

## Experiencia multidisciplinar para introducir los ODS en automática

Calvo, Isidro<sup>a\*</sup>, Carrascal, E.<sup>a</sup>, González, J.M.<sup>b</sup>, Gil-García, J. M.<sup>b</sup>, Basogain, X.<sup>a</sup>, Escudero, C.<sup>c</sup>, García-Adeva, A.<sup>d</sup>, Barambones, O.<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Dept. de Ingeniería de Sistemas y Automática (UPV/EHU), Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, C/Nieves Cano, n°12, 01006, Vitoria-Gasteiz, España.

<sup>b</sup> Dept. de Tecnología Electrónica (UPV/EHU), Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, C/Nieves Cano, n°12, 01006, Vitoria-Gasteiz, España.

<sup>c</sup> Dept. de Ingeniería Energética (UPV/EHU), Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, C/Nieves Cano, n°12, 01006, Vitoria-Gasteiz, España.

<sup>d</sup> Dept. de Física Aplicada (UPV/EHU), Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, C/Nieves Cano, n°12, 01006, Vitoria-Gasteiz, España.

**To cite this article:** Calvo, I., Carrascal, E., González, J.M., Gil-García, J.M., Basogain, X., Escudero, C., García-Adeva, A., Barambones, O. 2023. Multidisciplinary experience for introducing the SDGs in automatics, XLIV Jornadas de Automática, 204-209. <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498609.204>

### Resumen

Este trabajo presenta de forma resumida el diseño y los resultados obtenidos en un proyecto de innovación educativa orientado a introducir de forma multidisciplinar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en el ámbito del grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática. El proyecto se ha realizado a lo largo del curso 2022/23 en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, UPV/EHU (EIVG), y se han aplicado metodologías activas. A la hora de implantar estas metodologías se recomienda utilizar problemas relacionados con el mundo real que además sean cercanos al alumnado. Concretamente, se planteó el problema de optimizar el grado de confort térmico en el edificio de la EIVG y al mismo tiempo reducir el gasto energético. Este problema sirvió de hilo conductor para que el alumnado lo analizase desde diferentes perspectivas, conociese los ODS y visualizara cómo contribuir a su consecución, a través de acciones concretas, utilizando los conocimientos adquiridos durante el grado. Para fomentar el conocimiento multidisciplinar se analizó el problema por medio de acciones seleccionadas realizadas en diferentes asignaturas. Durante el proyecto se diseñó un itinerario educativo que cubre todos los cursos del grado. Los resultados obtenidos prueban que el proyecto permitió concienciar al alumnado acerca de los ODS, así como ilustrar cómo se puede contribuir a su consecución desde los estudios de ingeniería. Además, se consiguió conectar con acciones de mayor calado desarrolladas en el ámbito de los TFG. Por último, se pretendió concienciar al alumnado acerca de que la consecución de los ODS puede constituir un posible futuro campo profesional.

**Palabras clave:** ODS, sostenibilidad, metodologías activas, educación multidisciplinar, optimización energética de edificios, educación en automática

### Multidisciplinary experience for introducing the SDGs in automatics

#### Abstract

This paper summarizes the design of an educational innovation project and obtained results. The project aims at introducing the sustainable development goals (SDG) in a multidisciplinary way within the scope of the Industrial Electronics and Automation Engineering degree. It has been developed throughout the 2022/23 academic year at the Faculty of Engineering of Vitoria-Gasteiz (EIGV), UPV/EHU, applying active methodologies. The implementation of those methodologies recommends the analysis of problems connected to the real world that are close to the students. The proposed problem was the optimization of the degree of thermal comfort in the EIVG while reducing the energy consumption. This problem became a common thread that was analysed from different perspectives, one per subject. Students also learned about the SDGs and visualized how to contribute to their achievement through concrete actions using the knowledge acquired during the degree. In order to promote multidisciplinary knowledge, the problem was analysed through selected actions carried out in different subjects. Along the project implementation, an educational itinerary that covers all the courses of the degree was designed. The analysis of the results

proves that the project made it possible to raise awareness about the SDGs among students. This project also illustrates how engineering studies may contribute to achieving the SDGs. The presented approach also connected with more deep actions carried out in the Final Degree Projects. Finally, it was intended to raise awareness among students so that they consider the achievement of the SDGs as a possible future professional activity.

