

HERRAMIENTAS PARA INTEGRAR LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE EN LAS INGENIERÍAS

Gemma Tejedor, Bàrbara Sureda

Departament d'Enginyeria Gràfica i de Disseny, EEBE
Institut de Ciència i Tecnologies de la Sostenibilitat

Fermín Sánchez-Carracedo, Jordi Segalàs

Institut de Ciència i Tecnologies de la Sostenibilitat

Gorka Bueno

Facultad de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco

Pere Busquets

Departamento de Ingeniería Minera, Industrial y TIC

Joan Climent, Boris Lazzarini

Institut de Ciència i Tecnologies de la Sostenibilitat

David Lopez

Departamento de Arquitectura de Computadores

Carmen Martín, Eva Vidal

Institut de Ciència i Tecnologies de la Sostenibilitat

Rafael Miñano

Centro de Innovación y Tecnología para el Desarrollo, Universidad Politécnica de Madrid-UPM

Estíbaliz Sáez de Cámara

Facultad de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco

Resumen

En este trabajo se presenta una herramienta desarrollada en el marco del proyecto EDINSOST2-SDG orientada a integrar la educación para el Desarrollo Sostenible (ESD) en los currículos de Ingeniería. Esta herramienta es el mapa de sostenibilidad de las ingenierías, la cual contiene los resultados de aprendizaje relacionados con la ESD que cualquier estudiante de ingeniería debe haber adquirido al finalizar sus estudios. Los resultados de aprendizaje se describen a partir de cuatro competencias en sostenibilidad: (1) Contextualización crítica del conocimiento, (2) Uso sostenible de los recursos, (3) Participación en procesos comunitarios y (4) Aplicación de principios éticos. Esta herramienta ha sido sometida a un proceso de validación y se está utilizando actualmente en un conjunto de titulaciones de ingeniería relacionadas con el proyecto EDINSOST2-SDG.

Abstract

This paper presents a tool developed in the framework of the EDINSOST2-SDG project aimed at integrating education for Sustainable Development (ESD) in engineering curricula. This tool is the engineering sustainability map, which contains the ESD-related learning outcomes that any engineering student should have acquired by the end of his or her studies. The learning outcomes are described on the basis of four sustainability competencies: (1) Critical contextualization of knowledge, (2) Sustainable use of resources, (3) Participation in community processes, and (4) Application of ethical principles. This tool has undergone a validation process and is currently being used in a set of engineering degrees related to the EDINSOST2-SDG project.

1. Introducción

La responsabilidad y el rol crítico de las universidades para afrontar los desafíos de la sostenibilidad es reconocida desde hace décadas desde diversos ámbitos. Esto se refleja en un gran número de documentos e iniciativas internacionales que han sido apoyadas por más de 1400 instituciones de educación superior (Wright, 2004).

La hoja de ruta internacional diseñada para avanzar hacia el desarrollo sostenible, la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo

Sostenible de Naciones Unidas (ODS) (UN, 2015), identifican a la universidad como uno de los actores relevantes para llevarla a cabo.

En 2019, la UNESCO adoptó un nuevo marco global sobre la Educación para el Desarrollo Sostenible (ESD) llamado "Education for Sustainable Development: Towards the Achievement of the SDG" o "ESD para el 2030" (UNESCO, 2019).

Numerosos estudios e informes sobre la sostenibilidad en la universidad muestran que las mayores barreras y dificultades para el cambio se encuentran en el ámbito de la enseñanza-aprendizaje (Buckler et al., 2014). Se ha trabajado mucho en relación con las competencias que han de desarrollarse para afrontar los retos de la sostenibilidad, y por tanto los ODS. Una completa síntesis de dichas competencias se presenta en la guía de la UNESCO (UNESCO, 2017). Se presentan ocho competencias clave cruciales para avanzar en el desarrollo sostenible: 1) competencia de pensamiento sistémico, 2) competencia de anticipación, 3) competencia normativa, 4) competencia estratégica, 5) competencia de colaboración, 6) competencia de pensamiento crítico, 7) competencia de autoconciencia y, 8) competencia de resolución integrada de problemas. Estas competencias son transversales y no reemplazan, sino que complementan, a las competencias específicas de cada ámbito profesional y académico.

