

# Invirtiendo para mejorar: aprendizaje activo de Teoría de Estructuras. Flipped for improvement: active learning in Theory of Structures.

Marta Fernández-Hernández<sup>1</sup>, Anastasio P. Santos<sup>1</sup>, María Chiquito<sup>1</sup>, Covadonga Alarcón<sup>1</sup>, Lina M. López<sup>1</sup>, Ricardo Castedo<sup>1</sup>, José E. Ortiz<sup>1</sup>, José J. Ortega<sup>1</sup>

marta.fernandezg@upm.es, tasio.santos@upm.es, maria.chiquito@upm.es, c.alarcon@upm.es, lina.lopez@upm.es, ricardo.castedo@upm.es, joseeugenio.ortiz@upm.es, josejoaquin.ortega@upm.es

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Geológica y Minera  
Universidad Politécnica de Madrid  
Madrid, España

**Resumen-** Se ha desarrollado una metodología de aula invertida para una asignatura obligatoria de 3º curso de Ingeniería. El material docente por diseñar para que los estudiantes afronten con éxito la materia es: lecciones de video de corta duración con el uso de secciones de YouTube, y con preguntas incorporadas sobre el video con la herramienta H5P. Este material será tanto de carácter teórico como resolución de ejercicios tipo. Además, los alumnos dispondrán del material clásico de presentaciones de Power Point, el libro de texto y repositorio de exámenes pasados. La actividad enlace serán las preguntas sobre H5P y cuestionarios en Moodle. Estas actividades se integran en el aula con la explicación por parte del profesor de los errores detectados, además de la realización de ejercicios en clase y en grupo. A la luz de casos similares, se espera una mejora en los resultados de aprendizaje y motivación de los alumnos.

**Palabras clave:** *Aula invertida, gamificación, aprendizaje basado en problemas.*

**Abstract-** A flipped classroom methodology has been developed for a compulsory subject in the 3rd year of Engineering. The teaching material to be designed for students to successfully face the subject is: short video lessons with the use of YouTube sections, and with questions incorporated on the video with the H5P tool. This material will be both theoretical as well as solving sample exercises. In addition, students will have at their disposal the classic material of Power Point presentations, the textbook and repository of past exams. The linking activity will be the H5P questions and quizzes in Moodle. These activities are integrated in the classroom with the explanation by the teacher of the errors detected, in addition to the realization of exercises in class and in group. Considering similar applications, an improvement in learning outcomes and student motivation is expected.

**Keywords:** *Flipped classroom, gamification, problem-based learning.*

## 1. INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual, donde se dispone de un exceso de información a todos los niveles; el modelo de enseñanza tradicional donde el profesor principalmente expone un tema sin interactuar con el alumnado está cada vez más en desuso incluso en enseñanzas técnicas como las ingenierías. Es cierto, que algunos investigadores han demostrado que la participación del alumno en el proceso de aprendizaje puede mejorar su rendimiento y motivación (Velegol *et al.*, 2015). Sin embargo, también es verdad que algunos educadores pueden ser reacios a

adoptar nuevos métodos de enseñanza que impliquen una mayor participación del alumnado. Esta resistencia puede deberse a varios factores, como la falta de experiencia o formación en nuevas metodologías, la creencia de que su método actual es el más efectivo o la preocupación de que una mayor participación del alumno pueda llevar a una pérdida de control del aula. Conviene recordar que no existe un enfoque de enseñanza único que funcione para todos los estudiantes. Los educadores deben adaptarse a las necesidades y características de sus alumnos, y esto puede implicar utilizar diferentes metodologías y técnicas de enseñanza. En los últimos años se han desarrollado, y aumentado en popularidad, diversas metodologías que convierten al alumno en actor principal de su propio aprendizaje como el aprendizaje basado en proyectos, en retos (*design thinking*) o basado en investigación, aula invertida, realidad virtual, etc. Muchas de estas metodologías surgen como consecuencia de la paulatina incorporación de tecnología en nuestra vida diaria, como aula invertida (Fuchs, 2021) o realidad virtual (Kavanagh *et al.*, 2017).