*Keywords:* ODS, sustainability, active methodologies, multidisciplinary education, energy optimization in buildings, education in automatics.

## 1. Introducción

El auge del concepto “Desarrollo Sostenible” y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, definidos en la Conferencia de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible de Rio de Janeiro en 2012 (United Nations, 2012) y adoptados en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en la Asamblea General de Naciones Unidas de 2015 (United Nations, 2015) ha supuesto que cada vez mayor número de instituciones educativas lo introduzcan en su currículum. Considerando el Desarrollo Sostenible como un problema multidisciplinar, éste llega a ser considerado como una meta-disciplina dado que requiere combinar enfoques de diferentes disciplinas que involucran aspectos sociales, económicos, científicos, así como la implantación de soluciones de ingeniería (Mihelcic et al, 2003).

La incorporación de los aspectos relacionados con la sostenibilidad en los currículums de los estudios de ingeniería resulta imprescindible. Esto es debido a la creciente relevancia que están adquiriendo a la hora de diseñar soluciones de ingeniería modernas. A modo de ejemplo, la Declaración de Barcelona (EESD04, 2004) propone que la educación en ingeniería debe ser multidisciplinar, holística, orientada a sistemas y que, además, debe fomentar el pensamiento crítico y la participación. Por tanto, el alumnado egresado deberá adquirir estas competencias para poder utilizarlas en su futura práctica profesional.

Algunos trabajos (Lozano et al, 2003) consideran que para fomentar la introducción de la sostenibilidad en el currículum educativo conviene centrarse en los siguientes ejes: (1) colaboración interuniversitaria entre diferentes entidades, (2) fomentar la multidisciplinaridad y (3) proporcionar casos de uso que ilustren las problemáticas así como las posibles soluciones.

La incorporación en el currículum de retos tangibles y próximos al alumnado requiere romper con el enfoque docente tradicional, basado en la impartición de clases magistrales y compartimentación del conocimiento en asignaturas. En este contexto, las metodologías activas, han demostrado su eficacia para motivar al alumnado, conseguir un aprendizaje más profundo y ayudar al alumnado a retener mejor el conocimiento (Quesada et al, 2020), (Calvo et al, 2018).

Se han evaluado las sinergias entre la educación en sostenibilidad y metodologías activas, como Problem Based Learning (PBL) (Guerra, 2017), (Bocko, 2016) o Challenge Based Learning (CBL), (Kascha et al, 2023). De acuerdo a estos trabajos, las metodologías activas resultan especialmente adecuadas para desarrollar el concepto de sostenibilidad en los programas educativos. En particular, en el caso de la metodología PBL, se ha comprobado que se obtienen mejores resultados cuando los problemas propuestos son cercanos y experimentados directamente por el alumnado (Prince, 2004).

La adecuación de los currículums para introducir el concepto de sostenibilidad y concienciar al alumnado, requiere

introducir cambios metodológicos orientados a que el alumnado adquiera un rol más activo. En la Universidad del País Vasco, UPV/EHU, estos cambios se materializan a través del modelo educativo IKD, que propone un modelo de enseñanza dinámico y activo (Sáez de Cámara et al, 2021), y de la EHUagenda 2030 que pretende impulsar la adopción de 12 de los 17 ODS (UPV/EHU, 2019).

Este trabajo, realizado en el marco de un proyecto i3KD, continua un estudio previo, (Calvo et al, 2022). El proyecto integra algunos ODS dentro de las competencias del grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, impartido en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, EIVG. Así, se diseñó un itinerario multidisciplinar y multicurso mediante el cual el alumnado se enfrentaba a un reto vinculado a los ODS combinando los conocimientos que aportaban distintas asignaturas utilizando metodologías activas.

