

## APRENDER INTEGRANDO CONOCIMIENTOS INGENIERILES EN EL DISEÑO DE MÁQUINAS

E. Chacón Tanarro<sup>1\*</sup>, A. Díaz Lantada<sup>1</sup>, J. Echávarri Otero<sup>1</sup>, J.L. Muñoz Sanz<sup>1</sup>, J.M. Muñoz Guijosa<sup>1</sup>, M.S. Martín Muela<sup>1</sup>, S.N. Ortega Pérez<sup>1</sup>, J.M. Cabanellas<sup>2</sup> Becerra, A. Ros Felip<sup>3</sup>, M. Panizo Laiz<sup>4</sup>, J.J. Moreno Labella<sup>4</sup>, M.M. Grijalvo Martín, R. San Miguel Carrasco<sup>3</sup>, J. Van-Baumberghen Teran<sup>4</sup>, B. del Río López<sup>4</sup>, A. Abou-Assali Rodríguez<sup>5</sup>

1: GIE para la Docencia Innovadora en Máquinas

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: {e.chacon, andres.diaz, javier.echavarri, joseluis.munozs, juanmanuel.munoz.guijosa, socorro.martin, silvianatividad.ortega}@upm.es

web: [https://innovacioneducativa.upm.es/informacion\\_grupo?grupo=178](https://innovacioneducativa.upm.es/informacion_grupo?grupo=178)

2: GIE en Ingeniería Gráfica y Simulación

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: josemaria.cabanellas@upm.es

web: [https://innovacioneducativa.upm.es/informacion\\_grupo?grupo=210](https://innovacioneducativa.upm.es/informacion_grupo?grupo=210)

3: Departamento de Ingeniería Mecánica

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: {antonio.ros, ramon.sanmiguel}@upm.es web: <http://dimec.etsii.upm.es/>

4: Departamento de Física Aplicada e Ingeniería de Materiales

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Universidad Politécnica de Madrid

e-mail: {miguel.panizo.laiz, juanjose.moreno.labella}@upm.es

5: AEON-T Composite Technologies

e-mail: a.rodriquez@aeon-t.com

**Resumen.** Dentro del proceso de aprendizaje para el diseño de máquinas y productos, y al igual que sucede en otras temáticas ingenieriles, el alumno debe familiarizarse con diversas metodologías que le permitan integrar diversos conocimientos multidisciplinares, con el fin de que este pueda alcanzar un grado profesional en la optimización en sus diseños. En este proceso, el alumno debe recordar muchos conocimientos previamente adquiridos en su formación y tiene que realizar en muchos casos tediosos cálculos repetitivos que terminan por aburrirle. Con el desarrollo de las nuevas herramientas didácticas con soporte informático, como las que se presentan en este proyecto, estos aspectos pueden verse muy beneficiados, simplificando y haciendo más efectivo el proceso de aprendizaje e integración del conocimiento, logrando afianzar y relacionar los conocimientos supuestamente adquiridos en distintas asignaturas ya cursadas, así como el desarrollo de competencias transversales.

**Palabras clave:** Aprendizaje Activo, Aprendizaje Basado en Retos, Aprendizaje Colaborativo, Aprendizaje Cooperativo, Aprendizaje entre Pares (Peer-to-Peer), Aprendizaje Experiencial, Aprendizaje Orientado a Proyectos, Autoaprendizaje-Aprendizaje Autónomo, Calidad en la enseñanza, Competencias transversales, Coevaluación, Coordinación docente vertical, Elaboración material docente, Evaluación de competencias transversales, Evaluación del aprendizaje, Evaluación del desempeño, Formación docente, Gamificación, Grado, Grupos numerosos de estudiantes, Interdisciplinariedad/multidisciplinariedad, Máster, Material Multimedia, Mentorías, Moodle, Orientación profesional, Planificación y coordinación docente, Simuladores/Laboratorios virtuales, Trabajo en Equipo/Grupo

## 1. Introducción

La Unidad Docente de Ingeniería de Máquinas fue pionera en los años 80 con el aprendizaje activo en la Enseñanza en Diseño de Máquinas asistido Por Ordenador [1] mediante el software de desarrollo propio EDIMPO, que consiste una herramienta didáctica adaptada, equivalente a softwares profesionales de diseño de máquinas, centrada en el diseño de una reductora de velocidad de engranajes (véase Figura 2). Este último ha ido evolucionado y desarrollándose desde entonces, por y para los alumnos, y es la herramienta principal que articula la metodología de gamificación planteada en este proyecto.

