

¿Aprenden sostenibilidad los alumnos de la FIB?

Fermín Sánchez Carracedo, Ferran Sabate, Karina Gibert

Facultat d'Informàtica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya
Barcelona

fermin@ac.upc.edu, ferran.sabate@upc.edu, Karina.gibert@upc.edu

Resumen

En este artículo se presenta un estudio realizado para averiguar si los estudiantes de la FIB aprenden sostenibilidad a lo largo de sus estudios en la universidad. Se usa como herramienta el cuestionario de sostenibilidad del proyecto EDINSOST, que se presentó en JENUI 2018. El cuestionario tiene 34 preguntas relativas a las cuatro competencias en sostenibilidad definidas por la Comisión Sectorial de la Competencia Sostenibilidad de la CRUE. El cuestionario se ha pasado durante dos cursos consecutivos a los estudiantes de primer curso y a los estudiantes que realizan el Trabajo de Fin de Grado, con el objetivo de conocer el nivel de sostenibilidad con el que los estudiantes empiezan y acaban sus estudios. Los resultados muestran que los estudiantes presentan mejoras en el aprendizaje de la sostenibilidad en las 34 preguntas analizadas, y que la competencia de la que declaran saber más, y también de la que más aprenden, es "participación en procesos comunitarios que promuevan la sostenibilidad". Por el contrario, la competencia en la que se declaran peor preparados es la "aplicación de principios éticos relacionados con los valores de la sostenibilidad en los comportamientos personales y profesionales".

Abstract

This paper presents a study carried out to find out whether or not FIB's students learn sustainability issues throughout their studies at the university. The sustainability questionnaire of the EDINSOST project, which was presented at JENUI 2018, is used as a tool. The questionnaire has 34 questions related to the four sustainability competencies defined by the Sectorial Commission for Sustainability Competency of CRUE. The questionnaire was conducted during

two consecutive courses to the first-year students and those who complete the Bachelor Thesis, with the aim of knowing the level of sustainability with which students begin and finish their studies. The results show that students improve in the learning of sustainability in the 34 questions analyzed, and that the competency of which they declare to know more, and also the one they learn the most, is "participation in community processes that promote sustainability". On the contrary, the competency in which they declare themselves less prepared is the "application of ethical principles related to the values of sustainability in personal and professional behaviors".

Palabras clave

Sostenibilidad, Desarrollo Sostenible, Encuestas alumnado, Proyecto EDINSOST, Sostenibilidad en el Grado de Ingeniería Informática.

1. Introducción

Este estudio práctico sobre el grado de aprendizaje en sostenibilidad en el entorno de un grado de Ingeniería informática se realiza 32 años después de que se estableciera formalmente el concepto de desarrollo sostenible (DS). El DS fue planteado formalmente en 1987 en una Comisión mundial de las Naciones Unidas (ONU) sobre el entorno y el desarrollo que redactó el Informe de Brundtland [2], en el que se establecía una definición en la que el desarrollo debería abordar las necesidades del presente sin comprometer que las futuras generaciones pudieran también abordar sus propias necesidades. Se asume que el marco para el desarrollo humano al que apunta el Informe Brundtland requiere una transformación profunda que permita pasar de una concepción del progreso basada estrictamente en el crecimiento económico a una concepción más holística, capaz de integrar las actividades económicas y tecnológicas con la sostenibilidad [1, 4].

Desde entonces y hasta la actualidad han aparecido centenares de definiciones sobre DS y sostenibilidad,

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Facultat d'Informàtica de Barcelona y por los proyectos EDINSOST (EDU2015-65574-R) y EDINSOST2-ODS (RTI2018-094982-B-I00).

que en su conjunto debilitaban y simplifican el concepto inicial hasta equiparar ambos conceptos al mismo nivel, siendo algunas definiciones usadas para justificar intereses de algunas de las partes implicadas, que solían implicar el retraso de las transformaciones necesarias para hacer realidad el DS [10]. Por ejemplo, aparecen términos como ecológico o verde, que son fácilmente manipulables y no tienen fuerza suficiente como para impulsar las transformaciones necesarias [1]. Posteriormente, el foco se desplazó a establecer marcos que permitieran, de una manera práctica, avanzar en las transformaciones sociales y económicas necesarias.

El proceso vivido durante estos años, a nivel académico y organizativo, ha sido acompañado de una creciente implicación de instituciones de alcance mundial, como es el caso de la ONU, hecho que ha consolidado globalmente la consciencia de que es necesario impulsar las transformaciones necesarias para conseguir un DS. A modo de ejemplo, las Naciones Unidas aprobaron en 1993 la conocida Declaración de Río, centrada en la conservación del medio ambiente y en el desarrollo [6]; en el año 2000 se produjo la declaración del Milenio, que fijaba ocho objetivos a alcanzar en 2015, entre los cuales estaban “garantizar la sostenibilidad del medio ambiente” y “fomentar una alianza mundial para el desarrollo” [20]; y la Asamblea General de 2012 aprobó un compromiso a favor del DS de carácter global, en términos del planeta, que abarcara las dimensiones económica, social y ambiental y que fuera compatible con el bienestar de las generaciones presentes y futuras [21]. Para terminar, en el año 2015 se aprobó la Agenda 2030 sobre el DS, la cual pone como sujeto el concepto de DS y amplía de 8 a 17 los objetivos a alcanzar antes del 2030 [22], y los denomina Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Compromisos de este alcance y nivel, junto con el trabajo realizado por académicos y técnicos especialistas, han convertido el DS y la sostenibilidad en factores importantes para el desarrollo humano, en tanto que se plantean como eje central para la resolución de desafíos globales que debe afrontar la humanidad.