Se planteó la necesidad de elegir un reto asociado a la ingeniería, cercano al alumnado, que pudiese ser afrontado desde los puntos de vista ofrecidos por distintas asignaturas y que pudiese evolucionar a través de los cursos de la titulación para al final poder ofrecer un enfoque global. El problema elegido fue la evaluación del grado de confort térmico en el edificio de la EIVG y el análisis de medidas que permitiesen reducir el gasto energético. En cada asignatura se analiza el problema desde diferentes perspectivas. Así, se permite interconectar las diferentes asignaturas reduciendo la compartimentación del conocimiento al afrontar el reto presentado. Como culminación, y una vez evaluado el reto planteado en su conjunto, se puede profundizar el estudio de alguno de los aspectos específicos trabajados durante el itinerario mediante trabajos fin de grado (TFGs) en esta temática.

Se debe mencionar también que (Alvarez et al, 2021) presentan un estudio similar en el ámbito del grado de Ingeniería Civil en la Escuela de Ingeniería de Bilbao, UPV/EHU. A pesar de ser una experiencia más reducida en número de asignaturas y cursos implementados, se aprecian los beneficios del enfoque transversal y basado en metodologías activas.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: la sección 2 presenta una visión general del proyecto de innovación educativa. La sección 3 describe las actividades realizadas en cada asignatura. La sección 4 discute brevemente los resultados obtenidos a partir de una encuesta realizada al estudiantado. Finalmente, la sección 5 presenta las conclusiones extraídas del presente trabajo.

## 2. Visión general del proyecto de innovación

El proyecto partió de la idea de incorporar los resultados de dos proyectos previos que buscaban mejorar la sostenibilidad en el marco del programa Campus Bizia Lab (CLB), UPV/EHU al currículum del grado de Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática.

Concretamente, se buscó que los estudiantes afrontasen el reto de analizar y mejorar la sostenibilidad del edificio de la EIVG, planteando para ello las siguientes acciones: (1) analizar el gasto energético; (2) evaluar el confort térmico; (3) reducir consumos innecesarios; (4) concienciar a la comunidad universitaria y (5) proponer acciones concretas que puedan ser exportables a otros edificios públicos.

Los autores consideraron que esta propuesta presentaba un reto apropiado para introducir en la docencia de grado acciones relacionadas con la sostenibilidad implementadas mediante metodologías activas. La justificación de la elección del problema presentado al alumnado se basa en los siguientes criterios: (1) se trata de un problema real, (2) cercano al alumnado, (3) que requiere ser analizado desde diferentes puntos de vista, (4) que requiere soluciones multidisciplinarias, y (5) que presenta un reto que lo hace atractivo durante todo el itinerario. Además, se consigue que el alumnado implicado:

1. Conozca los ODS y su relevancia
2. Sea consciente de la necesidad de realizar un gasto energético adecuado.
3. Analice los diferentes aspectos de un problema real: optimizar el gasto energético del edificio desde un ámbito multidisciplinar.
4. Reflexione acerca de cómo los conocimientos adquiridos a lo largo del grado pueden ser útiles para contribuir a desarrollar un mundo más sostenible.
5. Visualice que mejorar la sostenibilidad puede constituir su futuro profesional.

Durante el itinerario, el alumnado profundizó en el conocimiento sobre los ODS, concienciándose acerca de su relevancia y comprendiendo la importancia de incorporar estos objetivos en su futura labor profesional. Las actividades desarrolladas en el marco del presente proyecto se focalizaron principalmente en los siguientes ODS (United Nations, 2020):

- Salud y bienestar (ODS3)
- Educación de calidad (ODS4)
- Industria, innovación e infraestructura (ODS9)
- Ciudades y comunidades sostenibles (ODS11)
- Producción y consumo responsable (ODS12).

### 3. Desarrollo del proyecto de innovación educativa

Este apartado resume la implantación del proyecto de innovación educativa. En particular, se describe el itinerario propuesto a través de los cuatro cursos del grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática (ver Figura 1). Este itinerario incluye, opcionalmente, la realización de trabajos fin de grado (TFG) con temáticas relacionadas.

La Figura 1, presenta los ODS que se han considerado más relevantes en cada curso académico. A continuación, se incluye una breve descripción de las acciones realizadas en cada asignatura:

#### 3.1. Fundamentos físicos de la ingeniería

Se trata de una asignatura básica de rama en la que se introducen principios físicos básicos. Se imparte de forma anual durante el primer curso. Entre otros conceptos físicos, se introducen conceptos fundamentales de física relacionados con la termodinámica y la electricidad. Además, en esta asignatura se dan a conocer los ODS y su relación con la energía.

