

APRENDIZAJE ACTIVO CON PBL EN EL DISEÑO INSTRUCCIONAL DE *EXPRESSIÓ GRÀFICA*

Noelia Olmedo-Torre

Departament d'Enginyeria Gràfica i de Disseny

Marta Peña

Departament de Matemàtiques

Miquel Soriano Ibañez

Departament d'Enginyeria Telemàtica

Anna Pujol Ferran

Departament d'Enginyeria Gràfica i de Disseny

Resumen

Numerosos estudios respaldan los efectos positivos del aprendizaje activo en la mejora de la motivación y las actitudes del alumnado en el aprendizaje global y la reducción de las diferencias en las calificaciones. Esta investigación tiene como objetivo aumentar nuestra comprensión sobre los efectos del aprendizaje activo, aplicando metodologías PBL, en el alumnado para aumentar la motivación en varios grupos de clase de una asignatura de *Expressió Gràfica*. Para ello se realiza una comparación cuantitativa de sus calificaciones. Los resultados muestran que el desarrollo de las actividades didácticas propuestas, además de promover el pensamiento creativo e innovador, ha contribuido a la mejora en la visualización de modelos geométricos y la comprensión de enunciados y soluciones.

Palabras clave: PBL; Motivación; Aprendizaje activo; Ingeniería Gráfica; Evaluación

1. Marco teòric

Entre las metodologías activas de enseñanza más validadas, el PBL (Problem-Based Learning) es una metodología de aprendizaje activo enfocada a la participación e implicación del estudiante en la construcción de su propio conocimiento. Es un método interdisciplinario con un enfoque innovador con origen en las teorías constructivistas y centrado en el trabajo, el aprendizaje, la investigación y la reflexión que los estudiantes siguen de forma independiente, o en grupo, para llegar a la solución de un problema planteado por el profesorado, y cuya resolución supondrá el desarrollo y adquisición de determinadas competencias. Estas habilidades pueden ser trasladadas posteriormente al ámbito profesional, ya que uno de los principales objetivos del método es que el estudiante aprenda a resolver un problema profesional (Granado-Alcón et al., 2020).

De estas metodologías centradas en el estudiante, destacan el Aprendizaje Basado en Problemas (en adelante PrBL) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (en adelante PjBL). Su uso en cursos de ingeniería ha mostrado notables ventajas para motivar e involucrar a los estudiantes en situaciones reales de trabajo, favoreciendo la resolución de problemas, y desarrollando el pensamiento crítico y las habilidades profesionales (Othman et al., 2017), mejorar la comprensión conceptual y las percepciones de aprendizaje (Yadav et al., 2011) y el rendimiento (Dağyar & Demirel, 2015), (Gijbels et al., 2005), (Leary et al., 2013).

Objetivos del estudio y preguntas de investigación.

- ¿Cuáles son los efectos de implementar estrategias PBL en el desempeño del alumnado (motivación y aprendizaje) en la asignatura Expressió Gràfica (EG) durante varios años en su aplicación?
- ¿Estos diseños instruccionales mejoran la evaluación de los estudiantes?

Para responder empíricamente a estas interrogantes y con el fin de aportar conocimiento a la implementación de estrategias que ayuden al estudiantado a mejorar su rendimiento académico se realizó un estudio experimental en el que se utilizó como instrumento de medición una comparación cuantitativa del aprendizaje de los estudiantes en diferentes años académicos. Son las notas finales, notas de Laboratorio y notas del Proyecto de 13 grupos de clase que han cursado esta asignatura durante cinco cursos académicos (2015 a 2019).

Contexto del estudio

La recopilación de datos durante los años académicos 2015 a 2019 permitirá evaluar y discutir la evolución del curso a lo largo de los años a través del aprendizaje y la evaluación de los estudiantes. Esta asignatura obligatoria, de seis créditos ECTS (European Credit Transfer System), se imparte durante el primer y segundo cuatrimestre con 14 sesiones cada cuatrimestre. Los grupos de clase estaban formados por un máximo de 30/32 estudiantes en jornadas de mañana (M) o tarde (T) y participan todas las especialidades (Ingeniería Eléctrica, Mecánica, Química, Electrónica Industrial, Biomedicina, Energía y Materiales) de la Escola d'Enginyeria de

Barcelona Est (EEBE) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

Se resuelven varios (2 a 3) ejercicios por clase utilizando la herramienta CAD Solidworks Education Edition 2020®. Cada uno de los ejercicios son especialmente importantes para comprender y llevar a cabo el Proyecto que se debe entregar al final del curso. Se introducen dos herramientas para ayudar al alumnado a realizarlos: ejercicios en vídeo para la resolución de las piezas y tutoriales del software.

