

09-008

### **EXPERIENCES OF PROBLEM-BASED LEARNING. PHOTOVOLTAIC SYSTEMS INTEGRATION PROJECT AIMED AT UNIVERSITY AND PRE-UNIVERSITY STUDENTS**

*Muñoz Cerón, Emilio* <sup>(1)</sup>; *Ortega Jódar, María Jesús* <sup>(2)</sup>; *Rubio Paramio, Miguel Ángel* <sup>(3)</sup>; *Hermoso Orzáez, Manuel Jesús* <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidad de Jaén, <sup>(2)</sup> Colegio Cristo Rey Jaén, <sup>(3)</sup> Universidad de Jaén

In training processes related to technology and engineering, the application of active teaching methodologies may involve deeper learning of the concepts taught, thereby improving the acquisition of corresponding competences. Within these methodologies, Problem-Based Learning (PBL) is one of the most successful techniques. In this communication, the results of a teaching innovation project implemented at the University of Jaén are presented, where a modification of this methodology is proposed, substituting the word "Problem" for "Project", since the future work of the engineering student will be based mainly on the development of technical solutions following the methodologies of the project theory. On the basis of this pedagogical framework, a PBL action is proposed, where by means of a joint experimental collaboration between the secondary and university levels, a project will be developed in which the photovoltaic electricity generation potential of an institute will be analysed, substituting its electrical demand for the energy generated with this renewable source. A novelty of this project is that the transfer of knowledge to secondary school students will be carried out mostly by university students.

*Keywords: secondary school; higher education; PBL; renewable energy; engineering*

### **EXPERIENCIAS DE UN APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS. PROYECTO DE INTEGRACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DIRIGIDO A UNIVERSITARIOS Y PRE-UNIVERSITARIOS**

En los procesos formativos relacionados con la tecnología y la ingeniería, la aplicación de metodologías docentes activas puede suponer un aprendizaje más profundo de los conceptos impartidos, mejorando con ello la adquisición de las competencias correspondientes. Dentro de estas metodologías, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es una de las técnicas que más éxito tiene. En esta comunicación, se presentan los resultados de un proyecto de innovación docente implementado en la Universidad de Jaén, donde se propone una modificación de esta metodología, sustituyendo la palabra "Problema" por "Proyecto", puesto que el futuro laboral del alumno de Ingeniería se basará mayoritariamente en el desarrollo de soluciones técnicas siguiendo las metodologías de la teoría de proyectos. Sobre la base de este marco pedagógico, se propone una acción ABP, donde mediante una colaboración experimental conjunta entre los niveles de enseñanza secundaria y universitaria, se desarrollará un proyecto en el que se analizará el potencial de generación de electricidad fotovoltaica de un instituto, sustituyendo su demanda eléctrica por la energía generada con esta fuente renovable. Una novedad de este proyecto radica en que la transferencia de conocimiento a los alumnos de enseñanza secundaria se realizará mayoritariamente por los alumnos universitarios

*Palabras clave: educación secundaria; educación universitaria; ABP; energías renovables; ingeniería*

Correspondencia: Emilio Muñoz Cerón emunoz@ujaen.es



©2020 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción y Objetivos

En el campo de las enseñanzas técnicas, el trabajo práctico multi- e interdisciplinar adquiere un carácter fundamental en el desarrollo curricular del alumno, ya que le proporciona una visión más real y tangible de los acometidos profesionales a realizar una vez sus estudios han finalizado (DeCoito, 2015; Grosemans et al., 2017).

En la actualidad, el Espacio Europeo de Educación Superior considera como factor fundamental la necesidad de que los estudiantes adquieran capacidad de aprendizaje continuo durante el desarrollo de su vida profesional, lo que viene a denominarse formación permanente. Esta destreza tiene aún más sentido en las carreras técnicas debido a la velocidad de los avances tecnológicos y a la continua necesidad de adaptación a los nuevos tiempos. Por lo tanto, nuestros alumnos tendrán que ser capaces de afrontar los cambios y adaptarse a las necesidades que el mundo del trabajo determina a través del desarrollo de una capacidad de aprendizaje autónomo y continuo. Por eso, es necesario utilizar nuevos métodos de enseñanza basados más en el aprendizaje activo, el cual centra su atención en el estudiante, y no tan focalizado en la enseñanza magistral del profesor (Morales Bueno et al., 2004), con el fin de que el estudiante pueda ser competente en un futuro mundo profesional en continua evolución y que requiere un aprendizaje autónomo por parte del trabajador.

A tenor de estos cambios continuos, se propone poner en práctica una metodología interdisciplinaria, que ya tiene recorrido en las enseñanzas técnicas, cuyo objetivo es desarrollar esta capacidad de aprendizaje continuo, pero siendo el alumno el agente responsable de su propio aprendizaje. Esta metodología se llama Aprendizaje Basado en Problemas (ABP o PBL, del inglés Problem Based Learning) (Eggermont et al., 2015).