En el marco del proyecto de innovación educativa se ha propuesto una actividad de 4 horas de clase. El alumnado mide, utilizando técnicas calorimétricas, el calor disipado en una resistencia eléctrica. Esta actividad, que se realiza en el laboratorio, ilustra que cualquier dispositivo eléctrico en funcionamiento disipa energía en forma de calor. Este hecho supone energía desaprovechada en la mayoría de los casos, contribuyendo negativamente al calentamiento global. En la actividad propuesta se realiza un balance de energía para estimar la energía disipada en forma de energía “no-útil”, para ello se utiliza: la ley de Ohm, la ley de Joule y el principio de conservación de energía.

#### 3.2. Ingeniería térmica

Se trata de una asignatura cuatrimestral de 2º curso obligatoria que se imparte durante el primer cuatrimestre. La asignatura da continuidad a conceptos en termodinámica previamente adquiridos. Uno de los objetivos de aprendizaje consiste en analizar los gastos energéticos en diferentes aplicaciones fomentando su uso racional y sostenible, así como su impacto económico.

En el marco del proyecto de innovación educativa, se propuso una actividad de 6 horas de clase consistente en caracterizar de forma precisa el comportamiento de los radiadores, que actúan como unidades emisoras de calor, para ajustar la producción de calor a la demanda de climatización de la forma más eficiente.

Concretamente, se facilitó al alumnado la geometría de la unidad emisora de calor, así como los datos necesarios del agua de impulsión, la temperatura de ambiente deseada, la temperatura exterior de diseño y las características térmicas de las superficies cercanas al radiador. Se simuló el comportamiento de una unidad emisora se utilizando la versión de estudiante del software ANSYS Fluent. Esta simulación ha permitido conocer el efecto del caudal y la temperatura de impulsión del agua en la potencia total emitida, en la distribución de la temperatura del radiador y en el campo de temperatura del aire de la habitación.

#### 3.3. Automatismo y control

Se trata de una asignatura cuatrimestral de 2º curso obligatoria que se imparte en el segundo cuatrimestre. La asignatura introduce conceptos básicos relativos a los sistemas de automatización y control, así como los dispositivos industriales comerciales que ejecutan estas tareas.

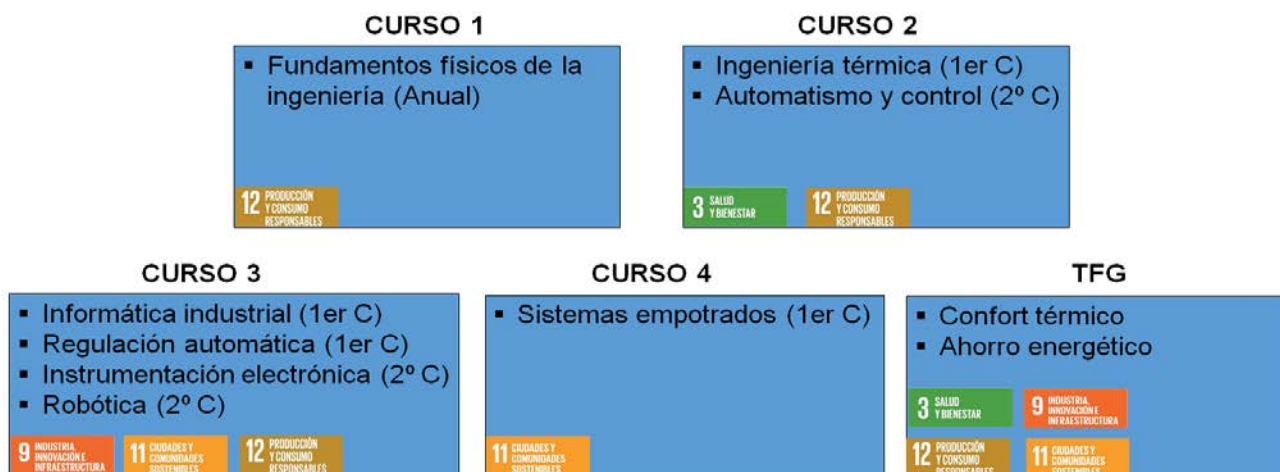


Figura 1: Itinerario educativo propuesto en el proyecto y objetivos ODS que se trabajan en cada curso. Se considera que el ODS 4 (Educación de calidad) se consigue a lo largo de todos los cursos.