En el contexto del estado español, el Comité ejecutivo de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE) aprobó en 2012 cuatro competencias en sostenibilidad consideradas esenciales en los currículos de las titulaciones de educación superior (CRUE, 2012):

- C1: Contextualización crítica del conocimiento estableciendo interrelaciones con problemas sociales, económicos, ambientales, locales y/o globales.
- C2: Uso sostenible de los recursos y prevención de impactos negativos en el entorno 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 el comportamiento personal y profesional.

En el ámbito específico de las ingenierías, la Declaración de Barcelona explicita las capacidades que los profesionales de la ingeniería deberían adquirir para afrontar los retos de la sostenibilidad (ver Tabla 1). Dichas competencias están alineadas con las competencias de la CRUE.

Diferentes agencias de acreditación de titulaciones de ingeniería, como (ABET, 2020) proponen resultados de aprendizaje que también están alineados con las competencias en sostenibilidad.

No obstante, lo esencial para incorporar la ESD y los ODS en las titulaciones universitarias no debe consistir en solamente introducir nuevos contenidos o nuevas asignaturas en los currículums (Buckler et al., 2014). El cambio debe implicar la revisión y cambio de las estrategias de enseñanza-aprendizaje, potenciando el desarrollo de una visión crítica y holística, promoviendo la resolución de problemas y la toma de decisiones que incorporen criterios de sostenibilidad, ética y responsabilidad social, promoviendo proyectos interdisciplinares

Los ingenieros actuales deben ser capaces de:

- **Comprender cómo interactúa su trabajo con la sociedad y el medio ambiente**, a escala local y mundial, para identificar posibles retos, riesgos e impactos.
- **Comprender la contribución de su trabajo** en diferentes contextos culturales, sociales y políticos y tener en cuenta esas diferencias.
- **Trabajar en equipos multidisciplinares** para adaptar la tecnología actual a las exigencias impuestas por los estilos de vida sostenibles, la eficiencia de los recursos, la prevención de la contaminación y la gestión de residuos.
- **Aplicar un enfoque holístico y sistémico a la resolución de problemas** y la capacidad de superar la tradición de descomponer la realidad en partes inconexas.
- **Participar activamente** en la discusión y definición de políticas económicas, sociales y tecnológicas, para contribuir a reorientar la sociedad hacia un desarrollo más sostenible.
- Aplicar los conocimientos profesionales de acuerdo con los principios deontológicos y los **valores y la ética** universales.
- **Escuchar atentamente las demandas de los ciudadanos y otras partes interesadas** y dejarles participar en el desarrollo de nuevas tecnologías e infraestructuras.

Tabla 1. Declaración de Barcelona sobre las competencias de los profesionales de la ingeniería. Fuente: Barcelona Declaration, 2004.

entre diferentes áreas y cursos, e incorporando a otros actores sociales en la formación universitaria (Tilbury, 2011).

Para facilitar la incorporación de la sostenibilidad en los actuales currículos del sistema universitario español, el proyecto EDINSOST (Segalàs y Sánchez-Carracedo, 2019) desarrolló los mapas de sostenibilidad para tres campos: ingenierías, educación y economía (Sánchez-Carracedo et al., 2019b), a partir de las competencias en sostenibilidad definidas por la (CRUE, 2012). Más adelante, el proyecto EDINSOST2-SDG tiene como objetivo incorporar los ODS a la educación para la sostenibilidad.

2. Metodología

2.1. ¿Qué objetivos de aprendizaje de los ODS deben desarrollarse en los currículos de ingeniería?

En el documento “Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives”, la UNESCO definió 15 objetivos de aprendizaje para cada uno de los 17 ODS (SDG), los cuales se clasificaron utilizando una taxonomía de tres niveles: cognitivo (C), socioemocional (S) y conductual (B) (UNESCO, 2017). Para cada ODS se definieron 5 objetivos en cada nivel de la taxonomía. En total, se definieron 255 objetivos de aprendizaje que deberían desarrollarse.