Dadas las limitaciones técnicas, de tiempo y económicas, para la implementación de otras metodologías, el modelo de aula invertida (también conocido como *flipped classroom*) es quizá el más popular; aunque sigue habiendo un déficit de datos sobre el desempeño de los alumnos bajo esta técnica. El aula invertida es una metodología educativa en la que los estudiantes estudian los conceptos básicos de un tema antes de asistir a la clase presencial, y luego en el aula trabajan en actividades prácticas y aplicaciones de los conceptos aprendidos. En el contexto STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), el aula invertida puede tener algunas ventajas y desventajas. Como ventajas se pueden destacar el aprendizaje personalizado (los estudiantes pueden avanzar a su propio ritmo y profundizar en los temas que les resulten más difíciles); mayor interacción en el aula (la clase presencial se utiliza para discutir, debatir y resolver problemas, lo que aumenta la interacción entre estudiantes y profesores); enfoque en la resolución de problemas; y flexibilidad (los estudiantes pueden ver los videos y hacer los ejercicios online en cualquier momento y lugar, lo que les da la libertad de adaptarse a su propio horario y situación). Como desventajas, que deben tratar de minimizarse en el momento del diseño de la experiencia, se pueden destacar: requiere de acceso a internet; falta de motivación; exceso de trabajo; dificultad para hacer preguntas en tiempo real; y necesidad de un buen diseño de los materiales de aprendizaje.

18-20 Octubre 2023, Madrid, ESPAÑA

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

Este trabajo presenta el diseño de un modelo de aula invertida para una asignatura obligatoria de 3º curso de ingeniería, tradicionalmente de carácter presencial y con metodología de lección magistral, pero con una alta carga de realización de problemas / ejercicios. En el diseño de esta experiencia se pretenden emplear recursos tecnológicos innovadores (como videos en YouTube divididos por secciones o H5P) que motiven e impliquen al estudiante en su propio aprendizaje.

## 2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

El presente proyecto se pretende desarrollar en la asignatura de “Teoría de Estructuras y Procedimientos de Construcción” que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía (ETSIME) – Universidad Politécnica de Madrid (UPM) durante el curso 2023-24. La asignatura se imparte en el Grado en Ingeniería en Tecnología Minera (GITM), Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos, Combustibles y Explosivos (GIRECE) y en el Grado en Ingeniería Geológica (GIG).

En el desarrollo de esta metodología de aula invertida se tienen dos objetivos principales: unos centrados en el profesorado y otros centrados en el desarrollo del alumno. Desde el punto de vista del profesorado, los objetivos son:

- Desarrollar habilidades y competencias docentes que permitan a los profesores ser más eficaces en la enseñanza y en el apoyo a los estudiantes.
- Evaluar y mejorar continuamente el proceso de enseñanza y aprendizaje a través del análisis de los resultados y la retroalimentación de los estudiantes.
- Se pretende promover la utilización de recursos tecnológicos digitales de carácter innovador como videos con preguntas insertadas con H5P.

Desde el punto de vista del alumno, los objetivos son:

- Perfeccionar el desarrollo de habilidades y competencias clave para el éxito académico y personal, tales como la capacidad de resolución de problemas, el pensamiento crítico, uso de las TIC, la creatividad y la colaboración.
- Mejorar el rendimiento académico de los estudiantes y reducción del absentismo a través de la implementación de metodologías de enseñanza innovadoras y efectivas que aumenten la motivación del alumnado.
- Fomentar el trabajo continuo no presencial por parte de los alumnos con un alto contenido de autoevaluación y aprendizaje guiado (autónomo y flexible).
- Aumentar el interés y la motivación de los estudiantes por el aprendizaje, y fomentar su capacidad para aprender de forma continua y a lo largo de toda la vida.