Habiéndose alcanzado cierto consenso en que el DS debe guiar la transformación que la sociedad precisa para mejorar su calidad de vida, mantener la salud medioambiental y compatibilizar el desarrollo actual con el desarrollo futuro, no debe sorprender que entre las acciones impulsadas para hacerlo posible esté el trasladar este nivel de consciencia al sistema educativo. Prueba de ello es que la ONU declaró el período de 2005 a 2015 como la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible, tiempo en que se avanzó significativamente en la promoción de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) en todas las franjas de edad, también en el sector privado, y con experiencias en múltiples países. El informe

final concluye que la EDS es un factor habilitador del DS, que fomenta la innovación pedagógica, que se ha difundido en todas las áreas y niveles y que requiere una implicación fuerte de los *stakeholders* para hacer todo esto posible [3]. Finalizada la década, se fijó una agenda global para la EDS [23] que la sigue impulsando.

Las Naciones Unidas, entre otros aspectos relativos a la EDS, destacan que serán los jóvenes de hoy en día los que deberán tener una participación más activa para realizar las transformaciones necesarias [21] (epígrafe 23.0) y que la educación superior es clave para fomentar la investigación en esta área y generar las innovaciones que se precisan [20] (epígrafe 23.5). Asimismo, solicitan a las instituciones educativas un mayor grado de colaboración internacional (epígrafe 23.2) e integrar el DS como componente interdisciplinar (epígrafe 23.4), existiendo desde hace bastante tiempo universidades que han realizado proyectos de integración de la EDS en sus currículos [25].

En el caso de los estudios de ingeniería la EDS es clave, puesto que los ingenieros juegan un rol relevante en la creación de proyectos innovadores que puedan aportar soluciones para apoyar las transformaciones sociales que el DS precisa, y sobre las cuales ya hay un consenso importante [21]. En consecuencia, tanto las escuelas de ingeniería como los propios estudiantes deberían entender el contexto descrito. Las primeras, formando ingenieros e ingenieras integrando el DS en sus estudios, y los segundos tomando conciencia personal de las necesidades del DS y preocupándose de integrar en sus proyectos los elementos de sostenibilidad necesarios. En relación a las escuelas de ingeniería, éstas cuentan con el apoyo de dos Comisiones Sectoriales dependientes de la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas (CRUE): La Comisión Sectorial de Internacionalización y Cooperación (CICUE) y la Comisión Sectorial de la Competencia Sostenibilidad (CSCS). De entre sus aportaciones, cabe destacar unas directrices para la introducción de la Sostenibilidad en el Currículum que guían sobre cómo adaptar los planes de estudio para incluir las competencias transversales vinculadas con la sostenibilidad y el DS [5]. Desgraciadamente, algunos estudios muestran un bajo compromiso social de los estudiantes, que además suele disminuir durante su etapa en la universidad [6, 19].

En cuanto a las propuestas para introducir la sostenibilidad en los estudios universitarios, y en particular en la ingeniería, la literatura ofrece estudios conceptuales y algunos casos de estudio que permiten vislumbrar principios que pueden guiar el proceso de innovación educativo, así como las metodologías adecuadas para la complejidad de proyectos de sostenibilidad [11, 18, 26], también en base a la comparación de las estrategias seguidas en diversas universidades [8]. Otro aspecto analizado por la literatura es

el aprendizaje conseguido por los alumnos en los cursos de sostenibilidad, que muestra que los estudiantes siguen vinculando la sostenibilidad más con aspectos tecnológicos que con otros aspectos [19].

En el ámbito universitario español hay que destacar el proyecto EDINSOST [15, 16, 17], financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, que tiene por objetivo el avanzar en la innovación para la EDS y dotar a los futuros titulados de las competencias necesarias para catalizar el cambio hacia una sociedad más sostenible. El proyecto tiene cuatro objetivos: la elaboración de un mapa de sostenibilidad para distintas titulaciones, el análisis de las estrategias didácticas más apropiadas para el aprendizaje de la sostenibilidad, el diagnóstico de las necesidades formativas del profesorado y el diagnóstico del estado de aprendizaje (de sostenibilidad) de los alumnos. Este trabajo presenta datos sobre este último objetivo. En EDINSOST participan 10 universidades y 14 titulaciones de los ámbitos de la educación y de la ingeniería, entre grados y másteres. Entre ellas se encuentra el grado en Ingeniería Informática, impartido por la Facultad de Informática de Barcelona (FIB), donde se ha realizado el presente estudio.