En el proyecto EDINSOST2-SDG, los ODS-objetivos de aprendizaje se identifican mediante la inicial del nivel de la taxonomía (C, S, B) seguida por un número del 1 al 5. Por ejemplo, el ODS2 C4 es el cuarto objetivo cognitivo del ODS número 2 (Hambre cero).

Cada uno de los 255 ODS-objetivos de aprendizaje se asignó a una de las siguientes tres categorías:

- Objetivos que deben desarrollarse en todos los currículos de ingeniería (ENG)
- Objetivos que deben desarrollarse en uno o varios currículos específicos de ingeniería, pero no en todos (Any ENG)
- Objetivos que deben desarrollarse en otros estudios universitarios distintos de las ingenierías, en estudios no universitarios o simplemente a lo largo de toda la vida (Other).

La metodología seguida en el proyecto para asignar cada objetivo de aprendizaje a una de las categorías anteriores fue la siguiente:

1. Los participantes en el proyecto se dividieron en cuatro grupos independientes: A, B, C y D
2. El grupo A revisó los 255 objetivos de aprendizaje y asignó cada objetivo a una de las tres categorías descritas (ENG, Any ENG, Others). Para evitar discrepancias debidas a posibles cambios de criterio producidos durante el proceso de asignación, el proceso se hizo en dos iteraciones: en una primera iteración se realizó una preasignación de objetivos a las categorías y se fijaron los criterios de asignación, y en una segunda iteración se revisó el resultado de la primera iteración.
3. A continuación, los grupos B, C y D revisaron el trabajo realizado por el grupo A. Los ODS 1 al 6 se asignaron al grupo B, los ODS 7 al 12 al grupo C y los ODS 13 al 17 al grupo D.
4. Posteriormente, los cuatro grupos se reunieron para determinar la asignación final. El resultado de la asignación se muestra en la Figura 1.

		SDG																
		SDG1	SDG2	SDG3	SDG4	SDG5	SDG6	SDG7	SDG8	SDG9	SDG10	SDG11	SDG12	SDG13	SDG14	SDG15	SDG16	SDG17
Learning Objectives		No Poverty	Zero Hunger	Good Health & Well-being	Quality Education	Gender Equality	Clean Water & Sanitation	Affordable & Clean Energy	Decent Work & Ec. growth	Industry, Inmov. & Infrastruct.	Reduce Inequality	Sustainable Cities & Community	Responsible Consumption & Production	Climate Action	Life below Water	Life on Land	Peace, Justice & Strong Inst.	Partnership for the Goals
C1	Other	Other	ENG	Other	Other	Other	Other	ENG	ENG	ENG	ENG	ENG	Other	Other	Other	Other	Other	Other
C2	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Any ENG	ENG	ENG	ENG	ENG	Other	Other	Other	Other	Other	Other
C3	ENG	Other	Other	Other	Other	Other	Any ENG	ENG	Other	ENG	Other	Any ENG	ENG	ENG	Other	Any ENG	Other	Other
C4	ENG	Any ENG	Other	Other	Other	Other	ENG	Any ENG	Other	ENG	ENG	Any ENG	ENG	Any ENG	Other	Any ENG	Other	Other
C5	Other	Any ENG	Other	Other	Other	Other	Any ENG	Other	Other	ENG	ENG	Any ENG	ENG	Any ENG	Other	Any ENG	Other	Other
S1	Other	Any ENG	Other	Other	Other	Other	Any ENG	ENG	Other	Other	ENG	Other	Other	Any ENG	Other	Other	Other	Other
S2	Other	Any ENG	Other	Other	Other	Other	Any ENG	Any ENG	Other	Other	Other	ENG	ENG	Other	Other	Other	Other	Other
S3	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Any ENG	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other
S4	Other	Any ENG	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other
S5	ENG	Other	Other	Other	Other	Other	Any ENG	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other
B1	ENG	Any ENG	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	ENG	ENG	Other	ENG	Other	Other	Other	Other	Other
B2	Other	Any ENG	Other	Other	Other	Other	ENG	Other	Other	ENG	ENG	Other	Other	Other	Other	Any ENG	Other	Other
B3	Other	Any ENG	Other	Other	Other	Other	Other	Any ENG	ENG	ENG	ENG	Other	ENG	Any ENG	Other	Other	Other	Other
B4	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Other	Any ENG	ENG	Other	ENG	Other	ENG	Any ENG	Other	Other	Other	Other
B5	ENG	Any ENG	Other	Other	Other	Other	Other	Any ENG	ENG	ENG	Other	ENG	Other	ENG	Other	Other	Other	Other

