

De la teoría a la práctica: 1011₂ años después de la integración de la sostenibilidad en el Grado en Ingeniería Informática de la FIB

Joan Climent¹, Jose Cabré¹, Fermín Sánchez-Carracedo¹, David López¹,
Carme Martín¹, Eva Vidal² y Ramón Bragós²

¹Facultat d'Informàtica de Barcelona

²Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicacions de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Barcelona

juan.climent@upc.edu, jose.cabre@upc.edu, fermin@ac.upc.edu,
david@ac.upc.edu, martin@essi.upc.edu, eva.vidal@upc.edu, ramon.bragos@upc.

Resumen

En el año 2009, la Facultat d'Informàtica de Barcelona introdujo la sostenibilidad como una competencia transversal dentro de sus estudios de Grado en Ingeniería Informática. Han pasado once años desde entonces, y la forma de trabajar la sostenibilidad ha evolucionado mucho. Inicialmente se trabajaba a partir de un modelo de competencia basado en tres niveles de dominio (conocimiento, comprensión y aplicación). Actualmente se usa un mapa de sostenibilidad, que contiene resultados de aprendizaje organizados también en tres niveles de dominio: saber, saber cómo y demostrar + hacer. Estos resultados de aprendizaje se distribuyen entre el conjunto de asignaturas (incluido el TFG) que forman el itinerario de sostenibilidad. Los resultados de una encuesta realizada en 2018 indican que las estudiantes presentan un importante déficit de formación en "Principios Deontológicos" (en esta competencia relacionada con la sostenibilidad, los estudiantes aprenden solo un 13% de lo que podrían aprender). Estos resultados sugieren que queda mucho camino aún por recorrer, pero ante todo es preciso reforzar con urgencia la importancia que se da a la ética profesional en la titulación.

Abstract

In 2009, the Barcelona School of Informatics introduced sustainability as a transversal competency within its Bachelor degree in Informatics Engineering. Eleven years have passed since then, and the way of developing sustainability has evolved considerably. Initially, it was developed from a competency model based on three domain levels (knowledge, understanding and application). A sustainability map is currently used, which contains learning outcomes. It is also organized in three domain levels: knowing,

knowing how and demonstrating + doing. The learning outcomes are distributed among the set of subjects in the sustainability itinerary, including the Bachelor Thesis. The results of a survey conducted in 2018 indicate that students present a significant training deficit in "Deontological Principles" (they only learn 13% of what they could learn). These results suggest that there is still a long way to go, but first of all it is necessary to urgently reinforce the importance given to professional ethics in the degree.

Palabras clave

Sostenibilidad, Educación para el Desarrollo Sostenible, Trabajo Final de Grado, Competencias transversales, Competencias genéricas.

1. Introducción

Desde la puesta en marcha del Grado en Informática en 2009 en la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB), la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) se ha integrado en la titulación como competencia transversal. Esta competencia se ha denominado Sostenibilidad y Compromiso Social. Durante estos once años, muchas profesoras han intentado introducir la EDS en sus asignaturas de distintas maneras. Este artículo recoge las experiencias del trabajo realizado durante estos once años, y presenta un resumen de las distintas metodologías que se usan actualmente para trabajar la competencia.

1.1. Marco de referencia

Como institución dedicada a la creación y transmisión del conocimiento a través de la investigación y la educación, la universidad juega un rol fundamental en la aplicación de soluciones y alternativas a los problemas económicos, sociales y ambientales que

enfrenta la sociedad actual. La propia UNESCO¹ indica que la educación es un elemento clave a la hora de alcanzar el desarrollo sostenible. La introducción de la sostenibilidad en los planes de estudios requiere empoderar a la comunidad universitaria, la creación de espacios de reflexión y de colaboración, inter- y transdisciplinar, para promover el aprendizaje y la reflexión crítica sobre las prácticas actuales, promoviendo acciones creativas e innovadoras [5, 6].

Hace años que la sostenibilidad forma parte de los objetivos en la educación superior. El sistema de acreditación ABET², introducido en Estados Unidos para la formación en las ingenierías, ya destacaba en la década de los 90 del pasado siglo la importancia de trabajar la Sostenibilidad. En la primera década del siglo XXI, en Europa, el proyecto Tuning³, que se focaliza en normalizar el Espacio Europeo de Educación Superior, establece 31 competencias genéricas que deben trabajarse en todos los grados universitarios. Cinco de ellas están relacionadas directamente con el desarrollo sostenible (C6, C17, C23, C25 y C28), y tres indirectamente (C22, C29 y C30):

- C6: Capacidad para mostrar conciencia sobre la igualdad de oportunidades y las cuestiones de género
- C17: Capacidad para actuar sobre la base del razonamiento ético
- C23: Capacidad para actuar con responsabilidad social y conciencia cívica
- C25: Apreciación y respeto por la diversidad y el multiculturalismo
- C28: Compromiso con la conservación del medio ambiente
- C22: Capacidad para diseñar y gestionar proyectos
- C29: Capacidad para adaptarse y actuar en nuevas situaciones
- C30: Capacidad para evaluar y mantener la calidad del trabajo producido

