

# Aprendizaje profundo en prácticas de laboratorio: contribución de metodología combinada a partir del aprendizaje basado en problemas soportado por TIC y proceso de co-evaluación.

Daniel F. Reyes\*, Verónica Braza\*, Teresa Ben\* y David González\*.

\* Departamento de ciencia de los materiales e I.M. y Q.I. Facultad de ciencias. Universidad de Cádiz, 11510 Puerto Real, Cádiz, España.

[daniel.fernandez@uca.es](mailto:daniel.fernandez@uca.es)

**RESUMEN:** Con este proyecto, el equipo docente ha pretendido favorecer un aprendizaje profundo mediante el autoaprendizaje y el aprendizaje colaborativo, modificando la metodología aplicada normalmente en las sesiones prácticas de laboratorio, con el fin de mejorar la adquisición de competencias por parte de los alumnos en asignaturas de Ciencias e Ingeniería de los Materiales de diferentes Grados de Ingeniería. Esta metodología combina actividades de aprendizaje basado en problemas (ABP) con actividades de co-evaluación y apuesta por el uso de las TICs. La propuesta consiste en 5 etapas: (i) Visualización de material audiovisual interactivo. (ii) Realización de una reunión virtual Big Blue Button para discutir los contenidos. (iii) Realización de cuestionarios on-line de corrección automática y con retroalimentación dentro de la plataforma Moodle para evaluar el proceso. (iv) Sesiones prácticas de laboratorio donde se desarrollan las competencias utilizando una metodología de ABP. (v) Evaluación de la resolución de una problemática real simulada de inspecciones de probetas y de obtención de información específica. En esta última etapa, se realiza una co-evaluación entre iguales, donde cada pareja de alumnos comparte recíprocamente los roles de evaluado y de inspector. Este último debe evaluar el seguimiento correcto de la normativa y la idoneidad de las actuaciones.

**PALABRAS CLAVES:** ABP, aprendizaje basado en problemas, herramientas TIC, autoaprendizaje, co-evaluación entre iguales.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en muchos casos siguen prevaleciendo en disciplinas de ingeniería y ciencias las clases magistrales como herramienta de transmisión de conocimiento (1), manteniendo al alumno únicamente como sujeto pasivo. Afortunadamente, desde que se implantó el Espacio Europeo de Educación Superior, cada vez son más los profesores que intentan complementar este tipo de metodologías con otras técnicas docentes. La propia UNESCO en su informe "Hacia las sociedades del conocimiento" (2) señala que "es conveniente fomentar en los distintos ámbitos del conocimiento la adquisición de mecanismos de aprendizaje flexibles, en vez de imponer un conjunto de conocimientos muy definido. Aprender a aprender significa aprender a reflexionar, dudar, adaptarse con la mayor rapidez posible y saber cuestionar el legado cultural propio respetando los consensos. Estos son los pilares en los que deben descansar las sociedades del conocimiento". Por tanto, es función del docente promover un aprendizaje activo y usar las estrategias de aprendizaje que considere oportunas para fomentar la relaciones entre alumnos y con el profesor, facilitándose además un trabajo colaborativo efectivo. Al mismo tiempo, no debe olvidarse el importante efecto que tiene la retroalimentación en el alumno, ya que, de lo contrario, se inhibiría la reflexión continua del alumno sobre el estado de su propio aprendizaje.

En las ramas de ingenierías, al poseer una mayor carga práctica, se ha propiciado una reducción parcial del uso de las clases magistrales como núcleo principal de las asignaturas. Sin embargo, en general, no están todo lo presente que debieran las actitudes y aptitudes tanto transversales como profesionales, centrándose todavía hoy en día la enseñanza en la adquisición de competencias cognitivas generales y específicas de las asignaturas. En el caso de las prácticas de laboratorio, podríamos pensar que estos problemas no se dan,

al suponer que los alumnos van a interactuar activamente con los equipos de laboratorio, tal y como harían en la industria. Sin embargo, en más ocasiones de las deseadas las prácticas son básicamente una continuación de las clases teóricas.