En esta metodología, los alumnos tienen un papel activo en su propio aprendizaje, asumiendo responsabilidades bajo la tutela del profesor que actúa como supervisor del proceso. En lugar de memorizar conceptos basados en los aspectos teóricos de una determinada materia que el alumno debe adquirir, y una posterior asignación de problemas o prácticas de laboratorio que los ilustran, en esta metodología PBL el profesor presenta el problema al inicio del curso y el alumno es el responsable de identificar sus necesidades de aprendizaje, mediante la búsqueda autónoma de información para su resolución. Se trata, por tanto, de una metodología activa y aplicada, más adaptada a la filosofía del mercado laboral futuro al que se integrarán estos estudiantes. Se trata, por tanto, de una metodología que fomenta un sistema de evaluación que permite contrastar, de manera tangible, la adquisición de las competencias definidas en una asignatura determinada y que difiere notablemente del método de enseñanza tradicional, que sigue estando muy extendido en la actualidad (Warnock and Mohammadi-Aragh, 2016).

Establecer el uso de metodologías de aprendizaje activo como es el caso de ABP, que desarrollan en los alumnos la capacidad de aprendizaje continuo y les permiten adquirir las habilidades, valores y competencias exigidas en el mundo profesional, se considera uno de los métodos de enseñanza más adecuados para los niveles de educación superior (universitaria), aunque bien es cierto, que la realidad existente en España muestra un escenario de escasa implantación (González and Batanero, 2016a, 2016b; Martínez et al., 2015). Sin embargo, esta metodología PBL sí está siendo promovida y desarrollada con éxito en los ciclos de bachillerato (preuniversitarios), por lo que se considera conveniente e innovador introducir progresivamente este método de enseñanza en los títulos universitarios, preferentemente los que tengan carácter más experimental, y obtener retroalimentación de la experiencia de los estudiantes preuniversitarios que no sólo comienzan a asimilar esta metodología, sino que la demandan en su formación.

Con el proyecto ABP propuesto para su implementación, no sólo se pretende abordar esta laguna metodológica en la docencia de los actuales estudiantes universitarios, sino también generar en la Universidad un foco de atracción para los futuros estudiantes. Aunque actualmente existen diferentes acciones en las universidades para promover la integración e implicación de estos nuevos estudiantes (Plan de Acción Tutorial, talleres técnicos, jornadas de puertas abiertas, etc.), no existe ninguna acción que permita crear una vinculación y un seguimiento continuo con los estudiantes preuniversitarios en los años previos a su entrada en la universidad. La generación de este vínculo de atracción puede ser especialmente relevante en las carreras de ingeniería, debido a que en ocasiones, la complejidad de estos estudios puede suponer una barrera de entrada que es fácilmente superable si se ha creado un foco de atracción previo.

En esta propuesta de innovación docente, se propone un paso más avanzado del concepto ABP, sustituyendo la palabra "Problema" por "Proyecto", ya que la mayor parte del trabajo futuro del estudiante de ingeniería se basará en el desarrollo e implementación de metodología de resolución basada en la teoría de proyectos. Particularizando en el desarrollo de proyectos tecnológicos, existe una clara tendencia hacia temas relacionados con la eficiencia energética en la edificación, así como la integración de las energías renovables como mecanismo de generación eléctrica distribuida sostenible y método de ahorro energético (Flipsen et al., 2015; González and Batanero, 2016b), donde ya hay constancias de experiencias previas (Nordin et al., 2017). En estos aspectos, la Universidad de Jaén, promotora de este proyecto, cuenta con una destacada formación docente e investigadora con un gran potencial (Aguilar-Peña et al., 2016; Munoz et al., 2012).

Dentro del campo energético en el que se enmarca este ABP, destaca que cualquier proyecto energético está relacionado con multitud de disciplinas, ya sean tecnológicas, económicas, sociales o ambientales. Por lo tanto, esta propuesta adquiere no sólo un carácter multidisciplinar, sino también interdisciplinar. Al mismo tiempo, abordar un proyecto energético implica considerar la continua evolución que se está produciendo debido al desarrollo de la tecnología, el aumento del consumo de energía, el cambio normativo y la aparición de soluciones técnicas complejas como las Ciudades Inteligentes.

Sobre la base de este marco pedagógico y técnico, se propone una acción de aprendizaje basado en proyectos mediante la resolución de una problemática en el que se analizará el potencial de la generación de electricidad fotovoltaica de un instituto de secundaria y la sustitución de su demanda de electricidad por la energía generada con esta fuente renovable.