Figura 1. Clasificación de los ODS-objetivos de aprendizaje en las tres categorías definidas: Todas las Ingenierías- ENG (verde), alguna Ingeniería- Any ENG (amarillo) y otros- Other (rosa).

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 1 muestra una matriz en la que cada columna representa los 15 objetivos de aprendizaje de un determinado ODS. Las filas corresponden a los objetivos de aprendizaje definidos por la UNESCO según las categorías Cognitiva (C1-C5), Socioemocional (S1-S5) y Conductual (B1-B5). El contenido de la matriz corresponde a la asignación de cada objetivo de aprendizaje a la categoría correspondiente: ENG, Any ENG y Others.

Como puede verse en la Figura 1, 68 de los 255 objetivos de aprendizaje deben desarrollarse en todos los currículos de Ingeniería (26,7 %), y 35 objetivos en algunos grados de ingeniería (13,7 %).

2.2. Mapa de sostenibilidad de las ingenierías

El mapa de sostenibilidad de las ingenierías (MSE) contiene los resultados de aprendizaje relacionados con la sostenibilidad que un estudiante de Ingeniería debe haber adquirido al finalizar sus estudios de grado.

El primer objetivo del proyecto EDINSOST2-SDG consiste en diseñar el mapa de sostenibilidad de las titulaciones implicadas en el proyecto, entre las que se encuentran los currículos de ingeniería. El mapa se elaboró a partir de (1) el MSE previamente diseñado por el proyecto EDINSOST (Sánchez-Carracedo et al., 2019b) y (2) los ODS-objetivos de aprendizaje que deben desarrollarse en todos los currículos de ingeniería (coloreados en verde en la Figura 1).

El MSE es un mapa de competencias (Sánchez-Carracedo et al., 2019a) que desarrolla las competencias en sostenibilidad definidas por la (CRUE, 2012) para las titulaciones de ingenierías. El mapa de competencias es una matriz que contiene el conjunto de resultados de

aprendizaje, relacionados con una determinada competencia, que los egresados de un determinado currículum deben haber obtenido al finalizar sus estudios. En este mapa, los resultados de aprendizaje se clasifican usando una taxonomía de aprendizaje que se representa en las columnas de la matriz. Las filas de la matriz contienen las diferentes unidades de competencia. En consecuencia, cada celda de la matriz se corresponde con una unidad de competencia y un nivel de la taxonomía de aprendizaje, y puede contener uno o varios resultados de aprendizaje. La taxonomía de aprendizaje adopta los niveles de dominio de la pirámide simplificada de Miller (Miller, 1990).

El MSE del proyecto EDINSOST2-SDG se diseñó siguiendo los mismos criterios que guiaron el diseño del ESM de EDINSOST1 (Sánchez-Carracedo et al., 2018b). La metodología que se usó para diseñar el MSE del proyecto EDINSOST2-SDG es similar a la descrita en la Sección 2.1.

Uno de los objetivos del proyecto EDINSOST2-SDG fue relacionar el MSE con los ODS. Para ello, se llevó a cabo un proceso de creación y validación de una tabla que relaciona los resultados de aprendizaje del mapa con las metas de los SDG (UN, 2015) y con los objetivos de aprendizaje de la UNESCO (Rieckmann, 2017). Se puede consultar dicho proceso de trabajo en (Sánchez-Carracedo et al., 2021).