Habitualmente, hemos encontrado que en las sesiones prácticas están divididas en dos partes. En la primera parte, el profesor transmite la metodología de trabajo y los conceptos que los alumnos van a necesitar para realizar las prácticas, mediante el uso del típico guion de prácticas, "tipo recetario", en el que los alumnos únicamente tienen que seguir una receta preestablecida. De hecho, la segunda parte, el docente pretende que los estudiantes asimilen los conceptos mientras siguen el guion de prácticas. Esta forma de proceder, no va en línea con los planes educativos actuales, y hoy en día se considera que no es el método más efectivo para obtener una adquisición realmente verdadera por parte de los alumnos, no favoreciéndose además el desarrollo óptimo de las competencias. Por último, en estos casos, la evaluación se lleva a cabo mediante una memoria de prácticas, en la que se debe incluir una breve introducción, y otras secciones como objetivos, experimental, discusión de resultados y conclusiones finales. Normalmente, los estudiantes afrontan la realización de estas memorias al final del periodo lectivo, momento en el que se encuentran normalmente saturados de trabajo y con la presión de estudiar para los exámenes finales, lo que provoca que en muchos casos se basen en memorias realizadas previamente por otros compañeros, incurriendo incluso en el plagio. Todo ello, propicia que el alumnado realice un aprendizaje somero de los conceptos planteados (3) tratando de liberarse de la tarea impuesta, con el mínimo esfuerzo posible, como si fuese únicamente un trámite a cumplir. En resumidas cuentas, todo lo planteado provoca un alejamiento del sentido práctico y preparatorio necesario para la actividad ingenieril. Además, estamos perdiendo una gran

oportunidad de conectar nuestra enseñanza con la vida diaria de los futuros ingenieros, que es el secreto para motivar y entusiasmar al alumno.

El equipo docente de estas asignaturas nos hemos planteado como objetivo principal que los alumnos sean capaces de alcanzar un aprendizaje profundo. Para conseguirlo, se ha puesto en práctica unas pautas de enseñanza-aprendizaje basados en aprendizaje constructivo (4) donde se alineen los objetivos planteados con los métodos de enseñanza y los conocimientos previos. El objetivo se ha centrado en promover el aumento del interés del alumnado, incentivando en ellos la importancia de entender el sentido último de lo que estudian, en vez de detalles inconexos. Nuestra contribución se ha basado en conjugar metodologías de aprendizaje autónomo y aprendizaje colaborativo con la ejecución de actividades de aprendizaje basado en problemas (ABP) apoyadas en las TICS, todo ello conjugado con actividades de evaluación formativa y evaluación por pares.

## METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo se ha basado en la combinación de dos metodologías previamente implantadas durante sesiones prácticas en asignaturas de Ciencia de los Materiales y Ciencia e Ingeniería de Materiales en distintos Grados. Ambas metodologías, partiendo de planteamientos distintos, cumplieron objetivos similares a los que nos planteamos. En particular se centraron en que los alumnos adquirieran las competencias necesarias para su futuro profesional y aumentara la motivación de los alumnos. Estas dos metodologías por separado dieron buenos resultados, lo que nos ha llevado a plantear una nueva metodología más completa tomando ambas como punto de partida. De un lado, de la primera metodología se toma la utilización de la técnica ABP en las prácticas, así como una serie de actividades previas a la sesión práctica para fomentar la implicación en el proceso de autoaprendizaje. La segunda metodología se centra en la evaluación como herramienta de aprendizaje, mediante la co-evaluación (profesor y evaluación por pares) sobre la base de una actividad práctica ABP. De esta manera, no sólo se evalúa la consolidación de conocimientos y de capacidades procedimentales, sino también analizar el desarrollo de capacidades asociadas a roles a adquirir en empresas. Además, con ello, se pretende que los estudiantes se percaten de la dificultad de los procesos de evaluación de los ensayos no destructivos (END) para el control de comportamiento en servicio de los materiales dentro de su vida útil, los costes, la necesidad de concreción en la aplicación de criterios de aceptación, etc.

La nueva metodología se ha llevado a cabo en tres etapas. La primera consiste en una serie de actividades programadas antes de la realización de la práctica en el laboratorio, con las que se pretende fomentar el autoaprendizaje y el aprendizaje colaborativo. La segunda es la propia sesión de laboratorio, que se ha programado usando la metodología ABP con actividades con retroalimentación. Por último, la tercera, es la evaluación de un ensayo práctico realizado de los alumnos que será evaluado tanto por el profesor como por un alumno. Los alumnos se irán turnando para participar en el rol de operario y de inspector. A continuación, se lista los ítems realizados en cada etapa.

