P. Este material consiste en una colección de problemas que el alumno puede ir resolviendo paso a paso de forma interactiva con dicha herramienta, recibiendo retroalimentación tras cada error o acierto para asentar los conocimientos necesarios en cada fase de la resolución. De este modo, se aborda el objetivo de implicar al alumno en su propio aprendizaje de esta materia permitiéndole elegir el ritmo más adecuado para trabajar y asimilar los distintos conceptos implicados.

2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

La educación en Mecánica de Fluidos se ofrece en casi todos los programas de ingeniería y ciencias aplicadas en todo el mundo. En general, los cursos de Mecánica de Fluidos se dividen en dos categorías principales: básica y aplicada. En la Mecánica de Fluidos básica, como es el caso que nos atañe en esta asignatura, se estudian los fundamentos teóricos y matemáticos que describen el comportamiento de los fluidos. Se cubren temas como la ecuación de Navier-Stokes, la ecuación de continuidad, la ecuación de energía y las leyes de la termodinámica. Aunque se incluye algo de aplicación como conceptos o aplicaciones de hidrostática, hidráulica o aerodinámica. Los cursos de Mecánica de Fluidos básica suelen ser obligatorios en los primeros años de los programas de ingeniería y ciencias aplicadas.

Esta es la orientación que siguen las asignaturas de esta materia impartidas en los diferentes grados que se cursan en la ETSI de Minas y Energía de la Universidad Politécnica de Madrid. Estas asignaturas se llaman "Mecánica de Fluidos e Hidráulica" en la titulación de Grado de Ingeniería de la Energía (GIE) y "Mecánica de Fluidos" en el itinerario común a diferentes grados en torno a la minería e ingeniería geológica (MG), pero en ambos casos se trata del mismo temario y de la misma evaluación.

Aunque como se ha descrito antes, estas asignaturas son de fundamentos de la Mecánica de Fluidos, no dejan de tener cierta dificultad, cubriendo una amplia variedad de temas. Por ello, el seguimiento de la asignatura por parte de los alumnos va decayendo a lo largo del curso y los resultados, especialmente en las primeras pruebas de evaluación parcial, suelen ser bajos. Por tanto, el objetivo del método que se presenta en este trabajo es mejorar los resultados de aprendizaje de la asignatura a través de asentar los conocimientos básicos de la materia y mejorar las habilidades de los alumnos para resolver ejercicios y problemas de examen.

La forma tradicional de impartir estas asignaturas se ha venido basando, por un lado, en la docencia en el aula explicando la teoría y resolviendo ejercicios y, por otro, en la realización de unas prácticas de laboratorio que muestran experimentalmente los conceptos de algunos de los temas principales. Estas prácticas de laboratorio ya han sido objeto de mejora mediante el uso de nuevas herramientas digitales

disponibles que, a modo de resumen, permiten trabajar los contenidos de cada práctica de forma individual por parte del alumno antes de asistir a la sesión presencial y, tras ella, procesar y presentar los resultados mediante una aplicación diseñada para ello. Por tanto, el objetivo es ahora impulsar la enseñanza de la parte de teoría y problemas de la asignatura.

Para este fin existen diversos métodos de innovación educativa que podrían aplicarse, como el de aula invertida. Sin embargo, estas asignaturas no se prestan completamente a ello debido a esa amplitud de contenidos que abarcan con respecto al tiempo de docencia disponible. También hay que tener presente que los alumnos de la titulación de GIE cursan simultáneamente, en el mismo curso y semestre, otras dos asignaturas que ya emplean dicho método mientras que los alumnos del conjunto de titulaciones de MG lo hacen también en otra. Todo esto, sumado a que el resto de las asignaturas del semestre también tienen prácticas de laboratorio, conlleva una dedicación de tiempo por parte de los alumnos que haría inviable añadir una nueva asignatura enfocada de este modo.

Por este motivo, el cambio ideado para reforzar la parte de teoría y problemas se ha basado en introducir elementos de gamificación que incentiven el interés del alumno por los contenidos de la asignatura y fomenten el trabajo y el aprendizaje autónomo por su parte. Concretamente, se ha puesto a disposición de los alumnos a través de Moodle una colección de problemas implementados en una aplicación digital. En particular, se ha empleado la herramienta de H5P llamada "*Branching Scenario*", que permite estructurar la resolución de cada problema en distintas etapas. Cada etapa puede consistir en una secuencia de textos, imágenes, presentaciones o vídeos al final de la cual se plantea una pregunta con diferentes respuestas alternativas, entre las que puede haber una o varias respuestas correctas. Tras seleccionar una respuesta, se puede mostrar un mensaje aclarando por qué es una respuesta correcta o incorrecta, para poder así corregir o asentar un determinado concepto antes de continuar más allá. En función de la respuesta seleccionada, la aplicación dirige al alumno al siguiente paso de la resolución o lo devuelve a algún paso anterior para repetirlo. Además, la posibilidad de que haya varias respuestas correctas se puede utilizar para plantear diferentes itinerarios de resolución del problema, lo que ayuda a afianzar la capacidad de razonamiento del estudiante para utilizar el procedimiento más adecuado. Es posible puntuar cada respuesta de cada pregunta, lo que permite medir la calidad de las elecciones hechas a lo largo del ejercicio. La Figura 1 muestra distintas fases de la realización de un ejercicio y el aspecto del conjunto de ramas por las que se puede ir desarrollando la solución en función de las elecciones que va haciendo el estudiante.