En JENUÍ se han presentado previamente diversas propuestas para introducir la sostenibilidad en los estudios de Grado en Ingeniería Informática. En orden cronológico de aparición, se ha propuesto un marco genérico para la inclusión y evaluación de competencias en el Trabajo de Fin de Grado (TFG) [24]; una guía y pautas para formar a los estudiantes en la competencia de Sostenibilidad y Compromiso Social, incluyendo la definición del informe de Sostenibilidad en el TFG [9]; el citado proyecto EDINSOST, que propone un marco global para alcanzar el objetivo propuesto en el ámbito de las ingenierías y, en general, en las titulaciones de educación superior en España [17]; y, más recientemente, un cuestionario para evaluar el nivel de sostenibilidad de los estudiantes de grados en ingeniería TIC [13] y las reflexiones y cambios producidos en el informe de Sostenibilidad del TFG a partir de la experiencia adquirida [4].

En la FIB, el informe de sostenibilidad es un elemento clave para el aprendizaje de la competencia Sostenibilidad y Compromiso Social. Este informe se integra de forma obligatoria en el TFG en un capítulo específico. Suele empezar con una autoevaluación del alumno de su conocimiento sobre sostenibilidad, y continúa tratando las implicaciones económicas, medioambientales y sociales del proyecto. Estas implicaciones se analizan utilizando una Matriz de Sostenibilidad que define, para cada dimensión de la sostenibilidad (social, ambiental y económica), tres hitos en el desarrollo del proyecto: el primero se refiere a la planificación, desarrollo e implantación; el segundo abarca desde la implantación al desmantelamiento; y el tercero estudia los riesgos durante todo el

proyecto. Para poder realizar el informe de sostenibilidad, el alumno dispone de una guía de la sostenibilidad² y de información adicional³, como vídeos y ejemplos en la página web [4, 9].

Este artículo, enmarcado en el proyecto EDINSOST, tiene por objetivo analizar el grado de aprendizaje de sostenibilidad que han adquirido los alumnos de la FIB a lo largo de sus estudios en la universidad. Los alumnos de la FIB no cursan una asignatura específica de sostenibilidad, sino que trabajan la sostenibilidad en varias asignaturas técnicas a lo largo de sus estudios. Estas asignaturas forman un itinerario de sostenibilidad que es coordinado por dos profesores, responsables de la competencia Sostenibilidad y Compromiso Social. En este trabajo se pretende comparar el nivel de conocimiento en sostenibilidad que muestran los alumnos al inicio de los estudios (primer curso) con el observado al final de la carrera (al realizar el TFG), sobre la hipótesis de partida de que los estudios realizados mejoran sus competencias en sostenibilidad.

2. Metodología

Este trabajo trata de responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Mejoran los estudiantes de la FIB sus competencias en sostenibilidad? Se buscará evidencia de que los estudiantes mejoran sus competencias en sostenibilidad después de haber cursado el Grado en Ingeniería en Informática de la FIB.

Para responder a la pregunta de investigación, se han usado como “competencias en sostenibilidad” las cuatro competencias definidas por la CSCS en [5]:

- C1: Contextualización crítica del conocimiento estableciendo interrelaciones con la problemática social, económica y ambiental, local y/o global.
- C2: Utilización sostenible de recursos y prevención de impactos negativos sobre el medio natural y social.
- C3: Participación en procesos comunitarios que promuevan la sostenibilidad.
- C4: Aplicación de principios éticos relacionados con los valores de la sostenibilidad en los comportamientos personales y profesionales.

El instrumento utilizado para realizar el diagnóstico ha sido el cuestionario de estudiantes del proyecto EDINSOST, descrito en [13] junto con su proceso de validación. Este cuestionario ha sido definido a partir del mapa de sostenibilidad de las ingenierías TIC presentado en [17]. El mapa de sostenibilidad es una

² <https://www.fib.upc.edu/sites/fib/files/documents/estudis/informe-sostenibilidad-espanol-2018.pdf>.

³ <https://www.fib.upc.edu/es/estudios/grados/grado-en-ingenieria-informatica/trabajo-de-fin-de-grado> (en el apartado: Análisis de la Sostenibilidad).

matriz que tiene en sus filas las competencias en sostenibilidad definidas por la CSCS. Cada una de las competencias se ha definido de forma más precisa mediante una o varias unidades de competencia. Para cada una de las unidades de competencia, en el mapa se describen los resultados de aprendizaje que se esperan de un estudiante al final de sus estudios, clasificados en niveles de dominio mediante una taxonomía de aprendizaje. En el mapa de sostenibilidad del proyecto EDINSOST se ha usado como taxonomía una versión simplificada de la pirámide de Miller [12], en la que los niveles de dominio definidos son “saber”, “saber cómo” y “demostrar + hacer”. Las celdas de la matriz contienen los resultados de aprendizaje clasificados según esta taxonomía.

El cuestionario está formado por 34 preguntas, enunciadas en forma de afirmaciones, que los estudiantes responden usando una escala de Likert de 4 puntos con el siguiente significado: (0) totalmente en desacuerdo, (1) en desacuerdo, (2) de acuerdo y (3) totalmente de acuerdo. El alumno puede también contestar en blanco a cada pregunta (N/A). Las 34 preguntas hacen referencia a los resultados de aprendizaje esperados. El Cuadro 1 muestra el nivel de dominio de cada una de las cuatro competencias de la CRUE en el que se enmarca cada pregunta.