2. Metodología

Aplicación del PrBL

En la aplicación de esta metodología es necesario incentivar al grupo de clase. Deben participar activamente en la resolución de problemas, deben ser capaces de identificar soluciones y aplicarlas al problema. A su vez, el docente debe tener el rol de guía o asesor. Los ejercicios realizados en el Laboratorio (que aumentan en complejidad a medida que avanza el curso) ayudan a comprender las diferentes etapas que componen el Proyecto. Los problemas que se han diseñado a lo largo del curso son problemas abiertos. Esto les ayuda a tomar la iniciativa en su aprendizaje y los motiva a aprender por su cuenta. También se les anima a hacer y aclarar preguntas sobre temas que no entienden. Los tiempos para resolver problemas son limitados (generalmente 1 hora y media). Si la tarea no se completa en clase, se debe entregar durante la semana. Los ejercicios se resuelven individualmente o en grupos dependiendo de su complejidad. En muchos ejercicios en el aula el alumnado forma grupos de trabajo donde se discuten las soluciones e interactúan con el profesorado, quienes brindan

retroalimentación. Esto facilita la interacción, el aprendizaje colaborativo y su aplicación en una variedad de contextos. El docente propone, además de resolver dudas, algunas discusiones en grupo para facilitar la comprensión de los enunciados. Los criterios que se utilizarán para evaluar los ejercicios se exponen mediante una rúbrica previamente creada. La metodología PrBL se aplicó mediante la realización de dos o tres ejercicios por sesión utilizando la herramienta CAD Solidworks Education Edition 2020®.

La Figura 1 muestra diferentes ejercicios propuestos en clase donde se aprecian diferentes complejidades de las piezas del Laboratorio.

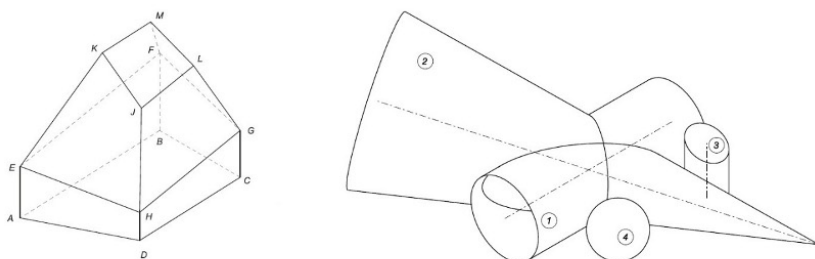


Figura 1. Ejercicios realizados por el alumnado en el Laboratorio.

La Tabla 1 proporciona un resumen sobre los objetivos, alcances, recursos, retroalimentación y evidencias de las sesiones al usar PrBL durante la implementación de esta investigación (2015-19).

Metodología de aprendizaje. Aprendizaje basado en problemas				
Objetivo	Alcance	Recursos	Realimentación	Evidencia / (evaluación)
Modelar en 3D y desarrollar planos basados en axonometría. Aplicar técnicas de representación de geometría espacial y superficial.	Fomenta la realización del proyecto y la comprensión de temas afines no tratados en clase.	Ejercicios semanales, tutoriales multimedia, videos explicativos, presentaciones de resolución paso a paso.	Semanalmente y durante la sesión de clase. Corrección a realizar una semana después del envío. Ejercicios aprobados cuando los profesores aseguran que se ha llegado al último paso de la tutoría.	Resolución de ejercicios de forma individual y en grupo. Tutoriales y vídeos para el aprendizaje basado en ejemplos (CAD1, CAD2 y CAD3)

Tabla 1. Objetivos y descripción de las sesiones utilizando PrBL durante la implementación de esta investigación (2015-19).

Aplicación del PjBL

La metodología PjBL se aplica en la realización y entrega de un Proyecto de ingeniería original. Consiste en un conjunto de diferentes componentes mecánicos realizados por un grupo de tres personas. El Proyecto elegido permite una gran adaptabilidad al entorno y las circunstancias, ya que es de libre elección, pero siempre relacionado con la vida real. Al dejar en manos del alumnado la consecución de los objetivos marcados por la investigación y, apoyándose en la experiencia y la práctica como método educativo, su grado de motivación e implicación es necesariamente mayor que en un entorno de aprendizaje de contenidos más pasivo. La colaboración entre el

grupo es necesaria e imprescindible para asumir los objetivos planteados por esta metodología. El contenido del Proyecto debe incluir un breve informe, dibujos de las piezas a mano alzada, planos impresos con proyecciones multivista de cada pieza, vistas explosionadas con cada pieza identificada, movimientos específicos del conjunto, montajes y una presentación en vídeo. La interacción, correcto movimiento de componentes, planos y montajes serán considerados muy positivamente para la evaluación del Proyecto. La evaluación se realiza mediante una rúbrica. La animación de los mecanismos y la realización de un vídeo se valoran positivamente. La Tabla 2 proporciona un resumen sobre los objetivos, el alcance, los recursos, la retroalimentación y la evidencia de las sesiones en el uso del PjBL.