El informe⁴ de la UNESCO "Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivos de aprendizaje" menciona un conjunto de competencias clave para la sostenibilidad que deben desarrollarse en todos los grados universitarios:

- Competencia de pensamiento sistémico
- Competencia anticipatoria
- Competencia normativa
- Competencia estratégica
- Competencia de colaboración
- Competencia de pensamiento crítico

- Competencia de autoconciencia
- Competencia integrada de resolución de problemas

Uno de los cambios que se están produciendo en la sociedad en los últimos tiempos se encuadra en el marco normativo y legal. En España, desde finales de 2018, la "Ley de Información No Financiera y Diversidad" (Ley 11/2018 de 28 de diciembre) establece para las empresas la obligación de elaborar el "Informe anual sobre el Estado de Información No Financiera". Este informe es exigible a todas las empresas de un cierto tamaño, y debe reflejar el impacto de su actividad en cuestiones ambientales y sociales a través de indicadores clave de resultados no financieros. Para la preparación de dicho informe deben seguirse los modelos aceptados por la ley. Existen varios modelos que tradicionalmente han sido empleados por las compañías que realizan estos informes de manera voluntaria desde hace ya varios años. El más popular es el Global Reporting Initiative⁵ (GRI). La organización GRI define unos estándares para elaborar informes sobre el impacto de un proyecto en el cambio climático, los derechos humanos, la transparencia o la calidad de vida, entre otros aspectos. El 93% de las 250 mayores corporaciones del mundo realizan su informe de sostenibilidad siguiendo estos estándares.

Aunque numerosas universidades han firmado declaraciones comprometiéndose a introducir conceptos de EDS en sus planes de estudios [7, 10, 17], no hay un consenso sobre las mejores maneras de introducir la EDS en la educación superior [8], y se requiere aún mucho trabajo de investigación [11]. El punto común de muchos de estos estudios es no poner el foco en "qué" hacer, sino en "cómo" hacerlo; no en "qué" competencias deben adquirirse, sino en "cómo" pueden adquirirse estas competencias.

1.2. ¿Cómo se puede trabajar la sostenibilidad en un grado?

Se han adoptado diferentes enfoques para incorporar la EDS en un plan de estudios. En algunos casos, los resultados de aprendizaje relacionados con la EDS se incluyen en diferentes asignaturas, ya sean obligatorias u optativas [12]. En otros enfoques, se incluyen en los planes de estudios asignaturas específicas sobre EDS [2]. Un tercer enfoque consiste en aplicar criterios de sostenibilidad en el Trabajo de Fin de Grado (TFG) [3, 13].

Estas diferentes formas de incorporar la EDS en el plan de estudios implican diferentes grados de desarrollo y aprendizaje de la EDS. Los objetivos relacionados con la EDS pueden ser distribuidos entre un conjunto de asignaturas del plan de estudios, que formarán el "itinerario de sostenibilidad". En un

¹ <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>.

² <http://www.abet.org/>.

³ <http://www.unideusto.org/tuningeu/>.

⁴ <https://www.sdg4education2030.org/education-sustainable-development-goals-learning-objectives-unesco-2017>.

⁵ <https://www.globalreporting.org/standards>.

enfoque híbrido, que considere simultáneamente todos los enfoques anteriores, algunas de estas asignaturas pueden ser asignaturas específicas de EDS; el resto pueden ser asignaturas técnicas que se centran en otras materias, pero que trabajan los objetivos de EDS simultáneamente junto con los objetivos específicos de la asignatura. Esta misma filosofía puede ser aplicada al TFG, que no tiene por qué estar centrado en la sostenibilidad, pero puede considerarla como un elemento vertebrador del trabajo desarrollado.

En el siguiente apartado se describe la metodología usada en la FIB para trabajar la EDS. El Apartado 3 presenta los materiales que se usan en la FIB para trabajar la EDS. En el Apartado 4 se muestran algunos resultados del aprendizaje conseguido por las estudiantes de la FIB. Finalmente, el Apartado 5 concluye el trabajo.

2. ¿Cómo se trabaja la sostenibilidad en la FIB?

Al igual que el resto de competencias transversales, la EDS tiene un coordinador específico en la FIB, que se encarga de coordinar a las profesoras de todas las asignaturas del itinerario de sostenibilidad, incluido el TFG.

2.1. En el trabajo Fin de Grado

El TFG es la actividad más apropiada para que las estudiantes puedan trabajar e integrar las distintas competencias transversales adquiridas durante la carrera. Por ello, la memoria de cada TFG debe incluir un capítulo con el informe de sostenibilidad.