El valor añadido de este ABP es que se basa en el trabajo conjunto de colaboración experimental entre estudiantes preuniversitarios, que están realizando cursos de tecnología industrial, y estudiantes universitarios que cursan asignaturas técnicas propuestas en su título, relacionadas con la temática, como es "Proyectos" o "Instalaciones Fotovoltaicas". A pesar del carácter autónomo de esta metodología, toda esta actividad realizará bajo la tutela de los profesores de la Universidad y del instituto de secundaria implicados en este proyecto, los cuales guiarán a los alumnos en el desarrollo de la investigación que deberán llevar a cabo para resolver el problema planteado, en la forma de un proyecto técnico.

## **2. Metodología**

La primera tarea de este proyecto es la identificación de un problema técnico actual, como es el caso del fomento de la eficiencia energética y la integración de los sistemas de generación eléctrica con energías renovables, que son algunas de las alternativas sostenibles como método de ahorro energético en un edificio. El problema específico propuesto en este caso será sustituir, hasta un cierto porcentaje, el consumo eléctrico de un

edificio educativo por un suministro basado en la integración de sistemas de energía solar fotovoltaica en las superficies disponibles del edificio que sean adecuadas para este fin.

A partir de esta hipótesis, los estudiantes de bachillerato y universitarios han tenido que identificar, en un proceso continuo durante el desarrollo del proyecto, aquellos conceptos técnicos que no conocían o necesitaban profundizar para encontrar una solución aplicada adaptada a su nivel de conocimiento. En este punto, cabe decir que esta tarea se ha realizado, en primera instancia, de manera independiente por ambos grupos de estudiantes, que en el caso de los alumnos del instituto es durante los dos años del proyecto, mientras que la presencia de los alumnos universitarios en el proyecto ha sido solamente en el segundo año, ya que la asignatura en la que se ha introducido este proyecto tiene una duración de un cuatrimestre y es complicado garantizar la continuidad en la implicación de estos alumnos una vez superado el curso académico.

Durante el primer año se han creado grupos de trabajo en el instituto atendiendo a su nivel educativo, donde se ha expuesto el proyecto a resolver. Para ello, de forma paralela en 4ºESO, 1º y 2º de Bachillerato de la rama de tecnología, se han creado equipos intentado cumplir con los estándares del trabajo colaborativo, realizando las diferentes tareas en grupos de 4 o 5 personas, fomentando la existencia de diversidad de aptitudes en cada grupo.

Estos equipos de trabajo han sido asesorados por el profesor responsable de las materias tecnológicas en su instituto, así como por profesores universitarios con el objetivo de impartir los conocimientos que estos estudiantes requieren y así nivelarlos adecuadamente a los requerimientos del proyecto propuesto. Para ello, se han propuesto actividades periódicas relacionadas con la temática, que han ido evolucionando en complejidad y estaban integradas en las asignaturas correspondientes a cada nivel. Entre ellas, durante el primer año, se les ha encomendado estudiar la factura de la luz, analizar el consumo de su casa, prácticas de diseño con software CAD o discernir sobre qué tipo de energía renovable es la más idónea en nuestros días en la ubicación seleccionada.

La manera de evaluar estas tareas ha sido la misma que la seguida en otras actividades de las asignaturas implicadas, con el objetivo de no distorsionar la planificación del curso.

De manera complementaria a las actividades de sus asignaturas y siguiendo el proceso de nivelación anteriormente mencionado, los alumnos de bachillerato se han incorporado a las sesiones prácticas reales que los estudiantes universitarios han llevado a cabo en la intensificación en Ingeniería Fotovoltaica del grado de Ingeniería en Electrónica Industrial, impartido en la Universidad de Jaén, con el fin de familiarizarse con la tecnología y además, de manera indirecta, empezar a crear ese foco de atracción hacia su Universidad local.

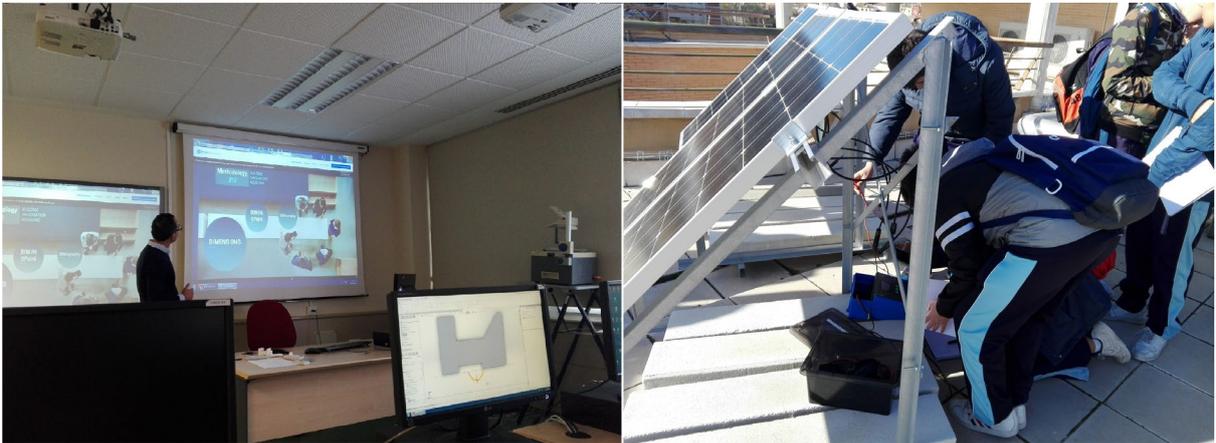
Las figuras 1 y 2 muestran ejemplos de sesiones de trabajo en equipo de estos estudiantes en el instituto, usando software de diseño 3D y de simulación solar, así como su participación en las sesiones prácticas impartidas en las instalaciones de la Universidad.

