

El desarrollo de habilidades profesionales en los estudios de ingeniería en la Universidad del País Vasco: ¿aprendizaje basado en problemas o en proyectos?

Professional skills development in engineering education at the University of the Basque Country: problem or project based on learning?

Zalaoa Aginako-Arri¹, Mikel Garmendia-Mujika²,
María-José Bezanilla-Albisua³ y
Eneko Solaberrieta Mendez²

¹ Escuela de Ingeniería de Bilbao.
UPV/EHU (España)

² Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa.
UPV/EHU (España)

³ Universidad de Deusto (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8720>

La demanda del nuevo perfil del ingeniero para el siglo XXI es una realidad que se refleja en los requerimientos de las agencias de acreditación de las titulaciones de ingeniería -ABET (USA), AEAC (Australia) y ENAAE (Europa)-. Todos los agentes, incluidos los futuros empleadores, recomiendan a las instituciones educativas que formen ingenieros con habilidades de resolución de problemas complejos y multidisciplinarios, que tengan habilidad para trabajar en grupo (incluso en entornos multiculturales), que posean la capacidad de aprender a lo largo de la vida y que tengan fuertes habilidades comunicativas, además de las competencias técnicas tradicionales (*Association of American Colleges & Universities*, 2015, citado en [1]).

A fin de facilitar a los docentes el desarrollo de las habilidades profesionales mencionadas, los autores Felder y Brent [1] las agrupan en cinco principales: comunicación (oral y escrita), pensamiento creativo (buscar soluciones innovadoras a problemas cuando los enfoques existentes resultan inadecuados), pensamiento crítico (realizar y respaldar valoraciones y decisiones en base a evidencias), aprendizaje auto-dirigido (tomar la iniciativa para identificar las necesidades propias de aprendizaje, hallar los recursos necesarios para acometerlas y aprender) y trabajo en

equipo. Aunque existe un amplio abanico de metodologías para desarrollar las habilidades profesionales en el área de ingeniería, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPY) y el Aprendizaje Basado en Problemas tienen una presencia destacada a nivel global, en parte, gracias a la cátedra UNESCO¹ de Aprendizaje Basado en Problemas de la universidad de Aalborg, que ha contribuido activamente a su difusión. Esta presencia, sin embargo, no está exenta de cierta discusión entre profesionales del área en cuanto a la preferencia de una u otra para la enseñanza de ingenierías [5]. A pesar de que el ABP y el ABPY se vienen empleando desde los años 80 del pasado siglo, se han retomado con fuerza en las últimas décadas precisamente para vincular el aprendizaje a contextos reales que favorezcan el desarrollo de habilidades profesionales, tales como el desarrollo del pensamiento crítico [2], la adaptación al entorno laboral [3], el razonamiento técnico y el aprendizaje autodirigido [4].

En lo que se refiere al Aprendizaje Basado en Proyectos, Harmer [6], en una revisión de la literatura, indica que la razón principal que se aduce para introducir el ABPY en ingeniería es que el método proporciona el tipo de habilidades, comportamientos y aprendizajes necesarios para afrontar los retos en el contexto contemporáneo de complejidad creciente, donde los problemas y proyectos trascienden a las disciplinas definidas de los sectores clásicos de la ingeniería. Felder y Brent [1], por otro lado, consideran que el ABPY crea mucha motivación y el contexto apropiado para adquirir y desarrollar habilidades profesionales, y añaden que

los estudiantes que transitan por una metodología ABPY obtienen mejor o iguales resultados en los test de conocimientos que los estudiantes que siguen una metodología tradicional. En la misma línea, Mills y Treagust [5] afirman que el ABPY es la metodología que da respuesta a los requerimientos de las agencias de acreditación, así como a las necesidades de la industria, y consideran muy apropiada su inclusión de forma extensiva en los programas de ingeniería.

En lo que respecta al Aprendizaje Basado en Problemas, Jonassen [7] considera que en la enseñanza tradicional los estudiantes aprenden a resolver problemas que difícilmente pueden ser transferidos al mundo laboral, y añade que el ABP es la metodología que deben adoptar los educadores de ingeniería si desean que sus graduados sean ingenieros eficaces. Asimismo, cabe destacar que existen amplias evidencias de que es un método eficaz que promueve extensos rangos de razonamiento [8], retención del aprendizaje a largo plazo [1] y habilidades para la resolución de problemas [7] cuando se aplica en una asignatura.

