

# Innovación, transformación social y ciudadana desde los proyectos de fin de titulación en ingeniería civil

## Innovation, societal and citizen transformation across end-of-degree projects in civil engineering

Juan Carlos Mosquera Feijoo<sup>1</sup>, Sandro Andrés Martínez<sup>1</sup>, Fernando Suárez Guerra<sup>2</sup>, María Belén Benito Oterino<sup>3</sup>, Beatriz Gonzalez Rodrigo<sup>4</sup>  
juancarlos.mosquera@upm.es, sandro.andres@upm.es, fsuarez@ujaen.es, mariabelen.benito@upm.es, beatriz.gonzalez.rodrigo@upm.es

<sup>1</sup>ETSI Caminos, Canales y Puertos  
Universidad Politécnica de Madrid  
Madrid, España

<sup>2</sup>Departamento de Ing. Mecánica y Minería  
Universidad de Jaén  
Linares (Jaén), España

<sup>3</sup>ETSI Topografía, Geodesia y Astronomía  
Universidad Politécnica de Madrid  
Madrid, España

<sup>4</sup> Dpto. Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental  
Universidad Politécnica de Madrid  
Madrid, España

**Resumen-** La universidad puede contribuir al bienestar y mejora de condiciones de vida de comunidades desfavorecidas en países en desarrollo, mejorando los procesos constructivos y ayudando a capacitar a sus habitantes mediante enfoques sostenibles y participativos en pro de hábitats adecuados. Esta realización, ejecutada por una alianza entre equipos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), la Universidad de Jaén (UJA), y Caritas Abancay (CA, Perú), se centra en estudiantes de ingeniería civil de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP, UPM) que elaboraron su Proyecto de Fin de Titulación (PFT) en la modalidad de cooperación al desarrollo con un enfoque de Aprendizaje Servicio (ApS). Los estudiantes viajan, residen en la comunidad destinataria del proyecto, empatizan con la población, conocen y ponderan las necesidades, sus propias limitaciones, los recursos y los retos. Además, emprenden las fases iniciales del PFT, participan y colaboran con las entidades contrapartes en sus campañas e iniciativas de acción social. Los hallazgos sobre el impacto en el alumnado indican aprendizajes significativos, cambios de percepción y transformaciones en las dimensiones afectiva, intelectual, social y profesional.

**Palabras clave:** *Aprendizaje servicio, proyectos de fin de titulación, construcción sostenible, cooperación internacional, edificaciones en regiones desfavorecidas.*

**Abstract-** Universities can contribute to the well-being and sustainability of unfavoured communities, by improving the construction processes and empowering their inhabitants through sustainable and participatory approaches in favor of suitable habitats. This experience, a partnership between teams from the Universidad Politécnica de Madrid (UPM), the Universidad de Jaén (UJA), and Caritas Abancay (CA, Perú), focuses on the impact on civil engineering students from the Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP, UPM), who developed their cooperation for the development end-of-degree project (EDP) with a service-learning approach. Students travel, live in the project-target community, empathize with the population, and learn and ponder the needs, their own limitations, learning needs, resources and challenges. At the same time that they undertake the initial phases of their EDP, they participate and collaborate with the counterpart entities in their campaigns and social action initiatives. The findings on the impact on

students indicate significant learning, changes in perception, and transformations in the affective, intellectual, social, and professional dimensions.

**Keywords:** *Service learning, End-of-degree projects, sustainable construction, international cooperation, buildings in depressed regions.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El Aprendizaje Servicio (ApS) fomenta la implicación intelectual y cívica del alumnado al vincular su trabajo en el aula con problemas y necesidades del mundo real. Ofrece razones al alumnado para dar lo mejor de sí mismo sin comprometer el rigor académico ni la consecución de los objetivos específicos de cada disciplina (Zlotkowski, 1998; Ropers-Huilman et al., 2005). Su empleo se ha ido generalizando en EEUU, su país de origen, en Latinoamérica y más recientemente en Europa. Además de su eficacia didáctica, fomenta el desarrollo afectivo y cognitivo y el sentido de pertenencia en el alumnado (Simmons et al., 2017).