En esta asignatura se propuso una actividad de 4 horas de clase consistente en automatizar el funcionamiento de un sistema de ventilación que consta de una ventana abatible y un medidor de CO<sub>2</sub>. Se utilizaron sensores de final de carrera para determinar la posición de la ventana y un sensor de seguridad. Por su parte, el medidor de CO<sub>2</sub> permite conocer la calidad del aire del recinto. El sistema cuenta con dos modos de operación: automático y manual. En modo manual, el funcionamiento de la ventana es accionado por dos pulsadores de mando: uno para abrir la ventana y otro para cerrarla. Mientras que en modo automático se abrirá o cerrará la ventana en base a las medidas obtenidas del sensor de CO<sub>2</sub>.

Para el desarrollo de esta actividad se hace uso de dispositivos industriales comerciales. En concreto, autómatas programables (PLCs) de Siemens y sus correspondientes herramientas de programación y simulación.

### 3.4. Informática Industrial

Se trata de una asignatura cuatrimestral de 3er curso obligatoria que se imparte en el primer cuatrimestre. En esta asignatura se introducen herramientas informáticas orientadas a realizar tareas de monitorización y control en aplicaciones industriales. Se hace especial énfasis en la programación de aplicaciones y las comunicaciones.

En el marco del proyecto i3KD se ha diseñado un proyecto que el alumnado ejecuta durante todas las sesiones de laboratorio del curso (30 horas). El proyecto propuesto aplica la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL) para construir un sistema IoT que permita monitorizar algunas variables ambientales en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz. En particular, se monitoriza la temperatura, humedad, CO<sub>2</sub> y luminosidad en el aula de laboratorio donde se realizaron las prácticas. Se utilizó un prototipo de Smart sensor diseñado ad hoc basado en placas Arduino. Los datos adquiridos por los dispositivos se envían utilizando comunicaciones inalámbricas a dispositivos centralizados donde se evalúa el confort térmico en las diferentes ubicaciones de la escuela y se analiza el gasto energético realizado. Una parte del proyecto se centra en las tareas de visualización y análisis de las variables climáticas adquiridas tanto de forma on-line como off-line.

Este proyecto pretende concienciar a la comunidad universitaria en la EIVG acerca del gasto energético realizado en el aula.

### 3.5. Regulación Automática

Se trata de una asignatura cuatrimestral de 3er curso obligatoria que se imparte en el primer cuatrimestre. En esta asignatura se introducen conceptos de teoría de sistemas incluyendo modelado, análisis y diseño de los sistemas de control.

A lo largo de la asignatura se utiliza el control de temperatura para introducir conceptos propios de la asignatura como el modelado y análisis de sistemas o diseñar controladores que funcionen de forma automática. En el marco del proyecto de innovación se realizó una actividad de 4 horas para introducir el computador como elemento de control. Esta actividad se diseñó para que el alumnado pueda visualizar las características, funciones y ventajas de los sistemas digitales basados en microcomputador en las tareas de control de procesos. La actividad también incluyó una primera aproximación de uso de un controlador para implementar un PID discreto en un sistema de control de temperatura. Para ilustrar la implementación se realizó un programa en pseudo-lenguaje cuyo objetivo era implementar un PID discreto.

Esta actividad conecta directamente con las actividades realizadas en las asignaturas de Informática Industrial (que se imparte en paralelo) y Robótica, impartida en el segundo cuatrimestre.

### 3.6. Robótica

Se trata de una asignatura cuatrimestral de 3er curso obligatoria que se imparte en el segundo cuatrimestre. En esta asignatura se realiza una introducción de los conceptos generales relacionados con la estructura mecánica, programación, generación de movimientos, control de los robots, funcionamiento de los sistemas robotizados y sus aplicaciones en los entornos industriales.