A modo de resumen, el funcionamiento diario durante el primer año del proyecto se ha basado en la propuesta de actividades relacionadas con la temática, embebidas en las programaciones de cada asignatura del instituto, con sesiones adicionales más extensas donde el profesorado universitario o bien impartía alguna clase magistral en las propias aulas del centro, o los alumnos del instituto visitaban las instalaciones de la Universidad para realizar seminarios ad-hoc, o se integraban en las prácticas reales de las materias de electricidad fotovoltaica de la Universidad.

**Figura 1: Sesiones de trabajo de los estudiantes de Bachillerato del Colegio Cristo Rey de Jaén**



**Figura 2: Prácticas de laboratorio en la UJA (estudiantes de bachillerato y universitarios)**



Posteriormente, durante el segundo año del proyecto, se ha trabajado por un lado con los mismos alumnos del centro de secundaria, con estudiantes de la Universidad de Jaén y en sesiones conjuntas de ambos grupos.

En el caso de los estudiantes universitarios, el desarrollo de este PBL ha tenido lugar dentro de la asignatura de Proyectos, la cual se imparte en el último año de las carreras de grado en Ingeniería Eléctrica y Grado en Ingeniería Electrónica Industrial. Para ello, se han seleccionado grupos de estudiantes universitarios para desarrollar, en el marco de las prácticas de esta asignatura, el diseño del proyecto propuesto, y que además, quieren participar voluntariamente en este PBL en las sesiones conjuntas.

Se han creado dos equipos, cada uno de ellos de las titulaciones mencionadas y formados por dos estudiantes cada uno de ellos, siendo el procedimiento de trabajo el correspondiente a las sesiones de prácticas ya programas, esto es, un seguimiento y tutorización semanal, por parte del profesor de prácticas, de la evolución en la confección del proyecto técnico.

La evaluación de su trabajo se ha basado en los mismos criterios que los recogidos en la guía académica de la asignatura de Proyectos y aplicada por igual al resto de compañeros que no han participado en el PBL.

Adicionalmente se ha propuesto la creación de dos grandes grupos de trabajo interdisciplinares integrados por estos estudiantes de la Universidad y los alumnos de

Bachillerato (preuniversitarios) que están cursando la asignatura "Tecnología Industrial", donde varios de los grupos que ya venían trabajando en este proyecto, se han unido para confeccionar cada uno de los "macrogrupos". Estos trabajos en equipo están siendo supervisados por personal docente de ambos centros educativos.

En la figura 3 se muestra una de las sesiones de trabajo en equipo durante el segundo año del proyecto, donde los estudiantes universitarios han realizado la labor de transferencia de conocimiento hacia los alumnos de bachillerato, con el objetivo de guiarles en la resolución de los problemas de diseño que han ido surgiendo conforme el proyecto avanzaba.

Esta transferencia de conocimientos entre universitarios y escolares se realizó mediante reuniones periódicas cada 4 meses durante este segundo año para ver el desarrollo y evolución del problema. A su vez el profesorado universitario y la profesora de tecnología servían como puente de intercomunicación entre dichos grupos en el caso de que entre las sesiones surgían dudas que impidiesen un avance en el desarrollo de la solución técnica planteada.

**Figura 3: Sesiones de trabajo en equipo entre estudiantes universitarios y de secundaria en las instalaciones del Colegio Cristo Rey**



Esta metodología de trabajo, centrada en la transferencia de conocimiento entre los niveles de educación implicados, es la base de un nuevo enfoque que se ha dado a la metodología ABP, y que se ha denominado "top-down". El refuerzo y la transferencia de conocimientos hacia los estudiantes técnicos del instituto de secundaria (preuniversitarios), potenciales estudiantes de la Universidad de Jaén, que es su referencia académica de enseñanza superior local, se está llevando a cabo durante ese segundo año del proyecto, por parte de los estudiantes universitarios implicados, lo que también será útil para el desarrollo de sus capacidades de liderazgo y compromiso. A su vez, estos estudiantes universitarios cuentan con el apoyo de sus profesores (ver figura 4).