Con el fin de facilitar a las estudiantes la elaboración del informe de Sostenibilidad, se ha editado una pequeña guía sobre cómo realizar dicho informe. Esta guía⁶, junto con un vídeo explicativo⁷ y dos ejemplos de informes de sostenibilidad⁸ se puede descargar de la página web de la FIB.

El objetivo del informe de sostenibilidad es que la estudiante reflexione de forma crítica sobre la sostenibilidad de su TFG. A la estudiante no se le pide que elabore un TFG que cumpla con los principios de la sostenibilidad, sino que presente un informe-reflexión sobre la sostenibilidad de su TFG. La estudiante, en lugar de ser evaluada por el nivel de sostenibilidad de su TFG, es evaluada por la calidad del Informe de Sostenibilidad. Es decir, un TFG puede ser radicalmente insostenible, pero si incluye un buen informe de sostenibilidad razonando esta circunstancia, puede ser evaluado con la máxima nota de sostenibilidad.

⁶<https://www.fib.upc.edu/sites/fib/files/documents/estudis/informe-sostenibilidad-espanol-2018.pdf>.

⁷https://www.youtube.com/playlist?list=PLkgord6_YlwRMC8It6gNJTO96cknfx1PI.

⁸ <https://www.fib.upc.edu/es/estudios/grados/grado-en-ingenieria-informatica/trabajo-de-fin-de-grado>.

La estudiante debe responder detalladamente a un conjunto de preguntas relacionadas con los tres ámbitos de la sostenibilidad (ambiental, económico y social).

Todo este esfuerzo resultaría yermo sin la cooperación, la complicidad, la sensibilidad, y el convencimiento del profesorado que tiene asignada la sostenibilidad en sus asignaturas, las profesoras de la asignatura GEP (Gestión de Proyectos, asignatura que forma a las estudiantes en cómo hacer su TFG) y las directoras de los TFG. Resulta vital desarrollar tácticas que favorezcan dichos procesos. Desde la coordinación de la competencia se han desarrollado diversas acciones: creación y difusión de la guía de sostenibilidad del TFG, creación y difusión del vídeo explicativo, charlas, comunicación con las profesoras, *feedback* de su trabajo, etc. Por ahora, creemos haber conseguido parte de complicidad, tanto del profesorado que imparte las asignaturas del itinerario de sostenibilidad como del profesorado de GEP. El reto ahora está en convencer a las directoras de los TFG.

2.2. En las asignaturas

Realizar el informe de Sostenibilidad de un proyecto no es tarea fácil. De la misma manera que sucede con las competencias técnicas, la estudiante precisa de unos conocimientos previos que deben adquirirse en el transcurso de la carrera en las asignaturas que integran el itinerario de sostenibilidad.

El Grado en Ingeniería Informática (GEI) tiene cinco especialidades: Computación (C), Ingeniería de Computadores (IC), Ingeniería del Software (IS), Sistemas de Información (SI) y Tecnologías de la Información (TI). La estudiante cursa las asignaturas de la especialidad durante los dos últimos años de la carrera. La EDS se trabaja de forma oficial, en distintos niveles de dominio, en las siguientes 14 asignaturas del GEI, tanto troncales como de especialidad:

- Arquitectura de Computadores (AC), obligatoria de 4º semestre
- Arquitectura del PC (APC), optativa
- Aspectos Sociales y Medioambientales de la Informática (ASMI), optativa
- Centros de Proceso de Datos (CPD), complementaria de las especialidades IC y TI
- Estructura de Computadores (EC), obligatoria de 2º semestre
- Gráficos (G), obligatoria de la especialidad C
- Gestión de Proyectos de Software (GPS), obligatoria de la especialidad IS
- Internet Móvil (IM), complementaria de la especialidad TI
- Simulación (S), complementaria de la especialidad IS
- Sistemas de Información para las Organizaciones (SIO), obligatoria de la especialidad SI

- Sistemas Operativos de Aplicaciones Distribuidas (SOAD), complementaria de la especialidad IS
- Software Libre y Desarrollo Social (SLDS), optativa
- VLSI, complementaria de la especialidad IC
- Redes de Computadores 2 (XC2), obligatoria de la especialidad IC

Como integrantes del itinerario de sostenibilidad, todas estas asignaturas tienen asignado el trabajar y evaluar de forma específica, además de sus respectivas competencias técnicas, la sostenibilidad. Esto no quiere decir que no existan otras asignaturas que también la trabajen, pero no tienen la obligación de evaluarla.

Desde la coordinación de la competencia se aconseja no trabajar la Sostenibilidad de forma aislada, sino de forma integrada con las competencias técnicas. Para tal fin, se ha desarrollado el Mapa de Objetivos de Aprendizaje de Sostenibilidad que se muestra en el Cuadro 1, que es una versión simplificada del mapa de sostenibilidad del proyecto EDINSOST [16]. El mapa clasifica los objetivos de aprendizaje según una taxonomía de tres niveles: saber, saber cómo, demostrar + hacer). Estos niveles son una versión simplificada de la pirámide de Miller [9]. Los 24 objetivos de aprendizaje se definen a partir de Unidades de Competencia, que a su vez se han definido a partir de las 4 competencias en sostenibilidad definidas por la CRUE [4] (columna C) y las dimensiones de la sostenibilidad (columna D: H- Holística, A-ambiental, S-social y E-Económica):

- 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.