2.3. Simplificación del Mapa de sostenibilidad de las ingenierías

La Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech (UPC) optó en 2021 por utilizar las herramientas del modelo EDINSOST (Sánchez-Carracedo et al., 2021) para incorporar la sostenibilidad en todas sus

titulaciones. No obstante, la UPC solicitó una simplificación de dichas herramientas, con la finalidad de aumentar su usabilidad por parte del profesorado y equipos directivos poco versados en la Educación para la Sostenibilidad (ESD). El proceso de simplificación del MSE, consistió en la reducción del número de objetivos de aprendizaje del mapa inicial, de modo que cada celda del mapa simplificado incluya, en lo posible, un solo resultado de aprendizaje. La metodología seguida en el proceso de simplificación involucró a 14 investigadores e investigadoras del equipo EDINSOST, que mediante varias aproximaciones llevaron a cabo una revisión, comparación, reagrupación, redacción y validación de los nuevos resultados de aprendizaje (Sánchez-Carracedo et al., 2022).

Una vez obtenido el MSE simplificado, se procedió a actualizar las tablas que relacionan el MSE con los ODS. Para ello se asignó a cada resultado de aprendizaje del MSE simplificado, los objetivos de aprendizaje y metas que tenían asignados los resultados de aprendizaje relacionados, del MSE original (Sánchez-Carracedo et al., 2022).

3. Resultados

3.1. Mapa de Sostenibilidad de las Ingenierías

El MSE diseñado en el proyecto EDINSOST2-SDG contiene un total de 53 resultados de aprendizaje (RA) organizados en una matriz, en base a competencias en sostenibilidad, dimensiones de la sostenibilidad, unidades de competencia y niveles de dominio en la taxonomía de aprendizaje, tal cómo se muestra en la Figura 2. Los RA se codifican con 4 identificadores:

1. Competencia C1, C2, C3, C4. Se refiere a la competencia en sostenibilidad de la CRUE que desarrolla el resultado de aprendizaje.
2. Dimensión HO, EN, EC, SO. Indica si el resultado de aprendizaje se refiere a la dimensión holística, ambiental, económica o social de la sostenibilidad
3. Nivel 1, 2, 3. Indica el nivel de dominio en la taxonomía de aprendizaje: 1-Saber, 2- Saber cómo y 3- Demostrar+Hacer.
4. Orden. Enumera el orden que ocupa el RA en cada celda del MSE.

MSE Mapa de Sostenibilidad de las Ingenierías			Nivel de dominio de la pirámide simplificada de Miller		
Competencia	Dimensión	Unidad de Competencia	Saber	Saber cómo	Demo+hacer
C1	Holística	CU 1.1			
C2	<i>Ambiental</i>	CU 2.1			
	<i>Social</i>	CU 2.2			
	<i>Económica</i>	CU 2.3			
	<i>Holística</i>	CU 2.4			
C3	Holística	CU 3.1			
C4	Holística	CU 4.1			

Resultados de aprendizaje (RA)

Figura 2. Esquema del Mapa de Sostenibilidad de las Ingenierías MSE del proyecto EDINSOST2-SDG. Cada celda del mapa puede contener uno o más resultados de aprendizaje. La matriz se organiza en base a las competencias en sostenibilidad de la CRUE (C1, C2, C3, C4), las dimensiones de la sostenibilidad (holística, ambiental, económica o social), unidades de competencia y niveles de dominio en la taxonomía de aprendizaje (Saber, Saber cómo, Demostrar+Hacer).

3.2. Mapa de Sostenibilidad de las Ingenierías simplificado

El MSE simplificado contiene 29 resultados de aprendizaje, frente a los 53 del original. En las siguientes tablas se muestra el MSE simplificado y sus elementos. El MSE simplificado se trabajó en inglés con la finalidad de aumentar su capacidad de utilización y difusión. La Tabla 2 muestra el esquema del MSE simplificado con la codificación final de los resultados de aprendizaje, así como el redactado último de las Unidades de Competencia.