El cuestionario se ha pasado en dos asignaturas de primero (de primer y segundo semestre, respectivamente) y en una de último curso. Las asignaturas de primero han sido Introducción a los Computadores (IC, del semestre 1) y Estructura de Computadores

(EC, del semestre 2). En IC, la encuesta se ha pasado el primer y segundo semestre del año 2018 (la asignatura se imparte cada semestre), y se han obtenido 32 y 79 respuestas respectivamente. En EC, la encuesta se ha pasado el primer semestre del año 2018 y se han obtenido 110 respuestas. El primer semestre de 2018, en IC sólo hay alumnos repetidores. Los estudiantes que aprobaron la asignatura el semestre anterior cursan EC, por lo que los 110 estudiantes de EC y los 32 estudiantes de IC del primer semestre de 2018 fueron estudiantes de IC en el segundo semestre del año 2017 (142 estudiantes de un total de 405). La encuesta no se pudo pasar a estos estudiantes mientras hacían IC porque no estaba preparada. La competencia sostenibilidad no se trabaja en ninguna asignatura del primer semestre del plan de estudios, por lo que hemos asumido que la formación en sostenibilidad de los estudiantes es similar al principio de los dos primeros semestres de 2018. Los resultados obtenidos al analizar las respuestas así lo confirman. Finalmente, queremos resaltar que los estudiantes de IC del segundo semestre de 2018 son estudiantes de nuevo ingreso, y por lo tanto diferentes de los estudiantes de IC del primer semestre de 2018.

La asignatura de último curso en la que se ha pasado el cuestionario ha sido Gestión de Proyectos (GEP) [14]. GEP es una asignatura semipresencial de cuatro semanas de duración que los alumnos cursan cuando han matriculado su TFG. En GEP, el estudiante comienza su TFG y es evaluado del Hito Inicial [14] (los TFGs de la FIB se evalúan en 3 hitos: el

| Competencias en sostenibilidad | Unidad de competencia | Niveles de dominio (según la pirámide de Miller simplificada) | | |
|--|--|---|---------------------|----------------------------|
| | | Nivel 1. SABER | Nivel 2. SABER CÓMO | Nivel 3. DEMOSTRAR + HACER |
| 1. Contextualización crítica del conocimiento estableciendo interrelaciones con la problemática social, económica y ambiental, local y/o global. | 1.1 Tiene una perspectiva histórica (estado del arte) y entiende los problemas sociales, económicos y ambientales, tanto a nivel local como global. | 1 | 2 | 3 |
| | 1.2 Es creativo e innovador. Es capaz de ver las oportunidades que ofrecen las TIC para contribuir al desarrollo de productos y procesos más sostenibles. | 4 | 5 | 6 |
| 2. Utilización sostenible de recursos y prevención de impactos negativos sobre el medio natural y social. | 2.1 Tiene en cuenta la sostenibilidad en su trabajo como ingeniero/a. | 13 | 9, 28 | 11 |
| | 2.2 Tiene en cuenta el impacto ambiental de su trabajo como ingeniero/a. | 8, 12 | 7 | 10 |
| | 2.3 Tiene en cuenta el impacto social de su trabajo como ingeniero/a. | 14, 15, 16 | 17, 18, 19 | 20, 21, 22, 23, 24 |
| | 2.4 Es capaz de realizar con éxito la gestión económica de un proyecto TIC. | 25 | 26 | 27 |
| 3. Participación en procesos comunitarios que promuevan la sostenibilidad. | 3.1 Identifica cuándo la sostenibilidad de un proyecto puede mejorar si éste se realiza a mediante trabajo colaborativo comunitario. Realiza con responsabilidad trabajo colaborativo relacionado con la sostenibilidad. | 29 | 30 | 31 |
| 4. Aplicación de principios éticos relacionados con los valores de la sostenibilidad en los comportamientos personales y profesionales. | 4.1 Se comporta de acuerdo a los principios deontológicos relacionados con la sostenibilidad. | 32 | 33 | 34 |

Cuadro 1: Nivel de dominio en el que se enmarca cada pregunta del cuestionario [13] en el mapa de sostenibilidad de las Ingenierías TIC.

Inicial, el de Seguimiento y el Final). Uno de los documentos que debe entregar el estudiante en el Hito Inicial es el informe inicial de sostenibilidad. Para hacerlo, el estudiante dispone de documentación que debe usar para diseñar su TFG, y debe contestar al cuestionario del proyecto EDINSOST. Ambos factores influyen en la nota obtenida por el estudiante en GEP, por lo que prácticamente la totalidad de los estudiantes de GEP contestan a la encuesta. Hay tres ediciones de GEP cada año. Contestaron a la encuesta 136 alumnos de la primera edición de GEP de 2018 (marzo-abril) y 91 alumnos de la segunda edición (septiembre - octubre). No se disponía de datos de la tercera edición (diciembre 2018 -enero 2019) en el momento de escribir este artículo.

Se dispone, por lo tanto, de una muestra de 221 estudiantes de primer curso y 227 estudiantes de último curso. La muestra no es aleatoria en el caso de los estudiantes de primero, ya que los estudiantes han contestado a la encuesta en horas de clase de forma voluntaria. En el caso de los estudiantes de último curso, la muestra corresponde a casi la totalidad de los estudiantes (sólo 11 estudiantes de los 238 matriculados, menos de un 5%, no contestaron la encuesta).