Pero ¿en qué consisten estas dos metodologías? Ambas tienen ciertos aspectos en común: implican al estudiante de forma activa en el aprendizaje, trabajando de forma autónoma y en equipo con el respaldo del profesor. Sin embargo, el enfoque y el desarrollo en el aula de las dos metodologías es diferente y así lo reflejan Prince y Felder [8] en la definición que dan de las dos haciendo énfasis precisamente en sus enfoques diferenciados: "El aprendizaje basado en problemas (ABP) comienza cuando se enfrenta a los estudiantes a un problema de solución abierta, poco estructurado y auténtico (contexto real) y trabajan en equipo para identificar sus necesidades de aprendizaje y desarrollar una solución viable; los profesores actúan como facilitadores más que como fuente de información". Es conveniente señalar que no se debe confundir el ABP, con la simple utilización de problemas y ejercicios en la enseñanza. En la enseñanza tradicional habitualmente es el docente el que enseña a los estudiantes cómo se

¹ www.ucpbl.net

resuelve un problema o ejercicio tipo. En el ABP, son los estudiantes quienes deben analizar el escenario presentado, identifican lo que deben aprender y los posibles pasos para poder resolverlo, y buscan y aprenden los contenidos necesarios de forma autónoma, sin que el docente exponga previamente esos contenidos, ni el proceso de resolución a seguir. En este sentido, es una metodología muy centrada en el aprendizaje auto-dirigido o autónomo del grupo de estudiantes.

"El aprendizaje basado en proyectos comienza con el encargo de llevar a cabo una o más tareas que conducen a la producción de un producto final – un diseño, un modelo, o una simulación de ordenador. La culminación del proyecto es normalmente un informe escrito y/u oral que resume los procedimientos empleados en la producción del producto y en el que se presentan los resultados" [8].

En general, y según las investigaciones analizadas, las dos metodologías se implantan de forma exitosa en los estudios de ingeniería de grado y master. Sin embargo, actualmente el debate entre los investigadores del área está centrado en la idoneidad de emplear uno u otro método y la forma en la que deben ser introducidos en los currículums de ingeniería. Algunos autores como Perrenet et al. [9] y Mills et al. [5] incluso consideran que el ABP no puede responder por sí solo a las necesidades de los estudios de ingeniería por la estructura con la que se desarrolla el aprendizaje en esta área.

Parece que una propuesta mixta en la que se emplee el ABP en los cursos iniciales para dotar a los problemas de un contexto real, seguido de ABPY en los cursos superiores para abordar problemas complejos e interdisciplinarios puede ser una solución muy beneficiosa en los estudios de ingeniería [5 y 9]. En algunos modelos, como el de la Universidad de Aalborg (Dinamarca) se combinan las dos estrategias durante todo el programa formativo.

Otros autores, como Felder y Brent [1] proponen el ABP como metodología adecuada para desarrollar habilidades de resolución de problemas, y el ABPY para desarrollar habilidades profesionales.

Pero más allá de recomendaciones de investigadores del área, y experiencias en asignaturas puntuales, en las que se comparan dichos métodos con la enseñanza tradicional, no se ha desarrollado un metaanálisis que haya abordado de forma concluyente la idoneidad del ABP y del ABPY para el desarrollo de ciertas habilidades profesionales en el ámbito de la ingeniería. Por otro lado, las experiencias

en asignaturas puntuales no proporcionan valores comparables entre ellas, al haberse realizado con diseños de investigación y contextos diferentes. En consecuencia, este estudio se plantea como objetivo evaluar la efectividad de uno u otro método (ABP y ABPY) en el desarrollo de ciertas habilidades profesionales en un contexto similar, como es el de las enseñanzas de ingenierías de la UPV/EHU en base a las valoraciones de los estudiantes.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la efectividad de los dos métodos, se ha utilizado un cuestionario de elaboración propia en el que se pedía a los estudiantes que valoraran el grado en el que la metodología ABP o ABPY les había ayudado a adquirir o desarrollar una serie de habilidades profesionales o aspectos del aprendizaje (primera columna, tabla I). En el cuestionario se ha empleado una escala Likert de cuatro niveles, cuya codificación es 1: muy poco, 2: poco, 3: bastante y 4: mucho. Los ítems se han elegido en base a las habilidades profesionales y aspectos del aprendizaje que los investigadores indican que se desarrollan con el ABP y el ABPY. Las referencias a dichos investigadores, y las competencias que citan están reflejadas en la introducción.

El cuestionario se pasó en asignaturas de las escuelas de ingeniería de la UPV/EHU, en las que se implementó la metodología ABP o ABPY por parte de docentes que participaron en el programa de formación ERAGIN [10]. Los docentes fueron formados en uno de los dos métodos, en un programa de larga duración, en el que recibieron un taller de iniciación, y posteriormente, con el asesoramiento de un tutor, diseñaron una propuesta de enseñanza activa que implementaron en el aula, y finalmente evaluaron el resultado obtenido con la experiencia. Como parte del proceso de evaluación de la experiencia de docentes y estudiantes, se recogió a través del cuestionario la valoración de los estudiantes.