**Figura 4: Flujo de conocimiento en el enfoque top-down de la metodología ABP aplicada**



Desde el punto de vista técnico del proyecto, y como paso previo a la definición del potencial fotovoltaico del emplazamiento elegido, los alumnos preuniversitarios han sido guiados por estudiantes universitarios, y los docentes especialistas, para realizar un levantamiento en 3D del edificio del Centro Educativo Bilingüe Cristo Rey Jaén, mediante programas de diseño asistido por ordenador. De esta forma, se podrá disponer de un punto de partida sobre la que se propondrán y evaluarán diferentes opciones de integración arquitectónica de la tecnología solar fotovoltaica en este edificio, tomando como referencia larga trayectoria que tienen los investigadores de la Universidad de Jaén en la realización de proyectos de esta naturaleza (Casa et al., 2011; Muñoz-Cerón et al., 2009; Ortega et al., 2010; Talavera et al., 2011).

Cada uno de los grupos participantes, tanto universitarios como de bachillerato, ha propuesto y diseñado, adaptado a sus niveles de conocimiento, varios anteproyectos con el tipo de instalaciones fotovoltaicas más apropiadas de acuerdo con la legislación vigente y los diferentes tipos de integración solar arquitectónica (integración en fachadas o en cubierta, inclinación de módulos, conexión directa a la red eléctrica, sistemas aislados, etc.) para posteriormente, una vez elegido la solución más adecuada, realizar un diseño libre de esta instalación fotovoltaica, que sea capaz de generar la máxima producción eléctrica posible, teniendo en cuenta las características climatológicas de la zona y la ubicación del edificio, y por tanto, sirva para minimizar el consumo de energía eléctrica del centro educativo procedente de la red.

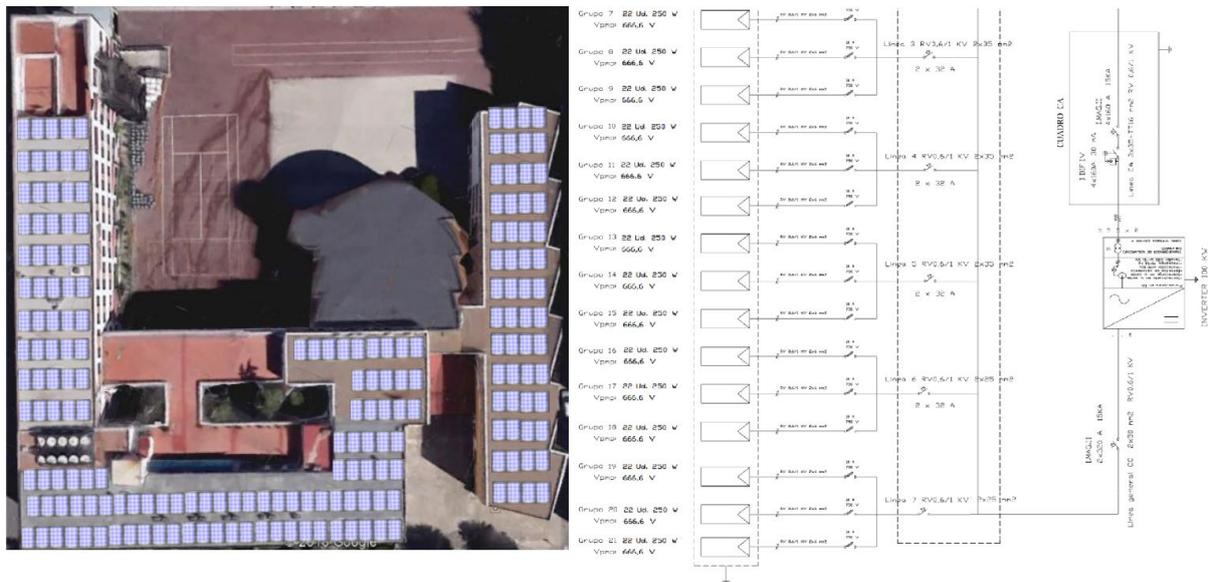
La instalación fotovoltaica propuesta por cada grupo se ha simulado mediante un software de evaluación fotovoltaica, que ha permitido determinar la energía obtenida a lo largo de un año y así poder identificar los posibles ahorros de electricidad de la factura del centro.

Finalmente, cada una de las propuestas de los grupos de estudiantes preuniversitarios será sometida a una defensa pública que será evaluada por los estudiantes universitarios bajo la supervisión del profesorado de ambos centros, si bien, la calificación de la misma será responsabilidad de la profesora de secundaria en el marco de la asignatura.