Para responder a la pregunta de investigación, se ha realizado un análisis pre-post donde se compara la distribución de las respuestas de cada pregunta del cuestionario en las asignaturas de primer curso (IC/EC) con la de cuarto (GEP). Para ello, se realiza en primer lugar la estadística descriptiva básica de las 34 preguntas en las asignaturas de primero y cuarto, y se constata que no hay problemas de codificación y que la presencia de respuestas en blanco se mantiene en porcentajes muy minoritarios.

A continuación, se ha realizado la prueba de Mann-Whitney para estudiar si las distribuciones de las respuestas a cada pregunta antes y después de la intervención formativa son homogéneas o no. Tratándose de variables Likert, la prueba de comparación de muestras independientes *t* de Student no está indicada.

Para aquellas preguntas que registren diferencias significativas entre la distribución de las respuestas del primer curso respecto al cuarto, se utilizará la inspección visual del diagrama de barras para identificar cuál es el sentido de las diferencias, y eventualmente se compararán los porcentajes de respuestas para los niveles 2 y 3 antes y después de la intervención docente

3. Análisis de resultados

En los estudiantes de primer curso se observa que la mayoría de respuestas a todas las preguntas son “totalmente en desacuerdo” o “en desacuerdo” (niveles 0 y 1), mientras que para los estudiantes de GEP la

mayoría de respuestas son “de acuerdo” o “totalmente de acuerdo” (niveles 2 y 3).

Una vez calculados los *p-values* de la prueba de Mann-Whitney para cada una de las 34 preguntas, se observa que todos los *p-values* son inferiores a 0.005, lo que significa que hay diferencia significativa entre la distribución de las respuestas a una pregunta antes y después de la formación recibida. Esto se cumple para todas las preguntas del cuestionario.

El siguiente paso es averiguar el sentido de la diferencia. Basta con ver cómo se distribuyen las respuestas de las distintas preguntas para constatar que la distribución se ha desplazado hacia la derecha. Es decir, para los alumnos de GEP, la concentración de respuestas en los niveles 2 y 3 de cada pregunta es mayor que la que se observa en IC o EC.

A modo de ejemplo, en la Figura 1 se muestran las distribuciones obtenidas en IC/EC (arriba) y en GEP (abajo) para la pregunta: “Soy capaz de valorar el impacto positivo y negativo de los productos y servicios TIC en la sociedad y en la sostenibilidad del planeta”.

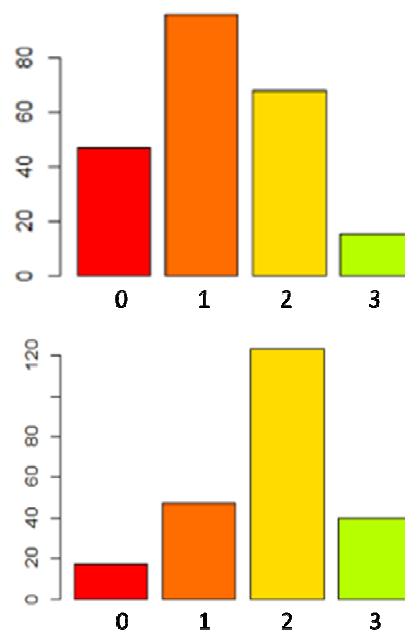


Figura 1: Ejemplo de distribuciones inicial y final para una pregunta del cuestionario

La Figura 1 muestra el número de respuestas obtenidas en el eje de ordenadas y el valor asociado a las respuestas en el de abscisas. En la figura se observa que, mientras al principio de los estudios sólo el 42,20% de los estudiantes ponen sus respuestas en los niveles 2 ó 3, este porcentaje aumenta hasta el 71,80% en los estudiantes de TFG. Este patrón de desvío hacia la derecha de las respuestas se mantiene en todas las preguntas.

Para tratar de cuantificar el nivel de aprendizaje de los estudiantes, se ha definido el aprendizaje en