Metodología de aprendizaje. Aprendizaje basado en proyectos				
Objetivo	Alcance	Recursos	Realimentación	Evidencia / (evaluación)
Aprendizaje basado en proyectos	Aplicar todas las competencias de la materia (específicas y genéricas).	Fomenta el trabajo en grupo y el desarrollo de habilidades de aprendizaje autónomo.	Todo el material disponible en campus virtual generado durante el curso.	Cada 15 días ya mitad de curso. Realimentación es inmediato.

Tabla 2. Objetivos y descripción de la sesión usando PjBL.

Recolección de evidencias

La evaluación de la asignatura EG consta de siete pruebas preestablecidas en las semanas 5, 10 y 14 del curso académico. Dos de estas pruebas son teóricas (TTN y TTG), tres de problemas de Laboratorio (DAO1, DAO2 y DAO3), una de habilidades espaciales y croquizado de piezas (PCA) y una entrega final de un trabajo en grupo (Proyecto).

La nota final se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{NOTA FINAL} = 0.1 \times \text{DAO1} + 0.25 \times \text{DAO2} + 0.15 \times \text{DAO3} + 0.1 \times \text{PCA} + 0.15 \times \text{TTN} + 0.1 \times \text{TTG} + 0.15 \times \text{Proj}$$

Donde: TTN = Test de normativa de dibujo; TTG = Test de geometría espacial; DAO1 = examen parcial; DAO2 = examen parcial; DAO3 = Examen parcial de geometría espacial; PCA = Croquis de piezas y Proj = Proyecto

Las notas recogidas servirán para realizar una comparación cuantitativa en la evolución de la aplicación de estas metodologías y proporcionarán evidencias empíricas para saber si el estudiantado ha aprendido y comprendido los contenidos del curso. Las calificaciones ofrecen información sobre el nivel de desarrollo del aprendizaje y sirven como herramienta para guiarlos y motivarlos. En relación con la metodología PrBL, se tendrán en cuenta las evidencias de Laboratorio de los parciales DAO1, DAO2 y DAO3. En relación con la metodología PjBL, se tendrán en cuenta las notas del Proyecto y las notas finales de la asignatura.

3. Resultados

Aplicación de la metodología PrBL

Las evaluaciones realizadas y descritas en el apartado Metodología nos llevan a obtener evidencias sobre los resultados de aprendizaje del alumnado. Esta evidencia empírica aportará argumentos para saber si finalmente se han conseguido los objetivos propuestos y cómo ha sido la evolución a lo largo del curso académico. En relación a los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología PrBL se pueden observar (Figura 3) las tendencias ascendentes a lo largo de los años de promedios de evaluación de DAO1, DAO2 y DAO3. Estas notas mantienen una media general de 5,9 en DAO1 y DAO2 y una nota de 4,5 en DAO3.

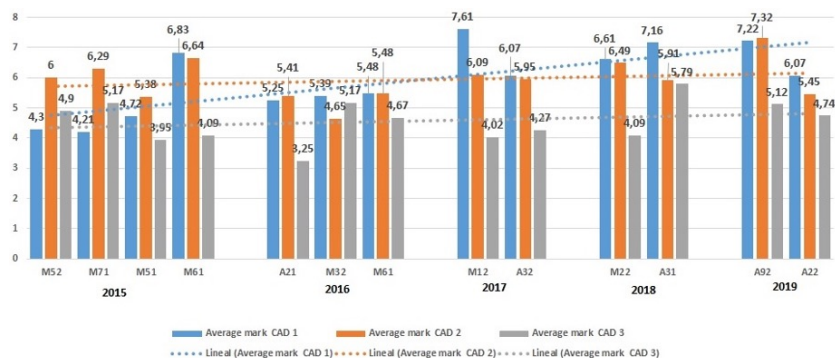


Figura 3. Tendencias en los promedios de evaluación CAD1, CAD2 y CAD3.

Aplicación de la metodología PjBL

La entrega del Proyecto consiste en un trabajo donde se aplican todos los conocimientos adquiridos. Es un proyecto original y consensuado al inicio de las clases. Los proyectos entregados son de diversa índole,

siempre relacionados con campos de la ingeniería y la especialidad que estudian.