### 3. Resultados

El primer resultado de este ABP se ha obtenido de la entrega de la solución de ingeniería adoptada por los estudiantes universitarios dentro de las prácticas de la asignatura Proyectos, donde han tenido que implementar, bajo la norma UNE 157001, los documentos que conforman este proyecto técnico. Como se observa en la figura 5, se deduce, por el nivel de detalle alcanzado, que estos estudiantes han alcanzado las competencias demandadas en dicha asignatura, las cuáles versan principalmente en el conocimiento y capacidad para gestionar proyectos, así como la obtención de la capacidad para la gestión de la información y aplicación de las especificaciones técnicas y la legislación pertinente que afecta a un tipo de proyecto de ingeniería determinado.

**Figura 5: Detalle del proyecto de ingeniería desarrollado por los alumnos de la asignatura de Proyectos de la Universidad**



Analizando el otro grupo objeto de estudio de este ABP, esto es, los alumnos de bachillerato, se observa en la figura 6 los resultados preliminares de las tareas que los alumnos del centro preuniversitario han venido realizando hasta la fecha con respecto al proyecto de integración fotovoltaica. El alto nivel de complejidad alcanzando es notable, lo que demuestra que el potencial de aprendizaje de este tipo de estudiantes es mucho mayor de lo esperado y que a menudo está limitado o restringido por algunas materias poco flexibles. Se podría afirmar que los alumnos preuniversitarios son capaces de alcanzar niveles avanzados en el proceso de diseño de un proyecto.

A la luz de estos resultados preliminares, y de la experiencia del profesorado tanto del centro de enseñanza secundaria, como del universitario, podría decirse que estos estudiantes del instituto estarían mejor preparados para realizar estudios superiores de ingeniería, si bien, coincidiendo con lo que afirman algunos autores expertos en la materia, se estima necesario definir una metodología apropiada que evalúe estos procesos de mejora (Julià and Antolí, 2019; Shekhar et al., 2019) y que será implementada en las siguientes ediciones del PBL.

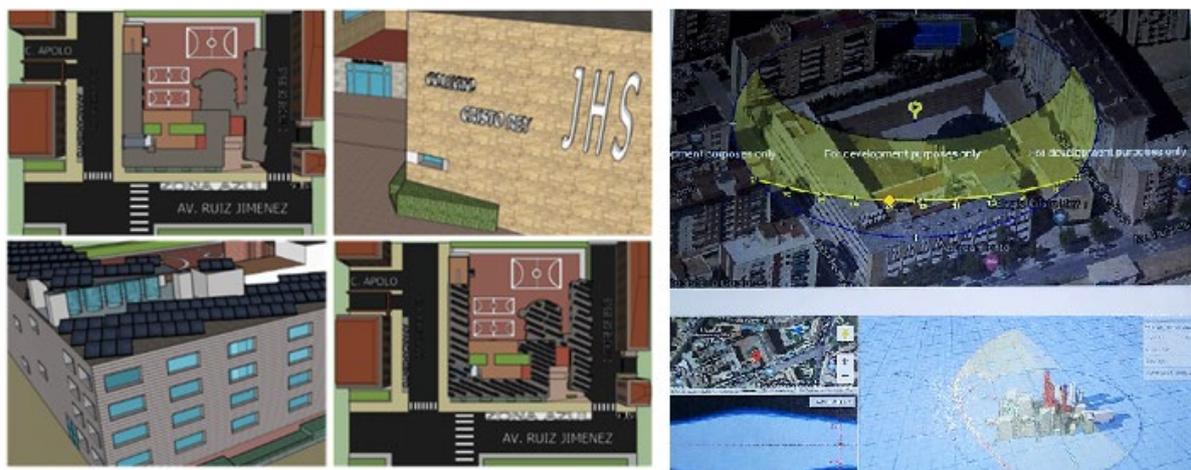
Otro resultado detectado está relacionado con el enfoque arriba-abajo (top-down) implementado en este estudio dentro de la metodología ABP. Al finalizar las sesiones formativas o de trabajo de los alumnos pre-universitarios, se realizaron sesiones informales con dichos alumnos para testear su nivel de aprendizaje. El resultado más notable es que

las sesiones prácticas o seminarios de formación impartidos por los docentes universitarios han arrojado resultados de dificultades de aprendizaje para los alumnos de bachillerato, puesto que no se realizó adaptación alguna al lenguaje ni nivel formativo de estos alumnos. Por el contrario, las sesiones de trabajo conjunta entre alumnos universitarios y los del instituto, resultaron más exitosas y el aprendizaje para los estudiantes de bachillerato tuvo un mayor calado. Se ha detectado que al haber pasado por un proceso de asimilación de contenidos parecido, con la salvedad de nivel, los alumnos de ingeniería tenían mayor destreza y cercanía al explicar los contenidos, y por tanto al ser conscientes de las dificultades de aprendizaje de algunos conceptos, su adaptación al nivel de los estudiantes pre-universitarios era más adecuado.

#### 4. Conclusiones

La principal conclusión del trabajo presentado es que la metodología ABP es especialmente adecuada para aquellas asignaturas cuyo campo de conocimiento pertenece al área de la tecnología, y además, puede ser aplicada a diferentes niveles educativos, lo que abre un abanico de posibilidades de colaboraciones conjuntas.