1. **Visualización de material audiovisual** sobre la práctica a realizar. (Primera etapa)
2. **Discusión** sobre conceptos en una sala de reunión **Big Blue Button**. (Primera etapa)
3. Realización de  **cuestionarios de corrección automática y con retroalimentación**. (Primera y segunda etapa)
4. Sesión **práctica con problemas ABP**. (Segunda etapa)
5. **Evaluación por pares: Co-evaluación**. (Tercera etapa)

## RESULTADOS Y DISCUSION

Con el fin de evaluar el efecto que podría tener esta metodología en las prácticas de las asignaturas de ciencias de los materiales, se ha probado en una de las secciones de las prácticas de diferentes asignaturas, concretamente en los END, que constan de ensayos de inspección por líquidos penetrantes y por partículas magnéticas. La implantación se ha realizado en la asignatura de Ciencia e Ingeniería de Materiales del Grado en Química (GQ) que se imparte en el segundo semestre del segundo curso y en los Grados de Ingeniería Eléctrica (GIE), Ingeniería Electrónica Industrial (GIEI) e Ingeniería Mecánica (GIM) de la Escuela Superior de Ingeniería que se imparte en el segundo semestre de primero. También se ha llevado a cabo en la asignatura de Ingeniería y Tecnología de los Materiales (ITM) que se imparte en la Escuela Politécnica Superior de Algeciras en el tercer curso.

El hecho de haber elegido realizar la experiencia en diferentes grados y cursos ha sido con la intención de intentar ver la influencia del tipo de Grado y curso en el proyecto. En todos los casos, la experiencia ha sido muy satisfactoria y los profesores involucrados en esta iniciativa hemos observado considerables avances, tanto en la destreza mostrada por los alumnos, como en el conocimiento adquirido, así como en el grado de motivación mostrado por los estudiantes. A continuación, vamos a comentar los aspectos más importantes de los diferentes ítems de la metodología.

1. **Visualización de material audiovisual** sobre la práctica a realizar. Más del 95% de los alumnos ha mostrado una gran aceptación del aporte de la explicación de conceptos teóricos y del manejo de los equipos de laboratorio mediante esta vía. Los estudiantes le han dado una gran importancia al hecho de poder visualizar cada paso de las prácticas con tranquilidad en casa y poder ver repetidamente cada detalle.

2. **Discusión** sobre conceptos en una sala de reunión **Big Blue Button**. De todos los apartados este es el que menos interés ha proporcionado a los alumnos. Está claro que tiene un gran potencial sin embargo nos hemos encontrado con varios hándicaps. Hemos observado que esta herramienta necesita de un entrenamiento por parte de los alumnos, por lo que no se puede plantear su uso sin que los alumnos vayan asimilando la metodología de trabajo de la plataforma elegida. En un primer momento, uno pensaría que la generación a la que pertenecen deben tener facilidad en el manejo de chats, video llamadas, etc. Sin embargo, se mostraron muy reticentes principalmente porque tenían cierto miedo a lo desconocido, ya que era algo nuevo para ellos. Por otro lado, esta actividad no ha mostrado tener un gran impacto en principio, ya que no se ha mostrado una menor adquisición de conocimiento o manejo en los grupos en los que no se llevó a cabo en comparación con los que sí. No obstante, lo que si hemos notado es que en los grupos en los que se realizaron, los

alumnos fueron a las prácticas mucho más tranquilos y con mayor seguridad.

3. Realización de **cuestionarios de corrección automática y con retroalimentación**. El autoaprendizaje de la primera fase no presencial, se completó con cuestionarios con retroalimentación. Estas pruebas se les planteo a los alumnos como una manera de comprobar su aprendizaje y su preparación frente a las prácticas. Se les comunico que no contarían como nota, pero que deberían ser conscientes que, si no sacaban por encima de un 8 sobre 10, significaría que no habían asimilado todo lo que debían. La mayoría de los estudiantes obtuvieron buenos resultados en el primer intento. No obstante, algo que nos sorprendió, fue que muchos de ellos repitieron los test al no haber alcanzado la máxima calificación, tantas veces como fue necesario hasta que sacaron la máxima nota. Este comportamiento, pone de manifiesto el interés de los alumnos ante la actividad planteada y consideramos que es una herramienta útil para que los alumnos lleguen más preparados a las actividades planteadas. En contra, pudimos testar que algunos estudiantes realizaron los cuestionarios sin haber intentado realizar las otras actividades previas.