Cada asignatura puede trabajar distintos objetivos del mapa. En el Cuadro 1 se presentan –en rojo– las asignaturas en las se trabaja cada objetivo. Se puede observar que todos los objetivos de aprendizaje son trabajados por alguna de las 14 asignaturas que tienen asignada la sostenibilidad. Sin embargo, aunque todos los objetivos de aprendizaje sean trabajados en alguna de las asignaturas, esto no significa que una estudian-

te de la FIB los vaya a trabajar todos. Algunas de las asignaturas son optativas o complementarias de especialidad, y la casuística del posible itinerario curricular de una estudiante es enorme.

2.3. Metodologías

Durante estos últimos 11 años, en cada asignatura del itinerario se ha estado trabajando la EDS de formas diversas. Estas asignaturas son impartidas por profesores de departamentos distintos, y a menudo estos profesores desconocen las actividades relacionadas con la EDS que se realizan en otras asignaturas. Por eso, es necesaria una coordinación transversal de la competencia que sirva de paraguas común a todas las asignaturas que la trabajan, y que pueda ofrecer una visión global de cómo se trabaja la competencia. A partir de la información facilitada por las profesoras responsables de asignatura, durante los últimos años se ha elaborado un compendio de las distintas metodologías utilizadas. Esta información está disponible para todo el profesorado de las asignaturas donde se trabaja la competencia A continuación se muestran las metodologías empleadas y las asignaturas que las emplean:

- Integración dentro de las competencias técnicas. Asignaturas: AC, APC, CPD, GPS, G, IM, SIM, SIO, SLDS, VLSI, XC2
- Elaboración de informes de sostenibilidad de proyectos. Asignaturas: APC, TFG, CPD, SLDS, SOAD
- Aplicación en casos de estudio. Asignaturas: APC, AS-MI, IM, SLDS, SIM
- Auditoría del trabajo de los compañeros. Asignatura: CPD
- Búsqueda de material. Asignaturas: EC, G
- Responder preguntas en el examen. Asignaturas: AC, APC, G, SLDS
- Elaborar preguntas para otros estudiantes. Asignaturas: EC, SOAD
- Análisis de documentos facilitados por el profesor. Variante: Presentarlos en clase. Asignaturas: APC, ASMI, SIO, SLDS, XC2, SOAD
- Análisis de documentos facilitados por el profesor. Variante: Elaboración de informes (trabajo en equipo). Asignaturas: APC, CPD, EC, GPS, SIO, SLDS, G
- Análisis de documentos facilitados por el profesor. Variante: Mediante puzzle. Asignatura: CPD
- Expositivas. Variante: Clases magistrales. Asignaturas: APC, ASMI, GPS, SLDS, SIM
- Expositivas. Variante: Proyección de vídeos. Asignaturas: AC, APC, ASMI, SLDS