Engineering SCM					
Competency	Dimension	Competency Unit	Domain Levels		
			Level 1 Know	Level 2 Know How	Level 3 Demonstrate + Do
C1. Critical contextualization of knowledge establishing interrelations with social, economic, and environmental, local and/or global problems	Holistic	CU1.HO. Learners have a historical and contemporary perspective, and understand the systemic nature of environmental, social, and economic problems, as well as their interrelationships and future challenges, both locally and globally.	C1.HO.1.1	C1.HO.2.1	C1.HO.3.1

C2. Sustainable use of resources and prevention of negative impacts on the natural and social environment	Environmental	CU2.EN. Learners are able to detect and analyze the environmental impact of their professional activity and to propose sustainable solutions.	C2.EN.1.1 C2.EN.1.2	C2.EN.2.1	C2.EN.3.1
	Social	CU2.SO. Learners are able to detect and analyze the social impact of their professional activity and to propose sustainable solutions.	C2.SO.1.1 C2.SO.1.2	C2.SO.2.1 C2.SO.2.2	C2.SO.3.1
	Economic	CU2.EC. Learners are able to manage the material, financial and human resources of the projects in their professional field with sustainability criteria to ensure their economic viability.	C2.EC.1.1	C2.EC.2.1	C2.EC.3.1
	Holistic	CU2.HO. Learners are able to detect and analyze the environmental, social, and economic impact of their professional activity and to propose, design, organize and carry out sustainable actions.	C2.HO.1.1 C2.HO.1.2 C2.HO.1.3	C2.HO.2.1 C2.HO.2.2	C2.HO.3.1

C3. Participation in community processes that promote sustainability	Holistic	CU3.HO. Learners are capable of participating in inclusive reflection and decision-making processes with a global citizenship perspective, and of working from their professional field on interdisciplinary and transdisciplinary projects that guide society towards sustainable transitions.	C3.HO.1.1 C3.HO.1.2	C3.HO.2.1	C3.HO.3.1
C.4 Application of ethical principles related to the values of sustainability in personal and professional behavior	Holistic	CU4.HO. Learners act in accordance with ethical and deontological principles related to the values of sustainability.	C4.HO.1.1 C4.HO.1.2	C4.HO.2.1	C4.HO.3.1

Tabla 1. Esquema del Mapa de Sostenibilidad de las Ingenierías MSE simplificado.

La Tabla 2 contiene la definición actualizada, contextualizada y precisa de cada resultado de aprendizaje.

C1.HO.1.1	Learners know the main causes, consequences and proposed solutions to sustainability problems (social, economic and/or environmental), both local and global, especially in their professional field. For example, Sustainable Development Goals from Agenda 2030, IPCC reports.
C1.HO.2.1	Learners reflect critically about sustainability in their professional field.
C1.HO.3.1	Learners are able to relate a sustainability problem of a product or service in their professional field with the methods and strategies to face them.
C2.EN.1.1	Learners know metrics (or tools) to measure the environmental impact of products and services related to their professional field (for example, environmental footprint, pollutant emissions, resource/energy consumption, biodiversity impact, waste generation, Directive 2014/95/UE for non-financial reporting).
C2.EN.1.2	Learners know strategies and/or technologies for reduction, reuse and recycling of natural resources and waste, related to products and services in their professional field.
C2.EN.2.1	Learners know how to use appropriate metrics (or tools) to measure the environmental impact of products and services related to their professional field, throughout their life cycle (extraction, production, use and end-of-life).
C2.EN.3.1	Learners take into account environmental criteria in projects related to their professional field and include indicators to estimate/measure environmental impact.
C2.SO.1.1	Learners know metrics (or tools) to measure and describe the social impact of products and services related to their professional field (for example, social life cycle assessment, ISO 26000, Directive 2014/95/UE for non-financial reporting).