Entre los distintos componentes de gamificación que se introducen con los problemas planteados de este modo aparecen la dinámica de progresión a lo largo de la resolución de cada uno (comenzando por lo general y avanzando hacia lo particular), el carácter de reto de ir dando la respuesta correcta en cada paso y el incentivo de explorar los distintos caminos alternativos que se presentan. Con todo esto, además de proporcionar una serie de problemas resueltos con detalle (que en sí mismos constituyen un material de estudio mejorado), se pretende aumentar el interés de los alumnos por esta materia y su motivación para trabajarla de una forma más continua.

En cuanto a las limitaciones del enfoque aplicado para implementar este método se puede destacar el trabajo necesario

por parte del profesor para crear e ir actualizando una colección de ejercicios como estos, con un planteamiento que puede llevar a estructuras tan complejas como la mostrada en la Figura 1.

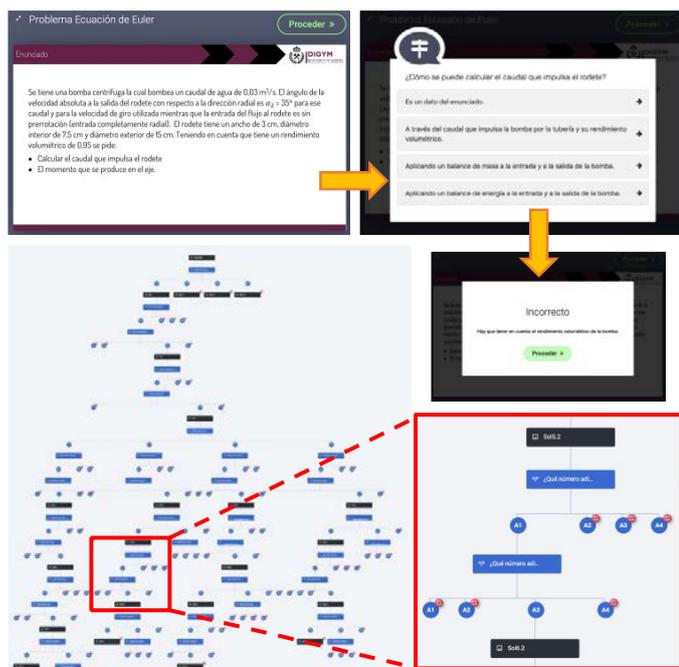


Figura 1. Ejemplo de secuencia de pasos realizando un problema en H5P (enunciado, pregunta y posibles respuestas, y retroalimentación tras marcar una de ellas), junto con una imagen general y una de detalle del árbol de decisión programado mediante el que se desarrolla el ejercicio.

3. RESULTADOS

La evaluación del efecto que tiene el empleo de este nuevo material en las notas de los alumnos se puede hacer a nivel de grupo y a nivel individual. Para el primer caso, la colección de ejercicios solo ha estado disponible para uno de los dos grupos en los que se dividen los alumnos tanto en la titulación de GIE como las titulaciones combinadas referidas como MG. De este modo, se pueden comparar los resultados de los grupos experimentales (en los que se ha aplicado el método), con los grupos de control, que solo han contado con el material habitual de cursos anteriores. El hecho de contar con un grupo de control en cada tipo de titulación permite evitar sesgos en las comparaciones por el diferente perfil medio de los estudiantes de cada una. También, para verificar que ambos grupos no partían ya con una diferencia entre ellos, se hizo un cuestionario inicial sobre conocimientos básicos relacionados con la asignatura, que dio como resultado que no había una evidencia estadística de que existieran diferencias.

De cara a la evaluación individual del efecto del método, el hecho de que la herramienta H5P utilizada esté integrada dentro de la plataforma Moodle permite registrar qué alumnos han realizado qué ejercicios y cuántas veces. Así, se puede analizar de forma más particular el seguimiento real que ha tenido la actividad propuesta y si se traduce en buenos resultados en el examen, persona por persona.