| Competencias relacionadas | Unidad de competencia | Comp IC+EC | Comp TFG | UC IC+EC | UC TFG | L1 IC+EC | L2 IC+EC | L3 IC+EC | L1 TFG | L2 TFG | L3 TFG |
|--|--|------------|----------|----------|--------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 1. Contextualización crítica del conocimiento estableciendo interrelaciones con la problemática social, económica y ambiental, local y/o global. | 1.1 Tiene una perspectiva histórica (estado del arte) y entiende los problemas sociales, económicos y ambientales, tanto a nivel local como global. | 0,4311 | 0,6092 | 0,3982 | 0,5923 | 0,3756 | 0,3846 | 0,4344 | 0,5492 | 0,5888 | 0,6388 |
| | 1.2 Es creativo e innovador. Es capaz de ver las oportunidades que ofrecen las TIC para contribuir al desarrollo de productos y procesos más sostenibles. | | | 0,4641 | 0,6260 | 0,4570 | 0,4510 | 0,4842 | 0,6138 | 0,6211 | 0,6432 |
| 2. Utilización sostenible de recursos y prevención de impactos negativos sobre el medio natural y social. | 2.1 Tiene en cuenta la sostenibilidad en su trabajo como ingeniero/a. | 0,3759 | 0,5574 | 0,3678 | 0,5683 | 0,3997 | 0,3763 | 0,3273 | 0,6050 | 0,5551 | 0,5448 |
| | 2.2 Tiene en cuenta el impacto ambiental de su trabajo como ingeniero/a. | | | 0,3725 | 0,4873 | 0,2760 | 0,4842 | 0,3575 | 0,3913 | 0,6197 | 0,4508 |
| | 2.3 Tiene en cuenta el impacto social de su trabajo como ingeniero/a. | | | 0,4389 | 0,6252 | 0,4093 | 0,4630 | 0,4443 | 0,6035 | 0,6593 | 0,6126 |
| | 2.4 Es capaz de realizar con éxito la gestión económica de un proyecto TIC. | | | 0,3243 | 0,5487 | 0,3032 | 0,3635 | 0,3062 | 0,5991 | 0,5830 | 0,4640 |
| 3. Participación en procesos comunitarios que promuevan la sostenibilidad. | 3.1 Identifica cuándo la sostenibilidad de un proyecto puede mejorar si éste se realiza a mediante trabajo colaborativo comunitario. Realiza con responsabilidad trabajo colaborativo relacionado con la sostenibilidad. | 0,3705 | 0,6525 | 0,3705 | 0,6525 | 0,3514 | 0,4042 | 0,3560 | 0,6358 | 0,6520 | 0,6696 |
| 4. Aplicación de principios éticos relacionados con los valores de la sostenibilidad en los comportamientos personales y profesionales. | 4.1 Se comporta de acuerdo a los principios deontológicos relacionados con la sostenibilidad. | 0,2655 | 0,4102 | 0,2655 | 0,4102 | 0,2262 | 0,2655 | 0,3047 | 0,4126 | 0,3979 | 0,4200 |

Cuadro 2: Valores de Z para cada competencia, unidad de competencia y niveles de dominio.

sostenibilidad (Z) como un número entre 0 y 1. Para calcular este número, se ha usado la equivalencia numérica para cada respuesta: (0) totalmente en desacuerdo, (1) en desacuerdo, (2) de acuerdo y (3) totalmente de acuerdo. Así, el nivel de aprendizaje en sostenibilidad de cada estudiante en cada pregunta se encuentra entre 0 y 3. El nivel de aprendizaje de todos los estudiantes para una determinada pregunta *i* se calcula realizando la media aritmética del valor de su aprendizaje personal en la pregunta. Dividiendo este número por 3 se consigue normalizarlo a un valor entre 0 y 1 para cada pregunta (Z_i representa el aprendizaje en sostenibilidad para la pregunta *i*).

A partir de Z_i , es posible calcular el valor del aprendizaje en sostenibilidad de los estudiantes para cada unidad de competencia haciendo la media aritmética del valor Z_i de todas las preguntas relacionadas con la unidad de competencia (en los tres niveles de dominio). También es posible saber qué niveles de dominio aprenden más los estudiantes analizando las preguntas relacionadas con cada nivel. El aprendizaje en sostenibilidad de cada competencia puede obtenerse haciendo la media aritmética del aprendizaje en sostenibilidad de todas las unidades de competencia relacionadas. Finalmente, el aprendizaje de sostenibilidad de los estudiantes puede obtenerse como la media del aprendizaje de las cuatro competencias.

El Cuadro 2 muestra los valores de Z para cada unidad de competencia (en global y por niveles de dominio) y para cada competencia, tanto para los estudiantes de primer curso como para los estudiantes de último curso. Cuando en una celda intervienen

varias preguntas, se ha realizado la media aritmética de sus valores Z.

Las columnas “Comp IC+EC” y “Comp TFG” contienen los valores de Z para cada una de las cuatro competencias en el caso de los estudiantes de primero y cuarto, respectivamente. Del mismo modo, las columnas “UC IC+EC” y “UC TFG” contienen el valor de Z para cada una de las unidades de competencia. Las últimas 6 columnas contienen el valor de Z en cada uno de los niveles de dominio de cada unidad de competencia. Las primeras 3 columnas corresponden a los estudiantes de primero y las últimas tres columnas a los estudiantes de cuarto.

Para ver si se podían juntar los estudiantes de primer y segundo semestre y ser considerados como una única muestra, se ha calculado el valor Z promedio de todas las preguntas, obteniendo un valor $Z=0,3840$ para los estudiantes de primer semestre y $Z=0,3912$ para los estudiantes de segundo semestre. El valor medio de Z de todos los estudiantes de primero cuando se consideran como un único grupo es de 0,3876. Como puede observarse, los valores son muy similares. Sin embargo, el valor promedio de Z para todas las preguntas en los estudiantes de último curso es de $Z=0,5722$, significativamente mayor. Si midiésemos el aprendizaje en sostenibilidad como lo que los alumnos saben al acabar sus estudios respecto a lo que sabían al empezar, dividiendo los valores de Z correspondientes a los estudiantes de último curso por el de los estudiantes de primero curso, el valor sería $\text{Aprendizaje en sostenibilidad} = 0,5722/0,3876 = 1,4762$. Es decir, saben un 47,62% más.