C2.SO.1.2	Learners know the basic concepts about health, security and social justice related to their professional field (for example, ergonomics, accessibility, user experience, equity, diversity, common good, transparency, human rights, gender perspective, needs of the most vulnerable groups, discrimination, dignity, anti-corruption).
C2.SO.2.1	Learners know how to use appropriate metrics (or tools) to measure the social impact of products and services related to their professional field.
C2.SO.2.2	Learners understand the direct and indirect consequences for security, health and social justice of products and services related to their professional field.
C2.SO.3.1	Learners take into account security, health and social justice criteria in their projects and actions, and include indicators to measure social impact.
C2.EC.1.1	Learners know the basic concepts of resource management, applicable to the management of projects in their professional field and methods (or tools) to estimate their economic viability (for example, fixed and variable costs, amortizations, budgets, Gantt diagrams, externalities analysis, CANVAS analysis, SWOT analysis, business plan, strategic plan, cost-benefit).
C2.EC.2.1	Learners understand the economic viability plan of a project in their professional field and identify the economic consequences it will have on society.
C2.EC.3.1	C2.EC.3.1. Learners are able to plan a project in their professional field, design an economic viability plan and follow up the economic management throughout its useful life.
C2.HO.1.1	Learners know the strategic role of their profession on sustainability and the direct and indirect consequences of the use of products and services related to their professional field on society, the economy and the environment.

C2.HO.1.2	Learners know different economic approaches that promote sustainable development (for example, circular economy, economy of the common good, social economy, ecological economy).
C2.HO.1.3	Learners know the roles, rights and duties of the different stakeholders (professionals, companies, legislation, clients, consumers, etc) on the production and consumption of products and services related to their professional field.
C2.HO.2.1	Learners know how to analyze the different alternatives of a product or service in their professional field to decide which is the most sustainable.
C2.HO.2.2	Learners know how to apply different sustainability approaches on production, consumption (responsible consumption) and recycling.
C2.HO.3.1	Learners are able to bring new ideas and solutions to a project in their professional field to make it more sustainable, to propose sustainable projects, to follow up and dismantle appropriately and to select which indicators will be used to measure sustainability.
C3.HO.1.1	Learners know the main economic and environmental stakeholders related to their professional field.
C3.HO.1.2	Learners know techniques and/or tools to promote, in processes and projects in their professional field, their collaboration, the consideration of needs and expectations (information processes, consultation, participation, integration) and cooperation among them (scenario building techniques, co-creation of knowledge, etc).
C3.HO.2.1	Learners know how to collaborate with the different stakeholders involved to a project in their professional field, to identify their needs and expectations and to assess the implications they may have on the sustainability of the project.

C3.HO.3.1	Learners are able to use techniques and/or tools to promote collaboration and cooperation in interdisciplinary and transdisciplinary contexts of their professional field, participating in processes of reflection and decision making as agents of change towards sustainable transitions.
C4.HO.1.1	Learners know the code of ethics of their profession, the main ethical issues and the laws and regulations related to sustainability.
C4.HO.1.2	Learners know the concepts of social commitment and corporate social responsibility, their possibilities and limitations.
C4.HO.2.1	Learners are capable of identifying and critically assessing the implications of ethical and deontological principles related to the values of sustainability in their professional field, and of critically assessing the responsible action of companies.
C4.HO.3.1	Learners are capable of exercising their profession, and of actively participating in responsible action in the entities in which they develop their profession, taking into account ethical principles related to the values of sustainability (for example, equality, justice, precautionary principle, prevention of damage, responsibility towards present and future generations, protection and restoration of a healthy environment, social, economic and environmental human rights).

Tabla 2. Definición precisa de los resultados de aprendizaje del mapa de ingeniería MSE simplificado.

4. Conclusiones

La sociedad y especialmente las nuevas generaciones piden a las instituciones de educación superior que asuman su responsabilidad de asegurar la educación para la sostenibilidad en sus titulaciones. La reciente petición de los estudiantes de la Universitat de Barcelona

(UB) a su Rectorado, responde al incremento del clamor social⁵. La UPC está en el proceso de sostenibilización curricular desde 2011 y en 2021 ha optado por adoptar el esquema y las herramientas de los proyectos EDINSOST para asegurar la introducción de la sostenibilidad en sus titulaciones.