Los Proyectos de Fin de Titulación (PFT) de cooperación internacional definen objetivos enmarcados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Su alcance consiste en dotar a las comunidades destinatarias de infraestructuras básicas — viviendas, centros de formación, edificaciones para el fomento de la empleabilidad o de mejora de las condiciones de vida, infraestructuras hidráulicas, y dotaciones sanitarias— para el beneficio de una comunidad entera o bien de sectores desfavorecidos o en riesgo de exclusión social. Los estudiantes viajan, residen en la comunidad destinataria del proyecto, empatizan con la población, conocen y ponderan las necesidades, los recursos y los retos. A la vez que emprenden las fases iniciales de sus PFT, participan y colaboran con las entidades contrapartes de destino en sus campañas e iniciativas de acción social. Además, perciben sus propias limitaciones, necesidades de aprendizaje y de adquisición de recursos y competencias. Desde el punto de vista de beneficio social, se afrontan proyectos en comunidades en las que el peso familiar

18-20 Octubre 2023, Madrid, ESPAÑA

VII Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Cooperación (CINAIC 2023)

recae mayoritariamente en la mujer y la empleabilidad a menudo redundan en la exclusión social. La interacción del alumnado con la población y las entidades receptoras contrapartes les permite ejecutar las etapas de su aprendizaje basado en competencias, a la vez que se completa una evaluación formativa de forma natural.

Este documento versa sobre una experiencia de ApS aplicado a los PFT en ingeniería civil desarrollados en la modalidad de cooperación internacional. Dos estudiantes de la ETSICCP de la UPM se desplazaron a la comunidad de Abancay (Perú), dos veces, en años consecutivos, durante sus dos meses de vacaciones escolares. La entidad contraparte es Caritas Abancay (CA, Perú).

En la primera estancia conocieron las necesidades y condiciones de realización del PFT (Figura 1). Tras esta retomaron el curso académico, avanzaron en la realización del proyecto —bajo la supervisión conjunta de los técnicos de CA y del profesorado de la ETSICCP—, prosiguieron su itinerario académico y plasmaron en sus proyectos las concreciones adecuadas. Al terminar el curso, volvieron a Abancay para el cierre de sus PFT.

**Figura 1**

*Los estudiantes participan de labores técnicas: excavan una cata para analizar el terreno de cimentación (izquierda) o estudian los procesos y métodos constructivos (derecha).*



Durante sus dos estancias, los estudiantes participaron además como voluntarios con CA en sus acciones técnicas (mejora de infraestructuras, instalaciones y edificaciones) y solidarias (plantar frutales en poblados, asistencia a discapacitados, comedores sociales, talleres formativos, entre otras).

El diseño de esta experiencia de ApS se fundamenta en el reconocimiento académico y en la utilidad de sus resultados. Es decir, ofrece una metodología pedagógica y una actividad educativa de servicio centrada en:

- **Procesos:** una sola propuesta combina el servicio a la comunidad y el aprendizaje de contenidos y de competencias curriculares ya en el umbral del ejercicio profesional. El alumnado de último curso aprende aspectos profesionales, desarrolla capacidades en sus dimensiones personales y al mismo tiempo es solidario.
- **Resultados:** estas experiencias mejoran los resultados académicos y competenciales, desarrollan el altruismo, la inteligencia creativa, la capacidad crítica y la reflexión, así como el sentido de ciudadanía.

## 2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

### A. Contexto

La experiencia de ApS se viene aplicando con el alumnado del último curso de Grado de Ingeniería Civil y Territorial o del Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos para resolver retos reales para el fomento de la empleabilidad o de mejora de las condiciones de vida, la ordenación urbana y la dotación de servicios para dignificar las condiciones de los asentamientos vulnerables o deficitarios. Este documento describe un reto constructivo condicionado por la seguridad y el riesgo sísmico.

Cada alumno ha desarrollado su propio PFT, consistente en la elaboración de un proyecto constructivo para de una edificación de dos plantas, según la normativa constructiva y antisísmica vigente en Perú, sobre terrenos propiedad de la Diócesis de Abancay. Los títulos de los proyectos eran, respectivamente: *Proyecto constructivo de nave para la producción de productos alimenticios en Abancay (Perú)*; y *Proyecto constructivo de edificación para la formación y empleabilidad de sectores desfavorecidos en Abancay (Perú)*.