Titulación: Grado en ingeniería Informática					
C	D	Unidad de competencia	Niveles de dominio (según la pirámide de Miller simplificada)		
			1. SABER	2. SABER CÓMO	3. DEMOSTRAR + HACER
C1	H	Tiene una perspectiva histórica (estado del arte) y entiende los problemas sociales, económicos y ambientales, tanto a nivel local como global.	1.1.1 Conocer la literatura sobre problemática social, económica y/o ambiental, y conocer el papel estratégico que juegan las TIC en la sostenibilidad del planeta. (ASMI, EC, SIM, SLDS)	2.1.1 Analizar las diferentes dimensiones de la sostenibilidad en la resolución de un problema concreto. (APC; ASMI, CPD, SLDS, SOAD, XC2,G)	3.1.1 Identificar las principales causas y consecuencias de un problema y ser capaz de relacionarlo con problemas conocidos y con las soluciones aplicadas anteriormente. (APC, ASMI, CPD, GPS, SIM, SOAD, SLDS)
	A	Tiene en cuenta el impacto ambiental de las TIC en su trabajo como ingeniero/a.	1.2.1 Conocer el concepto de huella ecológica. (SIM, XC2, APC, EC, SLDS) 1.2.2 Conocer el ciclo de vida de los productos TIC, el uso eficiente de los recursos y las ventajas de la reutilización y el reciclaje. (AC, APC, GPS, SIM, SLDS, VLSI, CPD, EC)	2.2.1 Ser capaz de medir la huella ecológica del uso de las TIC usando las métricas apropiadas. (AC, SIM, XC2, SLDS)	3.2.1 Considerar los efectos ambientales de los productos y servicios TIC en los proyectos y soluciones tecnológicas en los que participa. (APC, CPD, SLDS, SOAD) 3.2.2 Incluir en los proyectos indicadores para estimar/medir estos efectos a partir de los recursos usados por el proyecto. (SLDS, SOAD)
C2	S	Tiene en cuenta criterios de accesibilidad, ergonomía y seguridad en su trabajo como ingeniero/a. Considera las consecuencias	1.3.1 Conocer las consecuencias sobre la sociedad de los productos y servicios TIC. (ASMI, CPD, EC, GPS, SOAD, APC, G, SLDS)	2.3.1 Saber valorar el impacto sobre la sociedad de un producto o servicio TIC. (APC, CPD, GPS, SIO, SOAD, VLSI, IM, SLDS)	3.3.1 Intentar minimizar las consecuencias negativas que pudiera ocasionar su actividad profesional sobre la sociedad. (APC, CPD, GPS, SIM, SIO, SOAD)
	E	Es capaz de realizar la gestión económica de un proyecto TICs	1.4.1 Conocer conceptos básicos sobre organizaciones y sobre técnicas de gestión de un proyecto. (CPD, GPS, SIO, SLDS) 1.4.2 Conocer los conceptos de innovación y creatividad. (ASMI, CPD, SIO, SLDS) 1.4.3 Conocer el concepto de la economía social y sus implicaciones (las ventajas del trabajo en equipo, de la cooperación versus la competencia, los principios de la economía del bien común, la economía circular, etc.). (SLDS, SOAD)	2.4.1 Comprender las diferentes partes económicas de un proyecto. (GPS, SIM, IM, CPD, SLDS)	3.4.1 Ser capaz de gestionar, eficientemente, un proyecto. (GPS, SLDS, SIO)
C3	H	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.	1.5.1. Conoce el concepto de trabajo colaborativo comunitario y sus implicaciones en la transformación de la sociedad. (SLDS) 1.5.2. Conoce ejemplos de proyectos que han implementado con éxito el trabajo colaborativo comunitario en el ámbito de las TIC. (SLDS) 1.5.3. Conoce herramientas de trabajo colaborativo del ámbito de las TIC. (SLDS)	2.5.1. Dado un proyecto del ámbito de las TIC que incluya un trabajo colaborativo comunitario, es capaz de valorar las implicaciones de dicho trabajo en la sostenibilidad del proyecto. (SLDS)	3.5.1. Sabe utilizar herramientas de trabajo colaborativo relacionadas con proyectos TIC. (SLDS)
	H	Se comporta de acuerdo a los principios deontológicos relacionados con la sostenibilidad.	1.6.1 Conocer el código deontológico de la ingeniería informática. (SIO, SOAD, APC, XC2)	2.6.1 Saber aplicar el código deontológico de la ingeniería informática. (ASMI, SIO)	3.6.1 Ser capaz de proponer soluciones que no contradigan el código deontológico de la ingeniería informática. (SIO)

Cuadro 1: Mapa de objetivos de aprendizaje de Sostenibilidad.

Muchas asignaturas permiten integrar la sostenibilidad con las competencias técnicas de forma natural. En algunas asignaturas, dicha integración puede ser más sencilla que en otras. Por ejemplo, en la Asignatura “Centros de Proceso de Datos” se diseñan un servidor y la red de interconexión de un grupo de

servidores, planificando los posibles riesgos y problemas sociales que los errores de diseño puedan ocasionar (pérdida o robo de datos, con su correspondiente coste económico y pérdida de prestigio). En la asignatura “Internet Móvil” se cuantifica el impacto que tienen sobre la salud las ondas electromagnéticas

de comunicaciones móviles. Otros ejemplos son la asignatura “Simulación”, donde se evalúa el impacto ecológico de los distintos sistemas simulados, o “Software Libre y Desarrollo Social”, donde las estudiantes instalan software libre en ordenadores donados al programa UPC-Reutiliza⁹. En asignaturas como “VLSI” se estudia el ciclo de vida de los circuitos integrados (fabricación, test y vida útil), y en “Redes de Computadores 2” las estudiantes buscan y encuentran soluciones que reduzcan el impacto medioambiental de Internet. Otras profesoras dedican parte de las horas de su asignatura a trabajar algún aspecto de la Sostenibilidad que no se corresponde exactamente con ninguno de los contenidos técnicos de la asignatura, pero que son necesarios para la formación de una Ingeniera en Informática. Por ejemplo, en la asignatura “Arquitectura del PC” las alumnas deben leer el código deontológico del Colegio Oficial de Ingeniería Informática de Catalunya y elaborar un documento señalando los artículos relacionados con la Sostenibilidad. El trabajo de las estudiantes se discute en clase, y vuelve a debatirse al final del curso.