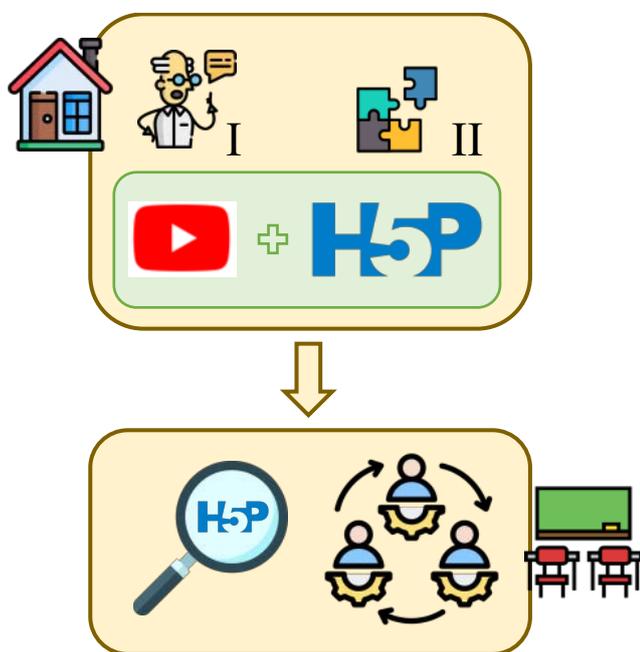
La asignatura se imparte en el segundo semestre del tercer curso de los diferentes grados y consta de 4,5 créditos, teniendo carácter obligatorio. En estas tres titulaciones los alumnos tienen el mismo horario y, por tanto, la materia se trata como si fuera una sola. El número de alumnos oscila entre 75 y 100 cada año. La materia está dividida en 11 temas. De estos, hay tres temas más teóricos, en concreto los temas de Replanteos, Normativa de Edificación y Procedimientos de construcción. Para estos temas se seguirá utilizando la metodología de clase magistral ya que no es realista condensar ese temario en forma

de micro-contenidos digitales de menos de 10 minutos. Los restantes temas por orden cronológico son: T1 - Fundamentos de análisis de estructuras (2 h); T2 - Esfuerzos y movimientos (3 h); T3 - Trabajo y energía (3 h); T4 - El método de compatibilidad (5 h); T5 - El método de equilibrio (6 h); T6 - El método de rigidez: cálculo matricial de estructuras (2 h); T8 - Estructuras metálicas (5 h); y T9 - Estructuras de hormigón armado (5 h). Entre paréntesis se muestran las horas de clase en aula previstas para cada una de las partes. La asignatura comienza en febrero y termina en mayo, teniendo el examen final en junio y el extraordinario en julio. En cuanto a la evaluación continua, el primer parcial incluye hasta el tema 6, mientras que el segundo parcial incluye los temas restantes.

Desde el inicio del curso, los alumnos dispondrán del libro básico recomendado para la asignatura y de repositorios de ejercicios y exámenes. Cada tema dentro de la asignatura tendrá unas particularidades diferentes, pero en general las tareas a realizar son (Figura 1):