En total se dispone de las respuestas de 1224 estudiantes de 44 asignaturas, de las cuáles en 25 se desarrolló la metodología ABPY y en 19 ABP. Son asignaturas de los cuatro cursos académicos de los grados de ingeniería (41) y de los másteres en tecnologías industriales y telecomunicación (3), y comprenden todos los tipos de asignaturas tipificadas en los planes de estudio: básicas de rama (16), obligatorias (26) y optativas (2). Las asignaturas pertenecen a titulaciones de ingenierías que

se imparten en la UPV/EHU, tanto industriales como de telecomunicación, organización, ingeniería civil, ingeniería ambiental, minas, etc. Por tanto, la muestra está constituida por estudiantes de una misma universidad (UPV-EHU) de características demográficas similares que cursan estudios de ingeniería de similar estructura y proyección. De los 1224 estudiantes de la muestra que cursaron parte de una asignatura con estas metodologías, 553 lo hicieron con ABP y 661 con ABPY, todos ellos en condiciones similares en relación a la duración y contexto de la puesta en práctica en el aula.

Los resultados se han analizado haciendo un contraste de medias entre los dos grupos de comparación (asignaturas ABPY y asignaturas ABP), para cada uno de los ítems del cuestionario, de forma que se ha podido cuantificar la diferencia que existe en la valoración de los estudiantes ABP y ABPY sobre las habilidades profesionales desarrolladas y ciertos aspectos del aprendizaje tras haber cursado una asignatura con una de las dos metodologías. Para la comparación de medias se han utilizado dos pruebas estadísticas, la prueba *t* de student para muestras independientes y la *U* de Mann Whitney; esta última para el caso en el que no se cumpliesen las condiciones para aplicar la primera.

2. RESULTADOS

Los resultados de las pruebas estadísticas en las que se comparan las medias de cada ítem en los dos grupos (ABP y ABPY) se presentan en la Tabla 1. En la primera columna se recogen los enunciados de las preguntas, que a partir de ahora se denominarán ítems. A continuación, en las siguientes dos columnas se muestran las medias para cada uno de los ítems de los dos grupos comparados (ABP y ABPY). En la columna nº 4 se recogen las diferencias de las medias, calculadas en porcentaje respecto al valor de ABP para cada ítem. Nótese que los ítems se han ordenado en función de los valores de esta cuarta columna de mayor a menor. Finalmente se presentan en las dos últimas columnas el valor *p* y el tamaño del efecto que permite valorar si la diferencia entre ambas muestras es grande o pequeña. Los ítems a su vez se presentan agrupados en dos dimensiones: Habilidades y aspectos del aprendizaje.

A grandes rasgos, se observa que los estudiantes valoran que la metodología les ha ayudado a desarrollar una serie de habilidades profesionales y a favore-

El método activo (ABP o ABPY) te ha ayudado a: (1: muy poco, 2: poco, 3: bastante, 4: mucho)		Media ABPY	Media ABP	DIFERENCIA (%)	p^*	TAMAÑO DEL EFECTO <i>d</i> de Cohen
HABILIDADES	Analizar situaciones de la práctica profesional	3,25	2,74	18,82	0,000	1,27
	Indagar por tu cuenta en torno al trabajo planteado	3,33	2,93	13,72	0,000	1,42
	Resolver problemas u ofrecer soluciones a situaciones reales	3,17	2,84	11,80	0,006	0,97
	Tomar decisiones en torno a una situación real	3,18	2,84	11,72	0,020	0,77
	Desarrollar tu autonomía para aprender	3,13	2,85	9,94	0,003	1,00
	Mejorar tus capacidades de trabajo en grupo	3,31	3,03	9,46	0,001	1,07
ASPECTOS APRENDIZAJE	Desarrollar tus habilidades de comunicación (oral o escrita)	2,97	2,73	8,82	0,015	0,79
	Desarrollar competencias necesarias en la práctica profesional	3,10	2,64	17,27	0,000	1,27
	Aumentar el interés y la motivación por la asignatura	3,08	2,65	16,19	0,016	0,78
	Tomar una actitud participativa respecto a tu aprendizaje	3,27	2,88	13,72	0,000	1,39
	Relacionar los contenidos de la a signatura y obtener una visión integrada	3,12	2,81	10,90	0,010	0,79
	Establecer relaciones entre teoría y práctica	3,28	3,02	8,73	0,017	0,77
	Comprender contenidos teóricos	2,89	2,80	3,12	0,522	0,20