Estos números podrían interpretarse como que los estudiantes de primero saben ya un 38,76% de lo que deberían saber sobre sostenibilidad al finalizar sus estudios, y un 57,22% cuando los acaban. Se consigue una mejora del 47,62% en su formación, pero los resultados finales distan bastante del resultado esperado, ya que apenas saben poco más de la mitad de lo que deberían saber.

Cuando se calcula este mismo valor usando para calcular Z la media obtenida del aprendizaje de las cuatro competencias en sostenibilidad (suma de los valores de la columna Comp TFG dividida por la suma de los valores de la columna Comp IC+EC del Cuadro 2), se obtiene: Aprendizaje en sostenibilidad = $2,1556/1,443 = 1,4938$, que como puede verse es un valor muy similar al obtenido cuando Z se calcula como la media de los valores Z de todas las preguntas.

Si se analiza el nivel de aprendizaje de las unidades de competencia y de las cuatro competencias en sostenibilidad, puede verse que la competencia en que los alumnos se declaran menos preparados cuando comienzan sus estudios es la C4 (Aplicación de principios éticos relacionados con los valores de la sostenibilidad en los comportamientos personales y profesionales), donde “saben” un 0,2655 sobre 1. Al finalizar sus estudios, “saben” un 0,4102 de esta competencia. Es decir, no llegan al 50% en aspectos deontológicos. Claramente, es el tema en el que se debería hacer más énfasis en los próximos años.

Al finalizar los estudios, se observa que en el resto de competencias los alumnos consiguen “saber” más del 50% de lo que se espera de ellos, a excepción de la unidad de competencia: “Tiene en cuenta el impacto ambiental de su trabajo como ingeniero/a”, en la que sólo consiguen un 48,73%. Este valor ha sido resaltado en el Cuadro 2.

Por el contrario, las competencias en que los alumnos declaran “saber más” son la C3 (Participación en procesos comunitarios que promuevan la sostenibilidad), con un 65,25%, y la C1 (Contextualización crítica del conocimiento), con un 60,92%. Cuando se hace la media de las cuatro competencias (columna Comp TFG del Cuadro 2), se obtiene que la competencia final en sostenibilidad de los estudiantes es del 55,73%. Es decir, un aprobado justo.

Si analizamos el aprendizaje conseguido en cada una de las competencias, entendido como el cociente del valor Z de los estudiantes de último curso dividido por el valor Z de los estudiantes de primero, obtenemos que el aprendizaje para la competencia C1 es de 1,41, para C2 es de 1,48, para C3 es de 1,76 y para C4 es de 1,54. Se percibe claramente que el mayor aprendizaje se da en la competencia C3 (Participación en procesos comunitarios que promuevan la sostenibilidad), que es precisamente la competencia en que los estudiantes declaran “saber más”.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado un análisis del aprendizaje en sostenibilidad conseguido por los estudiantes de la FIB durante los cuatro años de estudio del Grado en Ingeniería Informática. El instrumento utilizado ha sido el cuestionario de sostenibilidad para estudiantes del proyecto EDIN-SOST. El cuestionario consta de 34 preguntas relativas a las cuatro competencias en sostenibilidad definidas por la CRUE.

Los resultados muestran que los estudiantes declaran haber mejorado en las 34 preguntas del cuestionario. Pese a que no se puede afirmar que esta mejora se deba exclusivamente al aprendizaje realizado durante los estudios, ya que no hay un grupo de control que permita validar esta afirmación, los autores consideran que es difícil que los estudiantes hayan adquirido esta formación gracias a experiencias externas, dado que es una formación muy específica y orientada a la ingeniería. No obstante, el aprendizaje conseguido en las cuatro competencias en sostenibilidad no es el mismo. Los estudiantes declaran se sienten más competentes en la “participación en procesos comunitarios que promuevan la sostenibilidad” y en la “contextualización crítica del conocimiento estableciendo interrelaciones con la problemática social, económica y ambiental, local y/o global”. Por el contrario, manifiestan poca competencia en cuanto a su “comportamiento de acuerdo a los principios deontológicos relacionados con la sostenibilidad”. Aun así, los resultados obtenidos son muy pobres, ya que los estudiantes declaran haber conseguido solo un 55,73% de las competencias en sostenibilidad, muy lejos de lo esperado.

Queda mucho trabajo por hacer, y es imprescindible hacerlo pronto, porque nuestros estudiantes son las ingenieras e ingenieros del futuro, y en sus manos está el destino de la humanidad. Porque el futuro será sostenible o no será.