Los resultados que se presentan en este trabajo se corresponden con las notas obtenidas en el primer examen parcial de la asignatura, que incluye la primera mitad de los

temas, aunque se dispondrá de la misma información para cada convocatoria de exámenes a lo largo del curso.

Las Figuras 2 y 3 muestran la distribución de notas según distintos agrupamientos de los alumnos en las titulaciones de GIE y MG, respectivamente. Esta distribución de notas se muestra mediante diagramas de "violín", a modo de funciones de densidad en torno al eje vertical de la posición de cada grupo. Las marcas intermedias a lo largo de cada eje señalan la mediana de las notas y los números entre paréntesis informan del tamaño del grupo considerado.

En cada figura, la primera gráfica compara la distribución de notas de los grupos de control y experimentales. Se puede observar que en GIE hay una ligera diferencia entre ambos grupos, con una mayor concentración de notas altas y una menor concentración de las notas más bajas en el grupo experimental. En MG, por su parte, las distribuciones en ambos grupos son muy similares.

Sin embargo, el efecto auténtico del método se puede detectar cuando los resultados del grupo experimental se desagregan entre los alumnos que han utilizado este material adicional para preparar la asignatura (han hecho algún ejercicio) y los que no han intentado resolver ninguno. Esto se muestra en la segunda gráfica de cada figura. Destaca el elevado número de estudiantes que no han utilizado los problemas (55 de entre 97 en GIE y 21 de entre 35 en MG). Hay que tener en cuenta que se trata de ejercicios optativos para trabajo autónomo por parte del estudiante y que la falta de preparación regular de la asignatura ha conducido a que muchos no hayan aprovechado todos los recursos disponibles.

Al agrupar las notas de este modo se ve cómo el subgrupo de alumnos que ha utilizado el material mejora sus resultados con respecto al grupo que no lo ha hecho, especialmente en GIE. Hay más estudiantes con mejor nota y menos de los que tienen peor nota y, por tanto, también sube la media. Aun así, no todos los que han empezado los ejercicios los han hecho todos. Aislando a su vez de entre ese subgrupo a los que han hecho más de la mitad de los ejercicios (tercer eje) se observa cómo la distribución de notas sigue subiendo, especialmente, de nuevo, en GIE. En este subgrupo la mediana y la mayoría de notas se concentra ahora entre el 6 y el 7 en GIE. En MG, sin embargo, la media sigue baja pero ya no incluye las notas mínimas observadas en el agrupamiento anterior mientras que las más altas se encuentran, efectivamente, en este subgrupo.

Por tanto, la implementación en la asignatura de este tipo de ejercicios se demuestra eficaz para mejorar los resultados. No obstante, no hay que olvidar que la dedicación de los alumnos a la asignatura es un factor clave. De este modo, los que han dedicado más tiempo a su preparación son los que también han llegado a usar estos problemas, por lo que es lógico que tengan mejor nota.

Como sobre las notas obtenidas influye en realidad una serie de factores que no se pueden controlar y que son ajenos a este método (dedicación, conocimientos previos, etc.), la valoración que hacen los propios alumnos sobre estos nuevos ejercicios es algo a tener muy en cuenta. Para ello, se realizó una encuesta con numerosas preguntas hacia finales de curso. Por razones de espacio, aquí se muestra como resultado principal, que el 71 % de los alumnos estaban "de acuerdo" o "muy de acuerdo" con que los ejercicios preparados en H5P eran útiles para reforzar la comprensión de los temas. Sin embargo, el porcentaje para este mismo nivel de satisfacción cae al 32 % al evaluar si estos

ejercicios mejoraban el interés por la asignatura, que era uno de los objetivos al aplicar esta iniciativa. Esto indica la necesidad de continuar el trabajo iniciado para crear un contexto de gamificación más amplio en la propia asignatura, más allá de proporcionar elementos gamificados como estos ejercicios.

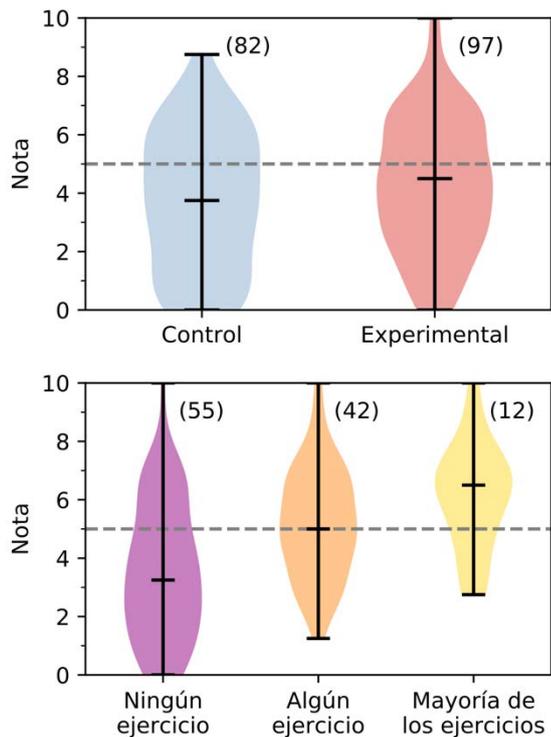


Figura 2. Resultados obtenidos en la titulación de GIE.