Se plantean ambas edificaciones para usos polivalentes: promover la formación y la empleabilidad de personas en riesgo de exclusión y potenciar el papel de la mujer pues, por razones estructurales diversas, el peso de la vida familiar, el cuidado y crianza de los hijos recae sobre la mujer. Los proyectos responden a necesidades que la entidad promotora, Caritas Abancay, ha identificado dentro de sus líneas de actuación de programas de desarrollo social y ayuda humanitaria.

### B. Objetivos

Los objetivos educativos se orientan a que el alumnado, a través de estas experiencias:

- Incorpore mejoras en los procesos de aprendizaje activo que reemplacen a las tradicionales sesiones magistrales, despertando en el alumnado un método de aprendizaje experiencial que les implique y motive.
- Adquiera conocimientos sólidos demostrables a través del Aprendizaje Servicio.
- Desarrolle habilidades de iniciativa, capacidad emprendedora, de analizar e interpretar datos, de llevar a cabo experimentación apropiada, y usar un juicio ingenieril para obtener conclusiones.
- Mejore su capacidad de comunicarse eficazmente con diversidad de audiencias, en línea con uno de los resultados de aprendizaje establecidos por ABET (ABET, 2022).

Los objetivos metodológicos son:

- Aplicar la metodología activa del ApS, que combina aprendizaje práctico y servicio a la comunidad (Billig y Waterman, 2003; Tapia, 2010).
- Ofrecer un modelo transferible a otras asignaturas o titulaciones que traten contenidos o métodos afines.

Los objetivos de esta experiencia asociados a competencias sociales y de sostenibilidad son que el alumnado:

- Mejore su capacidad de reconocer las responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y hacer

juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de ingeniería en contexto global, económico, social y ambiental.

- Desarrolle sus sentidos de altruismo, solidaridad, empatía y ciudadanía, y una visión holística del progreso humano.

Los objetivos sobre las comunidades beneficiarias son:

- Alinear estas actuaciones de ApS con los ODS 3 — garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos —, ODS 6 — garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos— y ODS 11 — lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles —.
- Contribuir al bien común de las comunidades destinatarias con una base de conocimiento, algunos recursos metodológicos y alianzas estables para ayudarlas a mejorar en sus formas de construir edificaciones para que sean más seguras y saludables.

### C. Metodología

Las etapas de diseño y gestión de estos PFT solidarios son:

1. Diagnóstico y planificación. Los alumnos comenzaron identificando las necesidades, desafíos reales y los recursos disponibles. Así, conocieron las características físicas, topográficas, geológicas y geotécnicas de las parcelas donde se ubicarán las construcciones a proyectar para dar respuesta a sus finalidades. Así, la planificación de sus proyectos ha exigido:

- Fijar los objetivos, destinatarios y actividades del servicio solidario.
- Objetivos, contenidos y actividades del aprendizaje.
- Tiempos, espacios y cronograma para desarrollar cada proyecto.
- Designación de responsables y protagonistas.
- Fuentes de recursos.
- Evaluación del diseño y coherencia interna del proyecto.

2. Ejecución del PFT. Los alumnos ponen en práctica los aprendizajes: excavaron catas, realizaron mediciones y levantamientos topográficos, replanteos y estimaciones de dimensiones. Esta etapa supone la su mayor implicación personal, afectiva, de aprendizaje y adquisición de competencias. Requiere el acompañamiento y seguimiento de los tutores, a través de registros, tutorías online, entregas parciales de informes y revisiones. Así, la disponibilidad de los recursos o la irrupción de nuevas necesidades o condicionantes suelen requerir ajustes o nuevas implementaciones a la vista del grado de cumplimiento de los objetivos y resultados esperados. Es un proceso continuo de reflexión y evaluación de cada proceso y de los logros intermedios.