EDIMPO es empleado actualmente en un entorno de prácticas de dos asignaturas de la especialidad de mecánica en 4º de Grado de Tecnologías Industriales. Los alumnos valoran muy positivamente de estas prácticas la posibilidad de diseñar una máquina real, trabajando en grupo e integrando conocimientos de varias asignaturas previas (diseño CAD, materiales, fabricación, calidad o mantenimiento). Además, esta metodología busca fomentar en los alumnos su interés por el I+D, permitiendo el desarrollo de soluciones creativas y la toma de contacto con empresas de suministro, fabricación, etc. para su correcta justificación en la toma de decisiones.

Dentro de este tipo de iniciativas educativas, suelen presentarse ciertas dificultades a la hora de combinar los conocimientos multidisciplinarios de diferentes áreas/asignaturas [2], necesarias para el correcto desarrollo de esta experiencia educativa, debido en gran parte a una cierta visión del “aprendizaje en bloques/asignaturas no vinculadas” de los alumnos. En muchas ocasiones, el nivel de los alumnos se percibe elevado cuando trabajan de forma individualizada, sin embargo, esta apreciación positiva se reduce negativamente cuando el alumno se ve obligado a combinar diferentes áreas de conocimiento con el fin de resolver un problema. En este proyecto, las áreas de conocimiento que se desean integrar son:

- Seleccionar adecuadamente materiales de diseño a partir de requisitos técnicos.
- Correcta aplicación práctica de conocimientos de resistencia de materiales a la mejora y optimización de un diseño real. En muchos casos se detecta una mala aplicación del cálculo FEM por parte de los alumnos y ello es debido en parte a esta falta de integración con las asignaturas de simulación. Este caso es un ejemplo más de cómo el uso de una herramienta comercial puede resultar perjudicial en el proceso de aprendizaje de un alumno si la base teórica no está adecuadamente adquirida.
- Uso de estándares internacionales de diseño, selección de elementos comerciales y condiciones establecidas por los mismos sobre nuestro diseño.

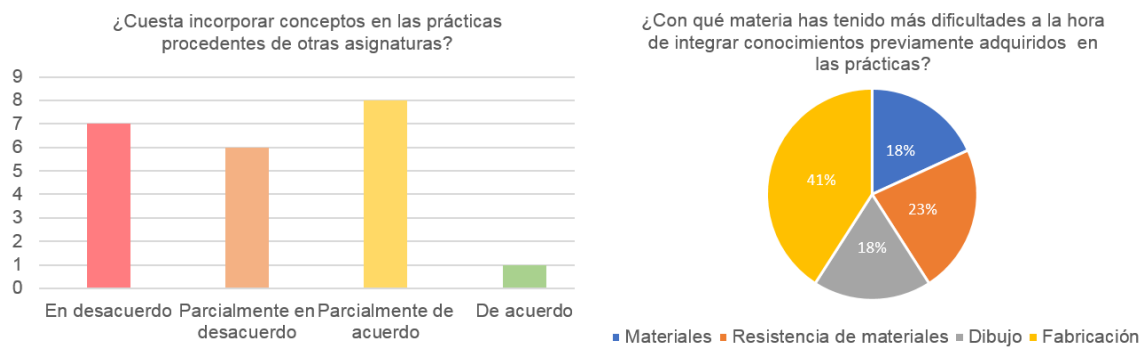
- Aplicación de diversos conceptos importantes en el diseño como: vida útil, reciclaje, sustitución de elementos, pliegos de condiciones, mantenimiento de maquinaria, etc.
- Importancia de la fabricación en el diseño (unidades producidas, costes, tiempos, correcta representación gráfica, tolerancias, calidad, etc.)