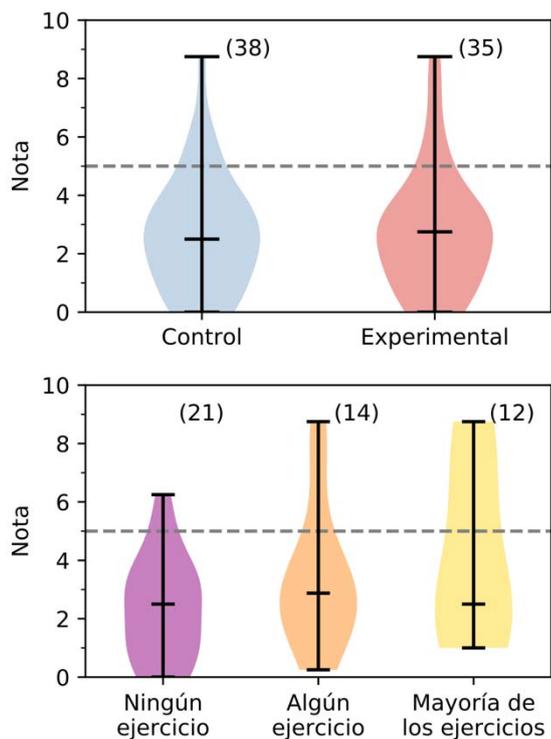


Figura 3. Resultados obtenidos en las titulaciones de MG.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se han mostrado los resultados de la experiencia de introducir en unas asignaturas de Mecánica de Fluidos, de diferentes grados de ingeniería, una colección de problemas implementados en H5P que los estudiantes pueden resolver de forma interactiva. Esta herramienta permite hacer aclaraciones para cada respuesta dada por el alumno, así como crear caminos alternativos de resolución del problema, introduciendo así dinámicas de juego para motivar al estudiante.

Los resultados muestran que los alumnos que han ido realizando los ejercicios elaborados de esta manera han obtenido mejores calificaciones en el primer examen frente a todos los que no los habían hecho, los tuvieron o no disponibles en su grupo. Además, según la encuesta realizada, 7 de cada 10 alumnos valora como alta o muy alta la utilidad de estos ejercicios para afianzar los conceptos de cada tema.

Por tanto, este método de preparación de los ejercicios se considera beneficioso para la enseñanza de una asignatura como Mecánica de Fluidos, lo que es directamente transferible a otras similares en ingeniería que se basen en buena parte en la resolución de problemas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) la financiación recibida a través de los proyectos de innovación educativa "GAMEinLABEX: Gamificación en los laboratorios y ejercicios para la mejora de los resultados de aprendizaje - IE22.0603" y "Mecánicas de juego en Mecánica de Fluidos - IE23.0604" de convocatorias competitivas de la UPM de los cursos 2021/2022 y 2022/2023.

REFERENCIAS

- Gutierrez, R. R., Escusa, F., Lyon, J. A., Magana, A. J., Cabrera, J. H., Pehovaz, R., Link, O., Rivillas-Ospina, G., Acuña, G. J., Kuroiwa, J. M., Guzman, M. X., y Latosinski, F. G. (2022). Combining hands-on and virtual experiments for enhancing fluid mechanics teaching: A design-based research study. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(6), 1701-1724.
- Özdemir, İ. H., Sarsar, F., y Harmon, S. W. (2023). Blended Learning in Higher Education. In *Handbook of Research on Current Trends in Cybersecurity and Educational Technology* (pp. 365-389). IGI Global.
- Rahman, A. (2016). A blended learning approach to teach fluid mechanics in engineering. *European Journal of Engineering Education*, 42(3), 252-259.
- Rasheed, R. A., Kamsin, A., y Abdullah, N. A. (2020). Challenges in the online component of blended learning: A systematic review. *Computers & Education*, 144, 103701.
- Vaidya, A. (2020). Teaching and Learning of Fluid Mechanics. *Fluids*, 5(2), 49.
- Vaidya, A. (2021). Contributions to the Teaching and Learning of Fluid Mechanics. *Fluids*, 6(8), 26