3. Materiales que se utilizan para trabajar la EDS en las asignaturas

Un material didáctico puede definirse como cualquier recurso que la profesora prevea emplear en el desarrollo del currículo para facilitar que la estudiante alcance los objetivos de la asignatura, mediar en las experiencias de aprendizaje, desarrollar habilidades cognitivas, apoyar estrategias metodológicas, facilitar o enriquecer la evaluación [1]. Para desarrollar las actividades presentadas en el Apartado 2, debe ofrecerse a las profesoras de las asignaturas que trabajan la EDS materiales didácticos adecuados.

Hemos clasificado los materiales que actualmente se ofrecen en las asignaturas en las siguientes categorías: (1) vídeos, (2) documentos y (3) recursos web.

3.1. Vídeos

Como ejemplo, comentaremos la utilidad de un par de vídeos de los que se utilizan en las asignaturas. En los vídeos ‘¿Es factible construir la estrella de la muerte?’¹⁰, de 8’ de duración, y ‘Análisis de sostenibilidad de la Estrella de la muerte’¹¹, de 15’ de duración, se presenta un ejemplo práctico impactante de Informe de sostenibilidad de un proyecto de ingeniería. Este estudio tiene un atractivo especial por la

envergadura y tipología del proyecto escogido, y demuestra que es posible analizar la sostenibilidad de cualquier proyecto, por grande que sea. También tiene el interés de demostrar que, incluso ante un análisis de sostenibilidad positivo, tal vez no siempre se debería realizar el proyecto. Actualmente se utiliza en la asignatura APC y es efectivo para trabajar los objetivos 1.2.1, 1.2.2, 1.3.1, 2.1.1, 3.2.1.

En el vídeo ‘Economía Circular’¹² de COTEC, de 15’ de duración, se muestra de forma amena y breve el concepto de economía circular y la necesidad de implementarla. Se utiliza en las asignaturas AC y APC, y es efectivo para trabajar los objetivos 1.1.1, 1.2.1, 1.2.2, 1.3.1, 1.4.2.

3.2. Documentos

Para trabajar la actividad “Análisis de documentos facilitados por el profesor”, se ofrece un buen número de documentos. En el ‘Código Deontológico del COEINF’¹³ se cita textualmente que ‘se debe velar para que el uso, aplicación y consecuencias de la aplicación de la informática favorezca la mejora y el progreso de las personas, las sociedades y la relación entre ellas y con su entorno’. Además, se menciona que ‘hay que promover los principios de reducir, reutilizar y reciclar en referencia a la informática’, no solo a nivel de proyecto, sino teniendo en cuenta el comportamiento de proveedores, clientes y otros interlocutores. Actualmente se utiliza en las asignaturas APC y ASMI, y es efectivo para trabajar el objetivo 1.6.1.

En ‘La cara oculta de la tecnología’¹⁴ encontramos un artículo con datos reales de cálculo de coste de la fabricación, utilización y desecho de un ordenador, y una llamada a la reflexión a la sociedad de consumo en la que nos encontramos sumergidos. Se utiliza en la asignatura EC y es efectivo para trabajar los objetivos 1.1.1, 1.2.2, 1.3.1.

3.3. Recursos web

En varios tipos de actividades que trabajan la EDS es imprescindible el acceso a recursos web, como por ejemplo en la actividad ‘Búsqueda de material’. Entre los recursos que se ofrecen se encuentran los ‘Objetivos 2030 para el desarrollo sostenible’¹⁵ de la UNESCO, una web donde para cada uno de los objetivos propuestos se hayan vínculos a ‘datos destacables’, ‘metas del objetivo’ y ‘enlaces’. Actualmente se utiliza en la asignatura ASMI, y es efectivo para trabajar los objetivos: 1.1.1, 1.3.1, 2.1.1.

⁹ <https://reutiliza.upc.edu/>.

¹⁰ https://www.youtube.com/watch?v=kpxoOo2SGbg&list=PLkgor_d6_YlwRSDfnANbCimij3omAbpjy5&index=5&t=0s.

¹¹ https://www.youtube.com/watch?v=1xcWv4fWryE&list=PLkgor_d6_YlwRSDfnANbCimij3omAbpjy5&index=6&t=0s

¹² <https://www.youtube.com/watch?v=Lc4-2cVKxp0>.

¹³ https://enginyeriainformatica.cat/?page_id=226.

¹⁴ <https://www.sostenible.cat/reportatge/la-cara-oculta-de-la-tecnologia-0>.

¹⁵ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.

‘E-waste photogallery¹⁶’ ofrece, en este caso como recurso, imágenes relacionadas con la sostenibilidad que pueden dar soporte a la elaboración de informes y presentaciones. Se utiliza en la asignatura EC y es efectivo para trabajar los objetivos 1.1.1, 1.2.2, 1.3.1.

4. Resultados

En JENUI 2019 se presentaron algunos resultados preliminares del aprendizaje en sostenibilidad conseguido por las estudiantes de la FIB [15]. Los datos mostraban la percepción de las estudiantes a partir de una encuesta de 34 preguntas [14], relacionadas con las 4 competencias en sostenibilidad definidas por la CRUE [4].