1. Preparación de microcontenidos digitales I: se pondrá a disposición de los estudiantes videos relacionados con cada tema de corta duración (no más de 10 minutos) y mediante el uso de H5P (H5Pa, 2023) se realizarán unas preguntas asíncronas para la formación del estudiante. Estas preguntas que irán apareciendo en el video insertado en Moodle (plataforma on-line de docencia de la institución) permitirán al alumno ir reteniendo conceptos mientras lo visualiza.
2. Preparación de microcontenidos digitales II: se pondrá a disposición de los estudiantes videos sobre la resolución de ejercicios de clase o examen (no más de 10 minutos) y mediante el uso de la misma herramienta H5P se realizarán unas preguntas asíncronas, además de que el alumno tendrá que ir eligiendo su propio camino para la resolución del ejercicio (al estilo “elige tu propia aventura” sirva este video de ejemplo, H5Pb (2023)). En este caso, se realizará un video por cada tipología de problema a trabajar en cada tema, donde el alumno podrá visualizar la resolución del mismo paso a paso.
3. Trabajo previo a la sesión presencial (fuera del aula): el alumno hará uso del material elaborado en las fases previas por el profesorado, para la preparación de las clases y, por supuesto, los exámenes. Además, los alumnos dispondrán de una serie de cuestionarios en Moodle para cada uno de los temas, que tendrán que resolver una vez finalizados. Las preguntas de estos cuestionarios se extraerán aleatoriamente para cada alumno sobre una base de datos de numerosas preguntas, para que el copiar o sacar tendencia sobre las respuestas sea más complicado. Estos cuestionarios se superan por saturación, es decir, el alumno tiene infinitos intentos (se barajan preguntas y respuestas) para obtener un 10 sobre 10 y con ello abrir la documentación de clases posteriores. Para verificar que los alumnos ven los videos, los cuestionarios llevarán asociados preguntas que se responden en el video, y que son llave para abrir los siguientes contenidos de la materia.

- Trabajo durante la sesión presencial (dentro del aula): en el aula los primeros 10 minutos se dedican al repaso de los resultados obtenidos en las respuestas del video H5P por parte de los alumnos. Además, al inicio de cada clase, los alumnos plantearán las dudas encontradas tras la visualización de los videos si las hubiere. Esto sirve de actividad enlace entre el trabajo autónomo del alumno y el trabajo en aula. Debido a que el alumno ya dispone de los conocimientos necesarios, se omite la explicación teórica característica de una enseñanza más tradicional y se dedicará la mayor parte del tiempo a la realización y resolución de problemas por equipos. El profesor propondrá un ejercicio a los alumnos del aula, que trabajarán en grupos de entre 3 y 5 alumnos, formados de manera voluntaria por los propios alumnos. Durante este tiempo el profesor sirve como alumno extra o comodín que ayuda a los alumnos en caso de dudas puntuales o dudas que no permitan seguir avanzando en el problema. Cuando estas dudas son generalizadas, el profesor explica en la pizarra lo necesario para ayudar a todos los grupos. Con esta metodología se logra dinamizar más la clase al mismo tiempo que se fomenta el trabajo en equipo, aptitud que les será esencial a los alumnos en su posterior carrera profesional (Castedo *et al.*, 2019a).



**Figura 1.** Diagrama de trabajo planteado para la asignatura.

El seguimiento y evaluación de una metodología son procesos críticos para asegurar que se avanza de acuerdo con lo planificado, se cumplen los objetivos establecidos y se identifican oportunidades de mejora. Para ello, el propio diseño hace que los indicadores de logro o consecución en cuanto a la temporalización de visualización de los videos, el tiempo de visualización de videos, el dispositivo de visualización, los cuestionarios realizados en los propios videos con H5P, ... sean fáciles de medir a través de las métricas de YouTube y MOODLE. Como sólo hay un grupo de alumnos, no es posible hacer grupos de control sobre los que contrastar el impacto de

esta nueva metodología. Por tanto, mediremos comparando con resultados de años anteriores en las evaluaciones continuas o en los resultados de los exámenes, si las medidas desarrolladas se han reflejado positivamente en el desempeño (notas) de los estudiantes. También se medirá la asistencia a las clases para ver si la nueva metodología reduce el absentismo o no. Para completar el estudio se realizará un cuestionario de percepción sobre el proceso de aprendizaje y sobre la materia, test tipo SEEQ (*Students' Evaluation of Educational Quality*), al final del curso. De esta manera seremos capaces de mejorar la metodología para futuros años, aunque confiamos en que la aceptación será alta ya que esta asignatura es la continuación de otra materia que se imparte en el segundo semestre de segundo curso "Tecnología de materiales" mediante metodología de aula invertida (diferente a lo planteado en este proyecto, ver Chiquito *et al.*, 2020 para más detalles).