Se diseñó una actividad de 8 horas en el contexto del proyecto de innovación educativa. Concretamente, se propuso el diseño de un sistema de control automático, de forma simulada, para abrir y cerrar las ventanas de una instalación

motorizada, existente en del laboratorio donde se ejecutaban las prácticas. El sistema de control utilizaba medidas de sensores de CO<sub>2</sub> y de temperatura para generar la referencia de apertura de la ventana en un rango que va desde 0 a 40 cm. Posteriormente, mediante un PID se pedía generar la señal de control que acciona un motor eléctrico con el cual se regula la apertura de las ventanas del laboratorio.

Esta aplicación sirvió como hilo conductor para desarrollar el temario de la asignatura referente al modelado de sistemas robóticos y diseño de controladores PID para controlar el movimiento de los motores eléctricos que accionan los manipuladores robóticos.

### 3.7. Instrumentación electrónica

Se trata de una asignatura cuatrimestral de 3er curso obligatoria que se imparte en el segundo cuatrimestre. En esta asignatura se diseñan sistemas electrónicos aplicados a la medida, monitorización y registro de diversas magnitudes físicas.

Se diseñó una actividad de 6 horas en el contexto del proyecto de innovación educativa. El objetivo de la actividad consistió en registrar la temperatura de una sala o del exterior (temperatura ambiente) durante un periodo de tiempo.

Se utilizaron diferentes sensores de temperatura para medir la temperatura. De esta forma, el alumnado pudo verificar que, en función del acondicionamiento y del rango de temperaturas a medir, es más conveniente utilizar unos sensores u otros. El alumnado debía considerar la sensibilidad buscada y la relación entre la simplicidad y el coste de la solución utilizada. En la actividad se solicitó registrar los datos de un día completo utilizando el software LabVIEW de National Instruments.

El alumnado siguió el procedimiento descrito en (Quesada J., 2020), para realizar el acondicionamiento del sensor y el registro de temperaturas. Se pidió que hicieran un análisis de los datos de temperatura obtenidos a partir de diferentes sensores para identificar cuáles eran los mejores sensores en cada tipo de aplicación. Este enfoque pretende que el alumnado escoja los sensores para las aplicaciones de forma razonada.

### 3.8. Sistemas empotrados

Se trata de una asignatura cuatrimestral de 4º curso optativa que se imparte en el primer cuatrimestre. Esta asignatura se focaliza en el diseño e implementación de equipos basados en microcontroladores modernos, de la familia Cortex-M, utilizando un conjunto de herramientas actuales.

En el contexto del proyecto de innovación se diseñó una actividad de 4 horas. La actividad propuesta estuvo orientada a analizar el consumo energético que generan los dispositivos electrónicos que utilizan estos microcontroladores, muy comúnmente utilizados en las aplicaciones IoT. También se pretende que el alumnado aprenda a minimizar su consumo utilizando los diferentes los modos de programación de bajo consumo. En una primera fase, se hizo un estudio del impacto en el consumo de forma teórica utilizando el analizador de energía proporcionado en el entorno de programación STM32CubeIDE. Posteriormente, se midió de forma experimental la corriente consumida en diferentes modos de bajo consumo. Se contrastaron las medidas indicadas por el fabricante con las medidas experimentalmente. En la actividad, se pudo comprobar la relación directa entre la velocidad de

reloj utilizada en el microcontrolador y el consumo energético del dispositivo. También, se analizaron las diferentes formas de salir de los modos de bajo consumo en cada caso.

Este planteamiento permite concienciar acerca del consumo de los dispositivos IoT y estimar la duración de las baterías utilizadas.

### 3.9. Trabajos fin de grado

El planteamiento del proyecto está orientado a que el alumnado realice Trabajos Fin de Grado (TFG), de 12 créditos ECTS, en la temática del proyecto. Actualmente se están realizando algunos TFGs que desarrollan soluciones completas basadas en diferentes tecnologías.

## 4. Discusión de los resultados

Los resultados de la implantación del proyecto se han evaluado por medio de dos encuestas. De forma previa a cada actividad, se realizó una encuesta de 19 preguntas acerca del conocimiento de los ODS en cada asignatura. Al acabar cada actividad se realizó otra encuesta de 13 preguntas que evaluaba la actividad realizada. En total, la encuesta se respondió en 359 ocasiones.