La encuesta se pasó en 2018 a 221 estudiantes de primer curso y 227 estudiantes de último curso. Las preguntas se respondían mediante una escala de Likert de 4 puntos. Los resultados comparaban la media de las respuestas de los dos grupos de estudiantes y realizaban la prueba de Mann-Whitney para averiguar si eran significativamente diferentes. La media no es una buena métrica de comparación para variables Likert (por ser discretas), ya que una mejora de la media puede ser producida por un reducido grupo de estudiantes. Por ello, con variables Likert suele usarse la mediana (en este caso la mediana aporta poca información, ya que es la misma para muchas de las preguntas). Para los resultados presentados en este trabajo se ha realizado una transformación logarítmica de las respuestas para conseguir una distribución normal. Las medias de estos nuevos datos sí son comparables.

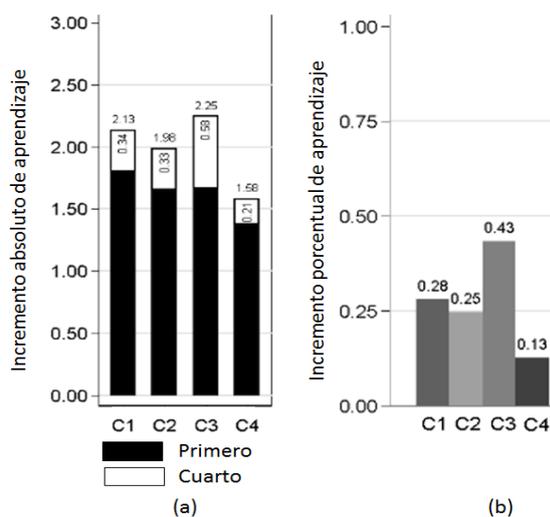


Figura 1: Grado de aprendizaje percibido en cada competencia por las estudiantes de primero y cuarto. (a) Absoluto. (b) Porcentual.

La Figura 1(a) presenta los resultados del aprendizaje percibido por las estudiantes en cada competencia en primer y cuarto curso, en una escala de 0 a 3. La Figura 1(b) muestra qué percepción de aprendizaje tienen las estudiantes de cuarto curso respecto a las de primero sobre el aprendizaje que podrían haber conseguido (100%). Las estudiantes perciben mayor aprendizaje en la competencia C3-Participación en procesos comunitarios (un 43% de lo que podrían aprender), mientras que la C4-Principios éticos es la competencia en la que perciben aprender menos (sólo un 13% de lo que podrían aprender). Estos resultados dicen mucho de la (poca) importancia que se da a la ética profesional en la titulación, y son coherentes con los mostrados en la Figura 1(a) (en términos absolutos, la C3 es también la competencia en la que aprenden más y la C4 la que aprenden menos).

5. Conclusiones y trabajo futuro

Muchas de las actividades relacionadas con la sostenibilidad se trabajan en especialidades distintas, algunas en asignaturas obligatorias o complementarias de la especialidad, y otras en asignaturas optativas. Las estudiantes de la FIB cursan el Grado en Ingeniería Informática siguiendo itinerarios muy diversos. Además, incluso dentro de la misma asignatura, distintas estudiantes pueden realizar actividades diferentes. Todo esto hace que intentar clasificar los posibles perfiles de formación en sostenibilidad de una estudiante de la FIB sea prácticamente imposible, a excepción tal vez del TFG, donde las estudiantes realizan un informe de sostenibilidad siguiendo unas pautas claramente definidas. No obstante, estos informes son también muy dependientes del tipo de proyecto que realice la estudiante. Esta disparidad de formación entre distintas estudiantes no es necesariamente negativa, incluso desde la coordinación de la competencia sostenibilidad se ve con buenos ojos, ya que en cierta manera responde a la propia multidisciplinariedad de la sostenibilidad.

Al analizar los resultados de las estudiantes, se observa que la competencia en la que perciben mayor aprendizaje es la ‘‘Participación en procesos comunitarios’’ (un 43% de lo que podrían haber aprendido), mientras que las estudiantes aprenden menos en la competencia relacionada con los ‘‘Principios Deontológicos’’ (sólo un 13% de lo que podrían aprender). Estos resultados evidencian la poca importancia que se da a la ética profesional en la titulación.

En la FIB hemos recorrido un largo camino en el desarrollo de la sostenibilidad en el Grado en Ingeniería Informática, pero muy corto respecto a lo que aún nos queda por recorrer. Estamos orgullosas del esfuerzo realizado, de las mejoras permanentes, de la progresiva implicación del profesorado y de la sensibilización entre el estudiantado. Pero somos cons-

¹⁶ ¹⁶ <https://www.ban.org/photos>.

cientes de que aún nos queda mucho por afinar y avanzar. A destacar, la importancia de la comunicación con las profesoras para sensibilizarlas, para convencerlas y, en definitiva, para conseguir su complicidad, sin la que todo el esfuerzo realizado resultaría vano.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el MCIU, la AEI y fondos FEDER con contrato RTI2018-094982-B-I00.