### 3. RESULTADOS

A la hora de implementar un proyecto de aula invertida en STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), conviene estudiar proyectos similares, en un contexto lo más parecido posible, para minimizar los errores y maximizar los aciertos. Aunque no existen muchos trabajos con datos cuantitativos en referencia al impacto de este tipo de metodología en el resultado numérico (nota) de los alumnos, se pueden destacar algunos como referencia.

El trabajo de Fidalgo-Blanco *et al.* (2017) demuestra, en parte de una asignatura de Fundamentos de Programación, que una metodología de aula invertida con actividad enlace mejora los resultados académicos sobre diversas preguntas de examen que correspondían a temas de diferentes sesiones de clase. En cuanto a la percepción de los alumnos, destacan la novedad de la metodología y la posibilidad de trabajar en un ambiente flexible y activo.

Es interesante observar que la aplicación de un modelo de aula invertida en una asignatura obligatoria (Transferencia de Calor y Materia) con un gran número de alumnos (152) tiene un excelente resultado (Castedo *et al.*, 2019b). Los resultados de los exámenes sugieren que los estudiantes que participaron en el aula invertida aprendieron mejor los conceptos teóricos que aquellos que no lo hicieron. Es importante destacar que la actitud del estudiante juega un papel clave en el éxito del modelo, y que los estudiantes activos tienden a tener mejores resultados que aquellos que no participan activamente. Además, es alentador ver que el uso del aula invertida puede aumentar la asistencia a clase y la asistencia a los exámenes. Esto sugiere que los estudiantes valoran la metodología de aula invertida y que les resulta útil para su aprendizaje.

El trabajo de Chiquito *et al.* (2020) se aplica en la asignatura Tecnología de Materiales de segundo curso, segundo semestre, y que precede a la asignatura objetivo de este trabajo. En este trabajo se demuestra que hay diferencia significativa entre el grupo de control (con metodología tradicional) y el grupo de aula invertida durante el curso 2017-18. En la Tabla 1 se observan los resultados obtenidos. De estos, es posible deducir que la aplicación de esta metodología ha mejorado el desempeño de los alumnos en la asignatura a lo largo de estos años. En especial si atendemos al porcentaje de aprobados frente a presentados, aunque las notas medias fluctúen año tras año, sí que se ha reducido la dispersión de estas. Hay que tener también presente la perturbación que ha podido provocar el

COVID en la evaluación de los cursos 2019-20 y 2020-21, aunque los resultados son parejos. Sin embargo, en el curso 2021-22 se ve un importante descenso debido al primer curso post-COVID donde el alumnado se confió por el tipo de evaluación durante el COVID: batería de preguntas tipo realizadas en MOODLE. Con el cambio de preguntas y vuelta a la presencialidad se notó un descenso importante en las notas generalizado para los alumnos de las asignaturas del mismo curso y semestre.

**Tabla 1.** Nota media de los alumnos y porcentaje de aprobados frente a matriculados. El asterisco se refiere al grupo de aula invertida en el curso 2017-18, el otro dato de ese curso se refiere al grupo tradicional.

Curso	Nota media	Aprobados/Presentados [%]
2017-18*	6,07 (2,08)	73
2017-18	5,88 (2,32)	65
2018-19	5,22 (1,84)	63
2019-20	6,21 (0,97)	91
2020-21	5,46 (1,32)	75
2021-22	4,22 (2,38)	31

A la luz de proyectos similares los resultados esperados son, por tanto, una mejora en el rendimiento académico, un aumento en la participación de los alumnos, en la asistencia a clase y a los exámenes; que nos permita como profesores ser más eficaces en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por otra parte, los productos resultantes y tangibles de la aplicación de esta metodología serán:

- Los microcontenidos digitales desarrollados (contenidos teóricos y ejercicios tipo) serán de acceso libre por toda la comunidad educativa a través del canal de YouTube de la asignatura. Los videos llevarán incorporados cuestionarios creados utilizando H5P mediante la herramienta de Branching scenario. Los videos se graban en el plató SAGA de la ETSIME (Portal de Innovación Educativa – UPM, 2023), siguiendo los manuales de edición y creación de material audiovisual de calidad que proporciona el GATE UPM (Gabinete de Tele-Educación de la Universidad Politécnica de Madrid).
- Cuestionarios de MOODLE diseñados para controlar el proceso de aprendizaje del alumno, así como los conceptos que va asimilando y que se consideran fundamentales para el óptimo seguimiento de la asignatura.
- Se pondrá a disposición de la comunidad educativa los resultados de los cuestionarios SEEQ para que el profesorado de esta asignatura (o similares) sepa las opiniones del alumnado, antes de poner en marcha experiencias análogas.

#### 4. CONCLUSIONES

El objetivo principal del desarrollo e implementación de esta metodología es mejorar la adquisición de competencias y resultados de aprendizaje tanto en las partes de teoría o fundamentos de una asignatura y en la resolución de ejercicios. Además, confiamos en que la aplicación de este trabajo mejore

las competencias transversales (con el uso de la tecnología) y finalmente los resultados en la asignatura.

En última instancia, lo más importante es que los estudiantes estén involucrados y motivados en su proceso de aprendizaje. Si un enfoque más participativo y colaborativo puede ayudar a lograr este objetivo, entonces debería considerarse seriamente su implementación tal y como hemos planteado. Sin embargo, este proceso debe ser dinámico y retroalimentado para que se puedan solventar los problemas que aparezcan de una manera rápida y eficaz.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) la financiación aportada a través del proyecto “*Invirtiendo para mejorar: aprendizaje activo de Teoría de Estructuras*” con código IE23.0605 de la convocatoria competitiva “*Ayudas a la innovación educativa y a la mejora de la calidad de la enseñanza – 2022-23*” de la UPM.

#### REFERENCIAS

- Castedo, R., López, L. M., Chiquito, M., & Martín, J. D. C. (2019b). To Flip or Not to Flip?: A Case Study on University Engineering Students. In *Innovative Trends in Flipped Teaching and Adaptive Learning* (pp. 17-37). IGI Global.
- Castedo, R., López, L. M., Chiquito, M., Navarro, J., Cabrera, J. D., & Ortega, M. F. (2019a). Flipped classroom—comparative case study in engineering higher education. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(1), 206-216.
- Chiquito, M., Castedo, R., Santos, A. P., López, L. M., & Alarcón, C. (2020). Flipped classroom in engineering: The influence of gender. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(1), 80-89.
- Fidalgo-Blanco, A., Martínez-Nuñez, M., Borrás-Gene, O., & Sanchez-Medina, J. J. (2017). Micro flip teaching—An innovative model to promote the active involvement of students. *Computers in Human Behavior*, 72, 713-723.
- Fuchs, K. (2021). Innovative teaching: A qualitative review of flipped classrooms. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(3), 18-32.
- H5Pa. (1 de abril de 2023). H5P. H5P Website. <https://h5p.org/>.
- H5Pb. (5 de abril de 2023). H5P – Branching Scenario. H5P Website. <https://h5p.org/branching-scenario>.
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of virtual reality in education. *Themes in Science and Technology Education*, 10(2), 85-119.
- Portal de Innovación Educativa - UPM. (9 de abril de 2023). Plató Saga. Portal de Innovación Educativa - UPM Website. <https://innovacioneducativa.upm.es/saga/plato-saga>.
- Velegol, S. B., Zappe, S. E., & Mahoney, E. (2015). The Evolution of a Flipped Classroom: Evidence-Based Recommendations. *Advances in Engineering Education*, 4(3), n3.