La metodología presentada en este proyecto busca adaptar las sesiones prácticas y casos de estudio de diversas asignaturas (véase Tabla 1) a un nuevo modelo basado en la Gamificación, que mantenga las ventajas con las que ya contaba y añada más valor a los alumnos, fundamentado en la transversalización del conocimiento, el trabajo en equipo, la motivación por la innovación y la creatividad. El objetivo final es que hagan suyo el proceso de aprendizaje lo cual motiva en gran medida su participación en las actividades.

## 2. Metodología

Este proyecto plantea una metodología que bien puede aplicarse a cualquier iniciativa educativa dónde se busque la transversalización de prácticas de laboratorio y/o casos de estudio que permitan aplicar a los alumnos de una forma efectiva diversos conocimientos multidisciplinares y, que en este caso concreto, es sobre el diseño de una máquina. Por otra parte, fomenta el espíritu crítico, la creatividad y la justificación de la toma de decisiones.

A la hora de plantear cualquier optimización en una metodología educativa, un primer paso suele consistir en contar con la máxima información fidedigna posible que permita localizar las principales líneas de mejora y el impacto que estas tendrán. En este proyecto se ha realizado una exhaustiva encuesta a alumnos que han cursado previamente las prácticas y dónde se emplea actualmente el software didáctico EDIMPO (véase Figura 1). Los resultados de estas encuestas han permitido ajustar y reorientar algunos aspectos iniciales del proyecto, mejorando así el impacto esperado en el próximo curso académico.



**Figura 1.** Ejemplos de evaluaciones previas sobre aspectos de mejora: relevancia e impacto

El recurso principal de la metodología es un software de diseño de desarrollo propio que integra diversos conocimientos multidisciplinares, EDIMPO, y que ha sido desarrollado en App Designer de Matlab. Se ha adaptado el software a fin de cubrir las siguientes necesidades planteadas en el proyecto:

- Recogida y análisis automático de datos. El software almacena diversos datos y decisiones tomadas por los alumnos. De este modo, facilita al profesor realizar parte de la evaluación técnica clásica (muy tediosa en este tipo de iniciativas), así como la detección de conceptos mal aplicados/adquiridos por parte de los alumnos. Además, se ha aprovechado para integrar la evaluación de ciertas competencias profesionales (creatividad, trabajo en equipo, liderazgo, etc.). Por otra parte, esta información ofrece un mayor control sobre el nivel de desempeño y aprendizaje de los alumnos, aparte de tener una mejor

visión global del impacto de la iniciativa, que permite a su vez detectar precozmente y de forma automática errores cometidos, bajo rendimiento, etc., lo que facilita al profesor aportar nuevo material, actividades adicionales, tutorías, etc. de soporte. En referencia a este último comentario, cabe decir que los autores de este proyecto consideran que no se debe llegar a sustituir completamente la labor correctiva de los profesores.

- Adaptación de su uso en una modalidad competitiva entre grupos de alumnos y en un entorno realista. Se han incorporado nuevos módulos que integran aspectos multidisciplinares extra a los meramente involucrados con el diseño mecánico, como son los costes (véase módulo de costes del EDIMPO en Figura 2), tiempos de desarrollo, búsqueda en proveedores, etc.
- Actualmente, muchos de nuestros alumnos aprenden a usar softwares mediante canales o videos en la web. Sin dejar de sustituir a la clase presencial, se han desarrollado videotutoriales como refuerzo, que liberan al profesor de tener que resolver múltiples problemas de manejo de estos y poderse así centrar más en el aprendizaje y adquisición de conocimientos y competencias.