La Tabla 3 muestra los promedios de las notas finales de la asignatura y los promedios de las notas de los Proyectos de los diferentes grupos de clase entre 2015 y 2019. El promedio general de las notas finales mantiene un valor por encima de 5 (5,6) y el proyecto un 7,3.

Grupos	Año/Quatrimestre						
	2015				2016		
	1Q		2Q		1Q	2Q	
	M52	M71	M51	M61	A21	M32	M61
Nota media del proyecto	8,2	5,38	7,6	7,88	6	7,65	7,9
Nota media final	6,7	5,4	5,2	5,7	5,1	5,3	6,6

Grupos	Año/Quatrimestre					
	2017		2018		2019	
	1Q	2Q	1Q	2Q	1Q	2Q
	M12	A32	M22	A31	A92	A22
Nota media del proyecto	6,91	7,6	6,65	8,46	8,05	7,41
Nota media final	5,4	5,7	5,2	6	6,2	5,2

Tabla 3. Nota media de proyecto y nota final media de grupos.

4. Discusión

Discusión sobre los resultados de la aplicación de la metodología PrBL

La literatura científica ha avalado a PrBL como una metodología eficaz (Loyens et al., 2008), (Yadav et al., 2011), (Gijbels et al., 2005), (Latasa et al., 2012). Se instruye a los estudiantes para que resuelvan ejercicios y se les anima a descubrir los conocimientos que deben adquirir para avanzar en la resolución de un problema propuesto como lo plantea Dağyar. (Dağyar & Demirel, 2015). A lo largo de las clases, aplicando técnicas de observación (Fuertes, 2011), se reconoce que el alumnado se esfuerza por aprender y son conscientes de la necesidad de establecer un vínculo con el profesorado tal y como afirman (Warnock & Mohammadi-Aragh, 2016), (Sancho et al., 2009). La aplicación de PrBL fomenta la iniciativa en el aprendizaje, los anima a hacer preguntas y los motiva a aprender por sí mismos. Se ha demostrado que las discusiones grupales para comprender y resolver un problema son muy útiles, como lo respalda la literatura científica (Warnock & Mohammadi-Aragh, 2016).

Discusión sobre los resultados de la aplicación de la metodología PjBL

Es la actividad en la que se sienten más cómodos trabajando y en la que más se implican en su propio aprendizaje (Egenrieder, 2010). Esta motivación explica el compromiso con el aprendizaje derivado del interés por los contenidos que se imparten y que aumenta día a día. La evidencia mostrada es el resultado del diseño de estas prácticas educativas en las que se enfatizan las habilidades de aprendizaje por encima de los contenidos y su conexión con el mundo real y se

promueve el aprendizaje a lo largo de la vida y el aprender a aprender (Granado-Alcón et al., 2020).

5. Conclusiones

Las instituciones y el profesorado deben trabajar por un modelo educativo que reconozca la construcción colectiva y plantee problemas y situaciones reales. La implementación y desarrollo del PBL en el futuro debe ser considerado como un método educativo capaz de lograr una transformación social que dé sentido a la libertad de aprender de la mano de los docentes.

El PBL debe confrontar al alumnado hasta los límites de su conocimiento para descubrir, generar ideas y conceptos totalmente nuevos con la ayuda del docente. Necesitan trabajar en un clima de aprendizaje cooperativo, intercambiar ideas y opiniones, argumentar proactivamente sobre lo que otros piensan y estar capacitados para aceptar fallas y errores. Es por ello que las mejores prácticas docentes con PBL deben hacer pensar y razonar al estudiantado con teorías y puntos de vista opuestos, y deben servir para que confronten diferentes opiniones sobre lo que en un principio parecía un tema sencillo. El PBL debe ser una metodología activa socialmente transformadora que desafíe las premisas del problema e introduzca elementos críticos en la discusión. Si queremos que el PBL tenga un impacto significativo, el profesorado debe diseñar planes de estudios que tengan plenamente en cuenta el papel de esta metodología de aprendizaje activo en la comprensión social del proceso de aprendizaje en entornos flexibles, pero bien estructurados. Para lograr altos índices de éxito se requiere una gran inversión de tiempo y alta experiencia, ambos apoyados en la formación en estos campos, que las

universidades deben impartir a sus docentes. Es poco probable que esta propuesta encuentre mucho apoyo dado el clima actual de ahorro de costes en la educación. Si los responsables de las políticas educativas no están realmente preocupados por brindar a la próxima generación una educación real y significativa entonces hay pocas opciones en este asunto.