Referencias

- [1] F. Blázquez y M. Lucero. Los medios y los recursos en el proceso didáctico. A. Medina, y F. Salvador, *Didáctica General*, pp. 185-218. Madrid, Pearson Educación.
- [2] K. Ceulemans, y M. De Prins. Teacher's manual and method for SD integration in curricula, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18 No. 7, pp. 645-65. 2010.
- [3] K. S. Chiong, Z. F. Mohamad y A. R. Abdul Aziz. Factors encouraging sustainability integration into institutions of higher education, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 14(4), pp. 911-922. 2017.
- [4] CRUE. Directrices para la introducción de la Sostenibilidad en el Curriculum. Actualización de la declaración institucional aprobada en 2005 - Recuperado de https://www.crue.org/Documentos%20compartidos/Declaraciones/Directrices_Sostenibilidad_Crue2012.pdf.
- [5] Daniel Fischer, Elisabeth Lena Aubrecht, Maria Brück, Laura Ditzges, Lea Gathen, Maximilian Jahns, Moritz Petersmann, Jörn Rau y Christiane Wellmann. UN Global Action Programme and Education for Sustainable Development: A Critical Appraisal of the Evidence Base, *Discourse and Communication for Sustainable Education*, 6(1), pp. 5-20. 2015.
- [6] Elona Hoover y Marie K. Harder. What lies beneath the surface? The hidden complexities of organizational change for sustainability in higher education. *Journal of Cleaner Production*, 106, pp. 175-188. 2015.
- [7] Rodrigo Lozano, Kim Ceulemans, Mar Alonso-Almeida, Donald Huisingh, Francisco J. Lozano, Tom Waas, Wim Lambrechtsh, Rebeka Lukman y Jean Hugé. A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: results from a worldwide survey. *Journal of Cleaner Production*, 108, pp. 1-18. 2015.
- [8] Rodrigo Lozano, Maria Barreiro-Gen, Francisco J. Lozano y Kaisu Sammalisto. Teaching sustainability in European higher education institutions: Assessing the connections between competences and pedagogical approaches. *Sustainability*, 11(6) 1602, 2019.
- [9] G. E. Miller, The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic medicine (supplement)*, 65(9), pp. S63-S67, 1990.
- [10] David O'Byrne, Weston Dripps y Kimberly A. Nicholas. Teaching and learning sustainability: An assessment of the curriculum content and structure of sustainability degree programs in higher education. *Sustainability Science*, 10(1), pp. 43-59. 2015.
- [11] Corinne Ruesch Schweizer, Antonietta Di Giulio y Patricia Burkhardt-Holm. Scientific Support for Redesigning a Higher-Education Curriculum on Sustainability. *Sustainability* 11(21), pp. 6035, 2019.
- [12] F. Sánchez-Carracedo, A. Soler, C. Martín, D. López, A. Ageno, J. Cabré, J. García, J. Aranda, y K. Gibert. Competency Maps: an Effective Model to Integrate Professional Competencies Across a STEM Curriculum, *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), pp. 448-468, 2018.
- [13] F. Sánchez-Carracedo, J. Climent, J. Corbalán, P. Fonseca i Casas, J. Garcia, J.R. Herrero, H. Rodríguez, M.R. Sancho. A proposal to Develop and Assess Professional Skills in Engineering Final Year Projects, *International Journal of Engineering Education*, 34(2), pp. 400-413, 2018.
- [14] Fermín Sánchez-Carracedo, M^a José Álvarez, Ángela Barrón, David Caballero, Elena López, José Manuel Muñoz, Mar Lugo-Muñoz, Bárbara Sureda, Eva Vidal y Salvador Vidal. Elaboración de un cuestionario para evaluar el nivel de sostenibilidad de las estudiantes de grados en ingeniería TIC. *Actas de las Jenui*, 3, pp. 141-148. 2018. Barcelona. España, Julio de 2018.
- [15] Fermín Sánchez Carracedo, Ferran Sabate, Karina Gibert. ¿Aprenden sostenibilidad las alumnas de la FIB? *Actas de las Jenui*, 4, pp. 63-70. 2019. Murcia. España, Julio de 2019.
- [16] Fermín Sánchez-Carracedo, Francisco Manuel Moreno-Pino, Bárbara Sureda, Miguel Antúnez, and Ibon Gutiérrez. A Methodology to Analyze the Presence of Sustainability in Engineering Curricula. Case of Study: Ten Spanish Engineering Degree Curricula. *Sustainability*, 11(17), 4553, 2019.
- [17] Tarah Wright. University presidents' conceptualizations of sustainability in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 11(1), pp. 61-73. 2010.