Los resultados de las encuestas previas a la actividad indican que el grado de conocimiento de los ODS es limitado entre el estudiantado. Sin embargo, se percibe un interés considerable en que se introduzcan contenidos sobre esta temática, preferiblemente utilizando acciones cercanas al alumnado.

Los resultados de las encuestas posteriores a las actividades realizadas confirman que, en general, las actividades propuestas han incrementado el conocimiento acerca de los ODS. Además, gran parte del estudiantado considera como posible que su futura labor profesional pueda estar relacionada con la consecución de los ODS. En general, el estudiantado considera que se han incluido los ODS en las actividades propuestas de forma adecuada.

## 5. Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se describe el diseño y resultados de un proyecto de innovación educativa desarrollado en la UPV/EHU, concretamente en el grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática impartido en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz. En particular, se pretende incrementar el conocimiento acerca de los ODS y plantear acciones concretas que ayuden en su consecución. Siguiendo las recomendaciones para implementar metodologías activas, se ha escogido un problema cercano al estudiantado para que le facilite su asimilación.

En particular, se ha escogido el problema de evaluar el confort térmico en la Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz, y a la vez plantear acciones para optimizar la energía consumida por el sistema de calefacción. Se trata de un problema conocido por el estudiantado que está adquiriendo gran relevancia en los últimos tiempos debido a los costes crecientes de la energía. De hecho, en opinión de los/as autores es posible que muchos/as egresados/as desempeñen labores orientadas en esta línea de una forma u otra.

Se ha diseñado un itinerario educativo a lo largo de ocho asignaturas impartidas en los cuatro cursos del grado. Dado

que un mismo problema se analiza desde diferentes perspectivas (las utilizadas en cada asignatura), se consigue un hilo conductor para introducir la multidisciplinariedad en la enseñanza y observar de forma más profunda un problema. Además, este enfoque permite reproducir en el aula las condiciones que se deberán afrontar en su futura labor profesional, donde tendrán que afrontar las tareas de forma holística. En opinión de los/as autores, la reducción de la compartimentación del conocimiento en asignaturas es un activo considerable del enfoque presentado.

Se ha planteado diferentes actividades de diferente duración y complejidad, desde 4 horas de clase a 30, en cada una de las asignaturas involucradas. Estas actividades están orientadas a resolver problemas concretos utilizando metodologías activas.

Como resultado, el proyecto permite conocer mejor los ODS, combinar los conocimientos adquiridos en diferentes asignaturas para resolver problemas reales. El proyecto propuesto se ejecuta a lo largo de 8 asignaturas durante todos los cursos del grado. Se han utilizado metodologías activas basadas en Project/Problem Based Learning (PBL).

En cada asignatura se realizaron dos encuestas: Una al principio de la actividad, orientada a medir la percepción del estudiantado acerca de los ODS y la relación con las materias impartidas y una al final de la actividad para evaluar la actividad realizada. En general, el estudiantado consideró adecuado cómo se habían incluido los ODS en cada una de las asignaturas involucradas en el proyecto.

Por último, las acciones planteadas han abierto el camino a desarrollar varios TFGs relacionados con la temática del proyecto, donde se han ampliado estas acciones.

## Agradecimientos

Los/as autores/as desean expresar su agradecimiento a la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) por financiar este trabajo a través de la iniciativa i3KD, a través del proyecto i3KD22-11, y de la iniciativa Campus Bizia Lab (CBL) por medio del proyecto 22APIN. Parcialmente, también se agradece al Gobierno Vasco, EKOHEGAZ II, la Diputación Foral, CONAVANTER y la UPV/EHU, GIU20/063.