4. Sesión **práctica con problemas ABP**. Durante la práctica abordamos distintas competencias como el trabajo autónomo, la toma de decisiones o el trabajo en equipo fundamentales para su futuro profesional. Pretendemos que el estudiante construya su conocimiento mediante problemas o situaciones reales (simuladas), tal y como lo haría en su carrera profesional. Por eso, las sesiones prácticas se plantean en grupos pequeños a los cuales se les proporcionará ordenes de trabajo que tienen que ir resolviendo. Al final de la sesión cada equipo habrá realizado el ensayo de al menos dos piezas, según las ordenes de trabajo recibidas. Habitualmente, en estas prácticas era necesario estar explicando el manejo de los equipos durante al menos 30 minutos o más, lo que equivale a un cuarto del tiempo total como mínimo, reduciéndose por tanto el tiempo disponible de los alumnos trabajando por sí mismos. Además, muchos alumnos tenían problemas por inseguridad o porque no habían sido capaces de asimilar el funcionamiento de los equipos durante la explicación. Los cambios observados son de gran interés. Los profesores no han tenido que explicar nada del funcionamiento y manejo de los equipos dejando más tiempo a los alumnos para trabajar. En nuestro caso solo hemos tenido que resolver dudas puntuales y todos los grupos han sido capaces de resolver al menos dos problemas ABP por ellos mismos colaborando como un equipo.

5. **Evaluación por pares: Co-evaluación**. La evaluación ha consistido en la resolución de un problema real simulado de inspección de probeta. Dicha evaluación se ha realizado individualmente, tomando un alumno el rol de operador y el otro de inspector. Si bien todos los alumnos han sido capaces de realizar el ensayo correctamente, se ha observado significativas deficiencias a la hora de dejar reflejados los datos en el documento que se les proporcionaba. Creemos que la falta de experiencia previa por la parte de los estudiantes ha sido un hándicap para ellos y que sería necesaria haber incluido algún tipo de documentación referente a este apartado en los video-tutoriales.

## CONCLUSIÓN

En este proyecto de innovación docente se ha probado una nueva metodología para la realización de las prácticas de laboratorio. Esta experiencia se ha dividido en tres partes básicamente. La primera consistía en fomentar el autoaprendizaje mediante material audiovisual, cuestionarios online con retroalimentación y una reunión virtual usando el Big Blue Button. La segunda, es la propia sesión de laboratorio usando técnicas ABP y la última una evaluación realizada por el docente y por los propios compañeros. La experiencia en sí, ha tenido una gran aceptación por parte del alumnado y se han mejorado las calificaciones de los alumnos de media. En contraposición, no hemos observado un gran cambio entre el uso o no, de la herramienta de la reunión virtual. Hemos detectado que los alumnos necesitan un entrenamiento previo para que pueda aprovecharse este recurso, sobre todo cuanto estamos hablando de reuniones con más de 20 usuarios simultáneamente. El hecho de poder dividir la sesión en grupo ayuda en la organización, no obstante, la plataforma no graba cada grupo de trabajo por lo que no puede ser analizada la sesión a posteriori dificultándose bastante la evaluación de la actividad llevada a cabo. Por otro lado, el autoaprendizaje realizado por los alumnos ha sido muy significativo y ha permitido a los alumnos realizar las sesiones prácticas casi sin apoyo por parte de los docentes, que prácticamente solo han tenido que actuar para aclarar algunas dudas puntuales y para asegurarse de que el trabajo autónomo y colaborativo de los alumnos fuese a buen ritmo.

## REFERENCIAS

1. Stains, M. et al. Anatomy of STEM teaching in North American universities. *Science*, **2018**, 359 (6383), 1468-1470
2. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Informe Mundial de la UNESCO 2005: Hacia las sociedades del conocimiento, UNESCO. **2005**, 1-244. ISBN 92-3-304000-3.
3. Marton, F., Säljö, R. On qualitative differences in learning: I: outcome and process, *Br. J. Educ. Psychol.*, **1976**, 46.
4. Vollmers, B., Learning by Doing Piaget's constructivist learning theory and its consequences for pedagogical practice. *International Review of Education*, **1997**, 43, 73-83.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer el apoyo recibido por los coordinadores de las asignaturas en las que se ha llevado a cabo el proyecto, así como a los docentes que han participado en las sesiones presenciales.