(* Para valores de $p < 0,05$ la diferencia entre las medias es estadísticamente significativa

Tabla I: Valoración de las metodologías ABP y ABPY. Resultados del cuestionario y de las pruebas estadísticas

cer ciertos aspectos del aprendizaje entre poco y bastante para los estudiantes ABP y entre bastante y mucho para los estudiantes ABPY, estando en la mayoría de los ítems los valores medios alrededor del 3 (bastante). Se constata, asimismo, que para todos los ítems la valoración es superior en los grupos ABPY, estando las diferencias comprendidas entre un mínimo de 3,11% y un máximo de 18,8%. Además, estas diferencias entre los dos grupos son estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para todos los ítems salvo uno, el ítem "comprender contenidos teóricos", siendo el tamaño del efecto para el resto de ítems grande según el criterio de Hattie, que para innovaciones educativas fija como un efecto grande aquel en el que la *d* de Cohen sea mayor de 0,6.

3. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran que los estudiantes de ingeniería de la UPV/EHU que han seguido la metodología ABPY valoran en mayor medida la eficacia del método tanto para adquirir habilidades profesionales como para favorecer ciertos aspectos del aprendizaje. Destacan, tanto el ítem "analizar situaciones de la práctica profesional", como el ítem "desarrollar competencias necesarias en la práctica profesional", ambos vinculados a la práctica laboral, son los que mayores diferencias presentan entre las metodologías, un 18,8 % y un 17,3 % respectivamente. Los estudiantes consideran

que, contextualizan mejor el aprendizaje y desarrollan más las habilidades profesionales con el empleo del ABPY. Este resultado de nuestro estudio confirma empíricamente las afirmaciones realizadas por otros autores [1, 6, y 9].

Por otro lado, se constata que el ABPY es más apropiado que el ABP para promover la capacidad de aprendizaje autónomo de los estudiantes en sintonía con la afirmación de Perrenet [9]. Los estudiantes consideran que con el ABPY indagan más por su cuenta para buscar soluciones al problema planteado (un 13,7 % más que en el ABP), desarrollan más su autonomía para aprender (un 9,9% más), y toman una actitud más participativa respecto a su aprendizaje (un 13,7 % más). Conviene recordar que las habilidades mencionadas están directamente relacionadas con la capacidad de aprender a lo largo de la vida que se demanda al nuevo perfil del ingeniero para el siglo XXI [1]. "Indagar por tu cuenta en torno al trabajo planteado" es además el ítem que recibe la valoración más alta de entre las habilidades desarrolladas con el ABPY (3,33), y cuya diferencia presenta mayor tamaño del efecto ($d = 1,42$).

Siendo también una de las capacidades más demandadas por los empleadores [5] "Mejorar tus capacidades de trabajo en grupo" es la segunda habilidad más valorada al utilizar ABPY (3,31) y a pesar de ser la más valorada en ABP (3,03) se obtiene una diferencia significativa y tamaño del efecto grande del lado del ABPY.

En la mayoría de artículos de investigación, se presenta el ABP como la metodología que promueve la habilidad de resolución de problemas [3, 7 y 2]. Es cierto que en el ABP se desarrolla dicha habilidad, pero una de las aportaciones relevantes de nuestro análisis es que, según los resultados obtenidos en este caso de estudio, el ítem "resolver problemas u ofrecer soluciones a situaciones reales", dicha habilidad se desarrolla más utilizando el ABPY. La diferencia entre la valoración de los estudiantes ABPY y ABP es del 11,8 % y un tamaño del efecto grande, a favor del ABPY.

Además de las habilidades profesionales, de los resultados de las encuestas se pueden obtener otras consecuencias acerca de otros aspectos del aprendizaje que promueven estas metodologías. Así, para los estudiantes, el ABPY "aumenta la motivación y el interés sobre la asignatura" en mayor medida que en los estudiantes ABP (un 16,2 % más), lo cual es coherente con las afirmaciones de Felder [1] que asegura que la metodología ABPY crea un entorno motivador para los estudiantes. Las dos metodologías son igualmente eficaces para promover el aprendizaje práctico o aplicado, pues el ítem "Establecer relaciones entre teoría y práctica" es en las dos metodologías uno de los tres más valorados, y con una de las diferencias más pequeñas.