La planificación de estas metodologías activas de aprendizaje en la actividad académica ha demostrado ser fundamental para definir objetivos de aprendizaje claros y medibles. Con estas prácticas, la adquisición de conocimientos y habilidades se vuelve más eficiente, eficaz y atractiva. También es necesaria la incorporación de la tecnología audiovisual en las aulas, con nuevos materiales didácticos y una revisión periódica de la aplicación y eficacia de estas metodologías. Se requiere que los docentes estén preparados para desempeñar un rol formativo de calidad donde deben ser capaces de reevaluar sus metodologías de enseñanza para adaptarse a estos cambios, con menos clases magistrales y más actividades que promuevan habilidades y actitudes.

Las universidades están obligadas a revisar sus métodos de enseñanza y sus prácticas educativas y deben ser capaces de responder a los desafíos centrados en el alumnado. Las administraciones y la propia universidad deben apoyar la implantación de estas prácticas y se debe dotar de herramientas al profesorado más sensible a la innovación docente y preocupado por mejorar la formación universitaria. Dirigir la educación en ingeniería en esta dirección requerirá liderazgo educativo y más investigación. La ciencia, la tecnología y la ingeniería deben estar en primera fila para solucionar los problemas de las instituciones educativas y los gobiernos.

Referencias

- Dağyar, M., & Demirel, M. (2015). Effects of problem-based learning on academic achievement: A meta-analysis study. *Eğitim ve Bilim*, 40(181), 139–174. <https://doi.org/10.15390/EB.2015.4429>
- Egenrieder, J. (2010). *Facilitating Student Autonomy in Project-Based Learning to Foster Interest and Resilience in STEM Education and STEM Careers*. Washington Academy of Sciences. http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf
- Fuertes, T. (2011). La observación de las prácticas educativas como elemento de evaluación y de mejora de la calidad en la formación inicial y continua del profesorado. Observation of educational practices as elements of evaluation and improvement of quality in the initial an... *Revista de Docencia Universitaria*, 9(3), 237–258. <http://red-u.net/redu/files/journals/1/articles/248/public/248-647-1-PB.pdf> <https://doi.org/10.4995/redu.2011.11228>
- Gijbels, D., Dochy, F., Van Den Bossche, P., & Segers, M. (2005). Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, 75(1), 27–61. <https://doi.org/10.3102/00346543075001027>
- Granado-Alcón, M., Gómez-Baya, D., Herrera-Gutiérrez, E., Vélez-Toral, M., Alonso-Martín, P., & Teresa Martínez-Frutos, M. (2020). Project-Based Learning and the Acquisition of Competencies and Knowledge Transfer in Higher Education. *Sustainability*, 12(10062), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su122310062>
- Latasa, I., Lozano, P., & Ocerinjauregi, N. (2012). Aprendizaje basado en problemas en currículos tradicionales: Beneficios e inconvenientes. *Formación Universitaria*, 5(5), 15–26. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062012000500003>
- Leary, H., Walker, A., Shelton, B., & Fitt, M. (2013). Exploring the relationships between tutor background, tutor training, and student learning: A problem-based learning meta-analysis. *The Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, Leary, H.,(7(1)), 40–66. <https://doi.org/doi.org/10.7771/1541-5015.1331>
- Loyens, S. M. M., Magda, J., & Rikers, R. M. J. P. (2008). Self-directed learning in problem-based learning and its relationships with self-regulated learning. *Educational Psychology Review*, 20(4), 411–427. <https://doi.org/10.1007/s10648-008-9082-7>
- Othman, H., Mat Daud, K. A., Ewon, U., Mohd Salleh, B., Omar, N. H., Abd Baser, J., Ismail, M. E., & Sulaiman, A. (2017). Engineering Students: Enhancing Employability Skills through PBL. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 203(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/203/1/012024>

- Sancho, P., R. Fuentes-Fernandez, Gomez-Martin, P. P., & Fernandez-Manjon, B. (2009). Applying Multiplayer Role-Based Learning in Engineering Education: Three Case Studies to Analyze the Impact on Students' Performance. *International Journal of Engineering Education*, 25, 665. https://pubman.e-ucm.es/drafts/e-UCM_draft_136.pdf
- Warnock, J. N., & Mohammadi-Aragh, M. J. (2016). Case study: use of problem-based learning to develop students' technical and professional skills. *European Journal of Engineering Education*, 41(2), 142–153. <https://doi.org/10.1080/03043797.2015.1040739>
- Yadav, A., Subedi, D., Lundeberg, M. A., & Bunting, C. F. (2011). Problem-based learning: Influence on students' learning in an electrical engineering course. *Journal of Engineering Education*, 100(2), 253–280. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00013.x>