El Mapa de Sostenibilidad de las Ingenierías es una herramienta imprescindible para los responsables universitarios, formadores y profesorado para asegurar una correcta inclusión de la sostenibilidad en el diseño del currículo. Permite a quienes diseñan un currículo crear un itinerario formativo para la competencia en sostenibilidad, distribuyendo los resultados de aprendizaje entre las asignaturas de la titulación. En ausencia de dicho itinerario, el profesorado puede seleccionar qué resultados de aprendizaje encajan mejor en su asignatura. Con la coordinación entre las diversas asignaturas de la titulación se asegurará que se cubran todos los resultados de aprendizaje de la competencia.

Referencias

- ABET. (2020). Criteria for Accrediting Engineering Programs. Accreditation Board for Engineering and Technology. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2020-2021/>
- Barcelona Declaration. (2004). Proceedings of the International Conference on Engineering Education for Sustainable Development. <https://eesd15.engineering.ubc.ca/declaration-of-barcelona>
- Buckler, C. y Creech, H. (2021). Shaping the Future We Want: UN Decade of Education for Sustainable Development (2005–2014), Final Report; UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000230302>.

⁵ https://www.ub.edu/web/ub/ca/menu_eines/noticies/docs/Acord_crisi_eco_social.pdf

- CRUE.(2012) Directrices para la sostenibilización curricular. [https://www.crue.org/Documentos %20compartidos/Declaraciones/Directrices Sostenibilidad Crue2012.pdf](https://www.crue.org/Documentos%20compartidos/Declaraciones/Directrices_Sostenibilidad_Crue2012.pdf).
- Miller, G.E. (1990). The assessment of clinical skills/ competence/ performance. *Acad. Med.* 1990, 65, S63–S67. <https://doi.org/10.1097/00001888-199009000-00045>
- Sánchez-Carracedo, F., Soler, A., Martín, C., López, D., Ageno, A., Cabré, J. et al. (2018a). Competency Maps: an Effective Model to Integrate Professional Competencies Across a STEM Curriculum. *Journal of Science Education and Technology*, 27, 448–468. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9735-3>
- Sánchez-Carracedo, F., Segalàs, J., Vidal, E., Martín, C., Climent, J., López, D. et al. (2018b). Improving engineering educators' sustainability competencies by using competency maps: The EDINSOST project. *International Journal of Engineering Education*, 34,. 1527–1537.
- Segalàs, J., & Sánchez-Carracedo, F. (2019). The EDINSOST project: Improving Sustainability Education in Spanish Higher Education (pp. 217-240). Proceedings of the 19th ERSCP- European Roundtable for Sustainable Consumption and Production. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/176645/ERSCP_2019_published.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sánchez-Carracedo, F., Segalàs, J., Bueno, G., Busquets, P., Climent, J., Galofré, V.G. et al. (2021). Tools for Embedding and Assessing Sustainable Development Goals in Engineering Education. *Sustainability*, 13, 12154. <https://doi.org/10.3390/su132112154>
- Sánchez-Carracedo, F.; Segalàs, J.; Busquets, P.; Camacho, S.; Climent, J.; Lazzarini, B. et al. (2022). Using Competency Maps for Embedding and Assessing Sustainability in Engineering Degrees. *Trends High. Educ.*, 1, 58-81. <https://doi.org/10.3390/higheredu1010006>
- Tilbury, D. (2011). *Higher education for sustainability: A global overview of commitment and progress en Higher Education in the World 4*. Higher Education's Commitment to Sustainability from Understanding to Action (pp. 18–28). Global University Network for Innovation (GUNI).
- UN. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://undocs.org/en/A/RES/70/1>.
- UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals: learning objectives. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
- UNESCO. (2019). Framework for the Implementation of Education for Sustainable Development (ESD) beyond 2019. Proceedings of the 40th UNESCO General Conference. https://unesdoc.unesco.org/notice?id=p:usmarcdef_0000370215.

Wright, T. (2004). The evolution of sustainability declarations in higher education en P. Corcoran, P., A. Wals (Ed). *Higher Education and the Challenge of Sustainability* (pp. 7–14). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-48515-X_2