El rasgo didáctico principal de este modo de elaborar los PFT solidarios es que el alumnado se sitúa en el centro de su aprendizaje: identifica sus necesidades, establece su propio ritmo y pone en marcha medios y estrategias a su alcance para dar respuesta a los problemas intermedios: acopiar material de construcción, cómo secuenciar las fases constructivas, cómo gestionar residuos, etc. Al mismo tiempo, el docente actúa como impulsor de ese reto progresivo y acompañante en el camino hacia su solución. De este modo, la evaluación de resultados y aprendizajes es formativa.

3. Cierre, reflexión y evaluación. Esta etapa de la experiencia humana conlleva la sistematización final, la celebración y reconocimiento de los protagonistas, así como la medición del impacto (sobre el alumnado, el profesorado, las instituciones de la alianza y sobre la comunidad beneficiaria). El impacto que produce cada experiencia de PFT incide directamente sobre la continuidad y apertura a nuevos PFT de cooperación bajo el enfoque de ApS para los siguientes cursos.

En cada etapa se aplican acciones de seguimiento consistentes en la reflexión, registro y comunicación, y evaluación de procesos. Los alumnos confeccionan y entregan completos diversos documentos e informes asociados al PFT: memoria, planos, pliego de condiciones, presupuesto, anejo estructural, plan de obra, de seguridad e higiene, geotécnico, geológico y de gestión de residuos. Asimismo, se mantienen comunicaciones regulares con CA de cotutela de los proyectos.

Mediante esta metodología se ha valorado el impacto que produce la experiencia de cooperación y ApS en el alumnado desplazado a la comunidad destinataria. La convivencia en la región ayuda a impulsar el aprendizaje de contenidos prácticos y tecnológicos y la adquisición de competencias mediante el trabajo en equipo orientado a retos (Lemons et al., 2011).

## 3. RESULTADOS

### A. Realizaciones

Tras esta experiencia, los alumnos completaron sus PFT sobre la construcción de sendas edificaciones para la empleabilidad, la inclusión y la formación de personas en riesgo de exclusión: una nave industrial para la fabricación de productos alimenticios y un centro de formación para la empleabilidad de sectores desfavorecidos (Figuras 2 y 3).

**Figura 2**

*Vista actual del centro de formación para la empleabilidad.*



Durante sus estancias en Perú, los estudiantes también han prestado servicios de voluntariado, asistencia técnica, humana y empatizaron con la comunidad y las entidades contraparte.

**Figura 3**

*Vista futura de la edificación, según el PFT.*



## B. Impacto sobre el alumnado

Los TFG obtuvieron calificaciones finales de 7,6 y 8,0 puntos. Las competencias y aprendizajes adquiridos por los estudiantes participantes en esta experiencia ApS corresponden a los objetivos didácticos y solidarios indicados en el epígrafe 2. Se destaca que las estancias en destino han potenciado notablemente en los estudiantes su iniciativa, sus capacidades de trabajo en equipos internacionales y variar roles, de emprender, y de comunicarse de manera efectiva con audiencias diversas.

Asimismo, ambas experiencias han contribuido a sensibilizar y formar al alumnado de último curso de Grado en ingeniería en capacidades de sentido de ciudadanía, desarrollo sostenible y solidaridad desde el ámbito propio de sus competencias académicas, buscando un equilibrio entre necesidades comunitarias y objetivos de aprendizaje (Furco y Billig, 2002).

La secuenciación de las tareas del PFT conlleva un proceso de evaluación formativa: cada avance en el proyecto (la memoria, los planos, el plan de obra, etc) implica la adquisición de competencias y conocimientos demostrables. Los aprendizajes del alumnado se han evaluado a partir de entregas parciales en cada fase del proyecto: los anejos técnicos y los documentos principales. Sobre cada entrega se estableció un sistema de rúbricas asociadas al desarrollo de habilidades de demostrar, aplicar, analizar, sintetizar, diseñar, crear y evaluar. Además, durante sus estancias en Abancay, los alumnos debían realizar presentaciones con los avances de sus proyectos y entrevistarse con el equipo técnico de Caritas. A su vuelta, durante el curso escolar se realizaron tutorías y entrevistas orientadas a completar sus PFT. Además, se registraron informes personales del alumnado y de CA.