**Figura 6: Ejemplos de los resultados preliminares, aún en curso, de los estudiantes de bachillerato del centro Cristo Rey Jaén**



Una de las conclusiones más relevantes es que los alumnos preuniversitarios son capaces de alcanzar niveles avanzados en el proceso de diseño de un proyecto, tal y como se muestra en la figura 6, los que les posiciona mejor para afrontar carreras técnicas. En este punto, los alumnos participantes del colegio Cristo Rey, han visto en la Universidad de Jaén un centro de referencia a tener en cuenta para la continuación de sus estudios.

Por otro lado, por desarrollo cognitivo natural, los estudiantes universitarios, que están en el último curso de sus estudios, están, por lo general, bien preparados para acometer la tarea de diseño propuesta y la participación o no en este proyecto no ha influido en sus calificaciones finales. No obstante, la percepción del grado de satisfacción y del nivel de participación, una vez aplicado esta metodología ABP, ha sido mayor con respecto a otros grupos donde no se aplicaba. En esto coincide esta conclusión con la publicada por estudios similares donde se usa esta metodología (Gratchev and Jeng, 2018). Destaca que se podrían obtener mejores resultados si la flexibilidad del sistema educativo permitiese una implantación de este tipo de metodologías activas, especialmente en lo que a cursos universitarios se refiere.

Sin embargo, cabe resaltar que, a pesar de estar más lejos del mercado laboral, respecto a los estudiantes universitarios, el interés mostrado ha sido mayor en los estudiantes preuniversitarios. Tal vez, la presión curricular proveniente de todas las asignaturas que tienen que cursar en los grados de ingeniería, así como el mayor nivel de complejidad requerido, influyen en una disminución del interés de los estudiantes de la Universidad, o posiblemente haya que buscar alguna motivación adicional, más evolucionada de PBL, tal y como se propone en (García-García; et al., 2017)

La aplicación del enfoque top-down dentro de la metodología ABP ha probado ser exitosa en mejorar la adquisición de conocimientos de ambos niveles educativos. El aprendizaje de los estudiantes del nivel preuniversitario ha sido más profundo en aquellas sesiones en las que han trabajado en equipo con los estudiantes universitarios, ya que la adquisición de conocimiento es más sólida si proviene de gente más cercana a ellos, lo que podría denominarse aprendizaje por iguales. Por el contrario, las sesiones realizadas por los profesores, así como las prácticas conjuntas de laboratorio, no han tenido el éxito esperado, especialmente debido a la falta de conocimientos y a la falta de adaptación al nivel necesarios.

Cabe mencionar que ha habido una cierta barrera en el éxito del proyecto debido a la falta de incentivo de los estudiantes universitarios, coincidente con resultados ya publicados (Gratchev and Jeng, 2018), que no han visto muchos beneficios "tangibles" en su participación en el proyecto (por ejemplo, en forma de calificación adicional), debido a las restricciones en el sistema de evaluación oficialmente aprobado. Sin embargo, el hecho de tener que incorporarse a un grupo de trabajo con alumnos más jóvenes, y de tener que actuar como mentores, ha permitido que éstos hayan podido reforzar los conocimientos a aplicar en sus respectivos proyectos de nivel universitario, donde incluso han tenido que contemplar algunos aspectos que los alumnos de bachillerato les han sugerido.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo gracias a la financiación obtenida de la Universidad de Jaén en el marco del Plan de Innovación e Incentivo de Buenas Prácticas Docentes I2D-UJA 2016 con el proyecto de referencia PID4\_20162017.

## 5. Referencias

- Aguilar-Peña, J.D., Muñoz-Rodríguez, F.J., Rus-Casas, C. (2016). Docencia semipresencial de sistemas fotovoltaicos: Laboratorio virtual con Pspice. *XII Congreso de tecnología, aprendizaje y enseñanza de la electrónica*. (pp.468–474). Sevilla: TAAE Asociación de tecnología, aprendizaje y enseñanza de la electrónica.
- Casa, J. de la., Almonacid, G., Muñoz-Cerón, E., Rubio Paramio, M.A., Talavera, D., Ortega, M.J., Ruiz-Martínez, A., Vidal, P.G., Pérez-Higueras, P.J., Gallego, J., del Jesus, M.J., Aguilera, J. (2011). Universol project. Final results. *26th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*. (pp. 4068–4072). Hamburgo, Alemania: WIP Renewable Energies. doi: 10.4229/26thEUPVSEC2011-5BV.1.2
- DeCoito, I., (2015). Developing integrated science, technology, engineering and mathematics (STEM) projects in education. *EESD15 – The Seventh International Conference on Engineering Education for Sustainable Development*. doi:10.14288/1.0064730
- Eggermont, M., Brennan, R.W., O'Neill, T. (2015). The impact of project-based learning on

self-directed learning readiness. *EESD15 – The Seventh International Conference on Engineering Education for Sustainable Development*. doi:10.14288/1.0064727