## Referencias

- Alvarez, I., Etxeberria, P., Alberdi, E., Pérez-Acebo, H., Eguia, I., García, M. J., 2021. Sustainable Civil Engineering: Incorporating Sustainable Development Goals in Higher Education Curricula. *Sustainability*, 13(16), 8967; <https://doi.org/10.3390/su13168967>
- Bocko, P., 2016. Synergy between problem-based learning and educating for sustainability: A review of the literature, *Building for a Sustainable Future in Our Schools: Brick by Brick*, pp. 107-131, Springer International Publishing Switzerland.
- Calvo, I., Cabanes, I., Quesada, J., Barambones, O., 2018. A Multidisciplinary PBL Approach for Teaching Industrial Informatics and Robotics in Engineering. *IEEE Transactions on Education*, 61 (1), pp. 21-28. <https://doi.org/10.1109/TE.2017.2721907>
- Calvo, I., Espin, A., Gil-García, J. M., Bustamante, P. F., Barambones, O., & Apiñaniz, E., 2022. Scalable IoT Architecture for Monitoring IEQ Conditions in Public and Private Buildings. *Energies*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/en15062270>
- Calvo, I., Gil-García J.M., Carrascal, E., Armentia, A., Barambones, O., Basogain, X., González, J.M., Rico, T., Escudero, C., Tazo, I., Mesanza, A., García-Adeva, A.J., Apiñaniz, E., 2022. Introduciendo sostenibilidad y multidisciplinariedad en los grados de ingeniería. *XLIII Jornadas de Automática: libro de actas*, pp.262-269
- EESD04, 2004. Declaration of Barcelona, Final versión. [https://www.iau-hesd.net/sites/default/files/documents/declaration\\_of\\_barcelona\\_english.pdf](https://www.iau-hesd.net/sites/default/files/documents/declaration_of_barcelona_english.pdf), (accessed on 05 June 2023).
- Guerra, A., 2017. Integration of sustainability in engineering education: Why is PBL an answer? *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18 (3), pp. 436-454. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2016-0022>
- Kascha, J., Schutjensb, V.A.J.M., Bootsmaa, M.C., Van Damc, F.W., Kirkelsd, A.F., van der Molene, M.K., Rimace, A., Rebel, K.T., 2023. Distance and presence in interdisciplinary online learning. A challenge-based learning course on sustainable cities of the future. *Journal of Integrative Environmental Sciences*. vol. 20, no. 1, 2185261. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2023.2185261>
- Lozano, R., Lukman, R., Lozano, F.J., Huisingsh, D., Lambrechts, W., 2013. Declarations for sustainability in higher education: Becoming better leaders, through addressing the university system, *Journal of Cleaner Production*, 48, pp. 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.006>
- Mihelcic, J.R., Crittenden, J.C., Small, M.J., Shonnard, D.R., Hokanson, D.R., Zhang, Q., Chen, H., Sorby, S.A., James, V.U., Sutherland, J.W., Schnoor, J.L., 2003. Sustainability Science and Engineering: The Emergence of a New Metadiscipline. *Environmental Science and Technology*, 37 (23), pp. 5314-5324. <https://doi.org/10.1021/es034605h>
- Prince, M., 2004. Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, vol. 93, no. 3, pp. 223-231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Quesada J., Calvo, I., Sancho, J., Sebastian, R., Castro, M., 2020. A Design-Oriented Engineering Course Involving Interactions with Stakeholders. *IEEE Transactions on Education*, 63 (4), pp. 283-290. <https://doi.org/10.1109/TE.2020.2983279>
- Sáez de Cámara E., Fernández I., Castillo-Eguskita N. A., 2021. Holistic Approach to Integrate and Evaluate Sustainable Development in Higher Education. The Case Study of the University of the Basque Country. *Sustainability*. 13(1):392. <https://doi.org/10.3390/su13010392>
- United Nations. 2012. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. UN General Assembly, 3-14. June 2012 A/CONF.151./26/Rev.1 (Volume 1). 2013.
- United Nations. 2015. Transforming OurWorld: The 2030 Agenda for Sustainable Development. UN General Assembly, 21 October 2015 A/RES/70/1.
- United Nations. 2020. Sustainable Development Goals Report. United Nations. 2020. Available online: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020.pdf> (accessed on 05 June 2023).
- UPV/EHU. 2019. EHUagenda 2030 for sustainable development. Available online: <https://www.ehu.es/documents/4736101/11938005/EHUAgenda-2030-ENG.pdf> (accessed on 05 June 2023).