Referencias

- [1] R. Bermejo. Del Desarrollo Sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis (s. f.-a). 2014. Recuperado de <http://eaxxi.blogspot.com/2016/01/bermejo-r-2014-del-desarrollo.html>, Acceso Mayo 2019.
- [2] G. Brundtland, M. Khalid, S. Agnelli, S. Al-Athel, B. Chidzero, L. Fadika et al. Our Common Future ('Brundtland report'). Oxford University Press, USA. 1987.
- [3] C. Buckler, H. Creech y Unesco. Shaping the Future We Want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014): Final Report. 2014.
- [4] J. Cabré, J. Climent, E. Vidal, F. Sánchez Carracedo, D. López y C. Martín. Aventuras y

- desventuras de un informe de sostenibilidad. *Actas de las JENUI*, 3: 7-14, 2018.
- [5] CAPED-CRUE (2012) Directrices para la introducción de la Sostenibilidad en el Currículum. Actualización de la declaración institucional aprobada en 2005 - Recuperado de https://www.crue.org/Documentos%20compartidos/Declaraciones/Directrices_Sostenibilidad_Crue2012.pdf. Acceso Mayo 2019.
- [6] E.A. Cech y H.M. Sherick. Depoliticization and the Structure of Engineering Education. En S.H. Christensen, C. Didier, A. Jamison, M. Meganck, C. Mitcham, y B. Newberry (Eds.), *International Perspectives on Engineering Education: Engineering Education and Practice in Context*, 1: 203-216, 2015. Cham: Springer International Publishing.
- [7] Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (s. f.-h). Recuperado de <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>, Acceso Mayo 2019.
- [8] D. Ferrer-Balas, C. Davidson, A. Mishra, A. Hoshikoshi, S. Banas et al. An international comparative analysis of sustainability transformation across seven universities *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 9(3): 295-316, 2008.
- [9] D. Franquesa, J-L. Cruz, C. Álvarez, F. Sánchez Carracedo, A. Fernández y D. López. Cómo formar Ingenieros en Informática en la competencia Sostenibilidad y Compromiso Social. *Actas de las JENUI 2009*, pp. 271-278.
- [10] P. Johnston, M. Everard, D. Santillo y K-H. Robèrt. Reclaiming the definition of sustainability *Environmental Science and Pollution Research International*, 14(1), 60-66, 2007.
- [11] R. Lozano. Creativity and Organizational Learning as Means to Foster Sustainability *Sustainable Development*, 22(3): 205-216, 2014.
- [12] R.E. Miller. The assessment of clinical skills, competence, performance. *Academic medicine*, 65(9), 1990.
- [13] F. Sánchez Carracedo, M.J. Álvarez Orive, A. Barrón, D. Caballero, E. López., J.M. Muñoz. et al. Elaboración de un cuestionario para evaluar el nivel de sostenibilidad de los estudiantes de grados en ingeniería TIC En *Actas de las XXIV JENUI*. 3: 141-148, 2018.
- [14] F. Sánchez Carracedo, J. Moral y D. López. Todos mis estudiantes acaban el TFG, y en el tiempo previsto *ReVisión*, 8(3): 31-46, 2015.
- [15] F. Sánchez Carracedo, J. Segalàs, J.M. Cabré, J. Climent, D. López, C. Martín y E.M. Vidal El proyecto EDINSOST: inclusión de los ODS en la educación superior. *Revista Española de Desarrollo y Cooperación*, (41), 67-81, 2017.
- [16] F. Sánchez Carracedo, J. Segalàs, E.M. Vidal, C. Martín, J. Climent, D. López y J.M. Cabré. Improving engineering educators' sustainability competencies by using competency maps: The EDINSOST project *International Journal of Engineering Education*, 34(5), 1527-1537, 2018.
- [17] F. Sánchez Carracedo, J. Segalàs, E.M. Vidal, C. Martín, D. López, J. Climent y J.M. Cabré Mapa de la competencia Sostenibilidad del proyecto EDINSOST En *Actas de las XXIII JENUI*: 2: 19-26, 2017.
- [18] G. Secundo, G. Passiante, A. Romano y P. Moliterni. Developing the Next Generation of Engineers for Intelligent and Sustainable Manufacturing: A Case Study *International Journal of Engineering Education*, 29(1): 248-262, 2013.
- [19] J. Segalàs, D. Ferrer-Balas y K-F. Mulder. What do engineering students learn in sustainability courses? The effect of the pedagogical approach *Journal of Cleaner Production*, 18(3): 275-284, 2010.
- [20] UN Asamblea General. Resoluciones Aprobadas No. A/RES/55/2. UN, 2000. Declaración del Milenio. Recuperado de <https://undocs.org/A/RES/55/2>, Mayo 2019.
- [21] UN Asamblea General. Resoluciones Aprobadas No. A/RES/66/288. UN, 2012. El futuro que queremos. Recuperado de <https://undocs.org/A/RES/66/288>, Mayo 2019.
- [22] UN Asamblea General. Resoluciones Aprobadas No. A/RES/70/1). UN, 2015. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://undocs.org/es/A/RES/70/1>, Mayo 2019.
- [23] UNESCO, 2014. Biblioteca Digital (No. ED/2014/TLC/ESD/01). Declaración de Aichi-Nagoya sobre la Educación para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf00002_31074_spa, Acceso Mayo 2019.
- [24] E. Valderrama, M. Rullán, F. Sánchez Carracedo, J. Pons, M.F. Cores y J. Bisbal. La evaluación de competencias en los trabajos fin de estudios En *Actas de las JENUI 2009*.
- [25] T. Wright. University presidents' conceptualizations of sustainability in higher education *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 11(1): 61-73, 2010.
- [26] M. Yearworth. Sustainability as a 'super-wicked' problem; opportunities and limits for engineering methodology *AU. Intelligent Buildings International*, 8(1): 37-47, 2016.