Flipsen, B., Bakker, C., Verwaal, M. (2015). Multidimensional sustainability assessment of solar products : educating engineers and designers. *EESD15 – The Seventh International Conference on Engineering Education for Sustainable Development*. doi:10.14288/1.0064761

García-García, C., Royo-González, M., Ruíz-Pastor, L., Felip-Miralles, F., Chulvi-Ramos, V. (2017). Competition-based learning: proyectos de ingeniería de diseño para la generación de conocimiento grupal. Experiencia de uso en la enseñanza universitaria. En editor: (A, Pastor-Fernández., J.L, Yagüe-Blanco) (Eds.). *Nuevas tendencias de enseñanza y aprendizaje aplicadas a la formación en dirección de proyectos*. Universidad de Cádiz.

González, R., Batanero, F. (2016a). A review of problem-based learning applied to engineering. *International Journal of Advanced Education and Research*. 3. N° 1, 14-31.

González, R., Batanero, F. (2016b). The implementation of a problem-based learning approach in a graduate construction engineering programme. *International Journal of Advanced Education and Research*. 3, nº2, 1-12.

Gratchev, I., Jeng, D.-S. (2018). Introducing a project-based assignment in a traditionally taught engineering course. *European Journal of Engineering Education*. 43, 788–799. doi:10.1080/03043797.2018.1441264

Grosemans, I., Coertjens, L., Kyndt, E. (2017). Exploring learning and fit in the transition from higher education to the labour market: A systematic review. *Educational Research Review*. 21, 67–84. doi:10.1016/j.edurev.2017.03.001

Julià, C., Antolí, J.Ò. (2019). Impact of implementing a long-term STEM-based active learning course on students' motivation. *International Journal of Technology and Design Education*. 29, 303–327. doi:10.1007/s10798-018-9441-8

Martínez, R., del Carmen, M., de la Rosa, D. (2015). Motivation in university students under problem based learning. Differences in academic results from an extraordinary call for exam. *International Journal of Advanced Education and Research*. 2. N°3. 1-26

Morales Bueno, P., Victoria, Y., Fitzgerald, L. (2004). Aprendizaje basado en problemas problem – based learning. *Theoria*. 13, 145–157.

Muñoz-Cerón, E., Casa, J. Ortega-Jódar, M.J., Almonacid, G., Talavera, D.L., Vidal, P.G., Pérez-Higueras, P.J., Gallego, J., Ruiz, A., Rubio-Paramio, M.A., del Jesus, M.J. (2009). Universol project. *24th European Photovoltaic Solar Energy Conference*. (pp. 4218–4222). Hamburgo, Alemania: WIP-Renewable Energies. doi: 10.4229/24thEUPVSEC2009-5BV.2.58

Munoz, F.J., Torres, M., Munoz, J.V., Rus, C., Aguilar-Peña, J.D., Aguilera, J. (2012). Laboratorio remoto para el aprendizaje de los sistemas fotovoltaicos autónomos. *X Congreso de tecnología, aprendizaje y enseñanza de la electrónica*. (pp. 174-180). Vigo: TAAE Asociación de tecnología, aprendizaje y enseñanza de la electrónica.

Nordin, N., Samsudin, M.A., Harun, A.H. (2017). Teaching renewable energy using online

PBL in investigating its effect on behaviour towards energy conservation among Malaysian students: ANOVA repeated measures approach. *Physics Education*. 52, 015001. doi:10.1088/0031-9120/52/1/015001

Ortega, M.J., Casa, J., Almonacid, G., Talavera, D., Muñoz-Ceron, E., Ruiz, A., Rubio-Paramio, M.A., Gallego, J., Vidal, P.G., Pérez-Higueras, P.J., del Jesus, M.J. (2010). Large-scale deployment of photovoltaic systems in building integration: “Universol project”. *25th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition / 5th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*. (pp. 5212-5216). Valencia: WIP Renewable Energies. doi: 10.4229/25thEUPVSEC2010-5BV.5.44

Shekhar, P., Prince, M., Finelli, C., Demonbrun, M., Waters, C. (2019). Integrating quantitative and qualitative research methods to examine student resistance to active learning. *European Journal of Engineering Education*. 44, 6–18. doi:10.1080/03043797.2018.1438988

Talavera, D.L., Muñoz-Cerón, E., de la Casa, J., Ortega, M.J., Almonacid, G. (2011). Energy and economic analysis for large-scale integration of small photovoltaic systems in buildings: the case of a public location in Southern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15, 4310–4319. doi:10.1016/j.rser.2011.07.119

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, 142–153. doi:10.1080/03043797.2015.1040739

**Comunicación alineada con los  
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