El ítem "comprender contenidos teóricos" no presenta una diferencia significativa entre las dos metodologías, y aunque

se valora algo mejor en el APBY (2,89), es la que menor valoración recibe de todos los ítems entre los estudiantes ABPY. En este sentido, se respalda la tesis de Perrenet [9] que sostiene que el ABPY estaría más orientado a las aplicaciones de los contenidos, mientras que el ABP estaría enfocado más bien a la adquisición de conocimiento. En función de los objetivos particulares de una asignatura, o de los contenidos a impartir, sería conveniente valorar en cada caso la idoneidad de utilizar una u otra metodología, o incluso, optar por la inclusión de ambas a lo largo de la carrera, dando lugar así a un currículum híbrido. La forma de integrarlas en el currículum de los cursos de ingeniería y analizar de qué manera se obtienen mejores resultados, constituyen en la actualidad, posibles líneas de investigación a desarrollar en el futuro. Además, sería de gran interés profundizar en este tema con estudios que realizaran una prueba común consensuada para evaluar competencias profesionales en la ingeniería que permitiera conocer la efectividad de las metodologías en su desarrollo, recurriendo a una evaluación externa por parte de un comité de profesionales y académicos.

4. CONCLUSIONES

Por último, como conclusión general de este estudio de caso en la UPV/EHU, las valoraciones de los estudiantes parecen indicar que pudiera ser más efectivo utilizar preferentemente la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos en lugar de Problemas, de cara a lograr un mayor desarrollo de habilidades profesio-

nales. Más concretamente las relativas al análisis de situaciones profesionales, la indagación, la resolución de problemas, la toma de decisiones, la autonomía para aprender, el trabajo en grupo, y la comunicación. Una de las aportaciones relevantes de nuestro análisis es que, según la valoración de los estudiantes, también la habilidad de resolución de problemas se desarrollaría más utilizando el Aprendizaje Basado en Proyectos que recurriendo al Aprendizaje Basado en Problemas. Estos resultados, aunque no son directamente generalizables a otros contextos distintos al estudiado en este trabajo, pueden ser interesantes para que sean analizadas en otras instituciones de educación superior que se plantean la utilización de metodologías activas como el ABP y el ABPY para sus estudiantes de ingeniería. Según los resultados de nuestro estudio, habría que considerar el Aprendizaje Basado en Proyectos como una opción metodológica preferente para el desarrollo de competencias profesionales en las enseñanzas de ingeniería.

REFERENCIAS

- [1] Felder RM, Brent R, "Teaching and learning STEM: A practical guide". Jossey-Bass. CA. 2016.
- [2] Warnock JN, Mohammadi-Aragh MJ, "Case study: use of problem-based learning to develop students' technical and professional skills". *European Journal of Engineering Education*, 2016. Vol. 41-2. p.142-153. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03043797.2015.1040739>
- [3] Božić M, Čizmić S, Šumarac-Pavlović A, y Escalas-Tramullas MT. "Problem-based learning in telecommunications: internship-like course bridging the gap between the classroom and industry". *International journal of electrical engineering education*. 2014. Vol. 51-2. p.110-120. DOI: <http://dx.doi.org/10.7227/IJEEE.51.2.3>
- [4] Fang N. "Improving engineering students' technical and professional skills through project-based active and collaborative learning". *International Journal of Engineering Education*. 2012. Vol. 28-1. p.26-36.
- [5] Mills JE, Treagust DF "Engineering education—Is problem-based or project-based learning the answer?". *Australasian journal of engineering education*. 2003. Vol. 3-2. p.2-16.
- [6] Harmer N, "Project-based learning: Literature review". 2014. Plymouth University. https://www.plymouth.ac.uk/uploads/production/document/path/2/2733/Literature_review_Project-based_learning.pdf. Último acceso, 18 de Julio de 2017.
- [7] Jonassen DH, "Engineers as problem solvers". en Johri A, y Olds BM (eds.). *Cambridge Handbook of Engineering Education Research*. Cambridge University Press. 2014. New York p.103-118.
- [8] Prince MJ, Felder RM, "Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases". *Journal of engineering education*. 2006. Vol. 95-2. p.123-138. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb.00884.x>
- [9] Perrenet JC, Bouhuijs PAJ, Smits JGMM, "The suitability of problem-based learning for engineering education: Theory and practice". *Teaching in higher education*. 2000. Vol 5-3. p.345-358. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/713699144>
- [10] Fernández I, Guisasola J, Garmendia M, Alkorta I, y Madinabeitia A, "¿Puede la formación tener efectos globales en la universidad? Desarrollo docente, metodologías activas y currículum híbrido". *Infancia y aprendizaje*. 2013. Vol. 36-3. p.387-400. DOI: <http://dx.doi.org/10.1174/021037013807532990>