Uno de los frutos colaterales de estas acciones de cooperación ha sido la profundización en el conocimiento de los métodos constructivos de viviendas unifamiliares con materiales locales: adobe, ladrillos y bloques. De ello ha resultado la elaboración de un Manual de construcción sismorresistente de viviendas de adobe y de bloques, para disposición de las comunidades destinatarias. Contiene un conjunto de recomendaciones prácticas para la cimentación y construcción de viviendas más seguras frente a sismo. Se basa en un compendio de experiencias constructivas previas en las regiones andinas al cual se proponen mejoras.

## 4. CONCLUSIONES

En este documento se recogen dos experiencias de ApS basadas en realizar PFT de Grado o Master de Ingeniería Civil en la modalidad de cooperación internacional al desarrollo. Para llevar a cabo estos proyectos académicos, los alumnos autores han viajado dos veces en años consecutivos, al inicio y al final de sus proyectos, a Abancay (Perú), para conocer la realidad y los retos a afrontar. La alianza constituida por la UPM, UJA y CA ha reforzado la sostenibilidad de estos proyectos. Un efecto colateral ha sido la oportunidad de conocer en detalle la autoconstrucción de viviendas con materiales locales. Ello ha permitido recopilar un conjunto de recomendaciones constructivas sismorresistentes para viviendas unifamiliares construidas con materiales locales, con condiciones de habitabilidad más dignas y saludables. La experiencia ha servido

para implementar acciones solidarias con arreglo a los ODS 3, 6 y 11.

Esta experiencia ha utilizado una metodología de aprendizaje activo. Tras ella, se considera viable la difusión y traslado de este modelo a los PFT de otras titulaciones de ingeniería. Sigue siendo una preocupación la búsqueda de modelos educativos que den respuestas a los retos globales. Por ello, consideramos que el ApS debe ser un tema recurrente en las políticas sociales y educativas. El potencial transformador de la enseñanza tradicional, si bien una estructura necesaria, es limitado.

La inclusión del ApS en el diseño de los currícula para enseñar y formar eficazmente a los ciudadanos del futuro necesita contar con la implicación de otros agentes educativos y sociales; en el caso de los PFT serán beneficiosas las propuestas conjuntas entre instituciones educativas y organizaciones de la comunidad, asumiendo que la educación es una responsabilidad compartida y el ApS una herramienta eficaz.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo institucional de la UPM a través del proyecto ApS23-0405, y a Caritas Abancay por su apoyo técnico, humano y material, por su sublime calidad humana y sensibilidad en acoger y asistir al alumnado allí desplazado.

## REFERENCIAS

- ABET (s.f.), *Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2022–2023*. <https://www.abet.org/wp-content/uploads/2022/01/2022-23-EAC-Criteria.pdf>.
- Billig, S. H., & Waterman, A. S. (Eds.). (2014). *Studying service-learning: Innovations in education research methodology*. Routledge.
- Furco, A., & Billig, S. H. (Eds.). (2002). *Service learning: The essence of the pedagogy*. IAP, Greenwich, CT: Information Age.
- Lemons, G., Carberry, A., Swan, C., & Jarvin, L. (2011). The effects of service-based learning on metacognitive strategies during an engineering design task. *International Journal for Service Learning in Engineering, Humanitarian Engineering and Social Entrepreneurship*, 6(2), 1-18.
- Ropers-Huilman, B., Carwile, L., & Lima, M. (2005). Service-learning in engineering: A valuable pedagogy for meeting learning objectives. *European Journal of Engineering Education*, 30(2), 155-165.
- Simmons, D. R., Creamer, E. G., & Yu, R. (2017). Involvement in out-of-class activities: A mixed research synthesis examining outcomes with a focus on engineering students. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 18(2).
- Tapia, M. N. (2010). La propuesta pedagógica del “aprendizaje-servicio”: una perspectiva Latinoamericana. *Revista científica TzhoeCoen*, 3(5), 23-44.
- Zlotkowski, E. (1998). *Successful Service-Learning Programs. New Models of Excellence in Higher Education*. Anker Publishing Company, Inc. 176 Ballville Road, PO Box 249, Bolton, MA 01740-02.