**Figura 2.** Izquierda - Ejemplo de pantalla del programa EDIMPO. Derecha – CAD del reductor diseñado por los alumnos

Además de las mejoras sobre el software, se ha mejorado la integración horizontal y vertical de contenidos entre diversas asignaturas (Dibujo Industrial, Materiales, Resistencia de materiales y Fabricación), actualizando y poniendo en común materiales y recursos. En los últimos años, los planes de estudio universitarios han sufrido varias transformaciones, al igual que los contenidos de las asignaturas y el modo en que esta se imparten. Sin embargo, estos cambios no han ido acompañados de una adecuada integración entre asignaturas. Esto ha planteado una problemática importante ya que se han detectado duplicidades, falta de ciertos conocimientos básicos necesarios en asignaturas de últimos cursos, etc. que reducen considerablemente la eficiencia de los métodos de aprendizaje. La puesta en común entre profesores de estas asignaturas, bajo el marco de un proyecto de innovación educativa, permite plantear e implementar de nuevo ligeras modificaciones y vinculaciones entre asignaturas que incrementan considerablemente dicha eficiencia. Por otro lado, los profesores de asignaturas ya cursadas siguen “estando presentes” para los alumnos, y estos vuelven a recurrir a ellos con ciertas dudas surgidas (profesores/expertos de consulta) a la hora de poner en práctica los conocimientos impartidos en sus asignaturas, aspecto que potencia en gran medida su proceso de aprendizaje y ayuda a integrar conocimientos multidisciplinares.

### 3. Conclusiones

Esta experiencia de gamificación será puesta en marcha durante el próximo curso académico (2019/20) con el uso de la nueva herramienta Edimpo y sus módulos de evaluación, material adaptado con el resto de las asignaturas, módulos de evaluación e integradores (costes, fabricación, etc.) en diversas asignaturas de la División de Ingeniería de Máquinas de la ETSII de la UPM, tal y como se resumen en la Tabla 1. Las actividades de prácticas de dichas asignaturas adquirirían un máximo de un 50% del peso total de la evaluación y un menor porcentaje en los casos de estudio, entendido más bien como un “problema largo”. Al finalizar el año se realizará una evaluación sobre el impacto de las mejoras realizadas en este proyecto.

Cronología del proyecto				
Grados				
Semestres	GIT	GIO	GIQ	Módulos
6º	Teoría de Máquinas y Mecanismos	Teoría de Máquinas y Mecanismos	Teoría de Máquinas y Mecanismos	Selección del material, predimensionado de piezas, rodamientos + módulo estadístico y de costes
7º	Diseño de Máquinas			Módulo de árboles, uniones, normalización, fabricación, resistencia del material + módulo estadístico y de costes
8º	Diseño de Máquinas II			Módulo de optimización de transmisiones por engranajes + módulo estadístico y de costes
Másters				
Semestres	MII	MIM		
1º		Tribología		Módulo de tribología + módulo estadístico y de costes
2º				
3º	Cálculo de Máquinas			Módulo de tribología + módulo estadístico y de costes
4º				

**Tabla 1.** Asignaturas donde se implementará el uso del nuevo Edimpo

De los objetivos planteados al inicio del proyecto, únicamente ha quedado pendientes para este nuevo, la puesta a punto de Moodle para la recogida de datos y evaluación de la actividad empleando Global Management Challenge (GMC).

### Referencias

- [1] Echávarri; J.; de la Guerra, E.; et al, (2015). The Role of Computer-Assisted Self-Assessment in Courses with a Large Enrollment, *12<sup>th</sup> International CDIO Conference, Turku (Finland)*, 12-16 June 2016. *International Journal of Engineering Education* Vol. 31, No. 5, pp. 1309–1320, 2015.
- [2] Munoz-Guijosa; J.M; Díaz Lantada, A.; et al, (2016). The transformation of an engineering design course: from a conceive and design experience towards a complete CDIO approach, *12<sup>th</sup> International CDIO Conference, Turku (Finland)*, 12-16 June 2016. Recuperado de: <http://www.cdio.org/node/5995>